

_____ Guía de Laboratorio

Ingeniería de Materiales

Guía de Laboratorio
Ingeniería de Materiales

Primera edición digital
Huancayo, 2021

De esta edición

© Universidad Continental, Oficina de Gestión Curricular
Av. San Carlos 1795, Huancayo-Perú
Teléfono: (51 64) 481-430 anexo 7361
Correo electrónico: recursosucvirtual@continental.edu.pe
<http://www.continental.edu.pe/>

Cuidado de edición

Fondo Editorial

Diseño y diagramación

Fondo Editorial

Todos los derechos reservados.

La *Guía de Laboratorio*, recurso educativo editado por la Oficina de Gestión Curricular, puede ser impresa para fines de estudio.

Índice

Presentación	5
Primera Unidad	
Guía de trabajo Tema 1: Proceso, clasificación y selección de materiales de ingeniería	10
Semana 1: Cuestionario 1	13
Guía de trabajo 2: Tema 1: Reconocimiento de materiales, equipos de laboratorio y del taller	14
Guía de trabajo 2: Tema 2: Enlace químico	21
Cuestionario 2: Reporte de la práctica 2	28
Guía de trabajo 3: Tema 3: Estructura red cristalina y amorfas de los materiales	31
Guía de trabajo 3: Práctica 3: Estructura red cristalina y amorfas de los materiales	33
Guía de trabajo 4: Tema 4: Propiedades mecánicas (ensayo de tracción)	36
Segunda Unidad	
Guía de trabajo 5: Tema 5: Propiedades mecánicas: ensayo de dureza	48
Guía de trabajo 6: Tema 6: Propiedades físicas: eléctricas, magnéticas, ópticas, térmicas	52
Práctica 6: Propiedades físicas: eléctricas, magnéticas, ópticas, térmicas	53
Guía de trabajo 7: Práctica 7: Corrosión y degradación de los metales	55

Exposición del tema de corrosión	56
Ensayos de corrosión de materiales	58
Práctica 7: Corrosión y degradación de los metales	61

Tercera Unidad

Guía de trabajo 8: Práctica 8: Tratamiento térmico de los metales	65
Práctica de templado	67
Práctica de revenido	71
Práctica de recocido	74
Práctica de normalizado	76
Guía de trabajo 9: Tema: Aleaciones y diagrama de fases	78
Tema 9: Aleaciones y diagrama de fases	80
Guía de trabajo 10: Tema: Aleaciones no férreas Cu-Zn	84
Guía de trabajo 11: Tema: Aleaciones no férreas Al-Zn	96
Guía de trabajo 12: Diagrama de fase clasificación del hierro carbono	102
Guía de trabajo 13: Tema: Cerámica (tipos de aplicación)	129
Práctica 13: Elaboración de un objeto cerámico usando arcilla roja	132
Guía de trabajo 14: Tema: Polímeros y estructuras	142
Exposición del tema de corrosión	145

Presentación

El material que se proporciona es importante para complementar el desarrollo de la asignatura de Ingeniería de Materiales, pues detalla el desarrollo de cada actividad.

Ingeniería de Materiales es una asignatura obligatoria del cuarto periodo de las Escuelas Académico Profesionales de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica y en el sexto periodo de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial. Tiene como prerrequisito haber aprobado 80 créditos en Ingeniería Industrial. Es prerrequisito de la asignatura Procesos de Manufactura 1 e Ingeniería de Materiales 2 en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica. Con esta asignatura, se desarrolla en un nivel intermedio la competencia transversal Conocimientos de Ingeniería. Por ello, su relevancia reside en brindar al estudiante un panorama general del comportamiento de los materiales.

Esta guía considera cuatro unidades de estudio. Así, encontrarás cada una de las guías de trabajo de la asignatura.

Los contenidos de la asignatura consideran temas prácticos de laboratorio y de taller sobre estructura atómica y enlaces interatómicos propiedades de los materiales y su microestructura, y los cambios que esta sufre debido a variaciones en su composición química, tratamiento térmico y procesamiento. Propiedades mecánicas y la microestructura de las aleaciones metálicas; normalización y clasificación de los aceros y las fundiciones; ensayos de los materiales, aplicaciones; la cerámica, polímeros y procesos; corrosión, procesos de difusión y solidificación.



Se recomienda acompañar con la lectura de los materiales base recomendados, pues permitirá ampliar el alcance de tu estudio. Además, lograr las competencias planteadas en esta asignatura.

Organiza tu tiempo para obtener buenos resultados. Trata de encontrar equilibrio entre tus actividades personales y académicas

Los autores



Seguridad en el laboratorio y taller

Objetivos

- Observar ciertas reglas para lograr que el laboratorio y el taller sean lugares seguros y eficientes.
- Fomentar el espíritu de trabajo, la observación y la responsabilidad en forma individual y grupal.
- Utilizar los equipos de seguridad desde el inicio al término de la práctica en el laboratorio y taller.

Generalidades

La implementación de un ambiente y adquisición de los equipos o módulos es competencia de la universidad.

Durante el trabajo de las prácticas en el laboratorio y taller, como en la mayoría de las otras secciones, se trabaja en equipo. La actitud ante las prácticas seguras de cada integrante del grupo determina su propia seguridad, así como la de sus compañeros y la de la colectividad del laboratorio, del taller.

Se debe tener un ambiente seguro, con señalizaciones en todas las áreas, debidamente marcadas con la señal de riesgo en el taller.

Solo el personal autorizado y docente tiene acceso al taller cuando se realice la práctica que corresponda.

El taller debe permanecer limpio y ordenado.

El estudiante contará con la ropa protectora, fácilmente ajustable y confortable, como guantes, gafas, chaleco, casco, zapatos de seguridad, etcétera. Debe usar ropa protectora adecuada en las áreas de fundición.

En el Laboratorio de Química:

El estudiante aprenderá a relacionar los temas desarrollados en la teoría con sus propias observaciones experimentales, con

una visión analítica y crítica. Por ello, debe considerarse como un trabajo serio y responsable.

Antes de ingresar al laboratorio, el estudiante debe haber leído el tema de la práctica correspondiente. Para ello, se publicará y se entregará oportunamente el programa con el cronograma preparado para el semestre.

Se recomienda:

- Usar guardapolvo, mascarilla, lentes gorro. Así, se protege de las salpicaduras de sustancias químicas o soluciones.
- Evitar venir al laboratorio con ropa o prendas finas.

PERSONA EQUIPADA PARA SU SEGURIDAD



Se admite solo al personal autorizado

Identificación de seguridad:

Investigador responsable:

En caso de emergencia llamar:

Teléfono diario:Teléfono de casa:

Para ingresar, debe obtener una autorización del investigador responsable.

Primera Unidad



Guía de trabajo 1

Tema 1: Proceso, clasificación y selección de materiales de ingeniería

I. Propósito

Distinguir los diversos materiales de ingeniería según su clasificación y selección de materiales.

II. Objetivos

- Desarrollar capacidades que nos permitan aplicar los conocimientos, tanto teóricos como prácticos, a la resolución de problemas en entornos nuevos o en contextos poco conocidos tanto de la ciencia de materiales como de ciencias multidisciplinares.
- Generar, mediante la educación en ciencia de materiales y en particular sobre la selección de materiales, la sensibilidad necesaria para formular juicios, a partir de una información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de los conocimientos.
- Desarrollar herramientas de aprendizaje, mediante la educación en ciencia de materiales, que permitan a los estudiantes continuar su formación de un modo autodirigido o autónomo.
- Utilizar el conocimiento de las propiedades intrínsecas a cada uno de los materiales y su influencia sobre el diseño.
- Generar en cada uno de nosotros el gusto por la ingeniería y la investigación científica.

III. Instrucciones

En esta práctica se pretende resaltar la importancia de realizar una correcta selección de materiales para algún fin específico.

Para ello, se ilustran algunos métodos utilizados en la selección de materiales, desde convencionales, gráficos o con ayuda de *software* (bases de datos). Estos métodos serán analizados y aplicados en la selección del material o de los materiales usados en las diferentes industrias

- a) Cada estudiante deberá presentar un material, sea de metal, de cerámica, compuesto, polímero, semiconductor.
- b) Presentarse al momento que el docente le solicite y explique el material con los siguientes procesos:
 - Describir el material. ¿Qué objeto es?
 - ¿El material es metal, cerámica, compuesto, polímero, semiconductor?
 - Características: forma, color, tamaño, dureza, flexibilidad. Además, observar si es opaco, dúctil, maleable, cristalino, buen conductor de calor y electricidad.
- c) Puede utilizar métodos de selección:
 - Método tradicional o materiales de ingeniería: En este método, el estudiante escoge el material que cree más adecuado: analiza y comenta sus características el funcionamiento del material.
 - Método gráfico: Este método se puede apoyar en gráficas conocidas como mapas de materiales en el software, donde puede presentar las propiedades de los materiales.





Semana 1

Cuestionario 1

Sección: Fecha:...../...../.....

Apellidos y nombres:

Instrucciones: Después de haber leído los conceptos, conteste las siguientes preguntas:

1. ¿Qué estudia la ciencia de materiales?

.....
.....
.....

2. ¿En cuántos grupos se clasifican los materiales? Mencionalos.

.....
.....
.....

3. ¿Cuáles son las propiedades de los materiales?

.....
.....
.....

4. Describe el material presentado en clase por uno de uno de tus compañeros.

¿El material es metal, cerámica, compuesto, polímero, semiconductor?

¿Qué característica tiene en forma, color, tamaño, dureza, flexibilidad? Además, observar si es opaco, dúctil, maleable, cristalino, buen conductor de calor y electricidad.

.....
.....
.....



Guía de trabajo 2

Tema 1: Reconocimiento de materiales, equipos de laboratorio y del taller

I. Propósito

- Reconocer los materiales de laboratorio uso y funciones.
- Realizar experimentos donde se desarrollen las operaciones básicas más comunes en el laboratorio.

II. Objetivos

En el laboratorio es necesario conocer los diferentes materiales y equipos que se utilizan en las diversas actividades, ya sea en investigación o docencia. Para trabajar correctamente, es importante saber la función de cada uno de ellos.

Los materiales en los que se miden y se combinan sustancias están fabricados con vidrio a base de silicatos (vidrio óptico, vidrio de jena o vidrio duro). Ello por ser muy resistentes a la acción de los reactivos químicos y/o los cambios bruscos de temperatura. Para medir volúmenes que pueden ser de vidrio o de plástico transparente, estos materiales deben estar graduados. Ejemplos: probeta, pipeta, bureta, matraz aforado. Además, para evitar accidentes, se debe manejar con cuidado los equipos de laboratorio, pues muchos de ellos funcionan con corriente eléctrica.

Para ingresar al laboratorio, todo estudiante debe cumplir las normas de seguridad. Debe estar debidamente protegido. Además, ser prudente, ordenado en sus prácticas de laboratorio, y pensar que su trabajo es una investigación muy seria.

Con sus prácticas en el laboratorio, el estudiante descubrirá, demostrará ciertos fenómenos o principios científicos. Antes, deberá revisar la guía de laboratorio para saber qué se realizará.

Materiales de vidrio

- **Beacker (vaso de precipitado).** Es de vidrio y hay de diferentes tamaños. Está graduado y tiene pico. Puede ser también de plástico. Permite hacer mezclas o soluciones, preparar colorantes, realizar evaporaciones.
- **Asa de siembra.** Con mango aislante o con alambre, es útil para el sembrado de hongos y de bacterias en diversos cultivos.
- **Balón de destilación.** Es de vidrio. Se usa para calentar líquidos, cuyos vapores deben seguir un camino obligado (hacia el refrigerante). Por ello, cuenta con una salida lateral.
- **Placa de Petri.** Existe de diferentes medidas. Es utilizada para preparar cultivos de hongos y bacterias. También para seleccionar muestras de animales. Sirve para observar microorganismos en el laboratorio.
- **Cubre objetos.** Sirve para preparar soluciones o para colocar sobre ellos muestras de animales o plantas que serán observados con el microscopio.
- **Frasco gotero:** Es de color blanco o ámbar. Sirve para guardar de una manera segura los reactivos. Regularmente se administra con conteo de gotas.
- **Matraz aforado (fiola).** Es de fondo plano y cuello estrecho muy alargado, donde tiene una marca que, cuando están lleno hasta esta señal, indica el volumen que contiene. Puede ser de 50, 100 o más mililitros. Es usado para preparar varias soluciones tipo y para diluciones a un volumen determinado.
- **Matraz Erlenmeyer.** Es de vidrio. Tiene forma de cono con fondo plano. Puede estar graduado y se encuentra en diversos tamaños. Es empleado para calentar líquidos, preparar soluciones o para cultivo durante los experimentos.
- **Pipeta serológica.** Material de vidrio que se utiliza para medir volúmenes de 1, 5, 10 mililitros.



- **Portaobjetos.** Puede ser laminilla de cristal con ligeras hendiduras o sin ellas, donde son depositadas las sustancias que se observarán con el microscopio.
- **Probeta graduada.** Es de uso muy frecuente. Es un tubo de cristal con pie. Se usa para medir líquidos o sustancias en centímetros cúbicos. La base de la probeta es amplia y el extremo opuesto generalmente tiene un «pico» para facilitar verter los líquidos que se miden.
- **Tubo de ensayo (tubo de prueba).** Sirve para contener diversas sustancias en pequeños volúmenes, preparar cultivos de bacterias y hongos, realizar diferentes experimentos. Puede ser de diferentes medidas.
- **Vagueta (varilla de cristal).** Es una varilla de vidrio que sirve para mezclar o disolver las sustancias. Puede ser de diferente diámetro y longitud.

Figura 2. Materiales de vidrio



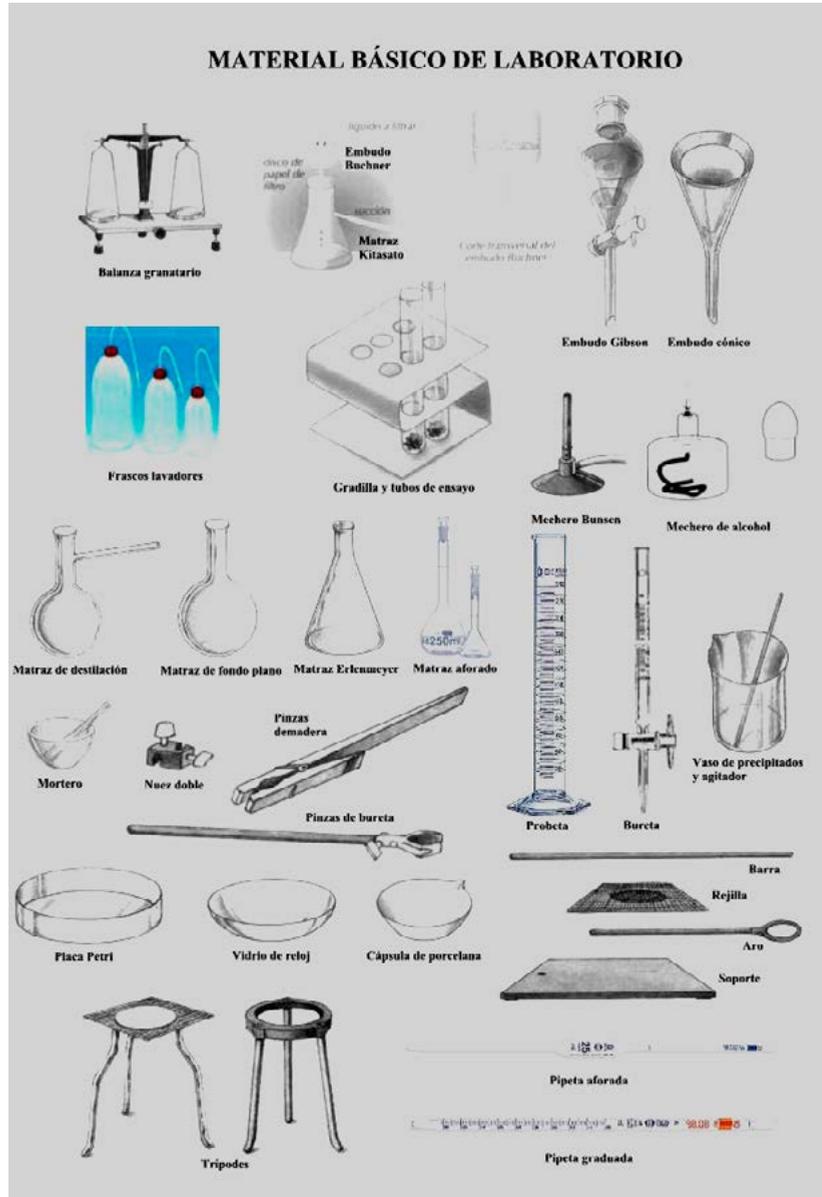
Materiales diversos

- **Broche de madera (pinza de madera).** Se utiliza para sujetar tubos de ensayo.
- **Cápsula de porcelana (mortero).** Es de forma semiesférica. Se utiliza para moler sustancias o mezclar diferentes sustancias durante el experimento.

- **Espátula.** Puede ser de acero o de porcelana. En el laboratorio se manejan a veces sustancias químicas sólidas con las que es preciso manipular: sacar una pequeña porción de un recipiente y depositarla en aparatos de medición u otro, mezclar cantidades reducidas de diversas sustancias guardadas en sus frascos correspondientes.
- **Gradilla.** Apoya tubos de ensayo.
- **Mechero de alcohol.** Puede ser cualquier recipiente que contenga alcohol, mecha, tapón de rosca agujerado donde sobresalga la mecha y tapón para cubrir la mecha una vez que se ha utilizado.
- **Mechero de Bunsen.** Aparato que consta de un tubo vertical soportado en un pie o pequeña plataforma a la que va enroscado. El tubo en su base tiene un pequeño orificio vertical que permite la entrada de gas. Arriba de esta entrada de aire, rodeado de un anillo móvil, se usa para regular la cantidad de aire. Puede alcanzar temperaturas hasta 2000 °C.
- **Pinza o tenaza.** Está hecha de fierro. Con ella, podemos tomar recipientes calientes.
- **Soporte universal.** Es una varilla con una base de fierro de forma rectangular o con una base en forma de triángulo. Es útil para colocar y fijar en ellos a los anillos o las pinzas de bureta, donde serán puestos los recipientes que se calentarán durante la práctica de laboratorio.
- **Tela metálica con asbesto.** Es una tela de alambre con centro de asbesto. Sirve para depositar sobre ella los matraces cuando se van a calentar las sustancias. Permite distribución uniforme del calor.
- **Trípode.** Puede ser fijo o desmontable. Sirve para depositar sobre él matraces y diversos utensilios para su observación o colocar los matraces al fuego y aumentar la temperatura de las sustancias.



Figura 3. Materiales de uso frecuente en un laboratorio de Microbiología.



Equipos de laboratorio

- **Refrigeradora.** Permite almacenar reactivos y muestras biológicas.
- **Estufa eléctrica.** Muy útil en el laboratorio. Sirve para secado de sustancias y esterilización. Alcanza temperaturas ente 250 y 300 °C.
- **Micrótopo.** Se usa para hacer los cortes de tejidos vegetales o animales con medidas de micra de grueso.
- **Incubadora.** Permite guardar cultivos de microorganismos para su óptimo desarrollo.
- **Baño María.** Sirve para mantener temperaturas homogéneas.

Figura 4. Baño María.



- **Balanza.** Muy importante en el laboratorio. Las dos condiciones indispensables de una balanza son exactitud y sensibilidad. Debe colocarse sobre un soporte bien fijo, protegido de vibraciones mecánicas.
- **Centrífuga.** Permite separar sustancias a diferentes velocidades.



Figura 5. Balanza analítica

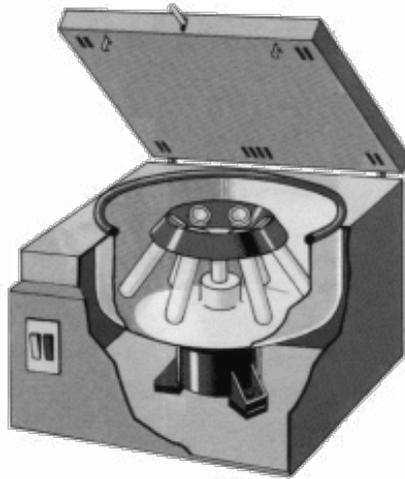


Figura 6. Centrífuga



Guía de trabajo 2

Tema 2: Enlace químico

I. Propósito

- Identificar el tipo de enlace mediante la conductividad eléctrica.
- Diferenciar entre una solución iónica, parcialmente iónica y covalente según su conductividad eléctrica.

II. Objetivos

La definición de enlace químico refiere a la unión de átomos, iones y moléculas para formar entidades más estables con propiedades diferentes a los originales. Su estudio ayuda a entender las fuerzas que participan en los diversos tipos de enlaces a nivel interatómico o intermolecular.

Enlace iónico

Se debe a interacciones electrostáticas entre los iones que pueden formarse por la transferencia de uno o más electrones de un átomo o grupo de átomos a otro átomo o grupo de átomos. En el estado sólido, se encuentran formando cristales debido a su energía reticular.

El enlace iónico se forma como resultado de la transferencia de electrones del elemento metálico a un no metálico durante una reacción química. Al perder los electrones, los metales se transforman en iones positivos y los no metales, al ganar electrones, se hacen iones negativos. Se origina así una fuerte atracción electrostática entre ambos. Por las cargas diferentes, terminan armando una estructura sólida cristalina como el cloruro de sodio.

Los enlaces iónicos son muy estables y resisten altas temperaturas sin descomponerse químicamente (no son



combustibles). Son solubles en agua. Al disolverse, se disocian en sus iones que conducen la corriente eléctrica.

Enlace covalente

Se debe a que se comparten uno o más pares de electrones de valencia entre dos átomos generalmente no metálicos, por la formación de orbitales moleculares a partir de orbitales atómicos.

Se forma como resultado de la compartición de electrones entre no metales durante una reacción química. Este enlace forma moléculas con existencia individual. Las sustancias covalentes tienen bajo punto de fusión y ebullición. Se descomponen por el calor y la mayoría de ellos son combustibles.

Las sustancias de origen covalente son solubles en alcohol, bencina y son poco solubles. En algunos casos, son insolubles en agua. Por ello, no conducen corriente eléctrica, característica de compuestos orgánicos.

Conductividad eléctrica y solubilidad

¿Se puede probar una sustancia para establecer el tipo de enlace que está presente? Sí, es posible. Tanto las pruebas de conductividad eléctrica como la de solubilidad de las sustancias pueden ofrecer importantes indicios acerca de las características de sus enlaces. Por ejemplo: si una pequeña cantidad de materia se disuelve en agua (solvente polar), y la solución resultante conduce la electricidad, cabe suponer que el material es una sustancia iónica. Si la solución no conduce electricidad, es covalente apolar. Si el material que se prueba es un sólido que conduce electricidad y tiene una apariencia brillante, se puede suponer que la sustancia es un metal.

III. Materiales reactivos

- 1 equipo de conductividad
- 1 gradilla para tubos
- 1 multítester
- 1 pinza para tubos
- 1 probeta de 10 ml
- 2 lunas de reloj
- 5 tubos de prueba
- 8 vasos de precipitación de 150 ml

Reactivos

- 1 barra de aluminio
- 1 barra de cobre
- 1 barra de zinc
- 1 barra de hierro
- 1 g de cloruro de sodio
- 1 g de sulfato de cobre
- 1 ml de ácido clorhídrico
- 1 ml de bencina
- 1 ml de aceite
- 1 papa mediana (traer por grupo)
- 50 ml de ácido clorhídrico al 1 N
- 50 ml de agua destilada
- 50 ml de agua potable
- 50 ml de alcohol
- 50 ml de bencina
- 50 ml de cloruro de sodio al 1 N
- 50 ml de sulfato de cobre al 1 N
- 50 ml de zumo de limón (traer por grupo)



IV. Procedimiento experimental

Experimento 1: Solubilidad

- En un tubo de ensayo verter 3 ml de agua destilada y agregar 1 g de sulfato de cobre. Agitar y anote sus observaciones.
- En un tubo de ensayo verter 3 ml de agua destilada y agregar 1 ml de aceite. Agitar y anote sus observaciones.
- En un tubo de ensayo verter 3 ml de agua destilada y agregar 1 ml de bencina. Agitar y anote sus observaciones.
- En un tubo de ensayo verter 3 ml de agua destilada y agregar 1 g de cloruro de sodio. Agitar y anote sus observaciones.
- En un tubo de ensayo verter 3 ml de agua destilada y agregar 1 ml de ácido clorhídrico. Agitar y anote sus observaciones

Experimento 2: Conductividad eléctrica de enlace iónico y covalente

- En un vaso de precipitados, verter 50 ml de agua destilada e introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad del líquido y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- En un vaso de precipitados, verter 50 ml de agua potable e introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad del líquido y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- En un vaso de precipitados, verter 50 ml de zumo de limón e introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad del líquido y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- En un vaso de precipitados, verter 50 ml de cloruro de sodio al 1N e introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad del líquido y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.

- En un vaso de precipitados, verter 50 ml de ácido clorhídrico al 1N e introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad del líquido y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- En un vaso de precipitados, verter 50 ml de sulfato de cobre al 1N e introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad del líquido y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- En un vaso de precipitados, verter 50 ml de bencina e introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad del líquido y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- Coger una papa mediana, introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad de la papa y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- En un vaso de precipitados, verter 50 ml de alcohol e introducir los electrodos del equipo de conductividad hasta la mitad del líquido y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.

Experimento 3: Conductividad eléctrica del enlace metálico (para demostración por el docente)

- Conectar una barra de cobre al equipo de conductividad y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- Conectar una barra de hierro al equipo de conductividad y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- Conectar una barra de aluminio al equipo de conductividad y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.
- Conectar una barra de zinc al equipo de conductividad y enchufar el equipo. Anote sus observaciones.



Cuestionario 2

Sección: Fecha:...../...../.....

Apellidos y nombres:

Instrucciones: Después de haber leído los conceptos, conteste las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la diferencia entre enlace iónico y enlace covalente?

.....
.....
.....

2. ¿Cómo se puede determinar si un compuesto es iónico o molecular?

.....
.....
.....

3. Esquematice mediante la escritura de Lewis un enlace iónico y un enlace covalente.

.....
.....
.....

4. ¿Cómo se determina el tipo de enlace según la variación de la electronegatividad?

.....
.....
.....

5. ¿Cómo se puede determinar experimentalmente si una solución forma una solución electrolítica o no?

.....
.....
.....

6. ¿Cuáles de las sustancias con las que ha trabajado en esta práctica son sólidos iónicos?

.....
.....
.....

7. ¿Por qué los ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico son solubles en agua y son buenos conductores de la electricidad?

.....
.....
.....

8. ¿Cómo se da la conductividad en las sustancias de origen iónico y en las sustancias metálicas?

.....
.....
.....

9. Mencione diez ejemplos de compuestos iónicos.

.....
.....
.....

10. Mencione diez ejemplos de sustancias covalentes.

.....
.....
.....





Reporte de la práctica 2

Enlace químico

Sección: Fecha:...../...../.....

Apellidos y nombres:

Instrucciones: Conteste de manera clara y concreta los aspectos relacionados con la práctica.

1. Reporte los resultados de solubilidad en agua de las sustancias experimentadas. (2 puntos)

Compuesto	Fórmula química	Estado de agregación inicial	¿Es soluble en agua?	Tipo de enlace
Ácido clorhídrico				
Bencina				
Cloruro de sodio				
Sulfato de cobre				
Tetracloruro de carbono				

2. Reporte los resultados de conductividad eléctrica del enlace iónico y covalente. (6 puntos)

Compuesto	Fórmula química	¿Conduce la corriente eléctrica?		Tipo de enlace
		¿Sí o no?	¿Con intensidad alta, media o baja? (utilizar el multitester)	
Ácido clorhídrico				
Agua destilada				
Agua potable				
Alcohol				
Bencina				
Cloruro de sodio				
Papa				
Sulfato de cobre				
Zumo de limón				

3. Reporte los resultados de la conductividad eléctrica del enlace metálico. (2 puntos)

Elemento	Fórmula química	Conductividad de la corriente e intensidad (utilizar el multítester)	Observaciones
Aluminio			
Cobre			
Hierro			
Zinc			

4. Sintetice sus conclusiones con respecto a la práctica realizada. (2 puntos)

.....

.....

.....

5. Desarrolle el cuestionario de la práctica. (6 puntos)

- ¿Cuál es la diferencia entre enlace iónico y enlace covalente?

.....

.....

.....

- Esquematice mediante la escritura de Lewis un enlace iónico y un enlace covalente de la práctica.

- ¿Cómo puede determinar experimentalmente si una solución forma o no una solución electrolítica?

.....

.....

.....

- ¿Cuáles de las sustancias con la que ha trabajado en esta práctica son sólidos iónicos?

.....
.....
.....

- ¿Por qué los ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico son solubles en agua y son buenos conductores de la electricidad?

.....
.....
.....

- ¿Cómo se da la conductividad en las sustancias de origen iónico y en las sustancias metálicas?

.....
.....
.....

6. Criterios de cumplimiento de: normas de bioseguridad + insumos encomendados + orden + limpieza (mesa y materiales) + puntualidad + trabajo colaborativo. (2 puntos)



Guía de trabajo 3

Tema 3: Estructura red cristalina y amorfas de los materiales

I. Propósito

Aprender a distinguir la estructura cristalina y amorfos en los materiales.

II. Objetivos

- Conocer la disposición de los átomos y iones de los sólidos en el espacio e identificar los principales bloques componentes de los sólidos.
- Describir la diferencia entre estructura atómica y estructura cristalina para los materiales sólidos.

III. Fundamento teórico

Red de Bravais y celda primitiva unidad

Uno de los conceptos fundamentales en la descripción de un sólido cristalino es la red de Bravais, que especifica cómo las unidades básicas que lo componen (átomos, grupos de átomos o moléculas) se repiten periódicamente a lo largo del cristal.

Una red de Bravais está formada por todos los puntos cuyo vector de posición es de la forma $R = n_1a_1 + n_2a_2 + n_3a_3$, donde a_1 , a_2 y a_3 son tres vectores linealmente independientes y n_1 , n_2 y n_3 son números enteros.

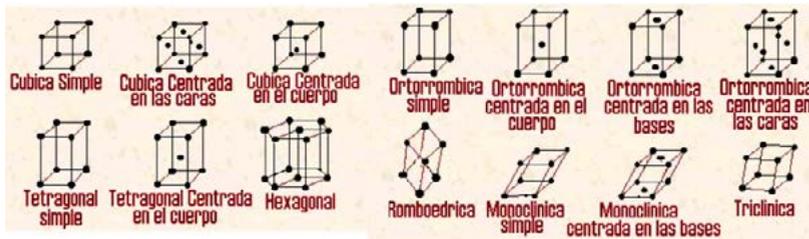
A los vectores a_i se les llama vectores primitivos o traslaciones fundamentales de la red de Bravais.

Se llama celda primitiva unidad de una red de Bravais a un volumen del espacio tal que trasladado mediante todos los vectores de dicha red llena todo el espacio sin dejar vacíos ni superponerse. Esta condición implica que una celda unidad contiene solo un punto de la red. Sin embargo, existe un número infinito de celdas primitivas, todas con el mismo volumen. Siempre es posible elegir una región (que pueda contener más de un punto de la red) que, trasladada mediante un subconjunto de vectores de la red, llena el espacio sin dejar vacíos ni superponerse.

Estas celdas unidades (no primitivas) pueden elegirse de modo que reflejen mejor la simetría de la red.

La estructura de un cristal real queda descrita cuando se da la red de Bravais subyacente y la distribución de los átomos en la celda primitiva (motivo). La red cristalina está formada por copias de la misma unidad fundamental o motivo localizadas en todos los puntos de la red de Bravais.

Figura 7. Sistemas cristalinos (redes de Bravais)



Nota: Aunque existen 14 posibles celdas cristalinas. Existen siete combinaciones diferentes en las cuales están agrupadas en dependencia de los parámetros de red. Cada una de esas combinaciones constituye un sistema cristalino.



Guía de trabajo 3

Práctica 3: Estructura red cristalina y amorfas de los materiales

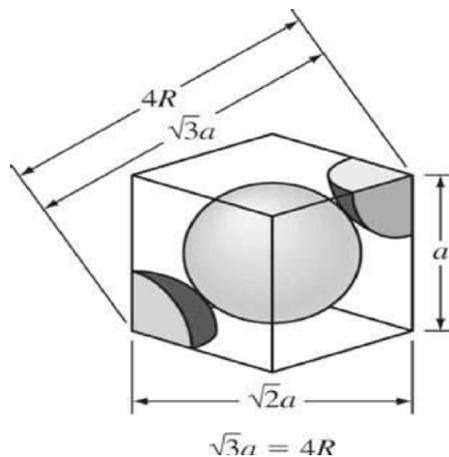
Sección: Fecha:...../...../.....

Apellidos y nombres:

Instrucciones: Leer detenidamente y resolver los siguientes ejercicios y no te olvides de colocar sus unidades de medida.

Problema 1

El hierro a 20 °C es BCC con átomos con un radio atómico de 0.124. Calcule la constante de red a para el vértice del cubo de la celda unitaria de hierro. (Considere los datos de la siguiente figura).



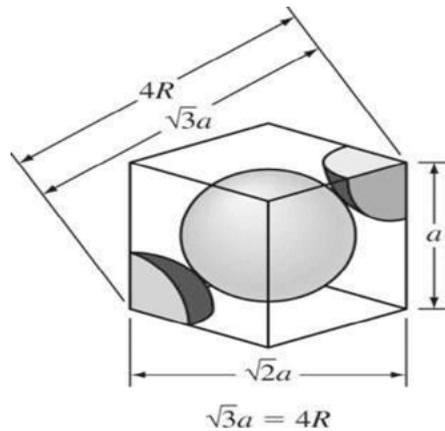
Problema 2

El radio atómico del níquel CCC es 1.243 Å. Calcular:

- el parámetro de red y
- la densidad del níquel, si se sabe que la masa atómica del níquel es de 58.71 g/mol.

Problema 3

Calcule el factor de empaquetamiento atómico (APF) para la celda unitaria BCC. Considere los átomos como esferas rígidas.



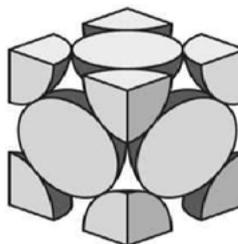
Problema 4

La densidad del potasio, que tiene una estructura CC y un átomo por punto de red, es 0.855 g/cm^3 . La masa atómica del potasio es 39.09 g/mol . Calcule:

- el parámetro de red y
- el radio atómico del potasio.

Problema 5

Determine el volumen de una celdilla unidad FCC y calcule el volumen de la celda FCC en función del radio atómico R.



c)

Problema 6

Un metal con una estructura cúbica tiene una densidad de 1.892 g/cm^3 , un peso atómico de 132.91 g/mol y un parámetro de red de 6.13 \AA . Un átomo asociado a cada punto de la red. Determine la estructura cristalina del metal.



Problema 7

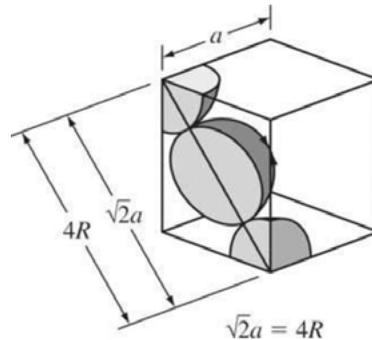
Calcule el factor de empaquetamiento atómico para una FCC. Demuestre que el factor de empaquetamiento atómico para una estructura cristalina FCC es 0.74.

Problema 8

El hierro puro experimenta un cambio polimórfico de BCC a FCC calentándolo al pasar los 912 °C. Calcule el cambio de volumen asociado con el cambio de estructura de BCC a FCC si a 912 °C la celda unitaria BCC tiene un parámetro de red de 0.293 nm y la celda unitaria FCC 0.363 nm.

Problema 9

Calcule el cambio de volumen teórico que acompaña a la transformación alotrópica en un metal puro desde la estructura FCC a BCC. Considere el modelo de esferas rígidas. Además, no existe cambio de volumen atómico antes y después de la transformación.

**Problema 10**

El platino es FCC. Tiene una constante de red de 0.39239 nm. ¿Calcule el valor del radio atómico?



Guía de trabajo 4

Tema 4: Propiedades mecánicas (ensayo de tracción)

I. Propósito

Entender cómo se miden las diferentes propiedades mecánicas y lo que estas representan, pues se les puede solicitar que diseñen estructuras o componentes utilizando materiales que no tengan fallas o deformaciones.

II. Objetivos

Explicar qué es el ensayo de tracción, qué tipo de máquina se emplea para realizar los ensayos de tracción y qué información respecto a las propiedades de un material pueden obtenerse de estos ensayos.

III. Introducción

El ensayo a tracción es la forma básica de obtener información sobre el comportamiento mecánico de los materiales. Mediante una máquina de ensayos, se deforma una muestra o probeta del material a estudiar, aplicando la fuerza uniaxialmente en el sentido del eje de la muestra. A medida que se va deformando la muestra, se va registrando la fuerza (carga), llegando generalmente hasta la fractura de la pieza. Así, pues, el resultado inmediato es una curva de carga frente a alargamiento, que, transformada en tensión y deformación, en función de la geometría de la probeta ensayada, aporta una información más general. Esta práctica tiene el objetivo inmediato de ilustrar, mediante la experiencia, las propiedades mecánicas de los materiales que se derivan a partir de un ensayo a tracción. Los objetivos añadidos son:

- a) Conocer cómo se fijan las condiciones de ensayo, cómo se realiza el ensayo y qué información se puede extraer a partir de los datos registrados y cómo.



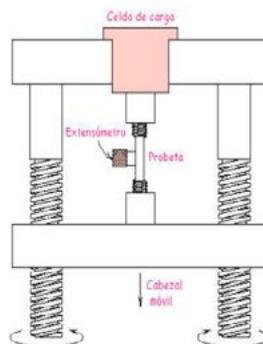
- b) Utilizar una máquina de ensayos mecánicos y tener una visión de su potencial, versatilidad y posibilidades para caracterizar mecánicamente los materiales. Para ello, se trabajará con la máquina de ensayos mecánicos Shimadzu Autograph del laboratorio de materiales, con 50 kN de capacidad máxima de carga, como la mostrada en la imagen. Los ensayos a tracción se realizarán en varillas cilíndricas metálicas.

IV. Fundamento teórico

El ensayo de tracción sirve para definir la resistencia elástica, resistencia última y plasticidad del material cuando se le somete a fuerzas uniaxiales. Se requiere una máquina, prensa hidráulica por lo general, capaz de:

- Alcanzar la fuerza suficiente para producir la fractura de la probeta.
- Controlar la velocidad de aumento de fuerzas.
- Registrar las fuerzas, F , que se aplican y los alargamientos, ΔL , que se observan en la probeta. Un esquema de la máquina de ensayo de tracción se muestra en la figura 8.

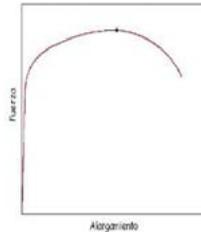
Figura 8. Máquina de ensayo de tracción.



V. Procedimiento

La máquina de ensayo impone la deformación desplazando el cabezal móvil a una velocidad seleccionable. La celda de carga conectada a la mordaza fija entrega una señal que representa la carga aplicada, las máquinas están conectadas a un ordenador que registra el desplazamiento y la carga leída. Si representamos la carga frente al desplazamiento obtendremos una curva como la mostrada en la figura 9.

Figura 9. Fuerza vs. alargamiento



Para realizar esta práctica, utilice las siguientes probetas con los siguientes metales probetas de cobre, aluminio, acero inoxidable AISI 316, acero F1250, acero F1430, acero F1140, acero F1110¹.



La probeta a ensayar se sujeta por sus extremos al cabezal móvil de la máquina de ensayos y a la célula de carga, respectivamente.

¹ Universitat Rovira i Virgili (20 de julio de 2016). Laboratorio de Resistencia de Materiales: Ensayo de Tracción [Video]. Youtube. <https://cutt.ly/hYXtTPv>

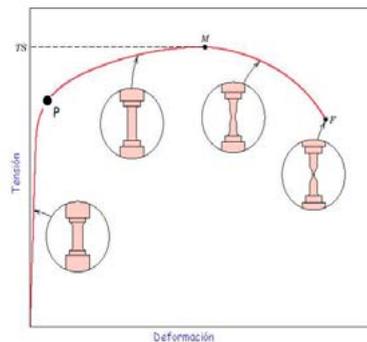
Las mordazas de sujeción deben mantener firme a la muestra durante el ensayo, mientras se aplica la carga, impidiendo el deslizamiento. A su vez, no deben influir en el ensayo introduciendo tensiones que causen la rotura en los puntos de sujeción.

Para que el ensayo se considere válido, la rotura debe ocurrir en la longitud calibrada, en la parte central de la probeta. A partir de las dimensiones iniciales de la probeta, se transforman la fuerza en tensión y el alargamiento en deformación, que nos permite caracterizar las propiedades mecánicas que se derivan de este ensayo.



De tal forma que la curva típica sería tensión vs. deformación, tal y como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Curva típica de tracción hasta la fractura, punto F.



La resistencia a la tracción TS está indicada en el punto M. Los insertos circulares representan la geometría de la probeta deformada en varios puntos de la curva.

La interpretación de la curva nos lleva:

1. En la curva podemos distinguir dos regiones:

- Zona elástica: La región a bajas deformaciones (hasta el punto P), donde se cumple la Ley de Hooke: $\sigma = E \varepsilon$ ($E =$ modulo elástico).
- Zona plástica: A partir del punto P. Se pierde el comportamiento lineal, el valor de tensión para el cual esta transición ocurre. Es decir, se pasa de deformación elástica a plástica, es el límite de elasticidad, σ_y , del material.

2. Tras iniciarse la deformación plástica, la tensión necesaria para continuar la deformación en los metales aumenta hasta un máximo, punto M, resistencia a tracción (RT o TS), y después disminuye hasta que finalmente se produce la fractura, punto F. La resistencia a tracción es la tensión en el máximo del diagrama tensión-deformación nominales. Esto corresponde a la máxima tensión que puede ser soportada por una estructura a tracción.

Si esta tensión es aplicada y mantenida, se producirá la rotura. Hasta llegar a este punto, toda la deformación es uniforme en la región estrecha de la probeta. Sin embargo, cuando se alcanza la tensión máxima, se empieza a formar una disminución localizada en el área de la sección transversal en algún punto de la probeta, lo cual se denomina estricción. Toda la deformación subsiguiente está confinada en la estricción. La fractura ocurre en la estricción. La tensión de fractura o bien de rotura corresponde a la tensión en la fractura.

Deformación elástica

Definimos elasticidad como la propiedad de un material en virtud de la cual las deformaciones causadas por la aplicación de una fuerza desaparecen cuando cesa la acción de la fuerza. "Un cuerpo completamente elástico se concibe como uno de los que recobra completamente su forma y dimensiones



originales al retirarse la carga". Ejemplo: caso de un resorte al cual le aplicamos una fuerza. El grado con que una estructura se deforma depende de la magnitud de la tensión impuesta. Para muchos metales sometidos a esfuerzos de tracción pequeños, la tensión y la deformación son proporcionales según la relación

$$\sigma = E\varepsilon$$

Esta relación se conoce con el nombre de ley de Hooke, y la constante de proporcionalidad, E (MPa) es el módulo de elasticidad, o módulo de Young. Cuando se cumple que la deformación es proporcional a la tensión, la deformación se denomina deformación elástica; al representar la tensión en el eje de coordenadas en función de la deformación en el eje de abscisas se obtiene una relación lineal:



La pendiente de este segmento lineal corresponde al módulo de elasticidad E. Este módulo puede ser interpretado como la rigidez, o sea, la resistencia de un material a la deformación elástica. Cuanto mayor es el módulo, más rígido es el material, o sea, menor es la deformación elástica que se origina cuando se aplica una determinada tensión.

Deformación plástica

Definimos como plasticidad a aquella propiedad que permite al material soportar una deformación permanente sin fracturarse. Todo cuerpo al soportar una fuerza aplicada trata de deformarse en el sentido de aplicación de la fuerza. En el caso del ensayo de tracción, la fuerza se aplica en dirección del eje

Cálculo del límite elástico

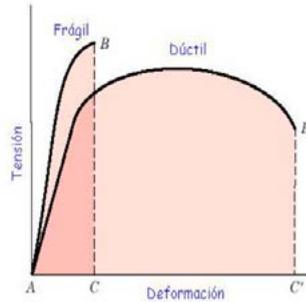
Para conocer el nivel de tensiones para el cual empieza la deformación elástica, o sea, cuando ocurre el fenómeno de fluencia, tenemos que tener en cuenta dos tipos de transición elastoplástica:

1. Los metales que experimentan esta transición de forma gradual. El punto de fluencia puede determinarse como la desviación inicial de la linealidad de la curva tensión-deformación (punto P en la figura 4). En tales casos, la posición de este punto no puede ser determinada con precisión, por este motivo se ha establecido una convención por la cual se traza una línea recta paralela a la línea recta paralela a la línea elástica del diagrama de la tensión-deformación desplazada por una determinada deformación, usualmente 0.002. La tensión correspondiente a la intersección de esta línea con el diagrama tensión deformación cuando este se curva se denomina límite elástico, σ_y .
2. Para aquellos materiales que tienen una región elástica no lineal, la utilización del método anterior no es posible, y la práctica usual es definir el límite elástico como la tensión necesaria para producir una determinada deformación plástica. Algunos aceros y otros materiales exhiben el tipo de diagrama tensión deformación mostrado en la figura 9b. La transición elastoplástica está muy bien definida y ocurre de forma abrupta y se denomina fenómeno de discontinuidad del punto de fluencia. En el límite de fluencia superior, la deformación plástica se inicia con una disminución de la tensión. La deformación prosigue bajo una tensión que fluctúa ligeramente alrededor de un valor constante, denominado punto de fluencia inferior. En los metales en que ocurre este fenómeno, el límite elástico se toma como el promedio de la tensión asociada con el límite de fluencia inferior, ya que está bien definido y es poco sensible al procedimiento seguido en el ensayo.

Ductilidad

La ductilidad es otra importante propiedad mecánica. Es una medida del grado de deformación plástica que puede ser soportada hasta la fractura. Un material que experimenta poca o ninguna deformación plástica se denomina frágil. La ductilidad puede expresarse cuantitativamente como alargamiento relativo porcentual, o bien mediante el porcentaje de reducción de área.

Figura 12. Representación esquemática de los diagramas de tracción de materiales frágiles y dúctiles ensayados hasta la fractura.



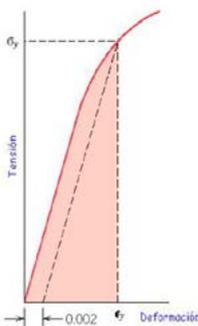
$$\%EL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100$$

El alargamiento relativo porcentual a rotura, EL, es el porcentaje de deformación plástica a rotura, o bien donde l_f es la longitud en el momento de la fractura y l_0 es la longitud de prueba original.

Tenacidad

La tenacidad de un material es un término mecánico que se utiliza en varios contextos; en sentido amplio, es una medida de la capacidad de un material de absorber energía antes de la fractura. La geometría de la probeta, así como la manera con que se aplica la carga son importantes en la determinación de la tenacidad.

$$U_r = \int_0^{\epsilon_f} \sigma d\epsilon$$



Resiliencia

Medida de la capacidad de un material de absorber energía elástica antes de la deformación plástica.

VI. Procedimiento

Antes de comenzar a realizar los ensayos de tracción se deben tomar las respectivas medidas de las probetas. Es muy importante ser bastante cuidadosos en la toma de estas medidas ya que después de someter las probetas a los ensayos de tracción por medio de la maquina universal, se van a comparar finales, tanto la longitud de la probeta como el diámetro de la misma. Después de realizar todas las medidas a nuestras probetas, procedemos a efectuar el ensayo de tracción. Una vez terminado el ensayo se vuelve a medir la probeta para calcular la deformación.

VII. Informe

- Explicar el procedimiento seguido.
- Dibujar las gráficas tensión vs. deformación y comentarlas de todas las probetas ensayadas.
- Calcular deformación final y módulo de Young, de cada una de las probetas.
- Contestar las siguientes cuestiones: ¿Qué probeta es más frágil y cuál más dúctil? ¿Influye la temperatura en los resultados de las pruebas a tracción?

Referencias bibliográficas

Callister, W. (2010). *Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales*. Editorial Reverte. Código Biblioteca UC: UCCI 620.11 C21 2010

Universitat Rovira i Virgili (20 de julio de 2016). *Laboratorio de resistencia de Materiales: Ensayo de Tracción* [Video]. Youtube. <https://cutt.ly/hYXtTPv>



Segunda Unidad



Guía de trabajo 5

Tema 5: Propiedades mecánicas: ensayo de dureza

I. Propósito

Entender cómo se miden las diferentes propiedades mecánicas y lo que estas representan, puesto que se les puede solicitar que diseñen estructuras o componentes utilizando materiales que no tengan fallas o deformaciones.

II. Objetivos

Objetivo general

Que el estudiante se familiarice con el proceso de obtención de la dureza de metales ferrosos y no ferrosos, empleando las escalas Rockwell y Brinell; así como la obtención de la resistencia máxima a la tracción de metales ferrosos a partir de los datos del ensayo Brinell.

Objetivos específicos

- Que el estudiante adquiera destrezas en el manejo de las escalas de dureza Rockwell y Brinell.
- Que el estudiante adquiera destrezas en el manejo de las tablas de conversión de dureza.
- Que el estudiante observe la diferencia entre la dureza del acero 1020 y la del latón y aluminio, en estado recocido.

III. Material

Probetas provenientes de la práctica de tracción.

IV. Equipos

- Equipos de corte y pulido de metales.
- Durómetros



V. Desarrollo experimental

- Cortar y preparar adecuadamente las probetas para los ensayos de dureza. Debe utilizar la experiencia obtenida en la práctica de preparación de metales realizada en el curso Materiales,
- Medir la dureza Rockwell de todos los materiales. Recuerde que la dureza será el promedio de un número de medidas realizadas, el cual dependerá de la dispersión de los valores medidos. En consecuencia, es importante hacer una distribución adecuada del espacio disponible para obtener el mayor número posible de medidas y un resultado confiable.
- Realizar diferentes ensayos dureza, empleando la escala Brinell, con un penetrador de 2,5 mm de diámetro y tres cargas diferentes para las probetas de acero 1020-0 y latón. De ser posible realizar un mínimo de tres repeticiones para cada carga. Se debe registrar el diámetro promedio de huella para cada carga y sus repeticiones. Con estos datos



se elaborará la gráfica de carga vs. diámetro de huella y se obtendrá el exponente de endurecimiento de Meyer.

VI. Informe

El informe se debe realizar siguiendo y respetando el formato presentado al principio de esta guía, considerando los siguientes puntos:

- Elaborar una tabla comparativa con los valores de dureza Brinell Rockwell de todos los materiales. Sí es necesario utilice una tabla de conversión para llevar todas las medidas de dureza a una misma escala. Discuta la diferencia entre los valores de dureza para los diferentes materiales utilizados y haga referencia al valor reportado en la bibliografía.
- Elaborar las gráficas de carga aplicada vs. diámetro promedio de huella para la probeta de acero 1020.
- Calcular el valor del exponente de la ecuación de endurecimiento por deformación de Hollomon " m ", usando la ecuación de endurecimiento de Meyer, para la probeta de acero 1020. Compárelo con el valor obtenido en la práctica de tracción, determine la diferencia (en porcentaje) entre ambos valores y discuta.
- Empleando la gráfica de KB vs. m , estime los valores de la resistencia máxima del acero 1020-O y del latón (para entrar en la gráfica de KB vs. m use los valores de " m ", de cada material, obtenidos en la práctica de tracción). Compárelos con los valores obtenidos en la práctica de tracción determine la diferencia (en porcentaje) entre ambos valores y discuta.



Referencias bibliográficas

Blanco, Oswaldo. Procesos de Fabricación. Conceptos Básicos.

Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2012). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* (5.ª ed.). Pearson

Datsko, J. (1967). *Materials Properties and Manufacturing Processes*. John Wiley

Datsko, Joseph. "Materials in Design and Manufacturing".

Dieter, E. (1967) *Metalurgia Mecánica*. Aguilar

Rowe, G. (1997). *Principles of Industrial Metalworking Processes*. Crane Russak & Co.



Guía de trabajo 6

Tema 6: Propiedades físicas: eléctricas, magnéticas, ópticas, térmicas

I. Propósito

Conocer sus propiedades físicas. Diferenciar entre los materiales semiconductores intrínsecos y extrínsecos y calcular la conductividad eléctrica.

II. Objetivos

- Describir el modelo de bandas de energía y definir las propiedades eléctricas de metales, polímeros, cerámicas y materiales electrónicos con base en el mismo.
- Definir los semiconductores intrínsecos y extrínsecos, y describir cómo se transporta la carga en estos materiales.
- Explicar qué fenómenos pueden ocurrir con la radiación luminosa cuando esta pasa de un medio a otro.
- Describir de manera breve las dos fuentes de momentos magnéticos en materiales.

III. Introducción

El comportamiento físico de los materiales se encuentra descrito por una gran variedad de propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas y térmicas, que vienen determinadas, entre otras, por su estructura y ordenamiento atómico y la estructura cristalina. Estas propiedades físicas pueden ser modificadas cambiando el ordenamiento a corto y medio alcance de los átomos, introduciendo imperfecciones en la estructura atómica, variando el tamaño de grano, modificando la microestructura, etc. Por ello, son también función del proceso de fabricación y de su composición, que pueden ser modificados para alcanzar unas determinadas propiedades físicas finales.

Práctica 6

Propiedades físicas: eléctricas, magnéticas, ópticas, térmicas

Sección: Fecha:...../...../.....

Apellidos y nombres:

Instrucciones: Leer detenidamente y resolver los siguientes ejercicios y no te olvides de colocar sus unidades de medida.

Problema 1

Un alambre cuyo diámetro es de 0.20 cm debe conducir una corriente de 20 A. La máxima disipación de potencia a lo largo del alambre es de 4 W/m (vatios por metro). Calcule la conductividad tolerable mínima del alambre en $(\text{ohm-metros})^{-1}$ para la aplicación.

Problema 2

Calcule el número de átomos de silicio por metro cúbico. La densidad del silicio es 2.33 Mg/m³ (2.33 g/cm³), y su masa atómica es de 28.08 g/mol.

Problema 3

Si un alambre de cobre de pureza comercial conduce 10 A de corriente con una caída de voltaje máxima de 0.4 V/m, ¿cuál debe ser su diámetro mínimo? [σ (Cu comercialmente puro) = 5.85×10^7 (ohmio m)⁻¹].

Problema 4

Calcule la resistividad eléctrica de silicio intrínseco a 300 K. Para Si a 300 K, $n_i = 1.5 \times 10^{16}$ portadores/m³, $q = 1.60 \times 10^{-19}$ C, $\mu_n = 0.135 \text{ m}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$, y $\mu_p = 0.048 \text{ m}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$.



Problema 5

Calcule la resistividad eléctrica de cobre puro a 132 °C, utilizando el coeficiente de resistividad de temperatura para el cobre de la tabla.

Problema 6

Calcule la resistividad eléctrica de silicio intrínseco a 300 K. Para Si a 300 K, $n_i = 1.5 \times 10^{16}$ portadores/m³, $q = 1.60 \times 10^{-19}$ C, $\mu_n = 0.135$ m²/(V · s), y $\mu_p = 0.048$ m²/(V · s).

Problema 7

Una oblea de silicio se impurifica con 10^{21} átomos de fósforo/m³. Calcule:

- La concentración de portadores mayoritarios.
- La concentración de portadores minoritarios y
- La resistividad eléctrica del silicio impurificado a temperatura ambiente (300 K). Suponga ionización completa de los átomos impurificadores

$$n_i(\text{Si}) = 1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}, \mu_n = 0.135 \text{ m}^2 / (\text{V} \cdot \text{s}), \text{ y } \mu_p = 0.048 \text{ m}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$$

Problema 8

Un fotón en un semiconductor de ZnS desciende desde un nivel de energía de impurezas a 1.38 eV debajo de su banda de conducción hasta su banda de valencia. ¿Cuál es la longitud de onda de la radiación producida por el fotón en la transición? Si es visible, ¿cuál es el color de la radiación? El ZnS tiene una brecha de energía de 3.54 eV.

Problema 9

Calcule la reflectividad de luz incidente ordinaria en una superficie plana pulida de vidrio de silicato con un índice de refracción de 1.46. Use la siguiente fórmula:

$$R = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2$$

Guía de trabajo 7

Práctica 7: Corrosión y degradación de los metales

I. Propósito

Diferenciar entre la oxidación y las reacciones electroquímicas de reducción y determinar la velocidad de oxidación de un metal dada la densidad de corriente de la reacción.

II. Objetivos

- Definir la corrosión y las correspondientes reacciones electroquímicas asociadas a menudo con ella.
- Explicar los aspectos básicos de la cinética de la corrosión y definir la polarización, la pasivación y la serie galvánica.

III. Introducción

La corrosión es un fenómeno natural que se produce como fruto de la reacción química de un material con el medio con el que está en contacto. Como consecuencia, los materiales en general, y especialmente los metales, se deterioran viéndose afectadas sus propiedades y su funcionalidad y pudiendo causar en última instancia el fallo catastrófico de un componente. Esto puede traducirse en todo tipo de accidentes con diferentes niveles de impacto, desde el fallo de maquinaria, al derrumbe de estructuras, o al vertido de sustancias contaminantes.

La corrosión tiene significativas consecuencias económicas y medioambientales, y afecta de manera transversal a todos los sectores industriales, así como a otros ámbitos de la sociedad menos ligados a la industria.



Exposición del tema de corrosión

El estudiante debe formar grupos y organizarse para investigar sobre los temas a exponer. Puede usar todos los medios como materiales de exposición: papelotes, software, diapositivas y materiales en físico.

Instrucciones: Lea, analice e investigue el tema que a continuación se ofrece. Desarrolle las siguientes preguntas:

Grupo 1

- ¿Qué es corrosión electroquímica de los metales?
- ¿Qué son reacciones de oxidación y reacción?
- ¿Qué son celdas galvánicas?
- ¿Qué son celdas galvánicas macroscópicas con electrolitos con concentración uno molar?
- ¿Qué son celdas galvánicas con electrolitos que no son de concentración uno molar?

Grupo 2

- ¿Qué son celdas galvánicas?
- ¿Qué son celdas galvánicas con electrolitos ácidos o alcalinos sin iones metálicos presentes?
- ¿Qué son celdas galvánicas?
- ¿Qué es corrosión microscópica de celdas galvánicas microscópica en un electrodo?
- ¿Qué es celda galvánica de concentración?
- ¿Qué son celdas galvánicas creadas por diferencia en composición estructura y esfuerzo?

Grupo 3

- ¿Qué es velocidad (cinética) de la corrosión?
- ¿Qué es velocidad de la corrosión uniforme o electrodeposición de un metal en una solución acuosa?

- ¿Qué son reacciones de corrosión y de polarización?
- ¿Qué es pasivación?
- ¿Qué serie galvánica?

Grupo 4

- ¿Qué son tipos de corrosión?
- ¿Qué es corrosión uniforme o general?
- ¿Qué es corrosión de dos metales o galvánica?
- ¿Qué es corrosión por picaduras, hendiduras, intergranular, por esfuerzo, erosión?
- ¿Qué es daño por cavitación?
- ¿Qué es corrosión por desgaste, selectiva?
- ¿Qué es daño por hidrógeno?

Grupo 5

- ¿Qué es oxidación de metales?
- ¿Qué son películas de óxido protectoras?
- ¿Qué es mecanismo de oxidación?
- ¿Qué es velocidad de oxidación (cinética)?

Grupo 6

- ¿Qué es control de corrosión?
- ¿Qué es selección de materiales?
- ¿Qué es recubrimiento y diseño?
- ¿Qué son alteraciones del ambiente?
- ¿Qué es protección anódica y catódica?

Bibliografía

Smith W. y Hashemi, J. (2014). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales* (5.ª ed.). McGraw-Hill



Ensayos de corrosión de materiales

1. Introducción

Si bien la corrosión es un fenómeno inevitable, es posible mitigar su efecto actuando sobre los factores que influyen en el proceso de corrosión: las características propias de una aleación metálica o recubrimiento, y la agresividad del medio, principalmente. Asimismo, aspectos como el diseño, las cargas mecánicas a las que está sometida una pieza, o la existencia de tensiones residuales, pueden afectar también a la corrosión. Los ensayos de corrosión llevados a cabo nos permiten a nosotros acreditar y dar validez a sus materiales en base a normas internacionales UNE, ISO y ASTM, así como homologar piezas y componentes, de acuerdo con especificaciones propias de clientes en sectores tan exigentes como.

2. Ensayos de corrosión

Los ensayos de corrosión intergranular y por *pitting* permiten certificar aquellos materiales en los que, además de los correspondientes requisitos de composición química o resistencia mecánica, hay que asegurar el cumplimiento de sus características de resistencia frente a la corrosión. Son necesarios para dar validez al material y asegurar que su comportamiento en servicio será el adecuado.

3. Claves de los ensayos de corrosión intergranular y por *pitting*

- Materiales sometidos a ensayo: Aceros inoxidables y CRA (aleaciones resistentes a la corrosión)
- Ensayos de exposición en medios muy agresivos, usando disoluciones con alta concentración en ácidos como el sulfúrico o el nítrico, o con elevado contenido en cloruros.
- Ensayos de corta duración.

- Evaluación de la respuesta del material a las condiciones agresivas del ensayo, mediante estimación de la pérdida de masa o inspección visual posterior de la probeta en busca de defectos causados por la corrosión, en concreto grietas o picaduras.

4. Ensayos ambientales

Los ensayos ambientales están destinados a evaluar la resistencia y el comportamiento de diferentes tipos de recubrimientos frente a la corrosión (zincados, galvanizados, zinc-níquel, cromados, pinturas, etc.).

5. Claves de los ensayos ambientales

Materiales sometidos a ensayo: Recubrimientos metálicos y no metálicos en acero y otros materiales.

Ensayos de exposición en condiciones de temperatura y humedad determinadas.

Combinados con otros ensayos cuyo objeto es también la evaluación de recubrimientos aportan información adicional sobre el comportamiento del recubrimiento:

- Adherencia: corte por enrejado según ISO 2409.
- Evaluación del grado de corrosión según UNE EN ISO 10289 y ASTM D610.
- Evaluación de defectos (ampollamiento, descamación, delaminación...), según UNE-EN ISO 4628.

6. Ensayos de susceptibilidad a la fragilización por hidrógeno en ácido sulfhídrico (H₂S)

Ensayos de laboratorio para cualificación de materiales metálicos resistentes al agrietamiento por SSC (sulfide stress cracking) y HIC (hydrogen induced cracking). Se trata de



ensayos específicos para el sector OIL&GAS, según normas NACE TM0177 y TM0284.

- HIC: Evaluación de agrietamientos internos tipo *stepwise cracking*.
- SSC: Resistencia al agrietamiento bajo tensión mediante los métodos de ensayo anillos de tensión y *four point bending*.

7. Aplicaciones principales

- Calidad: Cualificar el material respecto a resistencia frente a la creación y propagación de grietas.
- Fiabilidad: Asegurar el comportamiento adecuado de los componentes en entornos reales.
- Optimización: Favorecer la elección de materiales apropiados para aplicaciones específicas. Proporciona información adicional sobre la calidad de los materiales frente a ensayos convencionales como los de características mecánicas y estructurales.
- Piezas y componentes ensayados: componentes de equipos de perforación, elementos de construcción y servicios de pocería, componentes de compresores, sistemas de bombeo, conductos y tuberías de gases y líquidos, bridas, válvulas, tornillos, vástagos, segmentos, etc.

8. Claves de los ensayos HIC y SSC

- Materiales sometidos a ensayo: Aceros al carbono de baja/ media aleación en estado normalizado, o temple y revenido.
- Ensayos realizados en probetas sin tensión (HIC) o bajo tensión (SSC).
- Evaluación de la calidad metalúrgica del material y el proceso de fabricación frente a la generación de grietas por hidrógeno.

Práctica 7

Corrosión y degradación de los metales

Sección: Fecha:...../...../.....

Apellidos y nombres:

Instrucciones: Leer detenidamente y resolver los siguientes ejercicios y no te olvides de colocar sus unidades de medida.

Problema 1

Una celda galvánica está formada por un electrodo de zinc en una solución de 1 M de $ZnSO_4$ y otro de níquel en una solución de 1 M de $NiSO_4$. Los dos electrodos están separados por una pared porosa, de modo que se evita la mezcla de las soluciones. Un alambre externo con un interruptor conecta a los dos electrodos. Cuando el interruptor acaba de cerrarse:

- ¿En cuál de los electrodos ocurre la oxidación?
- ¿Cuál de los electrodos es el ánodo de la celda?
- ¿Cuál electrodo se corroe?
- ¿Cuál es la fem de la celda galvánica cuando el interruptor acaba de cerrarse?

Problema 2

Una celda galvánica a $25\text{ }^\circ\text{C}$ está formada por un electrodo de zinc en una solución de $ZnSO_4$ al 0.10 M y otro de níquel en una solución de $NiSO_4$ al 0.05 M. Los dos electrodos están separados por una pared porosa y conectados mediante un alambre externo. ¿Cuál es la fem de la celda cuando acaba de cerrarse el interruptor entre los dos electrodos?



Problema 3

Un proceso de electrodeposición de cobre utiliza 15 A de corriente mediante la disolución química (corrosión) de un ánodo de cobre y efectúa un proceso de electrodeposición en un cátodo de cobre. Si se supone que no hay reacciones laterales, ¿cuánto tiempo tardarán en corroerse 8.50 g del cobre del ánodo?

Problema 4

Un tanque cilíndrico de acero fundido de 1 m de altura y 50 cm de diámetro contiene agua aerada hasta un nivel de 60 cm y después de seis semanas presenta una pérdida de peso por corrosión de 304 g. Calcule a) la corriente de corrosión y b) la densidad de corriente que interviene en la corrosión del tanque. Suponga una corrosión uniforme en la superficie interior del tanque y que el acero se corroe de la misma manera que el hierro puro.

Problema 5

La pared de un tanque de acero que contiene agua aerada se está corroyendo a una velocidad de 54.7 mdd. ¿En cuánto tiempo el espesor de la pared disminuirá en 0.50 mm?

Los problemas 3 y 4 aplican esta fórmula 13.4.1

13.4.1 Velocidad de la corrosión uniforme o electrodeposición de un metal en una solución acuosa ⁷³⁸

La cantidad de metal que se corroe de manera uniforme en un ánodo o que se electrodeposita en un cátodo en una solución acuosa en cierto tiempo se determina utilizando la ecuación de Faraday⁴ de la química general, la cual establece que

$$w = \frac{itM}{nF} \quad (13.13)$$

donde w = peso de metal, g, corroído o electrodepositado en una solución acuosa en el tiempo t ,

i = flujo de corriente, A

M = masa atómica del metal, g/mol

n = número de electrones átomo producidos o consumidos en el proceso

F = constante de Faraday = 96 500 C/mol o 96 500 A · s/mol

Algunas veces la corrosión acuosa uniforme de un metal se expresa en términos de una densidad de corriente i , que a menudo se expresa en amperes por centímetro cuadrado. Al sustituir i por iA la ecuación 13.13 se convierte en

$$w = \frac{iAtM}{nF} \quad (13.14)$$

donde i = densidad de corriente, A/cm² y A = área, cm², si se usa el centímetro para la longitud. Las otras cantidades son las mismas que en la ecuación 13.13.

Problema 6

Escriba las reacciones de media celda anódica y catódica para las siguientes condiciones de electrodo-electrolito. Utilice valores E° de la tabla 13.1 como base para sus respuestas:

- Electrodos de cobre y zinc sumergidos en una solución de sulfato de cobre (CuSO₄) diluido.
- Un electrodo de cobre sumergido en una solución de agua oxigenada.
- Un electrodo de hierro sumergido en una solución de agua oxigenada.
- Electrodos de magnesio y hierro conectados mediante un alambre externo y sumergidos en una solución oxigenada de NaCl al 1 por ciento.

Tabla 13.1 Potenciales de electrodos estándar a 25°C*

	Reacción de oxidación (corrosión)	Potencial del electrodo (E°) (voltios contra electrodo de hidrógeno estándar)
Más catódico (menos tendencia a la corrosión)	$\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3e^-$	+1.498
	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$	+1.229
	$\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{2+} + 2e^-$	+1.200
	$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + e^-$	+0.799
	$2\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}_2^{2+} + 2e^-$	+0.788
	$\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-$	+0.771
	$4(\text{OH})^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^-$	+0.401
	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^-$	+0.337
	$\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+} + 2e^-$	+0.150
	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2e^-$	0.000
	Más anódico (mayor tendencia a corroerse)	$\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2e^-$
$\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2e^-$		-0.136
$\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2e^-$		-0.250
$\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2e^-$		-0.277
$\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2e^-$		-0.403
$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$		-0.440
$\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3e^-$		-0.744
$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$		-0.763
$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e^-$		-1.662
$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e^-$		-2.363
$\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e^-$		-2.714

*Las reacciones se escriben como medias celdas anódicas. Cuanto más negativa es la reacción de media celda, tanto más anódica es la reacción y tanto mayor la tendencia para que ocurra corrosión u oxidación.

Tercera Unidad



Guía de trabajo 8

Práctica 8: Tratamiento térmico de los metales

I. Propósito

Aprender a relacionar los procesos de mejora que son sometidos los materiales por medio del tratamiento térmico.

II. Objetivos

- Efectuar los tratamientos térmicos de un acero porque es importante tener en mente las líneas de las temperaturas críticas.
- Determinar las condiciones de temple de un acero cuyas características se desconocen.
- Conocer las etapas que se siguen para efectuar un tratamiento térmico de revenido.
- Comprobar los efectos y conocer las ventajas de practicar un revenido a los aceros, después de que fueron tratados por medio de un temple.
- Efectuar un recocido total a un acero tratado anteriormente.
- Comprobar que el acero recupera sus constituyentes y propiedades originales.
- Comprobar que en el acero tratado se obtiene perlita fina, con mayor dureza que en el recocido.

III. Introducción

Los laboratorios de ingeniería son parte fundamental de la formación del estudiante, pues permiten comprobar en forma práctica muchos conocimientos adquiridos en el salón de clase. Así, presentamos el manual de prácticas correspondiente al Laboratorio de Tecnología de Materiales, esperando que



permita al alumno un mejor desarrollo de las mismas y que su estancia sea lo más fructífera posible; en tema de tratamiento térmico de los metales.

El tratamiento térmico es un conjunto de operaciones de calentamiento y enfriamiento aplicados a un metal o aleación en estado sólido para producir ciertas propiedades en el material. Los tratamientos térmicos de aceros incluyen la transformación de la estructura austenítica en otras, como ferrita, perlita, cementita, martensita, etc. Los tratamientos térmicos más comunes son recocido completo, normalizado, temple y revenido.

Generalmente, el tratamiento térmico, TT, se inicia con una operación de calentamiento a una temperatura adecuada que permita obtener un 100 de austenita, a este proceso se le conoce como austenitización, este calentamiento debe ser lento de manera que se puedan evitar los gradientes de temperatura que originan esfuerzos térmicos y distorsión del material. El paso posterior al calentamiento es diferente para cada tratamiento y depende de factores como:

- Contenido de carbono.
- Tratamiento térmico.
- Estructura que se desea obtener.
- Propiedades mecánicas a obtener.



Práctica de templado

1. Objetivo

Obtener una estructura martensítica que confiera al acero la máxima dureza deseable.

2. Introducción

El tratamiento térmico de temple consiste en calentar el acero a una temperatura predeterminada. Además, mantener esta temperatura hasta que el calor haya penetrado hasta el corazón de la pieza y enfriar bruscamente en el medio correspondiente según el tipo de acero.

La temperatura de temple para los aceros de diferente contenido de carbono y elementos aleantes está determinada por la posición de las líneas A1 y A3.

Para los aceros al carbono, la temperatura de temple puede determinarse por el diagrama hierro-carburo de hierro. Por lo general, para el acero hipo eutectoide debe ser 30-50o C más alta que AC3 y para el hipereutectoide, 30-50o C más alto que AC1.

El calentamiento de temple se realiza en hornos de acción periódica y continua, generalmente en hornos eléctricos o que funcionan a base de combustible gaseoso o líquido. Se emplean ampliamente los hornos de baño, en los cuales la pieza se calienta en sales fundidas.

Es deseable que el medio de enfriamiento para el temple enfríe con rapidez en la zona de temperaturas donde la austenita tiene poca estabilidad (600-500o C) y con lentitud en la zona de temperaturas de la transformación martensítica (300-200o C) para que no se originen esfuerzos muy elevados que puedan deformar o agrietar el material.



Para templar las piezas hechas de acero al carbono, con alta velocidad crítica de temple, se utiliza corrientemente el agua, aunque otro medio de enfriamiento muy común es el aceite.

Los mejores resultados se obtienen templando en baños de sal, los cuales tienen muchas ventajas sobre los medios de enfriamiento ya citados.

Cuando la composición del acero se desconoce, será necesaria una experimentación para determinar el rango de temperaturas de temple. El procedimiento a seguir es templar un determinado número de muestras del acero a diferentes temperaturas y medios de temple y observar los resultados mediante pruebas de dureza o al microscopio. La temperatura y el medio de temple adecuados serán los que den como resultado el mayor aumento en la dureza y en otras propiedades sin ocasionar fracturas o deformaciones.

3. Materiales y equipos

- Barras de acero
- Mufla (horno)
- Recipiente para contener los medios de temple
- Microscopio metalográfico
- Durómetro
- Pinzas de sujeción
- Guantes de asbesto.
- Reactivo de ataque para el acero (nital al 2%)
- Agua y aceite mineral

4. Procedimientos

Procedimiento 1

El material se calienta a una temperatura de austenización y se enfría lo más rápido posible mediante un medio de temple que puede consistir en:

- Agua corriente.
- Solución acuosa de cloruro de sodio al 10, salmuera.
- Sales fundidas.
- Soluciones acuosas de aceite sulfonado.
- Aceite lubricante.

Procedimiento 2

Se utilizarán por lo menos dos probetas de acero de la misma composición de carbono, para visualizar las diferencias de temple en agua y aceite.

- Corte, desbaste y pulido de las probetas de acero.
- Ataque de las probetas de acero con el reactivo.
- Se tomarán dos muestras o probetas iguales y se les denominarán probeta 1 y probeta 2.
- Observar al microscopio cualquiera de las probetas y dibujar la microestructura observada a 400X.
- Practicar la prueba de dureza a las probetas.
- Calentar las dos probetas en la mufla a una temperatura comprendida entre 850 y 900 °C durante 20 minutos.
- Cuando las probetas estén listas para el temple, tomarlas con las pinzas y depositar primero la probeta 1 en el recipiente con agua y agitar en forma de "ocho" dentro del medio de temple. Hacer lo mismo con la probeta 2, solo que se templará en aceite.
- Pulir y atacar con el mismo reactivo a las probetas.
- Observar al microscopio las dos probetas y dibujar lo observado a 400X.
- Practicar la prueba de dureza a las dos probetas.



Cuestionario

- ¿Qué es un tratamiento térmico?
- ¿Qué es el temple y cuál es su objetivo?
- ¿Cuáles son los medios de enfriamiento que se emplean en el temple, y de qué factores depende la elección de estos?
- En el templado, ¿qué determina la máxima dureza que puede obtenerse en una pieza de acero?
- ¿Por qué no debe calentarse el acero demasiado arriba de su temperatura crítica superior antes de ser enfriado?



Práctica de revenido

1. Objetivos

- Conocer las etapas que se siguen para efectuar un tratamiento térmico de revenido.
- Comprobar los efectos y conocer las ventajas de practicar un revenido a los aceros, después de que fueron tratados por medio de un temple.

2. Introducción

Se sabe que el tratamiento térmico de temple confiere al acero una alta dureza y resistencia mecánica. Sin embargo, otras propiedades como la tenacidad y ductilidad se ven seriamente afectadas. Por ello, su aplicación dependerá principalmente de conseguir un aumento en la tenacidad y en la ductilidad, sin perder por ello la dureza adquirida.

Este compromiso entre las propiedades mencionadas puede lograrse con la aplicación de un tratamiento térmico, posterior al temple, conocido como revenido, que consta esencialmente de las etapas siguientes:

- Calentamiento del acero por debajo de la temperatura de transformación.
- Mantenimiento a esta temperatura por un tiempo determinado.
- Enfriamiento del metal a la velocidad más adecuada. Los efectos principales del tratamiento térmico de revenido son:
 1. Estabilización y afine de la microestructura.
 2. Eliminación de las tensiones internas del metal, ocasionadas por el temple. Esto permite que el acero adquiera mayor tenacidad y ductilidad viéndose poco afectadas la dureza y la resistencia mecánica.

Aumentando la temperatura de revenido, disminuyen la dureza, la resistencia máxima y el límite elástico hasta llegar a las propiedades que tendría el acero en estado normalizado; la ductilidad y la resistencia al impacto aumentan paulatinamente.

El rango de temperaturas para efectuar este tratamiento, deberá seleccionarse de tal manera que las propiedades finales del acero sean las óptimas para una aplicación específica.

El rango recomendable para efectuar el revenido de acero al carbono es de 200 a 400 °C. Además, se debe considerar que la velocidad de enfriamiento varía las condiciones finales del acero.

3. Materiales y equipos

- Probetas de acero templadas anteriormente
- Mufla
- Microscopio metalográfico
- Durómetro
- Pinzas de sujeción
- Guantes de asbesto
- Material para pulir las probetas
- Reactivo de ataque para el acero (nital al 2 %)

4. Procedimiento

- Utilizar las probetas templadas en la práctica anterior.
- Calentar las probetas de acero dentro de la mufla a una temperatura de 200 a 400 °C durante una hora.
- Después, apagar la mufla y retirar una de las probetas, la que se dejará enfriar al medio ambiente y la otra se dejará enfriar dentro de la mufla.
- Pulir y atacar las probetas de acero ya enfriadas.
- Observar al microscopio a 400x y dibujar el campo observado.
- 6. Medir la dureza de las probetas.

5. Cuestionario

- Hacer una tabla que muestre los resultados obtenidos en la práctica.
- Dibujar las microestructuras observadas y mencione sus constituyentes principales.
- Explicar la diferencia entre este tratamiento y el temple.
- ¿Se encontró alguna diferencia entre la probeta que se enfrió al aire y la probeta que se enfrió dentro de la mufla?
¿Sí?, ¿no? y ¿por qué?
- ¿Qué constituyente se obtiene después del revenido?

En la siguiente lista observamos los colores aproximados que se pueden obtener en el revenido de los aceros al carbono:

Colores del revenido	
Temperatura °C	Aceros al carbono y de baja aleación
200	Amarillo pálido
220	Amarillo paja
230	Amarillo oro
240	Marrón amarillento
250	Marrón
260	Marrón rojizo
270	Púrpura
280	Violeta
290	Azul oscuro
300	Azul
340	Gris azulado
360	Gris

Práctica de recocido

1. Objetivos

- Efectuar un recocido total a un acero tratado anteriormente.
- Comprobar que el acero recupera sus constituyentes y propiedades originales.

2. Introducción

El recocido de los aceros es un tratamiento térmico que consiste en calentar el metal hasta una determinada temperatura y, posterior enfriamiento lento.

Como resultado del enfriamiento lento, el acero se acerca al equilibrio estructural y de fase. Por lo que, el fin del recocido es la obtención de la estructura equilibrada, la eliminación de los esfuerzos internos y, en relación con esto, el incremento de la ductilidad y tenacidad del acero necesarias para etapas posteriores en su uso.

Por ello, después del recocido se obtienen las estructuras indicadas en el diagrama Fe-Fe₃C: ferrita más perlita en los aceros hipo eutectoides, perlita en los aceros eutectoides y perlita más cementita en los aceros hipereutectoides.

El recocido total se aplica comúnmente a los aceros hipo eutectoides y consiste en el calentamiento a una temperatura de 30-50 °C por arriba de la línea A₃, permaneciendo a esta temperatura una cuarta parte del tiempo de calentamiento y un posterior enfriamiento lento dentro del horno hasta una temperatura de 500-400 °C y por último enfriándose al aire.

3. Materiales y equipos

- Probetas de acero tratadas anteriormente mediante el temple

- Mufla
- Durómetro
- Pinzas de sujeción
- Guantes de asbesto.
- Reactivo de ataque para el acero (nital al 2%)
- Elementos para desbaste y pulido

4. Procedimiento

- Colocar las probetas en el horno y calentar lentamente hasta alcanzar la temperatura de recocido (austenitización).
- Mantener esa temperatura durante 30 minutos (dependiendo del tamaño de la pieza, el tiempo puede variar).
- Después, enfriar lentamente a 500 °C dentro del horno y a continuación al aire,
- Una vez enfriadas las probetas, pulirlas atacarlas y observarlas al microscopio a 400x. Dibujar lo observado.
- Efectuar la prueba de dureza y comparar los valores obtenidos con los originales.

5. Cuestionario

- ¿Cuál es el propósito del recocido?
- ¿Recuperó el acero sus constituyentes y propiedades originales? ¿Por qué?
- ¿Qué relación hay entre el recocido y la resistencia a la corrosión?
- Explicar las diferentes variantes que existen del tratamiento térmico de recocido.



Práctica de normalizado

1. Objetivo

Comprobar que en el acero tratado se obtiene perlita fina, con mayor dureza que en el recocido.

2. Introducción

El normalizado es una variedad de recocido en el cual se enfría el material en aire tranquilo, con lo que se consigue un enfriamiento algo más rápido que en el recocido ordinario.

El recocido y el normalizado son, por lo regular, las operaciones iniciales del tratamiento térmico. Subsanan algunos defectos de procesos anteriores (colada, forjado, etc.). Sin embargo, suelen ser con mucha frecuencia el tratamiento térmico final.

La designación de la normalización es distinta en dependencia de la composición del acero. Para los aceros con bajo contenido de carbono, la normalización se emplea en lugar del recocido. Para los aceros con 0.3% de carbono aproximadamente, la normalización se emplea en lugar del temple y del revenido a alta temperatura.

3. Materiales y equipos

- Probeta de acero tratada anteriormente
- Mufla
- Microscopio metalográfico
- Durómetro
- Pinzas de sujeción
- Guantes de asbesto
- Reactivo de ataque para el acero
- Elementos para desbaste y pulido

4. Procedimiento

Tomar una probeta tratada anteriormente y normalizarla.

- Colocar la probeta en el horno y calentar lentamente hasta alcanzar la temperatura de normalizado.
- Mantener esa temperatura durante unos 30 minutos.
- Después enfriar la probeta al aire.
- Una vez enfriadas las probetas al aire, pulirlas, atacarlas y observarlas al microscopio con 400x. Dibujar lo observado.
- Realizar la prueba de dureza y anotar los resultados obtenidos.
- Comparar los resultados del normalizado y del recocido.

5. Cuestionario

- ¿Qué es el normalizado y que tipo de estructura produce?
- ¿Qué diferencia existe entre el normalizado y el recocido?
- ¿Qué ventajas ofrece el enfriamiento al aire?
- ¿Por qué se dice que tanto el normalizado como el recocido son tratamientos térmicos iniciales y, sin embargo, muchas ocasiones se utilizan como tratamiento térmico final?



Guía de trabajo 9

Tema: Aleaciones y diagrama de fases

I. Propósito

- Indicar las líneas de líquidos y sólidos.
- Dibujar esquemáticamente diagramas de fases.
- Localizar las temperaturas y composiciones de todas las transformaciones de fases.

II. Objetivos

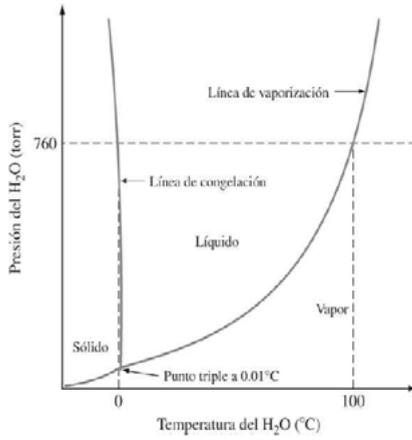
- Describir un diagrama de fases binario isomorfo y trazar un diagrama genérico que muestre todas las regiones de las fases y la información relevante.
- Aplicar la línea de enlace y la regla de palanca a los diagramas de fase, a fin de determinar la composición de las fases y la fracción de fase de una mezcla.

III. Introducción

Una sustancia pura como el agua puede existir en las fases sólida, líquida y vapor, según sean las condiciones de temperatura y presión. Un ejemplo muy conocido de dos fases de una sustancia pura en equilibrio es un vaso de agua que contiene unos cubos de hielo. En este caso, el agua, sólida y líquida, origina dos fases distintas separadas por una fase límite, la superficie de los cubos del hielo. Durante la ebullición del agua, el agua líquida y el agua vaporizada constituyen dos fases en equilibrio.

En la figura 9.1 se muestra una representación gráfica de las fases del agua que existen bajo diferentes condiciones de presión y temperatura.

Figura 9.1. Diagrama de fases en equilibrio presión-temperatura PT aproximado para el agua pura. (Los ejes del diagrama se encuentran algo distorsionados).



Práctica de Ingeniería de Materiales

Tema 9: Aleaciones y diagrama de fases

Instrucciones: Analice, lea detenidamente, resuelva las preguntas y realice el solucionario utilizando sus unidades de medida, porcentaje, entre otros.

1. ¿Qué es una aleación?

.....
.....

2. ¿Cuáles son las cuatro reglas de Hume-Rothery para la solubilidad sólida de un elemento en otro?

.....
.....

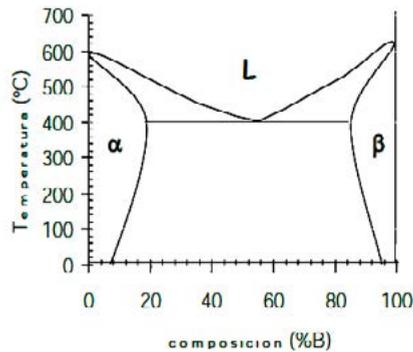
Problema 3

Dos metales presentan solubilidad parcial entre sí. El metal A con un punto de fusión de 1000 °C puede disolverse un 20 % de B a 0 °C y su máxima solubilidad se produce a 500 °C, siendo de un 30 % de B. El metal cuyo punto de fusión es de 800 °C puede disolverse 10 % de A a 0 °C y su máxima solubilidad se produce a 500 °C, siendo de un 20% de A; A 500 °C hay una reacción eutéctica con un contenido de B del 60 %.

Dibuje e identifique las partes del diagrama de fases de equilibrio (suponga que todas las líneas son rectas).

Problema 4

En el siguiente diagrama, complete los campos vacíos, señale las líneas de líquidus, sólidos y solvus e indique un punto invariante nombrando la reacción que tiene lugar por enfriamiento a partir del mismo.



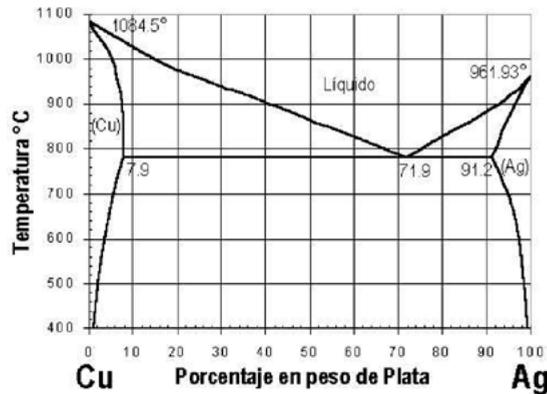
Problema 5

A partir del siguiente diagrama de equilibrio de fases de la aleación de cobre y níquel:

- Indique qué tipo de solubilidad tiene.
- Indique la temperatura de fusión y solidificación de los metales puros cobre y níquel.
- Describa el proceso de enfriamiento desde 1.400 °C hasta la temperatura ambiente de una aleación con un 65 de cobre, indicando las temperaturas más significativas.
- Determine la proporción de las fases presentes a 1.300 °C en una aleación con un 45 de níquel.

Problema 6

Sobre el diagrama de fases Cu-Ag, representado en la figura siguiente, determine:



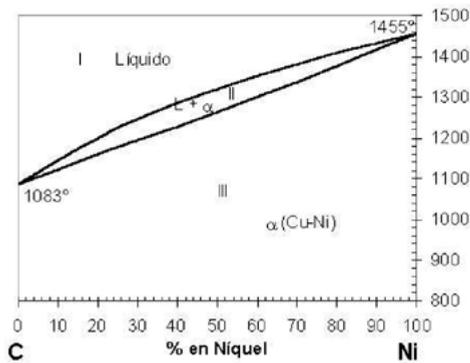
- El rango de aleaciones que sufrirán total o parcialmente la transformación eutéctica.
- Para una aleación con el 30% de Ag, calcule las composiciones y proporción de fases presentes a 900 °C y a 500 °C.
- Para esa misma aleación, represente gráficamente la estructura que presenta a 500 °C.

Problema 7

Con el diagrama de equilibrio Cu-Ni, determine para una aleación con el 40 de Ni:

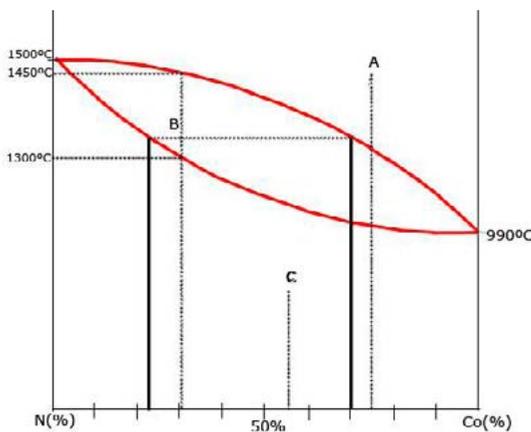
- Curva de enfriamiento, intervalo de solidificación, fases presentes en cada una de las regiones que atraviesa.
- Relación de fases y pesos de las mismas a 1250 °C para una aleación de 600 kg.





Problema 8

Observando el diagrama de equilibrio de fases de la aleación Ni-Cu adjunto:



- Indique a qué tipo de aleación corresponde, desde el punto de vista de la solubilidad.
- Para cada punto A, B y C señalados sobre el diagrama, determine el número de fases, su composición y la cantidad relativa de cada una de ellas.
- Indique el rango de temperaturas entre los que se produce la solidificación de la aleación correspondiente a la concentración de cada uno de los puntos A, B y C.



Guía de trabajo 10

Tema: Aleaciones no férreas Cu-Zn

I. Propósito

Describir la clasificación, tratamiento térmico, microestructura y propiedades generales de las aleaciones del cobre, y las ventajas y desventajas de las aleaciones que se usan en aplicaciones biomédicas.

II. Objetivos

Comprender y visualizar cómo se hace el moldeo de arena, todo el proceso de manufactura. Con esto se hace referencia a que se buscará aprender cómo humedecer la arena y saber cuándo está lista. Además, conocer hasta qué punto se tiene que compactar, como colocar la pieza, y saber colocar los tubos de alimentación.

III. Introducción

El proceso de fundición en arena empieza con la elaboración del patrón. Un patrón es un modelo especialmente hecho de un componente que va a ser producido.

Se coloca arena alrededor del patrón para hacer un molde. Los moldes generalmente se elaboran en dos mitades, de tal manera que el patrón pueda ser retirado fácilmente.

Cuando se vuelven a ensamblar las dos mitades, queda una cavidad en el molde con la forma del patrón. Los machos se hacen de arena y un aglomerante. Deben ser lo suficientemente resistentes para insertarlos en un molde. Los machos dan forma a las superficies interiores de una pieza moldeada que no pueden ser formadas por la superficie de la cavidad del molde.

El fabricante de patrones entrega cajas de machos que son llenadas con arena especialmente aglomerada para producir machos con dimensiones precisas. Los machos se colocan en el molde y este se cierra. A continuación, se vierte metal fundido en la cavidad del molde y se le deja solidificar dentro del espacio definido por el molde de arena y los machos.

Preparación de arena verde ideal para moldeo

- Arena (15 kg)
- Bentonita (2 % del peso total)
- Agua (5 % del peso total)

Preparación de arena verde para el proceso de moldeo

Contenido teórico

- ¿Qué es un molde?
- Se usa para moldear la mezcla de arena a la forma de la fundición.

Clases de moldes y materiales

Hay moldes removibles y desechables.

Removibles: Es arena comprimida alrededor del modelo el cual se extrae más tarde de la arena y deja una cavidad que se alimenta con metal fundido para crear la fundición.

Desechables: Son hechos de poliestireno. En vez de extraer el modelo de la arena, se vaporiza cuando el metal fundido es vaciado en el molde.

¿Qué es un modelo?

Un molde es una pieza o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas, pero con detalles e improntas exteriores



del futuro sólido que se desea obtener. Veamos clases de modelos y materiales:

- 1. Modelos para fundición en arena:** Los modelos para fundición en arena serán los encargados de generar la cavidad en la arena para fundir el metal en ella. El tamaño de los modelos debe contemplar los valores de contracción del metal fundido y los excesos de material para procesos de maquinados posteriores. La selección del material para el modelo dependerá de factores como: tamaño y forma de la fundición, precisión dimensional y la cantidad de ciclos que se quiera utilizar el modelo. En la siguiente tabla, se aprecian características de diferentes materiales para ser usados como modelos.
- 2. Modelos de una sola pieza:** También llamados modelos sólidos, tienen la misma forma que el producto y un extra de material para contrarrestar la contracción del material y los procesos de maquinados posteriores. Se utilizan para piezas simples y producción de bajas cantidades.
- 3. Modelos divididos:** Son modelos en dos piezas donde cada pieza forma cada mitad de la cavidad. El plano donde se parten las piezas del modelo coincide con el plano de partición del molde usado para la fundición. Se obtienen formas más complejas, menores tiempos para el moldeo y mayores cantidades de producción.
- 4. Fundición a la cera perdida:** El proceso de fundición "a la cera perdida" tiene sus orígenes en culturas milenarias que ya conocían sus ventajas y rendimiento debido al poco desperdicio de metal cuando se usa cera perdida. Este método ya era utilizado por los sumerios del valle del Tigris y el *Éufrates*, hacia 3000 antes de Cristo. Posteriormente, se extendió por el Oriente Medio y llegó a China hacia 1500 antes de Cristo. Todas las grandes civilizaciones de la Antigüedad, Egipto, Grecia, Roma, se beneficiaron de sus excelencias y eficacia. El punto de partida es la pieza

original realizada en cera. A partir de dicho modelo, se elabora un molde en cerámica en el que quedan impresos, con toda exactitud, los rasgos de la pieza. Los pasos a seguir son: rellenar un molde, con la forma de la pieza a ejecutar, con cera líquida. Al endurecerse la cera, se obtiene una reproducción en este material del modelo.

Es un compuesto resultante de la combinación de la sílice con el oxígeno. Su composición química está formada por un *átomo* de sílice y dos *átomos* de oxígeno, formando una molécula muy estable: Si O₂.

Los usos industriales de la sílice derivan de sus importantes propiedades físicas y químicas. Destacan su dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia.

Clase de arena sílice: La sílice es un material muy duro que se encuentra en casi todas las rocas. Es un cristal común que se presenta naturalmente. La sílice es el componente principal de la arena, arenisca, cuarcita o granito. Este se encuentra en la mayoría de los lechos rocosos y forma polvo durante el trabajo con minería, la formación de canteras, la construcción de túneles y la manipulación de muchos minerales metálicos.

Tipos de sílices

Existen varios tipos de sílice, entre los que se encuentran:

- Sílice precipitada: Es una forma sintética, blanca y amorfa de dióxido de silicio, con la misma composición química que la arena, SiO₂. Sus características están determinadas por su distribución de tamaño de partícula, porosidad, superficie específica y pureza. Es un material sintético de múltiples aplicaciones, imprescindible en ámbitos tan dispares como los productos farmacéuticos o los neumáticos ecológicos.



- **Sílice fume:** Es un aditivo mineral amorfo, de gran finura, resultado de la reducción del cuarzo de alta pureza, con carbón de hulla y astillas de madera, en hornos de arco eléctrico durante la producción de silicio metal o ferro silicio. Debido a su extrema finura y a su alto contenido de sílice, se convierte en un material ecológico muy efectivo, el cual puede reaccionar con los productos de hidratación del cemento portland para formar materiales de cementación secundario durante el proceso de hidratación.

En un cemento portland hidratado, el hidróxido de calcio que no llega a reaccionar es vulnerable a ataques químicos y a la percolación. En los concretos normales y proyectados que contienen sílice fume, el hidróxido de calcio es consumido a través de reacciones, resultando en un concreto con muy baja permeabilidad y absorción y un incremento en la resistencia al deterioro bajo condiciones agresivas. La sílice precipitada convencional está disponible en diferentes áreas superficiales. Los tipos de baja área superficial se procesan rápido y dan un buen refuerzo tensil al compuesto. Al incrementarse el área superficial, se mejora la resistencia a la abrasión y al corte y la viscosidad aumenta.

Granulometría: Se denomina clasificación granulométrica o granulometría a la medición y graduación que se realiza de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

http://es.slideshare.net/erick_leonardo_amarillo/presentacinlpptx-procesos



Dimensión de la partícula elemental (mm)	Atterberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			Arena muy fina
0,05	Arena fina	Arena fina	Arena fina
0,1			Arena media
0,25	Arena gruesa	Arena gruesa	Arena gruesa
0,2		Arena muy gruesa	
0,5		Grava fina	Grava fina
1,0	Grava	Grava	Grava
2,0			
3,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
5,0			
10,0			
20,0			
>20,0			

¿Cuál es la densidad de la arena sílice?

La arena sílice presenta una temperatura de fusión del orden de 1713 °C y su densidad varía entre 2,5 y 2,8 g/cm³.

Densidad = Volumen = Peso =

¿Cuál es la densidad de arena sílice para fundición?:

Malla (U.S. estándar)	Porcentaje retenido
10	4.98
12	6.51
14	10.05
16	15.20
18	22.46
20	28.41
25	10.33
30	1.16
B	0.90

Peso específico real: 2.53 g/ml

Densidad aparente: 1500 kg/m³

Solubilidad en HCL al 40 % en 24 horas \leq 0.5

Dureza en escala de MOHS = 7.2

¿Cuál es la densidad del agua?

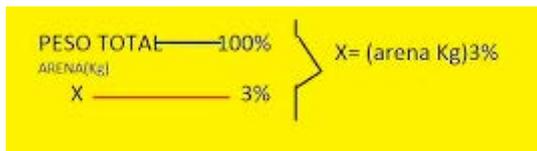
Agua. • Aditivos/Recubrimientos. - Refractariedad. - Cohesión
Aumento de la densidad: 0,6-0,75g/cm³ a 1,6-1,8g/cm³

Calcular el 5 % de H₂O, el 2 % de bentonita. Considere que el peso total de la arena de moldeo es de 15 kg.

Arena = 15 kg

H₂O = 5

Bentonita = 3



Moldeado de un objeto en arena

I. Objetivo

Elaborar moldes de arena para colado de fundición de aluminio, mediante el uso de moldes de polietileno.

II. Preguntas detonantes

- ¿Cuáles son las ventajas que ofrecen los moldes de arena (desechables) sobre los moldes permanentes?
- ¿Cuáles son las desventajas que presenta los moldes de arena (desechables) sobre los moldes permanentes?
- ¿Cuáles son las principales características y variables se deben tomar en cuenta antes de elegir usar un molde desechable o permanente para fundición?

III. Fundamento teórico

Kalpajian y Schmidt (2008) mencionan que el proceso de fundición se divide según el tipo de molde que se utilice, por lo que a continuación se describen los diferentes tipos:

Fundición con molde desechable: En esta el molde donde se solidifica el metal debe ser destruido para remover la fundición. Estos moldes se hacen de arena, yeso o materiales similares que mantienen su forma, usando aglomerantes de varias clases.

Fundición con molde permanente: Fundición donde el molde puede utilizarse varias veces para producir fundiciones en cantidad. Estos moldes están hechos de un metal, aunque algunas veces de un refractario cerámico, que puede soportar las altas temperaturas de las operaciones de fundición.

Fundición con molde compuesto: Fabricados de dos o más materiales distintos, como arena, grafito y metal, combinando

las ventajas de cada material. Se utilizan en varios procesos de fundición para mejorar la resistencia del molde, controlar la velocidad de enfriamiento y optimizar la economía general del proceso.

El método tradicional de vaciado de metales en moldes de arena ha sido utilizado durante milenios. Sin embargo, la fundición en arena sigue siendo la forma más prevalecte de fundición.

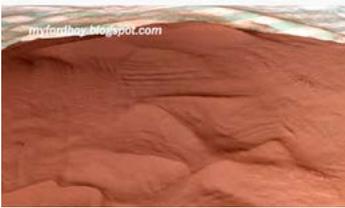
IV. Procedimiento

Preparar la arena, humedecerla con agua.

V. Materiales utilizados

- Dos palas Se utilizaron para mover la arena.
- Ceniza de madera o sílice: Se usa para no pegar la arena comprimida al molde.
- Un (1) modelo de placas dividido: Se usa para crear la figura de lo que se quería formar.
- Dos (2) cajas de moldeo: Se usan como contenedor para detener la arena comprimida a caerse o desbaratarse.
- Dos (2) rociadores (atomizadores): Se usan para humedecer la arena.
- Dos (2) prensas: Se usan para unir las cajas de moldeo, para así evitar espacios huecos en el molde.
- Dos (2) tubos PVC o palos de escoba de 15 cm: Se usan para crear la fuente de alimentación al molde.
- Dos (2) pisones: Se usan para comprimir la arena.
- Una (1) barra de metal: Se usa para eliminar el exceso del molde.





Arena de fundición



Holds shape, does not stick to hands.

Arena preparada con agua y obtenida hasta que esté compacta.



The pattern is dusted with talc.

Preparando el objeto o modelo a fundirse.



Colocando el objeto en la caja de moldeo.



Se agrega la arena sobre el objeto a moldearse.



Se apisona la arena con cuidado hasta que quede compacta.



Con una regla se nivela hasta el tope de la caja de moldeo.



Se vierte y la mitad del objeto a fundirse está lista para acoplar con su otra mitad.



Se le agrega talco o ceniza de madera o sílice en polvo.



Si coloca la otra mitad del objeto.





Se coloca la otra parte de la caja.



Se coloca un seguro a la caja de moldeo en sus bordes para que no se tenga que moverse.



Se coloca el sistema de alimentación.



Nuevamente se agregará arena.



Se nivela la arena para que esté bien compactada.



Se retira el objeto original para hacer secar el molde.



Con unos golpes cuidadosamente se retira.



Ahora está completamente lista para su secado.



La segunda parte también está lista para su secado.



Colocando el macho para la colada.



Después de haber realizado el moldeo se deja secando por un día o dos hasta que se seque y seguir con el método de colada.

La fundición de la aleación del aluminio con el estaño.

VI. Cuestionario

- ¿Cuáles deben ser las propiedades deseables de un buen molde de arena?
- ¿Qué es un molde de fundición?
- ¿Cuáles son las consideraciones que se deben tomar en cuenta para la elaboración de un modelo para fundición?



Guía de trabajo II

Tema: Aleaciones no férricas Al-Zn

I. Propósito

Describir la clasificación, tratamiento térmico microestructura y propiedades generales de las aleaciones del aluminio.

II. Objetivos

- Conocer las normas de seguridad que se deben tener en cuenta al realizar procedimientos de fundición
- Encontrar la importancia de la fundición como proceso de manufactura en la industria.
- Identificar cada uno de los pasos para llevar a cabo una fundición.

III. Introducción

Seguridad para la práctica

Para evitar lesiones y/o fallas en la maquinaria e implementos de apoyo, causados durante la realización de la práctica, es necesario que los estudiantes al momento de realizarla tengan en cuenta:

- Es importante portar los elementos de seguridad necesarios: guantes de asbesto o carnaza largos para proteger los brazos, overol, gafas de seguridad, careta, botas de seguridad y peto.
- Riesgos relacionados con el manejo del horno eléctrico: Utilizar los elementos de protección para temperatura, evitar cualquier contacto con los terminales eléctricos de las resistencias del horno o cualquiera de sus partes. Durante el proceso de fundición del metal mantener el crisol en una posición estable para evitar derramar metal sobre las resistencias del horno.

Tipos de hornos

Los hornos que se usan para fundir metales y sus aleaciones varían mucho en capacidad y diseño. Varían desde los pequeños hornos de crisol que contienen unos pocos kilogramos de metal a hornos de hogar abierto de hasta varios centenares de toneladas de capacidad del horno. El tipo de horno usado para un proceso de fundición queda determinado por los siguientes factores:

- Necesidades de fundir la aleación tan rápidamente como sea posible y elevarla a la temperatura de vaciado requerida. (Ahorro de energía y de tiempo)
- La necesidad de mantener tanto la pureza de la carga, como precisión de su composición. (Control de calidad).
- Producción requerida del horno. (Productividad y economía).
- El costo de operación del horno. (Productividad y economía).
- Interacción entre la carga el combustible y los productos de la combustión. (Eficiencia):
 1. La carga se encuentra entre el combustible y los productos de la combustión. (Hornos cubilote).
 2. La carga está aislada del combustible, pero en contacto con los productos de la combustión. (Horno hogar abierto para la fabricación de acero).
 3. La carga está aislada tanto del combustible como de los productos de la combustión. (Hornos de crisol calentado por combustión de gas, carbón pulverizado o petróleo).

Hornos de crisol

Los hornos de crisol trabajan por combustión de un elemento como el gas el cual calienta el crisol que contiene el material a



fundir. También puede ser calentado usando energía eléctrica: horno de inducción. El crisol se apoya sobre la peana que está hecha también en material refractario y le da la posición necesaria con respecto a la salida del gas. Para lograr concentrar el calor alrededor del crisol este esté contenido entre unas paredes refractarias que generan una cavidad para el flujo de los gases de combustión. Existen hornos con crisol móvil o con crisol fijo. La diferencia entre estos es que el crisol móvil al fundir el metal se levanta y sirve como cuchara de colada. Los hornos de crisol fijo se deben cucharear para realizar la fundición.

IV. Procedimiento

Método por colada

Después de haber preparado el objeto a fundirse por el método de moldeado y que haya secado por un tiempo se une los moldes y se prepara para verter el metal; seguir los siguientes pasos:



Se calienta el horno para colocar luego el crisol con la materia prima aluminio y estaño.



Horno con la llama encendida.



Introduciendo el crisol después de haber calentado el horno.



Cerrar el horno hasta que se funda la materia prima.





Metal fundido ahora se procede a retirar la escoria.



Retirando la escoria.



Agregando carbonato de sodio como fundente.



También se le agrega el flujo de escoria con el fin de disminuir la escoria y sea más fluido.



Con el pirómetro se controla la temperatura.



Se retira del horno para realizar el método por colada.



Se realiza el método por colada a los objetos moldeados.



Se empieza a retirar la arena para observar de que forma queda el objeto moldeado.



Se retira completamente la arena de todo alrededor del objeto.



Objeto moldeado ahora falta retirar el macho de arcilla refractaria.





Objeto terminado ahora falta cortar el sistema de alimentación.



Cortando.



Objeto terminado.



Se puede realizar una serie de objetos y poder moldearlos para colar por este método.

Vertido de metal



V. Cuestionario

- ¿Señale las aleaciones de aluminio?
- ¿Señale las aleaciones del cobre?
- ¿Qué es molde permanente?
- ¿Qué es molde de cera perdida?

Referencias bibliográficas

Blanco, Oswaldo. *Procesos de fabricación. Conceptos básicos.*

Doyle, L., Keyser, C., Schrader, G. y Singer, M. (1998). *Materiales y procesos de manufactura para ingenieros* (3.ª ed.). Prentice-Hall.

Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas.* Prentice Hall.

Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2012). *Manufactura, ingeniería y tecnología* (5.ª ed.). Pearson

Datsko, J. (1967). *Materials Properties and Manufacturing Processes.* John Wiley



Guía de trabajo 12

Diagrama de fase clasificación del hierro carbono

I. Propósito

Aprenderá a señalar cuatro tipos diferentes de acero y explicar las diferentes composiciones, propiedades características y usos más comunes de cada uno.

II. Objetivos

Describir la fabricación del acero y el procesamiento de componentes de ese material. Distinguir entre acero al carbono simple, el acero aleado, hierro fundido y acero inoxidable.

III. Introducción

En el diagrama de equilibrio o de fases Fe-C, se representan las transformaciones que sufren los aceros al carbono con la temperatura, admitiendo que el calentamiento (o enfriamiento) de la mezcla se realiza muy lentamente de modo que los procesos de difusión (homogeneización) tienen tiempo para completarse.

Uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil, más adaptable y más ampliamente usado es el acero. A un precio relativamente bajo, el acero combina la resistencia y la posibilidad de ser trabajado, lo que se presta para fabricaciones mediante muchos métodos. Además, sus propiedades pueden ser manejadas de acuerdo a las necesidades específicas mediante tratamientos con calor, trabajo mecánico, o mediante aleaciones. Los materiales no ferrosos son: aluminio, magnesio, zinc, cobre, plomo y otros elementos metálicos. Las aleaciones como el latón y el bronce, son una combinación de algunos de estos metales y se les denomina aleaciones No ferrosas.

El acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (intervalo de carbono de 0.08-1.76%), las aleaciones

en cambio poseen una concentración de carbono mayor a 1,76 % lo que permite crear fundiciones que en oposición al acero son quebradizas y no es posible forjarlas, sino que deben ser moldeadas.

Diagrama hierro-carbono (Fe-C)

Para el estudio de las estructuras de los aceros industriales, se necesita, en primer lugar, conocer y manejar con soltura el diagrama hierro-carbono, que se muestra en la figura 5.1. Esta figura representa en realidad dos diagramas, el metaestable hierro-carbono y el diagrama estable hierro-grafito. La cementita no es una fase estable, aunque dada la lentitud de su transformación, el diagrama metaestable es el que tiene un mayor interés práctico para el estudio de los aceros. El diagrama estable hierro-grafito solo tiene interés en el estudio de las fundiciones al silicio. [14]

En el diagrama de fase de hierro-carbono se observan las formas alotrópicas del hierro sólido, BCC y FCC, a distintas temperaturas:

Hierro alfa (α): Su estructura cristalina es BCC con una distancia interatómica de 2.86 Å. Su temperatura va desde 0-910 °C, es relativamente blanda, prácticamente no disuelve en carbono.

Hierro gamma (γ): También conocida como austenita. Se presenta de 723 a 1492 °C. Cristaliza en la estructura cristalina FCC con mayor volumen que la estructura hierro alfa. Disuelve fácilmente en carbono (más deformable que la ferrita).

Sus propiedades mecánicas dependen del contenido de carbono, pero podríamos dar como valores medios representativos: Una dureza de 300HB, una carga de rotura de 900MPa a 1100 MPa y alargamientos comprendidos entre 30 y 60 %. [14]

Hierro delta (δ): Está localizada desde 1400 °C y presenta una reducción en la distancia interatómica que la hace retornar



a una estructura cristalina BCC. Su máxima solubilidad de carbono es 0.08% a 1492 °C. No posee una importancia industrial relevante. A partir de 1539 °C se inicia la fusión del Hierro puro.

Tomando como base el diagrama meta estable hierro-carbono, se denominan aceros a las aleaciones binarias con contenidos en carbono menor que 1,76%, mientras que las fundiciones de hierro tienen contenidos en carbono superiores a 1,76% (hasta aproximadamente 6,67%). Este diagrama muestra con claridad el comportamiento fuertemente gammáge no del carbono: la adición de carbono al hierro γ aumenta el dominio térmico de estabilidad de la austenita. Así, por ejemplo, la temperatura de transformación del hierro γ en hierro α aumenta hasta 1492 °C para un contenido en carbono del 0.18% (punto peritético del diagrama), mientras que la de la transformación de la austenita en ferrita disminuye hasta 723 °C para la aleación con 0.89% de carbono. El diagrama metaestable hierro-carbono muestra tres puntos invariantes característicos:

- Punto peritético (1492 °C): Fase líquida (0.4%C) + Fe δ (0.08%C) – Fe γ (0.18%C)
- Punto eutéctico (1130 °C): Fase líquida (4.3%C) – Austenita(1,76%C) + Fe₃C (6.67%C)
- Punto eutectoide (723 °C): Austenita (0.89%C) → Ferrita (0.025%C) + Fe₃C (6.67%C)

Las líneas que delimitan las diferentes regiones del diagrama hierro-carbono identifican las situaciones en las que tienen lugar cambios estructurales: Las temperaturas de transformación se denominan temperaturas críticas, existiendo así tres temperaturas de especial interés: A₁, A₃ y A_{cm}.

Las temperaturas A₁ y A₃ son las que respectivamente representan el inicio y el final de la transformación de la austenita desde el dominio donde están presentes las fases ferrita y cementita, mientras que se llama temperatura A_{cm}

a aquella que separa el dominio de estabilidad de la austenita de la zona bifásica austenita + cementita. Dado que estas transformaciones no ocurren exactamente a la misma temperatura al calentar y al enfriar, se denotan a veces como Ar o Ac para describir la transformación en el enfriamiento o en el calentamiento respectivamente. [14]

Clasificación de los aceros

Existe una gran variedad en la forma de identificar y clasificar a los aceros. Sin embargo, la mayoría de los aceros utilizados industrialmente presentan una designación normalizada expresada por medio de cifras, letras y signos. Hay dos tipos de designaciones para cada tipo de material, una simbólica y otra numérica.

La designación simbólica expresa normalmente las características físicas, químicas o tecnológicas del material y, en muchos casos, otras características suplementarias que permitan su identificación de una forma más precisa.

Por otro lado, la designación numérica expresa una codificación alfanumérica que tiene un sentido de orden o de clasificación de elementos en grupos para facilitar su identificación. En este caso, la designación no tiene un sentido descriptivo de características del material.

En general, cuando se acomete el tema de hacer una clasificación de los aceros, esta dará resultados diferentes según el enfoque que se siga. Así, se puede realizar una clasificación según la composición química de los aceros, o bien, según su calidad. También se pueden clasificar los aceros atendiendo al uso a que estén destinados, o si se quiere, atendiendo al grado de soldabilidad que presenten.

La alta variedad de aceros ha hecho surgir una alta gama de normatividad que puede cambiar de un país a otro algunas de estas son:



- ANSI (American National Standards Institute).
- ACI (American National Standards Institute).
- AWS (American Welding Society).
- ASME (American Society of Mechanical Engineers).
- CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas).

La norma AISI-SAE

AISI es el acrónimo en inglés de American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero), mientras que SAE es el acrónimo en inglés de Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotores), que utiliza un esquema general para realizar la clasificación de los aceros de cuatro dígitos (Y Z XX).

También pueden incluir un prefijo mediante letras para indicar el tipo de proceso de manufactura.

XX: Nos indica el porcentaje (%) contenido de carbono multiplicado por 100

Z: Para aceros de aleación simple indica el porcentaje aproximado del elemento predominante de aleación.

Y: Nos indica el tipo de acero o de la aleación (figura 5.12). Puede tomar valores de 1 a 8 para designar tipo de aceros o aleación a continuación veremos según el número que significa.

Y = 1: Aceros al carbono (corriente u ordinario).

Y = 2: Aceros al níquel.

Y = 3: Aceros al níquel-cromo.

Y = 4: Aceros al molibdeno, Cr-Mo, Ni-Mo, Ni-Cr-Mo.

Y = 5: Aceros al cromo.

Y = 6: Aceros al cromo-vanadio.

Y = 7: Esta numeración indica que son aceros resistentes al calor, pero estos no se fabrican habitualmente.

Y = 8: al Ni-Cr-Mo.

Figura 5.12. Esquema general. Clasificación aceros. [7]



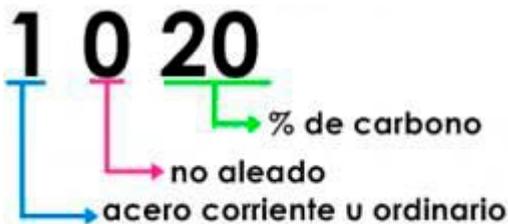
Ejemplos de aplicación para la correcta interpretación de la norma AISI-SAE

Designar los siguientes tipos de aceros.

AISI 1020:

10: Para indicar que se trata de un acero corriente u ordinario.
Se representa en la figura 5.13.

Figura 5.13 Ejemplo de esquema para un acero 1020. [7]



20: Contenido máximo de carbono del 0.20 %C.

AISI 1045:

1: acero corriente u ordinario.

0: no aleado.

45 0.45C.

AISI **3215**: En la figura 5.14 podemos apreciar un ejemplo.

3: acero al níquel-cromo.

2: contenido del 1.6% de Ni, 1.5% de Cr.

15: contenido del 0.15% de carbono (C).



Figura 5.14 Ejemplo de esquema para un acero 3215. [8]



En la tabla 5.1 podemos encontrar una completa comparación entre las normas AISI, SAE y UNS para la clasificación de aceros con aleantes. No obstante, la composición de los aceros no es exacta, sino existe un rango de tolerancia aceptable en referencia a los valores indicados en normas o catálogo.

Tabla 5.1 Clasificación de los aceros según diferentes tipos de normas. [11]

Designación		TIPOS DE ACEROS
AISI - SAE	UNS	
10XX	G10XXX	Aceros al Carbono comunes
11XX	G11XXX	Aceros maquinables, con alto S
12XX	G12XXX	Aceros maquinables, con alto Py S
13XX	G13XXX	Aceros al Manganeso, con 1,75 % Mn
15XX	G15XXX	Aceros al Manganeso, con Mn sobre 1%
40XX	G40XXX	Aceros al Molibdeno, con 0,25% Mo
41XX	G41XXX	Aceros al Cromo-Molibdeno, con 0,40 a 1,1% Cr y 0,08 a 0,35% Mo
43XX	G43XXX	Aceros al Ni-Cr-Mo, con 1,65 a 2% Ni, 0,4 a 0,9% Cr y 0,2 a 0,3% Mo
46XX	G46XXX	Aceros Ni-Mo, con 0,7 a 2% Ni y 0,15 a 0,3% Mo
47XX	G47XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 1,05% Ni, 0,45% Cr y 0,2% Mo
48XX	G48XXX	Aceros Ni-Mo, con 3,25 a 3,25% Ni y 0,2 a 0,3% Mo
51XX	G51XXX	Aceros al Cromo, con 0,7 a 1,1% Cr
E51100	G51986	Aceros al Cromo (horno eléctrico), con 1,0% Cr
E52100	G52986	Aceros al Cromo (horno eléctrico), con 1,45% Cr
61XX	G61XXX	Aceros Cr-V, con 0,6 a 0,95% Cr y 0,1 a 0,19% V mínimo
86XX	G86XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,2% Mo
87XX	G87XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,25% Mo
88XX	G88XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,55% Ni, 0,5% Cr y 0,3 a 0,4% Mo
9260	G92XXX	Aceros al Silicio, con 1,8 a 2,2% Si
508XX	G50XXX	Aceros al Co, con 0,2 a 0,6% Cr y 0,0005 a 0,003% boro
51E60	G51601	Aceros al Cr, con 0,8% Cr y 0,0005 a 0,003% boro
81845	G818E1	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,3% Ni, 0,45 de Cr, 0,12% Mo y 0,0005 a 0,003% B
948XX	G94XXX	Aceros Ni-Cr-Mo, con 0,45% Ni, 0,4 de Cr, 0,12% Mo y 0,0005 a 0,003% B

Viendo la gran variedad de aceros que existen en la industria las normas se vieron obligadas a crear nuevas formas de designar los aceros que iban sufriendo para dar una correcta información tanto de su composición química como el uso o la forma como debe ser tratada es así como en la tabla 5.2 se pueden observar la designación o símbolo para cada tipo acero rápido según su aplicación.

Tabla 5.2. Códigos para la designación de aceros rápidos según la norma AISI. [10]

Grupo	Símbolo	Descripción
Alta velocidad (rápidos)	T	Base Tugsteno (%W. 11.75-19)
Alta velocidad (rápidos)	M	Base Molibdeno (%Mo: 3.25-10.0)
Trabajo en caliente	H	Base Cr, W, Mo
Trabajo en frío	A	Media aleación, temple al aire
Trabajo en frío	D	Alto Cr, alto C (%Cr: 11.5-13.5)
Trabajo en frío	O	Templables al aceite
Resistencia al impacto	S	Medio carbono, al Si
Propósitos específicos	L	Baja aleación, medio-alto carbono
Propósitos específicos	F	Alto carbono, al W
Moldes	P	Baja aleación, bajo carbono
Templables al agua	W	Alto carbono

Los diferentes tipos de acero se pueden también clasificar de acuerdo con los elementos de aleación que producen distintos efectos en el acero:

- **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.
- **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 de aleación se pueden subclasificar en:
- **Aceros estructurales:** Es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98), con contenidos de carbono menores del 1 y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia. Y el fósforo, azufre, sílice y vanadio para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie. Es un material usado para la construcción de estructuras, de gran resistencia, producido a partir de materiales muy abundantes en la naturaleza. Entre sus ventajas está la gran resistencia a la tensión y compresión y el costo razonable.



A pesar de la susceptibilidad al fuego y a la intemperie es el material estructural más usado, por su abundancia, facilidad de ensamblaje y costo razonable.

La alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, y edificios altos. Sus propiedades no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.

Es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico, hasta alcanzar esfuerzos considerables. Permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes. Tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica) y de unirse fácilmente con otros miembros (en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura).

La resistencia del acero puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).

- **Aceros para herramientas:** En este grupo se incluyen todos los aceros que normalmente se emplean para la fabricación de útiles o herramientas destinados a modificar la forma, tamaño y dimensiones de los materiales por cortadura, por presión o por arranque de viruta.
- Son aquellos aceros de alta calidad que se emplean en herramientas para cortar y modelar metales y no-metales. Por lo tanto, son materiales empleados para cortar y construir herramientas tales como taladros, escariadores, fresas, terrajas y machos de roscar.

Los aceros de herramientas tienen generalmente un contenido en carbono superior a 0.30 %, aunque a veces también se usan para la fabricación de ciertas herramientas, aceros de bajo contenido en carbono (de 0.1 a 0.30 %).

La templabilidad de los aceros aumenta con el contenido en elementos de aleación, excepto en el caso del cobalto, el cual es único elemento que la hace disminuir. En el caso de los aceros de herramientas, el término tenacidad se refiere más a la capacidad de sufrir golpes sin rotura que a la facultad de absorber energía durante la deformación.

Los aceros de herramientas con contenidos en carbono medios y bajos, son los que presentan mejor tenacidad y constituyen el material utilizado en la fabricación de herramientas resistentes al choque.

El acero de herramienta que presenta mejor maquinabilidad tiene un índice aproximadamente igual al 30 %, por lo tanto, como referencia para comparar la maquinabilidad de los distintos aceros de herramientas. La maquinabilidad y facilidad de trabajo de los aceros de herramientas disminuye al aumentar el contenido de carbono y elementos de aleados.

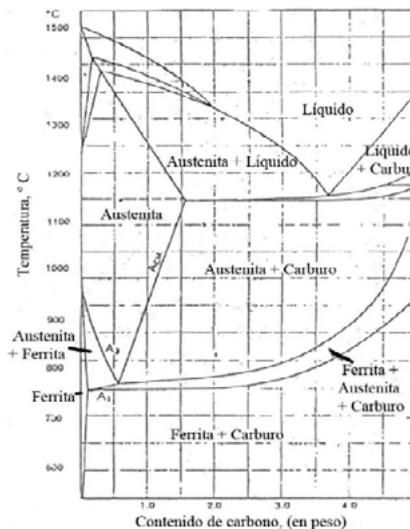
Los aceros para herramientas se pueden clasificar en:

- **Aceros al carbono:** Para la fabricación de herramientas para los usos más diversos, se emplean aceros sin elementos de aleación con porcentajes de carbono variables de 0.50 a 1.40%. Para herramientas que deban tener gran tenacidad como martillos y picas; se emplean medios contenidos en carbono 0.50 a 0.70 %. Para herramientas de corte como brocas, cuchillas, y limas; calidades intermedias de 0.70 a 1%.
- **Aceros rápidos:** La característica fundamental de estos aceros es conservar su filo en caliente, pudiéndose trabajar con las herramientas casi al rojo (Temperatura = 600 °C) sin disminuir su rendimiento. Algunas composiciones típicas de los aceros rápidos son: C = 0.75 %, W = 18 %, Cr = 4 % y V = 1%; otra C = 0.75 %, W = 18 %, Co = 4 % y V = 1.25 %.
- **Aceros indeformables:** Reciben este nombre los aceros que en el temple no sufren casi deformaciones y con

frecuencia después del temple y revenido quedan con dimensiones prácticamente idénticas a las que tenían antes del tratamiento. Esto se consigue empleando principalmente el cromo y el manganeso como elementos de aleación. Estos aceros templan con un simple enfriamiento al aire o en aceite. Composiciones típicas: C = 2 % y Cr = 12 %; C = 1 % y Cr = 5 % y otra C = 1 % y Mn = 1 %.

- **Aceros al corte no rápidos:** Se agrupan varios aceros aleados, principalmente con cromo y wolframio, muy empleados para la fabricación de herramientas de corte que no deben trabajar en condiciones muy forzadas. Pueden considerarse como unas calidades intermedias entre los aceros rápidos y los aceros al carbono, y la mayoría de herramientas fabricadas con ellos suelen quedar con durezas comprendidas entre 60 y 66 Rockwell-C.

Figura 5.15. Diagrama Fe-C alterado por 2 % de Si. Se puede ver la alteración de las composiciones ectoide y eutéctica, la solubilidad máxima del carbono en la austenia, así como también eleva las temperaturas de ambas reacciones y estas ocurren ahora dentro de un rango. [22]



Fundiciones

Las fundiciones de hierro son aleaciones de hierro carbono del 2 al 5 % (figura 5.15), cantidades de silicio del 2 al 4 %, del manganeso hasta 1 %, bajo azufre y bajo fósforo. Se caracterizan por que se pueden vaciar del horno cubilote para obtener piezas de muy diferente tamaño y complejidad, pero no pueden ser sometidas a deformación plástica, no son dúctiles ni maleables y poco soldables, pero sí maquinables, relativamente duras y resistentes a la corrosión y al desgaste.

Las fundiciones tienen innumerables usos y sus ventajas más importantes son:

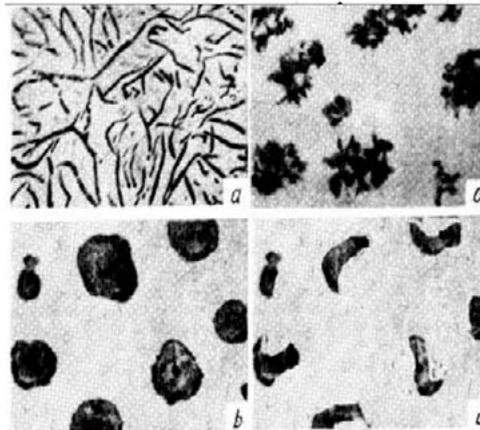
- Son más fáciles de maquinar que los aceros.
- Se pueden fabricar piezas de diferente tamaño y complejidad.
- En su fabricación no se necesitan equipos ni hornos muy costosos.
- Absorben las vibraciones mecánicas y actúan como auto-lubricantes.
- Son resistentes al choque térmico, a la corrosión y de buena resistencia al desgaste.

Las fundiciones dependiendo del proceso de fabricación pueden seguir el camino metaestable la fase rica en carbono del constituyente eutéctico en cementita (Fe_3C), mientras que cuando sigue el camino Estable el eutéctico es austenita + grafito. Así, se distinguen las fundiciones blancas (diagrama metaestable), fundiciones grises (diagrama estable) y fundiciones atruchadas o acoquilladas (ambos diagramas, formándose en el curso de su solidificación tanto cementita como grafito). Se puede clasificar como fundición gris y fundición blanca. Además de esta clasificación fundamental existen otros factores importantes al momento de clasificar las fundiciones, uno de ellos es la microestructura de la fase



matriz, que puede ser ferrita, perlita, vainita, martensita o austenita, y en relación con las fundiciones grises, se tiene en cuenta la forma del grafito, existiendo laminares, esferoidales y de grafito compacto, estas formas de grafito se pueden observar en la figura 5.16.

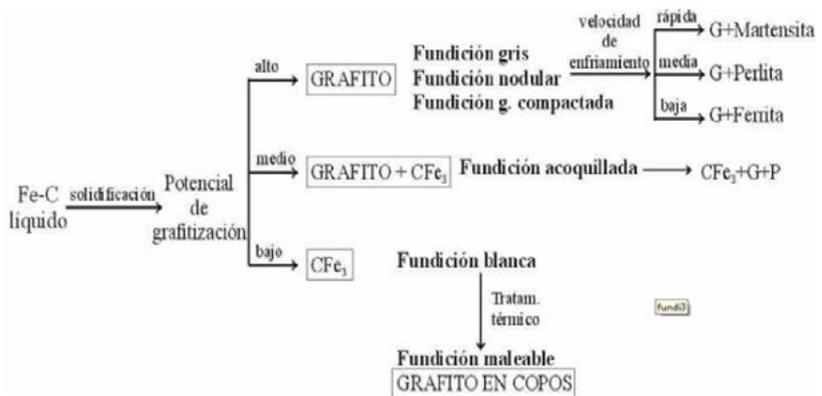
Figura 5.16. Distintos tipos de grafitos.



a) Laminar, b) Copos, c) Esferoidal, d) Vermicular. [22]

En la Figura 5.17 se esquematiza la obtención de las diferentes fundiciones.

Figura 5.17. Esquema general de obtención de diferentes fundiciones. Para potenciales de grafitización altos y bajos, influyen, principalmente, la composición química; para potenciales medios, tiene mayor influencia la velocidad de enfriamiento. [22]



Al igual que los aceros, las fundiciones se pueden clasificar como fundiciones eutécticas, cuando el contenido en carbono es del 4.3 % en peso, fundiciones hipoeutécticas cuando el contenido de carbono es menor y fundiciones hipereutécticas cuando el contenido en carbono es mayor. Según el diagrama de fases, las fundiciones funden a temperaturas considerablemente más baja que la de los aceros.

Fundición blanca

La fundición blanca son aleaciones de Hierro y Carbono las cuales terminan su solidificación a 1130 °C con la siguiente transformación eutéctica: $\text{Liq (4.3 \%)} \rightarrow \text{Austenita (1.76\%)} + \text{Fe}_3\text{C (6.67 \%)}$, este agregado recibe el nombre de Ledeburita el cual es un constituyente muy frágil y duro. Por esta razón su mayor interés industrial radica en las composiciones hipoeutécticas (de 1.76 % a 4.3 %C). La microestructura se representa en la figura 5.18 y 5.19. Esta se forma al enfriar rápidamente la fundición de hierro desde el estado líquido, durante el enfriamiento la austenita solidifica a partir de la aleación fundida en forma de dendritas. Se distinguen por que al fracturarse presenta un color blanco brillante.

La fundición blanca es la de menor uso industrial. En general, no son maquinables y el acabado se realiza siempre por rectificado; es usada en casos en que la resistencia al desgaste es lo más importante y la aplicación a la cual está destinada no requiere buena ductilidad ni maleabilidad como es el caso de las camisas para mezcladoras de cemento, bolas de trituración para acería, camisas interiores de las hormigoneras. Generalmente la fundición blanca se obtiene como producto de partida para fabricar la fundición maleable.



Figura 5.18. Microestructura fundición blanca. Las áreas corresponden a perlita, las cuales son dendritas de austenita transformada en (perlita). La región blanca corresponde a una matriz de cementita [11].

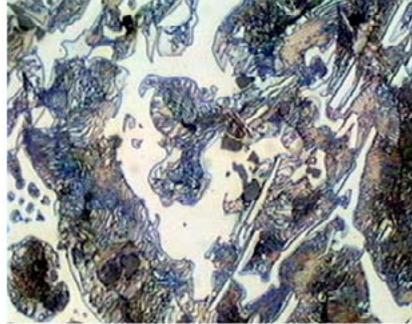
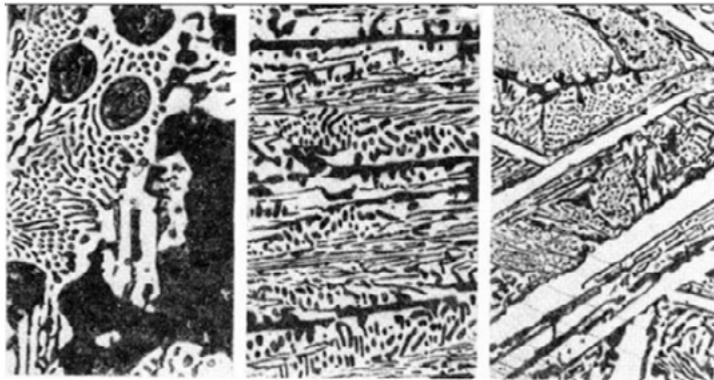


Figura 5.19. Microestructura de fundiciones blancas. De izquierda a derecha respectivamente son: hipoeutécticas, eutéctica, hipereutécticas. [22]



Ventajas

- Tiene una gran dureza y elasticidad gracias a la gran cantidad de carburo de hierro que posee.
- Son las fundiciones que poseen la mayor resistencia al desgaste y a la abrasión.
- Favorece la formación de cementita y aumenta la dureza de la matriz.



Desventajas

- Debido a su dureza son difíciles de mecanizar y su utilización en la industria es limitada.
- Son demasiado frágiles.
- Propiedades como: resiliencia, plasticidad, ductilidad y maleabilidad son muy bajas.

Fundición maleable

Esta fundición apareció del afán de ablandar la fundición blanca y convertirla en un material tenaz.

La fundición maleable se obtiene a partir de la fundición blanca por calentamiento prolongado en atmósfera inerte (para prevenir la oxidación) a temperaturas entre 800 y 900 °C. Bajo estas condiciones, la cementita se descompone para dar grafito en forma de racimos o rosetas dentro de la matriz ferrítica o perlítica de modo similar a la de la fundición esferoidal figura 5.20.

La fundición maleable se suele emplear en tubos de dirección y engranajes de transmisión, muelles tubulares y partes de válvulas, también se utiliza como accesorios para cañerías, transmisión y conducción de líquidos y gases, piezas pequeñas, o piezas de bajo espesor.

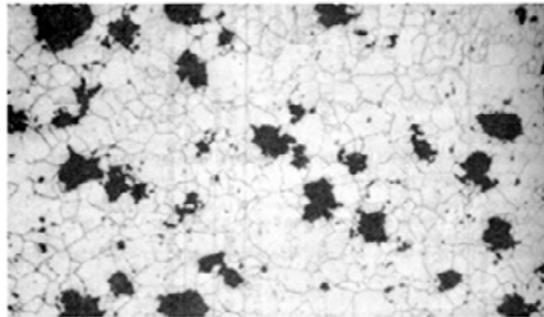
Existen dos procedimientos de fabricación —ambos procesos consisten en la fabricación de las piezas en fundición, seguido de proceso térmico denominado recocido— que dan lugar a:

- **Fundición maleable europea o de corazón blanco** (zona exterior descarburada y zona interior de ferrita y perlita). En el proceso de recocido la fundición blanca se descarbura por difusión de C por efecto de un oxidante mineral, quedando así un material muy tenaz y parecido aun acero de bajo carbono.
- **Fundición maleable americana o de corazón negro** (ferrita y copos de grafito). En este procedimiento la pieza se rodea con materias neutras como arena, en este

proceso la fundición blanca no se descarbura, en cambio durante el recocido el carbono precipita bajo la forma de copos de grafito dando lugar a una mayor tenacidad y resistencia con relación a los valores que representa la fundición gris, además de una elevada maquinabilidad.

Las fundiciones maleables encontraron su aplicación particular en la fabricación de piezas de forma complicada, en sustitución del acero moldeado. Con el tiempo fueron reemplazadas por las fundiciones nodulares, evitándose así el costo de los tratamientos de tiempos prolongados.

Figura 5.20. Microestructura fundición maleable (grafito oscuro en forma de rosetas sobre una matriz de ferrita). [2]



Ventajas

- Posee las características de una fundición gris como son la resistencia a la corrosión, el bajo precio, una buena dureza y una gran maquinabilidad.
- Al tener una estructura de colada que contiene partículas de grafito en forma de pequeños nódulos esferoidales en una matriz metal dúctil, la fundición nodular obtendrá una mayor resistencia y una mejor ductilidad respecto a la fundición gris.
- Es menos densa que el acero y la diferencia entre ambos puede llegar al 10 %.

Fundición gris

Se llama así por el aspecto de su fractura, que es de color gris. Es aquella en la cual el carbono se encuentra en alto grado o en su totalidad en estado libre en forma de grafito laminar.

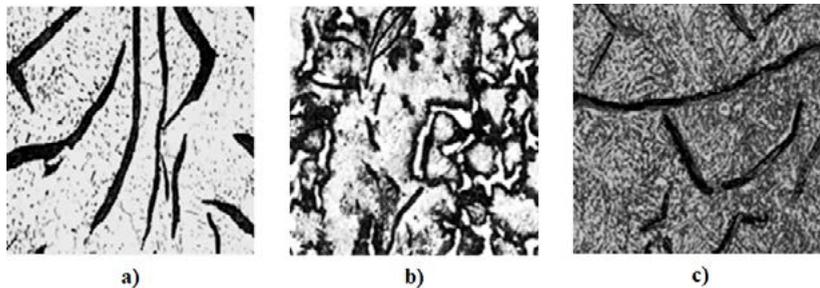
La fundición gris (a excepción de la blanca) se diferencia del acero debido que en su estructura hay inclusiones de grafito cuya cantidad, forma, tamaño y distribución varían dentro de unos límites muy amplios y da lugar a diferentes fundiciones grises. Estas fundiciones son un material compuesto de grafito, y de otro material matriz que frecuentemente está compuesto por un intermetálico cerámico (cementita) y otro material (ferrita) que es metálico. (29)

Las fundiciones grises hipo eutécticas tienen un contenido de carbono entre 2.5-4.0% y 1-3% de silicio. Los principales constituyentes de las fundiciones grises son ferrita, perlita, steadita y grafito. El grafito suele aparecer como hilos dentro de una matriz de ferrita o perlita, como se muestra en la figura 5.21. En la figura 5.22, se pueden identificar las diferentes clases de fundiciones grises.

Figura 5.21 Microestructura fundición gris. Hilos de grafito sobre una matriz de ferrita. [2]



Figura 5.22 Microestructura de las clases de fundiciones grises.



Desde un punto de vista mecánico las fundiciones grises son frágiles y poco resistentes a la tracción, su resistencia y ductilidad a los esfuerzos de compresión son mayores.

El hierro gris es uno de los materiales ferrosos más empleados y su nombre se debe a la apariencia de su superficie al romperse.

Estas fundiciones amortiguan de forma óptima las vibraciones y en un mayor grado que los aceros, por lo que en sistemas de transmisión de potencia y mecanismos son muy utilizadas. A la temperatura de colada tienen mucha fluidez por lo que permite moldear piezas de formas complejas. Es, además, uno de los materiales metálicos más baratos. Se utiliza en bloque de motores, tambores de freno, cilindros y pistones de motores.

- Matriz de perlita con cementita esferoidizada para trabajo a altas temperaturas.
- Gris aleada, y consta de grafito tipo A con carburos libres (zonas blancas).
- Templada y revenida, su microestructura consta de grafito en una matriz de martensita revenida.

La norma ASTM A48 divide las fundiciones grises en diferentes clases en función de su resistencia mecánica. (El número identificativo de cada clase expresa su resistencia a la tracción en ksi). La tabla 5.5 muestra la composición química y la tabla 5.6, la resistencia a la tracción, resistencia a la compresión y módulo elástico de tracción.

Tabla 5.5 Clasificación de la fundición gris por su composición. [21]

Tipo de Hierro	% total de Carbono	% Silicio
Clase 20	3.40-3.60	2.30-2.50
Clase 30	3.10-3.30	2.10-2.30
Clase 40	2.95-3.30	1.70-2.00
Clase 50	2.70-3.00	1.70-2.00
Clase 60	2.50-2.85	1.90-2.10

Tabla 5.6 Clasificación de las fundiciones grises. [21]

ASTM A48	Resistencia Tracción	Resistencia Compresión	Dureza HB	Modulo Elástico Gpa
	Mpa	Mpa	HB	Gpa
20	152	572	156	66-97
25	179	669	174	79-102
30	214	752	210	90-113
35	252	855	212	100-119
40	293	965	235	110-138
50	362	1130	262	130-157
60	431	1293	302	141-162

Clasificación de las fundiciones grises

Las fundiciones grises se pueden clasificar de varias formas, pero una de las más usuales es su clasificación por la estructura de la matriz:

Fundición gris perlítica

Su estructura está formada de perlita con inclusiones de grafito (en la figura 5.23 a, el grafito se ve en forma de vetas pequeñas). Como se sabe, la perlita contiene un 0,8 de C, por

consiguiente, esta unidad de carbono se halla en la fundición perlítica gris en estado ligado (es decir, en forma de cementita). La cantidad restante se encuentra en estado libre, o sea, en forma de grafito. [29]

Fundición gris ferrítica

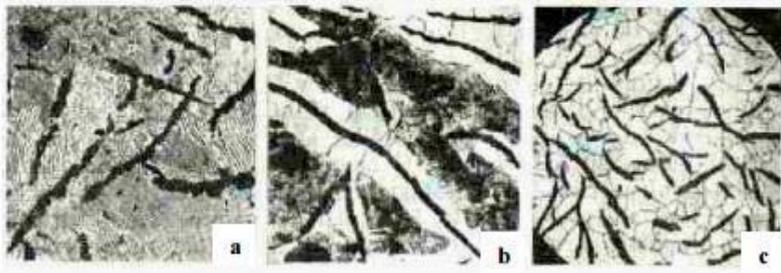
En esta fundición la matriz es ferrita y todo el carbono que hay en la aleación está en forma de grafito (ver figura 5.23c). [29]

Fundición gris ferrito-perlítica

La estructura de esta fundición está formada por ferrita y perlita e inclusiones de grafito. En esta fundición la cantidad de carbono ligado es menor que el 0,8 de C (ver figura 5.23 b). [29]

- Fundición perlítica, tomada a 200 aumentos;
- Fundición ferrito-perlítica, tomada a 100 aumentos;
- Fundición ferrítica, tomada a 100 aumento. [29]

Figura 5.23. Microestructura de la fundición gris.



Ventajas

- Las fundiciones son, en general, mucho más fáciles de mecanizar que los aceros. [29]
- Las piezas de fundiciones grises son, en general más baratas que las de acero (que es el material que más se utiliza en los talleres y fábricas de maquinaria, motores, instalaciones, etc.). Su fabricación es también más sencilla por emplearse instalaciones menos costosas y realizarse la

fusión a temperaturas relativamente poco elevadas y más bajas que aquellas correspondientes al acero. [29]

- En la solidificación presentan mucho menos contracción que los aceros y, además, su fabricación no exige como en los aceros, el empleo de refractarios relativamente especiales de precio elevado. [29]

Desventajas

- Tiene una baja resistencia a la tracción y ductilidad; por lo tanto, su resistencia al impacto es inexistente.
- No sufren deformaciones plásticas.
- Las discontinuidades en la matriz de las fundiciones grises disminuyen las propiedades de las piezas fundidas debido a que reducen la sección útil de las piezas moldeadas y disminuyen su resistencia. [29]

Fundición nodular

Este tipo de fundiciones se desarrolló para reducir el problema de fragilidad y baja resistencia de las fundiciones con grafito en forma laminar, transformando el grafito en forma de pequeñas esferas. Estos nódulos de grafito se obtienen adicionando cerio o manganeso (nodulizantes o floculantes) directamente en bruto de fusión (estado líquido) sin necesidad de tratamientos térmicos posteriores. [22]

Su microestructura está conformada por una matriz metálica y una cantidad del 10 al 15% de grafito en forma de esferas de este modo la continuidad de la matriz se interrumpe mucho menos que cuando se encuentra en forma laminar, provocando propiedades similares a los aceros como alta ductilidad, resistencia, bien maquinado y tenacidad mayor que en la fundición gris, además de ser menos dura que la fundición blanca. Algunas microestructuras se observan en las figuras 5.24, 5.25 y 5.26. [23]



Figura 5.24 Microestructura fundición nodular. Esferoides de grafito sobre una matriz de ferrita. [2]

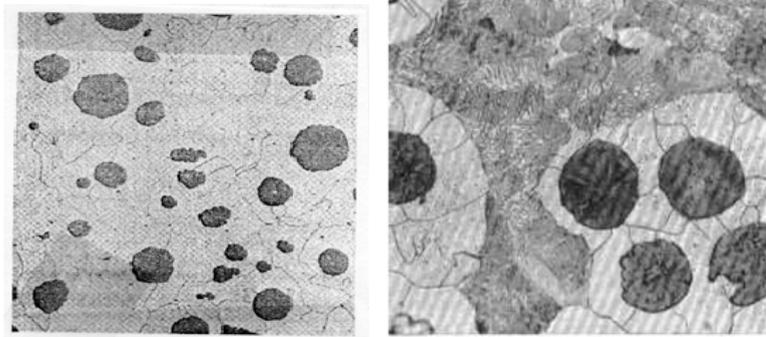
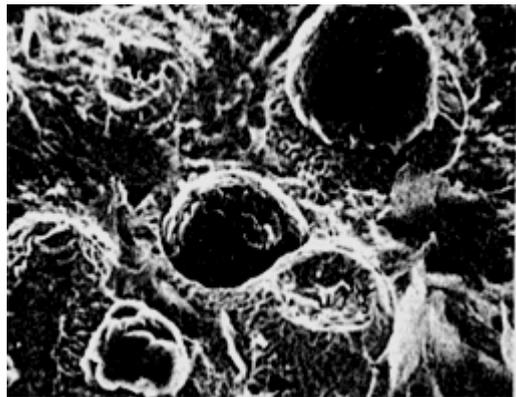


Figura 5.25 Microestructura de una fundición grafito compacto. Fundición grafito compacto, las zonas oscuras corresponden a la gran presencia de grafito. [2]



- **Ferríticas:** Posee maquinabilidad, ductilidad y límite elástico moderado.
- **Perlíticas:** Buen límite elástico y ductilidad, pero baja maquinabilidad, se pueden templar superficialmente.
- **Tratadas térmicamente:** Con tratamientos térmicos como normalizados, templados y revenidos o austemperadas, presentan alta resistencia a la tracción y alto límite elástico.

La fundición nodular presenta una mayor resistencia a la tracción que la fundición gris y se suele utilizar para la fabricación de válvulas y engranajes de alta resistencia, cuerpos de bomba, cigüeñales y pistones. Se diferencia de la maleable porque generalmente se obtiene como resultado de la solidificación y no requiere tratamiento térmico.

Ventajas

- Posee las características de una fundición gris como son la resistencia a la corrosión, el bajo precio, una buena dureza y una gran maquinabilidad.
- Al tener una estructura de colada que contiene partículas de grafito en forma de pequeños nódulos esféricos en una matriz metal dúctil, la fundición nodular obtendrá una mayor resistencia y una mejor ductilidad respecto a la fundición gris.
- Es menos densa que el acero y la diferencia entre ambos puede llegar al 10 %.

Desventajas

- Baja resistencia mecánica, baja dureza y plasticidad.
- Baja resistencia al impacto.
- Fragilidad a causa del grafito laminar.

Otras fundiciones

Fundición grafito compacto

Presenta propiedades intermedias entre la gris y la nodular; el grafito dentro de la matriz se presenta tanto en nódulos como en láminas en forma interconectada. En la figura 5.24 se puede ver una microestructura de una fundición grafito compacto.



Su resistencia a la tracción varía entre 40 y 85 Ksi y el límite elástico entre 30 y 60 Ksi con alargamientos entre 1 y 5%.

Fundiciones chiliadas

En fundiciones grises, nodulares y de grafito compacto, se pueden inducir durante la solidificación la formación de fundición blanca en la superficie de las piezas recibe el nombre de chill y la fundición recibe el nombre de fundición chiliada.

Fundición moteada

Una fundición que solidifique a velocidades intermedias entre blanca y gris contendrá en su estructura grafito y cementita y se denomina fundición moteada o atruchada.

Diferencias entre Los aceros y las fundiciones

- La diferencia fundamental entre los aceros y las fundiciones de hierro, es que los aceros por su ductilidad son fácilmente deformables en caliente bien sea por forja, laminación o extrusión, mientras que las fundiciones se fabrican generalmente por moldeo.

De hecho, al acero también se le ha venido conociendo como "hierro forjable" y a la fundición hierro colado en virtud de la técnica más favorable para trabajar el material.

- Las fundiciones de hierro son más resistentes a la corrosión y a los cambios súbitos de temperatura que los aceros.
- Las fundiciones presentan mayor porcentaje de carbono y por tanto son más duras y frágiles que los aceros.
- Los aceros son usados generalmente para la fabricación de piezas mecánicas, elementos de transmisión de potencia y herramientas de trabajo.
- Las fundiciones son usadas generalmente para la fabricación de piezas de gran tamaño como carcasas y bancadas.



- Las fundiciones poseen una maleabilidad y ductilidad casi nula comparada con los aceros que pueden ser sometidos a procesos de forjado y laminado.

V. Cuestionario

- ¿Cuáles son los efectos del acero, dentro de su clasificación?
- ¿Qué es la norma AISI-SAE?
- ¿Cuáles son los aceros para herramientas?
- ¿Qué entiendes por fundición?
- ¿Qué es fundición Nodula?

Bibliografía

- Smith W. y Hashemi, J. (2014). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales* (5.ª ed.). McGraw-Hill.
- Davis, J. (2009). *Metals HandBook*. (2nd ed.). ASM International.
- Allauca, R. (2011). *Influencia de microestructura sobre las propiedades mecánicas en varillas de acero* [Tesis de Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional. <https://cutt.ly/QYMxFCg>
- Marshall's etch + HF, 300x. Courtesy of A.O. Benscoter, Lehigh University
A.O. Benscoter, Lehigh University.
- Okamoto, H., Schlesinger, M. y Mueller, E. (2016). *ASM HandBook: Alloy Phase Diagrams*. (Vol.3). ASM International.



Guía de trabajo 13

Tema: Cerámica (tipos de aplicación)

I. Propósito

El estudiante aprenderá a describir conceptos teóricos y prácticos sobre los defectos iónicos presentes en los compuestos cerámicos.

II. Objetivos

- Definir y clasificar los materiales cerámicos, incluso los tradicionales y los de ingeniería.
- Describir diversas estructuras cristalinas de cerámicos.

III. Introducción

La utilización de la arcilla como material plástico que podía ser modelado, formado, secado y luego horneado al fuego para transformarse en cerámica se produjo hace unos cuantos miles de años. Las primeras obras cerámicas datan aproximadamente del año 12.000 antes de Cristo y provenían de la cultura Jomon de Japón. Del mismo modo en nuestro país las culturas tempranas de Condorhuasi y Ciénaga (del 400 antes de Cristo al 700 después de Cristo) crearon obras cerámicas relacionadas con funciones fundamentales de la cultura: utilitarias, simbólicas y estéticas.

La disciplina cerámica se afirma, hemos dicho, en una larga tradición, y a través del tiempo ha ido variando no solamente las tecnologías, sino también ha ido reflejando en sus diversos tipos de realizaciones los cambios en los entornos socioculturales que les dan origen.

Las producciones cerámicas contemporáneas se apoyan en la concepción de la cerámica como hacer ancestral, cuyo origen

se remonta al de toda cultura y que se caracteriza por una marcada perspectiva dialógica entre el pasado y la actualidad.

IV. Generalidades

Los materiales cerámicos son inorgánicos, materiales no metálicos que constan de elementos metálicos y no metálicos enlazados entre sí principalmente por enlaces iónicos y/o enlaces covalentes. La composición química de los materiales cerámicos varía considerablemente, desde los compuestos simples hasta mezclas de muchas fases complejas enlazadas.

Las propiedades de los materiales cerámicos varían también enormemente, debido a diferencias en el enlace. En general, los materiales cerámicos son típicamente duros y frágiles, con tenacidad y ductilidad bajas. Los cerámicos son generalmente buenos aislantes eléctricos y térmicos debido a la ausencia de electrones de conducción.

En general, los materiales cerámicos tienen temperaturas de fusión relativamente altas y gran estabilidad química en muchos ambientes hostiles, gracias a la estabilidad de sus enlaces fuertes. Por estas propiedades, los materiales cerámicos son indispensables en muchos diseños de ingeniería. Dos ejemplos de la importancia estratégica de los materiales cerámicos en la alta tecnología reciente se ilustran en la figura 11.1.



- Crisoles de zircoa (dióxido de circonio) que se usan en la fundición de superaleaciones.
- Línea de productos zircoa de grano grueso incluyendo boquillas, toberas, bloques refractarios de quemador, placas reguladoras y discos.
- American Ceramic Bulletin, septiembre de 2001. Fotografía cortesía de Zircon, Inc.].
- Cojinetes y anillos de bolas Ceratec de alto desempeño elaborados con titanio y suministros de nitruro de carbono mediante una tecnología a base de metal pulverizado.



Práctica 13

Elaboración de un objeto cerámico usando arcilla roja

Sección: Fecha:...../...../.....

Apellidos y nombres:

Instrucciones: Leer detenidamente el proceso para elaborar un producto cerámico utilizando la arcilla roja.

1. Materiales

- Arcilla roja un kilogramo en pasta (papilla)(masa)
- Tres estecas diferentes según figura
- Una navaja
- Una esponja
- Diseño de acuerdo con su carrera profesional, ejemplo Ingeniería Civil ladrillos para maquetas pequeñas, mecánicas brazos de un cargador frontal, pueden ser símbolos, esquineros en forma de una casa, etc.

Estecas de madera



II. Procedimiento

- Preparar la arcilla (mantener siempre en bolsa plástica para que no se pueda secar).
- Realizar la escultura según modelo.
- Pulir con la esponja y retirar arcilla sobrante para diseñar los detalles del modelo original.
- Dejar secar por periodo de una semana para poder llevar a cocción.
- Pulir y lijar después de la cocción para luego decorar y armar el objeto de acuerdo con su diseño.



Amasado de la arcilla.



Arcilla bien preparada sin burbujas en su interior.



Método de placas usando un rodillo.



Marcando con un rodillo tipo sello con gráficos en bajo relieve.



Utilizando un plato de tecnopor como diseño.



La arcilla sobre el plato de tecnopor.





Otro modelo en forma de una frente.



Objetos en estado de secado hasta que este en estado de cuero.



Como hacer un águila.



Como hacer un oso.



Una tortuga.



Haciendo ladrillos para maquetas.



Cortando la arcilla para formar los ladrillos.



Cortando la arcilla del otro lado.



Uso de molde de plástico para hacer ladrillos homogéneos.



Colocando el molde sobre la arcilla.



Se aplasta con el rodillo para que este de un tamaño homogéneo.



Ladrillos secos y se retira del molde.



Ladrillos para su cocción.

Ahora se deja para que seque.



Ladrillos retirando del molde.



Se puede hacer muros.



Trabajos coccionados listos para su decorado.

Las arcillas son, probablemente, los materiales geológicos más contradictorios desde el punto de vista de su utilidad en Ingeniería Civil. Son fuente inagotable de problemas de estabilidad en buen número de obras, pero constituyen por sí mismas un material de valiosas propiedades ingenieriles.

Por otro lado, durante los últimos años, las arcillas han cobrado un interés especial en la medida que constituyen potenciales emplazamientos de repositorios de residuos nucleares de alta actividad o se considera su empleo en las barreras de ingeniería previstas para retardar o evitar la migración de radionucleidos y su interacción con la biosfera.



III. Diferentes tipos de arcilla

- Arcilla de ladrillos. Contiene muchas impurezas...
- Arcilla de alfarero. Llamada también barro rojo y utilizada en alfarería y para modelar...
- Arcilla de gres. Es una arcilla con gran contenido de feldespato...
- Arcillas *ball clay* o de bola...
- Caolin...
- Arcilla refractaria...
- Bentonita.

Arcilla verde

Composición

Su color es debido a los óxidos de hierro ferroso y de magnesio.

Es muy rica en oligoelementos. Según en el medio en que se encuentra varía la riqueza de sus elementos (agua del mar, agua de río).

Propiedades

- Antiséptica: Destruye los agentes patógenos sin agredir los tejidos sanos lindantes.
- Cicatrizante: Por su contenido en sílice, aluminio y zinc regenera los tejidos y suaviza las cicatrices.
- Absorbente: Efecto drenador en infecciones purulentas, absorbe los edemas.
- Adsorción: Ejerce una acción depurativa, una acción digestiva de adsorción de gases y toxinas.
- Sedante: Posee una acción calmante en dolores locales o generales de origen inflamatorio o traumático.
- Hemostático: Actúa sobre el tiempo de coagulación.



- Remineralizante: Transmite al organismo las sales minerales necesarias para su equilibrio biológico.
- Estimulante: Las sales minerales pueden dar lugar a un aumento de la tensión arterial.
- Reequilibrante: Aporta suficientes sales minerales para permitir al organismo recuperar las defensas naturales.
- Actúa como catalizador de las funciones vitales (por su riqueza en oligoelementos).
- Aplicada en una zona vital (hígado, riñón) tiene una acción profunda.

Aplicaciones

Absceso, acné, furunculosis, quemaduras, queloides, eccema, psoriasis, herpes, sabañones, onicomicosis, estrías, celulitis, anemia, astenia, anginas, sinusitis, aftas, artralgia, artritis, artrosis, mialgia, dorsalgia, lumbalgia, ciática, osteoporosis, traumatismos y contusiones, espasmofilia, tendinitis, gota, estreñimiento, diarrea, esofagitis, úlcera gástrica y gastroduodenal, hernia de hiato, gastritis, aerofagia, litiasis biliar, hemorroides, gingivitis, hepatitis, migrañas, neuralgia del trigémino, amenorrea, dismenorrea, blenorragia, menopausia, inflamación urinaria, úlceras varicosas

En cosmética natural se usa en formulaciones para cabellos y pieles mixtas y grasas. Dermatitis. En mascarillas para pieles acneicas y para pieles fatigadas y envejecidas.

Se usa conjuntamente la vía interna y la tópica; en el resto de patologías sólo se usa la vía tópica. Ver, al final, ejemplos de formulación y tratamientos.

En farmacia Serra Mandri disponemos de diferentes presentaciones de arcilla verde:

Por vía interna, recomendamos arcilla superfina y ultra ventilada.

Por vía externa, se puede usar, además de las anteriores, toda la gamma: granulada, en pasta, en cataplasmas, en trozos o en vendas.

Arcilla roja

Procede de granos cósmicos y de polvos volcánicos.

Composición

De composición similar a la arcilla verde.

Su coloración se debe al oligisto o hematita, los óxidos de hierro y cobre.

Propiedades

Es más grasa y menos absorbente que la arcilla verde. Se usa vía externa.

Aplicaciones

Abscesos, acné, lactancia materna (parar la secreción), aftas, celulitis, contusiones, cuperosis, callos, eccema, furúnculos, dolores musculares, problemas hepáticos, herpes, edemas, pies fríos (problemas circulatorios), transpiración excesiva, prurito, psoriasis, senos dolorosos.

En cosmética natural se usa en cabellos y pieles mixtas, grasas y en cuperosis.

Arcilla blanca

También llamada caolinita.

Composición

Por su estructura es comparable a la arcilla verde, pero es más pobre en cuanto a oligoelementos, no contiene fósforo ni cloro ni zinc. Es una arcilla lavada por las aguas de lluvia y de arrastre, de ahí su color.



Propiedades

- Tiene un poder menos absorbente que la arcilla verde.
- Tiene la particularidad de tener un pH ácido (pH 5 en lugar de pH 7 de la arcilla verde) lo que la hace más aceptable para ciertos organismos.
- Por su poder cubriente se recomienda para la mucosa gastrointestinal.
- Usada como cicatrizante, vía externa, por su contenido en aluminio. Es muy útil en preparaciones vía tópica, pero resulta pobre por vía interna. En todo caso, por vía interna, sólo se beberá el agua.

Aplicaciones

Absceso, onicomicosis, psoriasis*, alopecia, quemaduras, queloides, cloasma gravídico, cicatrices, cuperosis, eccema, seborrea, amenorrea*, anemia*, ansiedad* anorexia*, blefaritis, bronquitis, contractura muscular involuntaria*, hidrartrosis, aerofagia*, diarrea*, parásitos intestinales*, cistitis*, hipertensión arterial, hipocalcemia*, impétigo*, lentigo, cuperosis, mialgias, piodermatitis, gingivorragia, estomatitis, boqueras, flemones.

Se usa en productos de belleza para cabellos y pieles secas, sensibles y como cicatrizante y antiarrugas, en uso externo, debido a su alto porcentaje de aluminio. Propiedades: exfoliante, nutriente, relajante. Uso conjunto de la vía externa e interna; en esta última se puede también usar la arcilla verde.

Arcilla amarilla

Se cree que se forma en terrenos bien drenados.

Composición

Está formada por partículas muy finas compuestas de óxido de hierro férrico (xantosiderita), que contribuye a su coloración.

No contiene manganeso ni zinc ni aluminio ni cloro. Es rica en hierro y potasio. Esta arcilla es interesante por su porcentaje en hierro y su ausencia de aluminio.

Propiedades

Se usa para problemas óseos, en caso de fatiga intensa, combinando con la arcilla verde.

Aplicaciones

Absceso, cicatrices, eccema, urticaria*, úlceras, furúnculos*, herpes, amebiasis, anorexia*, astenia*, aftas, artritis, artrosis*, luxación, distensión muscular, dolores articulares, dismenorrea, equimosis, enteritis*, fragilidad capilar, conjuntivitis, gota, hernia de hiato*, rinorrea. En cosmética natural se utiliza para pieles grasas y mixtas.

Arcilla rosa

Mezcla elaborada de 2/3 partes de arcilla blanca y 1/3 de arcilla roja.

Composición

Guarda las sales minerales de sus orígenes. Como las arcillas blanca y roja, contiene sílice, aluminio, hierro, magnesio, sodio, fósforo, potasio, calcio.

Propiedades

Cicatriza, desinfecta y suaviza debido a los oligoelementos. Se usa por vía externa.

La calidad de absorción es la misma que en las otras arcillas. Debido a su suavidad se emplea en epidermis frágiles, deshidratadas, delicadas, como la piel del bebé.

Es de elección para preparar productos de belleza, en especial mascarillas.



Aplicaciones

Ojeras, eccema, costra láctea, eritema, mascarillas para pieles secas, muy secas, frágiles y deshidratadas.

Tabla composición comparativa diferentes tipos de arcillas

COMPOSICIÓN DE MINERALES EN PORCENTAJE(%)

Componentes	Verde	Roja	Amarilla	Bianca
Sílice	50.6	63.15	48.00	48.30
Cloro	0.011	-----	-----	-----
Calcio	9.2	0.01	0.26	trazas
Magnesio	2.25	0.05	0.22	0.22
Aluminio	14.10	-----	-----	36.10
Hierro	4.8	0.54	1.84	0.90
Sodio	0.18	-----	-----	0.04
Potasio	4.02	0.36	1.10	1.45
Fósforo	0.12	0.08	0.06	-----

IV. Cuestionario

- ¿Cuáles son los tipos de materiales cerámicos?
- ¿Cuáles son las propiedades de la arcilla?
- ¿Cuál es la composición química de la arcilla blanca?
- ¿Cuáles son los materiales cerámicos de ingeniería?



Guía de trabajo 14

Tema: Polímeros y estructuras

I. Propósito

Conocer y clasificar los polímeros, incluyendo los termofijos, termoplásticos y elastómeros y los diversos métodos de polimerización industrial.

II. Objetivos

- Definir y clasificar los polímeros, incluso los termofijos, termoplásticos y elastómeros.
- Describir las diversas reacciones y etapas de la polimerización.

III. Introducción

La palabra *polímero* significa, literalmente, “muchas partes”. En este sentido, puede considerarse como un material polimérico sólido aquel que contiene múltiples partes o unidades enlazadas químicamente y que están unidas 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 en los procesos de fabricación industrial: *plásticos* y *elastómeros*. Los *plásticos* son un grupo grande y variado de materiales sintéticos, que se procesan para darles forma por moldeo o deformación.

Los polímeros son macromoléculas que se encuentran formadas por moléculas más pequeñas (monómeros), que se unen entre sí mediante enlaces covalentes. En química orgánica, se denomina polimerización al proceso que atraviesan los monómeros para formar una cadena y constituir así un polímero.

Los polímeros se pueden clasificar según diferentes criterios: su composición química, sus propiedades, su comportamiento térmico o su origen. Según este último criterio, los polímeros pueden ser naturales, semisintéticos o artificiales.

Polímeros naturales: Proviene de la naturaleza. Es decir, su existencia no depende de la intervención de la mano del hombre. Por ejemplo: las cadenas de ADN, las proteínas, la celulosa, los almidones.

Estos polímeros, también llamados biopolímeros, cumplen funciones esenciales para la supervivencia de los seres vivos.

Polímeros semisintéticos: Se obtiene al transformar polímeros naturales mediante procesos químicos. Por ejemplo: la nitrocelulosa, la etonita.

Estos dos primeros grupos tienen una composición similar, puesto que ambos se conforman por cadenas de monómeros semejantes.

Polímeros artificiales: Son obtenidos industrialmente mediante el manejo de monómeros orgánicos y fueron creados por el hombre para satisfacer necesidades concretas. Por ejemplo: el teflón, el nylon, el polietileno, el cloruro de polivinilo (PVC).

Constituyen gran parte de nuestros autos, juguetes, pinturas, muebles y artículos de goma.

Ejemplos de polímeros naturales

Seda	Madera	Almidón
Caucho	Quitina	Celulosa
Algodón	Lana	Ácidos nucleicos

Ejemplos de polímeros semisintéticos

Nitrocelulosa	Etonita	Caucho vulcanizado
---------------	---------	--------------------

Ejemplos de polímeros artificiales

Acrilato de butilo	Poliéster	Polisulfonas
Poliacrilonitrilo	Poliétertereftalato	Poliurea
Polianhidrido	Polióxido de etileno	Poliuretano Termoplástico
Policaprolactona	Polipropileno	PVC
Policarbonato	Polisiloxanos	Siliconas
Policicloctano	Tereftalato de polibutileno	Teflón
Policloruro de vinilo	Rayón	Poliestireno



Exposición del tema de corrosión

El estudiante debe formar grupos y organizarse para investigar sobre los temas a exponer. Puede usar todos los medios como materiales de exposición papelotes software diapositivas materiales en físico

Grupo 1

- ¿Señale cuáles son los polímeros naturales y sintéticos?
- ¿Señale cuál es la fuerza de vander waals?
- ¿Cómo actúa la polimerización?
- ¿Cómo se clasifica químicamente los polímeros?
- ¿Cómo se clasifican según el número repetitivo?

Grupo 2

- ¿Señale cuáles son los polímeros por adición?
- ¿Señale cuáles los polímeros por condensación y sus usos?
- ¿Señale los polímeros por su estructura?
- ¿Según las propiedades fundamentales que justifican la gran utilidad y numerosas aplicaciones de los materiales poliméricos? Se consideran los siguientes apartados
 1. Estructura interna.
 2. Propiedades térmicas.
 3. Propiedades mecánicas.
 4. Propiedades eléctricas y magnéticas.
 5. Propiedades ópticas.
 6. Modificación de las propiedades de los polímeros: aditivos.

Indique la clasificación según sus propiedades conceptos y/o diagramas.

Composición química

Enlaces primarios

Fuerzas intermoleculares

Peso molecular. Grado de polimerización

Estructura molecular de los polímeros

Grupo 3

Evaluar y señalar sobre los polímeros en un aumento de temperatura:

- Termoplásticos
- Duroplásticos, termoestables o termoendurecibles
- Elastómero (gomas o cauchos)
- ¿Sobre sus propiedades térmicas?
- ¿Sobre sus propiedades mecánicas?

Comportamiento mecánico

Fractura de polímeros

Modificación de las propiedades de los polímeros: aditivos

1. Rellenos
2. Plastificantes
3. Estabilizantes
4. Colorantes

Grupo 4

Evaluar y señalar sobre los polímeros:

- ¿Cuáles son los polímeros estables?
- ¿Cuáles son los polímeros termoplásticos?

Grupo 5

Evaluar y señalar sobre los polímeros:

- ¿Cuáles son los polímeros elastómeros?
- ¿Cómo es la fabricación de productos?



Grupo 6

Evaluar y señalar sobre los polímeros:

- 1. ¿Qué hacer con los residuos plásticos?

Referencias

- Callister, W. (2010). *Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales*. Editorial Reverte. Código Biblioteca UC: UCCI 620.11 C21 2010.
- Smith W. y Hashemi, J. (2014). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales* (5.º ed.). McGraw-Hill.





