

Fundamentos del Diagrama de Fase Hierro-Carbono y sus Aplicaciones en Ingeniería Industrial

Ingeniería | Ingeniería industrial | para estudiantes universitarios | 4 semanas

Descripción del Curso

Este curso ofrece una exploración integral del diagrama de fase hierro-carbono, una herramienta esencial en la ingeniería industrial para comprender las propiedades y comportamientos de las aleaciones de acero y hierro. Se enfoca en los principios termodinámicos y cinéticos que explican la formación de fases, las reacciones de transformación y la microestructura resultante en función de la composición y el enfriamiento.

Dirigido a estudiantes universitarios de ingeniería industrial, el curso combina teoría y análisis práctico para que los participantes identifiquen las diferentes fases presentes en el diagrama FE-Fe₃C, comprendan las características mecánicas asociadas y reconozcan las líneas críticas de temperatura que determinan la transformación del acero. El enfoque metodológico incluye clases magistrales, análisis de casos, ejercicios de interpretación del diagrama y discusión de aplicaciones industriales relevantes.

Al finalizar, los estudiantes serán capaces de interpretar y aplicar el diagrama de equilibrio hierro-carbono para explicar las estructuras metálicas generadas en distintos procesos de enfriamiento, con énfasis en aleaciones hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides, facilitando decisiones informadas en el diseño y tratamiento térmico de materiales metálicos.

Objetivos Generales

- Describir y explicar el diagrama de equilibrio hierro-carbono, incluyendo sus fases y principales reacciones.
- Analizar las transformaciones microestructurales y mecánicas en aceros bajo condiciones de enfriamiento lento.
- Identificar las líneas críticas de temperatura y su impacto en las propiedades del acero.
- Comparar y diferenciar aleaciones hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides según su composición y comportamiento térmico.
- Aplicar el conocimiento del diagrama para interpretar casos prácticos y procesos industriales relacionados con materiales ferrosos.

Competencias

- Interpretar el diagrama de fase hierro-carbono identificando sus fases y reacciones principales.
- Analizar las transformaciones microestructurales en aleaciones de acero bajo diferentes condiciones de enfriamiento.
- Relacionar las estructuras obtenidas con sus propiedades mecánicas y aplicaciones industriales.

- Reconocer y explicar las líneas de temperatura crítica en el diagrama y su importancia en el tratamiento térmico.
- Aplicar conocimientos del diagrama para predecir el comportamiento de aleaciones hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides.
- Comunicar de manera clara y técnica los conceptos y resultados relacionados con el diagrama hierro-carbono.

Requerimientos

- Conocimientos básicos de química y física de materiales.
- Familiaridad con conceptos elementales de termodinámica y metalurgia.
- Acceso a material bibliográfico y software básico para simulación o visualización de diagramas de fases.
- Habilidades de análisis crítico y trabajo en equipo.

Unidades del Curso

Unidad 1: Introducción al Diagrama de Fase Hierro-Carbono

Objetivos de Aprendizaje

- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de describir la composición y estructura del diagrama de equilibrio Fe-Fe₃C, identificando sus fases principales bajo condiciones estándar.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de explicar los principios termodinámicos básicos que sustentan el equilibrio y las transformaciones en el diagrama hierro-carbono.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de interpretar la importancia del diagrama de fase hierro-carbono en la ingeniería industrial, relacionando sus aplicaciones con la selección y procesamiento de materiales ferrosos.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de identificar y analizar las líneas críticas de temperatura presentes en el diagrama Fe-Fe₃C, evaluando su influencia en las propiedades del acero.

Contenidos Temáticos

1. Introducción al Diagrama de Fase Hierro-Carbono

- Descripción general del diagrama de fase Fe-Fe₃C: Definición y propósito del diagrama en el estudio de materiales ferrosos.
- Importancia en la ingeniería industrial: Aplicaciones prácticas en la selección y procesamiento de aceros y fundiciones.

2. Composición y Estructura del Diagrama de Equilibrio Fe-Fe₃C

- Componentes principales: Hierro puro (Fe) y carburo de hierro (Fe₃C) o cementita.
- Rango de concentración de carbono: Desde 0% hasta 6.7% en peso.

- Fases principales y sus características:
 - Ferrita (α): estructura cristalina, composición y propiedades.
 - Austenita (γ): estructura, estabilidad y rango de existencia.
 - Cementita (Fe_3C): naturaleza química, estructura y papel en la microestructura.
 - Perlita: mezcla laminar de ferrita y cementita.
 - Ledeburita: mezcla eutéctica de austenita y cementita.
- Representación gráfica y zonas del diagrama: explicación de las áreas de fase y coexistencia.

3. Principios Termodinámicos Básicos en el Equilibrio y Transformaciones

- Conceptos de equilibrio termodinámico: energía libre de Gibbs y su minimización.
- Condiciones para la coexistencia de fases: igualdad de potencial químico.
- Leyes de las fases (Regla de las fases de Gibbs): número de fases, componentes y grados de libertad.
- Transformaciones de fase: eutéctica, eutectoide e peritectoide.
- Curvas de enfriamiento y cambios microestructurales asociados.

4. Líneas Críticas de Temperatura en el Diagrama Fe-Fe₃C

- Definición y significado de las líneas críticas:
 - Línea A₁ (temperatura eutectoide).
 - Línea A₃ (límite de ferrita-austenita).
 - Línea Acm (disolución de cementita en austenita).
 - Línea Acm superior y línea peritética.
- Influencia de estas líneas en la transformación y propiedades del acero.
- Relación entre temperatura crítica y microestructura resultante.

5. Aplicaciones del Diagrama de Fase Hierro-Carbono en Ingeniería Industrial

- Selección de materiales ferrosos según su composición y propiedades.
- Procesos térmicos y térmicos-mecánicos basados en el diagrama de fases.
- Control de microestructura para optimización de propiedades mecánicas.
- Ejemplos prácticos: fabricación de aceros para herramientas, estructuras y componentes industriales.

Actividades

Actividad 1: Análisis y Descripción del Diagrama de Fase Fe-Fe₃C

Objetivo: Describir la composición y estructura del diagrama de equilibrio Fe-Fe₃C, identificando sus fases principales bajo condiciones estándar.

Descripción:

- Se proporcionará a los estudiantes una copia del diagrama Fe-Fe₃C impreso o digital.
- En grupos pequeños, identificarán y marcarán las principales fases (ferrita, austenita, cementita, perlita, ledeburita).
- Cada grupo presentará una breve explicación sobre las características y composición de cada fase.

Organización: Grupos de 3-4 estudiantes.

Producto esperado: Mapa anotado del diagrama con fases identificadas y resumen escrito de sus propiedades.

Duración estimada: 1 hora.

Actividad 2: Ejercicios Prácticos de Equilibrio Termodinámico

Objetivo: Explicar los principios termodinámicos básicos que sustentan el equilibrio y las transformaciones en el diagrama hierro-carbono.

Descripción:

- Resolver problemas numéricos relacionados con la regla de fases de Gibbs aplicados al sistema Fe-Fe₃C.
- Interpretar condiciones de equilibrio y calcular grados de libertad en diferentes puntos del diagrama.
- Discutir en plenaria las soluciones y conceptos termodinámicos implicados.

Organización: Individual o parejas.

Producto esperado: Resolución escrita de ejercicios y explicación conceptual.

Duración estimada: 1.5 horas.

Actividad 3: Identificación y Análisis de Líneas Críticas en el Diagrama

Objetivo: Identificar y analizar las líneas críticas de temperatura presentes en el diagrama Fe-Fe₃C, evaluando su influencia en las propiedades del acero.

Descripción:

- En parejas, se asignarán diferentes líneas críticas (A₁, A₃, Acm) para investigar su significado y efecto en la transformación de fases.
- Preparar una presentación breve que explique la línea asignada y ejemplos de su impacto en la fabricación de aceros.
- Compartir las presentaciones con la clase para consolidar el conocimiento.

Organización: Parejas.

Producto esperado: Presentación oral o digital explicativa.

Duración estimada: 1 hora.

Actividad 4: Caso Práctico de Aplicación Industrial del Diagrama Hierro-Carbono

Objetivo: Interpretar la importancia del diagrama de fase hierro-carbono en la ingeniería industrial, relacionando sus aplicaciones con la selección y procesamiento de materiales ferrosos.

Descripción:

- Se proporcionará un caso real o simulado de selección de acero para un componente industrial específico.
- En grupos, analizarán el diagrama para determinar la composición adecuada, procesos térmicos recomendados y microestructura esperada.
- Redactar un informe técnico que justifique las decisiones tomadas basándose en el diagrama de fase.

Organización: Grupos de 4-5 estudiantes.

Producto esperado: Informe técnico grupal.

Duración estimada: 2 horas.

Evaluación

Evaluación Diagnóstica

Qué se evalúa: Conocimientos previos sobre diagramas de fase y conceptos básicos de materiales ferrosos.

Cómo se evalúa: Cuestionario corto con preguntas abiertas y de opción múltiple.

Instrumento sugerido: Prueba escrita al inicio de la unidad.

Evaluación Formativa

Qué se evalúa: Comprensión progresiva de la estructura del diagrama, principios termodinámicos y líneas críticas.

Cómo se evalúa: Revisión y retroalimentación de actividades prácticas (mapas de fases, ejercicios termodinámicos, presentaciones).

Instrumento sugerido: Rúbricas para evaluar trabajos en grupo, participación y entregables parciales.

Evaluación Sumativa

Qué se evalúa: Capacidad para describir, explicar y aplicar el diagrama de fase hierro-carbono en contextos industriales, además de identificar líneas críticas y su impacto.

Cómo se evalúa: Examen escrito con preguntas teóricas y de análisis de casos, y entrega de informe técnico final.

Instrumento sugerido: Examen de opción múltiple, preguntas de desarrollo y evaluación del informe técnico con rúbrica.

Unidad 2: Fases y Reacciones en el Diagrama Hierro-Carbono

Objetivos de Aprendizaje

- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de identificar y describir las características principales de las fases ferrita, cementita, austenita y perlita presentes en el diagrama hierro-carbono, utilizando esquemas y ejemplos específicos.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de explicar las reacciones eutectoide, eutéctica y peritética en el sistema hierro-carbono, señalando las condiciones de temperatura y composición en las que ocurren, mediante la interpretación de diagramas.

- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de analizar las transformaciones microestructurales que resultan de las reacciones de fases en diferentes aleaciones hierro-carbono, relacionando estas transformaciones con propiedades mecánicas básicas.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de comparar y diferenciar las fases y reacciones en aceros hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides, aplicando criterios de composición y temperatura para clasificar muestras teóricas.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de aplicar el conocimiento de fases y reacciones para interpretar casos prácticos de procesos térmicos industriales que involucran transformaciones en el diagrama hierro-carbono.

Contenidos Temáticos

1. Introducción a las fases en el sistema hierro-carbono

- Descripción general del diagrama de fases hierro-carbono.
- Importancia de las fases en la ingeniería industrial.

2. Características de las fases principales

- **Ferrita (α -Fe):**
 - Estructura cristalina y composición.
 - Propiedades mecánicas y térmicas.
 - Ejemplos y aplicaciones prácticas.
- **Cementita (Fe_3C):**
 - Estructura y composición química.
 - Características físicas y mecánicas.
 - Rol en la microestructura del acero.
- **Austenita (γ -Fe):**
 - Estructura cristalina y rango de estabilidad.
 - Propiedades térmicas y mecánicas.
 - Importancia en tratamientos térmicos.
- **Perlita:**
 - Composición y estructura laminar.
 - Formación a partir de ferrita y cementita.
 - Propiedades mecánicas características.

3. Reacciones de fase en el sistema hierro-carbono

- **Reacción eutectoide:**

- Definición y explicación.
- Condiciones de temperatura y composición (0.76% C a 727°C).
- Ejemplo práctico: formación de perlita.

- **Reacción eutéctica:**

- Concepto y condiciones de ocurrencia (4.3% C a 1147°C).
- Microestructura resultante: ledeburita.
- Aplicaciones industriales.

- **Reacción peritética:**

- Descripción y características.
- Condiciones de temperatura y composición (0.17% C a 1495°C).
- Ejemplos en aleaciones hierro-carbono.

4. Transformaciones microestructurales y sus propiedades mecánicas

- Análisis de microestructuras resultantes de las reacciones de fase.
- Relación entre microestructura y propiedades mecánicas básicas (dureza, resistencia, ductilidad).
- Ejemplos con aceros hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides.

5. Clasificación y comparación de aceros según su composición y reacciones de fase

- Aceros hipoeutectoides: características y microestructura.
- Aceros eutectoides: composición y propiedades.
- Aceros hipereutectoides: análisis y aplicaciones.
- Procedimientos para clasificar muestras teóricas mediante diagramas y tablas.

6. Aplicaciones prácticas de las fases y reacciones en procesos térmicos industriales

- Interpretación de tratamientos térmicos comunes (normalizado, temple, recocido) basados en el diagrama hierro-carbono.
- Impacto de las transformaciones de fase en propiedades finales del material.
- Estudio de casos industriales específicos con análisis de microestructuras y comportamiento mecánico.

Actividades

Actividad 1: Identificación y descripción de fases en micrografías

Objetivo: Identificar y describir las fases ferrita, cementita, austenita y perlita utilizando esquemas y ejemplos específicos.

Descripción:

- El docente proporcionará micrografías y esquemas del diagrama hierro-carbono.

- Los estudiantes, en parejas, analizarán las imágenes para identificar las fases presentes.
- Describirán las características principales de cada fase basada en la microestructura observada.
- Presentarán un esquema resumen que incluya composición, estructura y propiedades de cada fase.

Organización: Parejas

Producto esperado: Informe breve con imágenes, descripción detallada y esquema resumen.

Duración estimada: 1.5 horas

Actividad 2: Interpretación de reacciones eutectoide, eutéctica y peritética

Objetivo: Explicar las reacciones de fase señalando condiciones de temperatura y composición mediante interpretación de diagramas.

Descripción:

- Cada grupo recibirá un conjunto de diagramas y datos de temperatura y composición.
- Deberán identificar qué tipo de reacción ocurre en cada caso y explicar el proceso de transformación.
- Elaborarán una presentación digital que muestre la interpretación y condiciones específicas para cada reacción.
- Se fomentará la discusión sobre la importancia de estas reacciones en el diseño de materiales.

Organización: Grupos de 3-4 estudiantes

Producto esperado: Presentación digital con explicación detallada y ejemplos.

Duración estimada: 2 horas

Actividad 3: Análisis de transformaciones microestructurales y propiedades mecánicas

Objetivo: Analizar las transformaciones microestructurales y relacionarlas con propiedades mecánicas básicas.

Descripción:

- Se entregarán casos prácticos de aleaciones con distintas composiciones hierro-carbono.
- Los estudiantes trabajarán individualmente para identificar fases presentes tras tratamientos térmicos y predecir propiedades mecánicas resultantes.
- Se realizará una sesión de retroalimentación en grupo para discutir los resultados y posibles aplicaciones industriales.

Organización: Individual con discusión grupal

Producto esperado: Informe de análisis con predicciones y justificaciones.

Duración estimada: 2 horas

Actividad 4: Clasificación de aceros según composición y reacciones de fase

Objetivo: Comparar y diferenciar aceros hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides aplicando criterios de composición y temperatura.

Descripción:

- Los estudiantes recibirán muestras teóricas con composiciones y condiciones térmicas.
- En grupos, clasificarán cada muestra en una de las categorías de acero, justificando mediante el diagrama hierro-carbono.
- Prepararán un reporte conjunto con tablas comparativas y gráficos que respalden su clasificación.

Organización: Grupos de 3 estudiantes

Producto esperado: Reporte con clasificación, tablas y justificación técnica.

Duración estimada: 1.5 horas

Evaluación

Evaluación diagnóstica

Qué se evalúa: Conocimientos previos sobre fases y reacciones en metales, especialmente hierro-carbono.

Cómo se evalúa: Cuestionario breve con preguntas de opción múltiple y de respuesta corta sobre conceptos básicos.

Instrumento sugerido: Prueba escrita en formato digital o papel, aplicada al inicio de la unidad.

Evaluación formativa

Qué se evalúa: Progreso en la identificación de fases, comprensión de reacciones y aplicación de conocimientos en actividades prácticas.

Cómo se evalúa: Revisión y retroalimentación continua de los productos de actividades (esquemas, presentaciones, informes).

Instrumento sugerido: Rúbricas específicas para cada actividad, observación directa y sesiones de feedback grupal.

Evaluación sumativa

Qué se evalúa: Capacidad integral para identificar fases, explicar reacciones, analizar microestructuras, clasificar aceros y aplicar conocimientos a casos prácticos.

Cómo se evalúa: Examen escrito con preguntas teóricas y problemas prácticos, además de un análisis de caso industrial.

Instrumento sugerido: Examen final con preguntas de desarrollo, interpretación de diagramas y análisis de microestructuras, acompañado de un caso práctico para resolver.

Unidad 3: Enfriamiento y Microestructuras de Aleaciones de Acero

Objetivos de Aprendizaje

- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de identificar y describir las microestructuras resultantes del enfriamiento lento en aleaciones hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides, utilizando el diagrama de equilibrio hierro-carbono.

- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de analizar el efecto del enfriamiento lento en las propiedades mecánicas de las aleaciones de acero, justificando las diferencias entre las microestructuras formadas en cada tipo de aleación.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de interpretar y comparar las transformaciones microestructurales en aleaciones de acero bajo condiciones de enfriamiento lento, aplicando conceptos del diagrama hierro-carbono para explicar su comportamiento térmico.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de evaluar cómo las líneas críticas de temperatura influyen en la formación de microestructuras durante el enfriamiento lento, para predecir las propiedades resultantes en aleaciones de acero.

Contenidos Temáticos

1. Introducción al enfriamiento lento en aleaciones de acero

- Definición y relevancia del enfriamiento lento en procesos industriales.
- Relación entre microestructura y propiedades mecánicas en aceros.
- Resumen del diagrama de equilibrio hierro-carbono y su papel en la predicción de microestructuras.

2. Tipos de aleaciones de acero según su composición de carbono

- Aleaciones hipoeutectoides: composición y características.
- Aleaciones eutectoides: definición y propiedades típicas.
- Aleaciones hipereutectoides: composición y particularidades microestructurales.

3. Microestructuras resultantes del enfriamiento lento

- Formación de ferrita y perlita en aceros hipoeutectoides.
- Microestructura de perlita en aceros eutectoides.
- Formación de perlita y cementita proeutectoide en aceros hipereutectoides.
- Descripción de morfologías y distribución de fases en cada tipo de aleación.

4. Transformaciones microestructurales bajo enfriamiento lento: análisis térmico

- Interpretación de líneas críticas del diagrama hierro-carbono: Ac1, Ac3, Ar1, Ar3.
- Efecto de la temperatura y tiempo de enfriamiento en la nucleación y crecimiento de fases.
- Comparación de la evolución microestructural en hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides.

5. Relación entre microestructura y propiedades mecánicas

- Cómo la cantidad y distribución de ferrita, perlita y cementita afectan dureza, ductilidad y resistencia.
- Comparación de propiedades mecánicas en función del tipo de aleación y microestructura formada.
- Ejemplos prácticos de aplicaciones industriales según propiedades derivadas del enfriamiento lento.

6. Evaluación crítica del impacto de las líneas críticas en el diseño de tratamientos térmicos

- Predicción de microestructuras a partir de la interpretación del diagrama de fases.
- Importancia de controlar el enfriamiento para obtener propiedades deseables.
- Casos de estudio: selección y modificación de tratamientos térmicos para aceros específicos.

Actividades

1. Análisis y dibujo de microestructuras en aleaciones hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides

Objetivo: Identificar y describir las microestructuras resultantes del enfriamiento lento en diferentes aleaciones de acero.

Descripción:

- Se entregan imágenes de microestructuras reales y esquemáticas correspondientes a cada tipo de aleación.
- Los estudiantes analizarán las imágenes y, con base en el diagrama hierro-carbono, dibujarán y etiquetarán las fases presentes.
- Deberán describir las características principales de cada microestructura y asociarlas a la composición y condiciones de enfriamiento.

Organización: Individual o parejas.

Producto esperado: Informe con dibujos, descripciones y explicación fundamentada.

Duración estimada: 1.5 horas.

2. Interpretación de líneas críticas y su influencia en las transformaciones microestructurales

Objetivo: Interpretar y comparar transformaciones microestructurales aplicando conceptos del diagrama hierro-carbono.

Descripción:

- Se presenta a los estudiantes un diagrama de fases hierro-carbono con las líneas críticas marcadas.
- En equipos, analizarán cómo varía la microestructura al cruzar cada línea durante el enfriamiento lento en diferentes aleaciones.
- El equipo elaborará un esquema que muestre las fases formadas en cada etapa térmica y justificará su aparición.

Organización: Grupos de 3-4 estudiantes.

Producto esperado: Esquema detallado y presentación oral breve.

Duración estimada: 2 horas.

3. Estudio de caso: análisis de propiedades mecánicas según microestructura en aceros enfriados lentamente

Objetivo: Analizar el efecto del enfriamiento lento en las propiedades mecánicas justificando diferencias microestructurales.

Descripción:

- Se entregan datos de dureza, resistencia y ductilidad de aceros con diferentes composiciones y microestructuras obtenidas por enfriamiento lento.
- Los estudiantes discutirán en grupos cómo las microestructuras influyen en dichas propiedades.
- Deberán proponer recomendaciones para optimizar propiedades según aplicaciones industriales.

Organización: Grupos de 3-4 estudiantes.

Producto esperado: Reporte con análisis crítico y recomendaciones.

Duración estimada: 2 horas.

4. Simulación y predicción de microestructuras usando software o herramientas digitales

Objetivo: Evaluar cómo las líneas críticas influyen en la formación de microestructuras y predecir propiedades resultantes.

Descripción:

- Se utilizan programas de simulación metalúrgica o herramientas en línea para modelar el enfriamiento lento de aceros con distintas composiciones.
- Los estudiantes simularán el proceso, observarán cambios microestructurales y compararán resultados con teorías del diagrama hierro-carbono.
- Se reflexionará sobre la relación entre parámetros térmicos y microestructura final.

Organización: Individual o parejas.

Producto esperado: Presentación de resultados de simulación y conclusión escrita.

Duración estimada: 2 horas.

Evaluación

Evaluación diagnóstica

Qué se evalúa: Conocimientos previos sobre el diagrama hierro-carbono y conceptos básicos de microestructuras en aceros.

Cómo se evalúa: Cuestionario corto de opción múltiple y preguntas abiertas al inicio de la unidad.

Instrumento sugerido: Prueba escrita o en línea con preguntas sobre fases, tipos de aceros y líneas críticas del diagrama.

Evaluación formativa

Qué se evalúa: Progreso en la comprensión y aplicación de conceptos sobre microestructuras y enfriamiento lento.

Cómo se evalúa: Revisión de actividades prácticas, retroalimentación durante discusiones grupales y observación de presentaciones.

Instrumento sugerido: Rúbricas para análisis de informes, esquemas y presentaciones orales.

Evaluación sumativa

Qué se evalúa: Capacidad para identificar, describir, analizar y comparar microestructuras y sus propiedades, además de interpretar líneas críticas para predecir comportamientos.

Cómo se evalúa: Examen escrito con preguntas teóricas y problemas prácticos; entrega de un trabajo final integrador que incluya análisis crítico y propuestas basadas en el diagrama hierro-carbono.

Instrumento sugerido: Examen formal y rúbrica de evaluación para trabajo final.

Unidad 4: Líneas de Temperatura Crítica y Aplicaciones Industriales

Objetivos de Aprendizaje

- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de identificar y describir las principales líneas de temperatura crítica en el diagrama hierro-carbono, relacionándolas con las fases y transformaciones microestructurales.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de analizar el efecto de las líneas de temperatura crítica en los tratamientos térmicos del acero, explicando cómo influyen en las propiedades mecánicas del material.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de interpretar casos industriales específicos donde se aplican tratamientos térmicos basados en las líneas de temperatura crítica para optimizar procesos y propiedades del acero.
- Al finalizar la unidad, el estudiante será capaz de comparar y evaluar diferentes procesos térmicos industriales aplicados a aceros hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides, usando el conocimiento de las líneas críticas de temperatura.

Contenidos Temáticos

1. Introducción a las Líneas de Temperatura Crítica en el Diagrama Hierro-Carbono

- Descripción general del diagrama hierro-carbono y su importancia en la ingeniería industrial.
- Definición y significado de las líneas de temperatura crítica.
- Relación entre líneas críticas y transformaciones de fase en aceros.

2. Identificación y Caracterización de las Principales Líneas de Temperatura Crítica

- Línea Ac1: Inicio de la transformación de austenita durante calentamiento.
- Línea Ac3: Transformación completa de ferrita a austenita en aceros hipoeutectoides.
- Línea Acm: Transformación de cementita a austenita en aceros hipereutectoides.
- Línea Ac4 o Acm': Variaciones en líneas críticas para diferentes contenidos de carbono.

- Línea Ar1, Ar3, Arm: Correspondientes en enfriamiento y sus diferencias con líneas Ac.
- Correlación de líneas críticas con fases microestructurales: ferrita, austenita, cementita, perlita y cementita secundaria.

3. Efecto de las Líneas de Temperatura Crítica en Tratamientos Térmicos del Acero

- Fundamentos de tratamientos térmicos: recocido, normalizado, temple y revenido.
- Influencia de las temperaturas críticas en la selección de parámetros térmicos.
- Transformaciones microestructurales durante calentamiento y enfriamiento y su relación con las líneas críticas.
- Efecto en propiedades mecánicas: dureza, ductilidad, tenacidad y resistencia mecánica.

4. Aplicaciones Industriales de las Líneas de Temperatura Crítica

- Casos industriales de tratamientos térmicos basados en el diagrama hierro-carbono.
- Optimización de procesos para aceros hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides.
- Ejemplo práctico: tratamiento térmico en la fabricación de herramientas y piezas estructurales.
- Interpretación de resultados microestructurales y mecánicos en productos industriales.

5. Comparación y Evaluación de Procesos Térmicos Industriales

- Análisis comparativo de recocido, normalizado, temple y revenido en diferentes tipos de acero.
- Evaluación de la eficiencia y adecuación de tratamientos según la composición y la línea crítica aplicada.
- Discusión crítica sobre ventajas y limitaciones en procesos térmicos industriales.
- Recomendaciones para la selección de procesos térmicos basados en las líneas de temperatura crítica.

Actividades

Actividad 1: Identificación y Mapeo de Líneas Críticas en el Diagrama Hierro-Carbono

Objetivo: Identificar y describir las principales líneas de temperatura crítica en el diagrama hierro-carbono.

Descripción:

- Proveer a los estudiantes una copia del diagrama hierro-carbono impreso o digital.
- Solicitar que marquen y etiqueten las líneas Ac1, Ac3, Acm, Ar1, Ar3 y Arm.
- Asignar la relación de cada línea con las fases y transformaciones microestructurales correspondientes.
- Discusión grupal para comparar resultados y aclarar dudas.

Organización: Individual

Producto esperado: Diagrama marcado y esquema explicativo de las líneas y fases.

Duración estimada: 1 hora

Actividad 2: Análisis de Casos de Tratamientos Térmicos en Acero Basados en Líneas Críticas

Objetivo: Analizar el efecto de las líneas de temperatura crítica en tratamientos térmicos y propiedades mecánicas.

Descripción:

- Presentar a los estudiantes casos industriales con diferentes tipos de acero y sus tratamientos térmicos.
- Solicitar que identifiquen las temperaturas críticas involucradas y expliquen cómo influyen en la microestructura y propiedades.
- Elaborar un informe breve donde se explique el proceso térmico aplicado y su justificación técnica basada en las líneas críticas.

Organización: Parejas

Producto esperado: Informe analítico con explicación técnica y relación con líneas críticas.

Duración estimada: 2 horas

Actividad 3: Simulación y Comparación de Procesos Térmicos en Diferentes Acero

Objetivo: Comparar y evaluar diferentes procesos térmicos en aceros hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides.

Descripción:

- Utilizar software de simulación o recursos digitales que permitan visualizar transformaciones térmicas en aceros con diferentes composiciones.
- Simular tratamientos térmicos (recocido, temple, revenido) ajustando temperaturas según líneas críticas.
- Registrar los cambios microestructurales y las propiedades mecánicas resultantes.
- Comparar resultados entre los diferentes tipos de acero y tratamientos.
- Preparar una presentación con conclusiones y recomendaciones para la industria.

Organización: Grupos de 3-4 estudiantes

Producto esperado: Presentación digital con análisis comparativo de procesos térmicos.

Duración estimada: 3 horas

Actividad 4: Debate Crítico sobre la Aplicación Industrial de las Líneas de Temperatura Crítica

Objetivo: Interpretar casos industriales y evaluar la aplicación práctica de las líneas críticas para optimizar procesos.

Descripción:

- Dividir la clase en dos grupos: uno defenderá la importancia de utilizar líneas críticas en la industria, otro expondrá posibles limitaciones o desafíos.
- Preparar argumentos basados en la teoría y casos prácticos estudiados.
- Realizar un debate estructurado con moderación docente.
- Concluir con una reflexión grupal sobre las mejores prácticas industriales.

Organización: Grupos grandes (dos equipos)

Producto esperado: Participación activa en debate y resumen escrito de conclusiones.

Duración estimada: 1.5 horas

Evaluación

Evaluación Diagnóstica

Qué se evalúa: Conocimientos previos sobre el diagrama hierro-carbono y conceptos básicos de fases y transformaciones.

Cómo se evalúa: Cuestionario corto con preguntas de opción múltiple y verdadero/falso.

Instrumento sugerido: Prueba escrita o cuestionario en plataforma digital al inicio de la unidad.

Evaluación Formativa

Qué se evalúa: Comprensión de las líneas de temperatura crítica, aplicación de conceptos en análisis de casos y simulaciones.

Cómo se evalúa: Revisión de actividades prácticas (diagramas marcados, informes, presentaciones), participación en debates y discusiones.

Instrumento sugerido: Rúbricas de evaluación para informes y presentaciones, observación directa y registro de participación.

Evaluación Sumativa

Qué se evalúa: Dominio integral de las líneas de temperatura crítica, aplicación en tratamientos térmicos y evaluación crítica de procesos industriales.

Cómo se evalúa: Examen escrito teórico-práctico que incluya preguntas de desarrollo, análisis de casos y resolución de problemas.

Instrumento sugerido: Examen formal con preguntas estructuradas y casos prácticos, evaluación con rúbrica detallada.