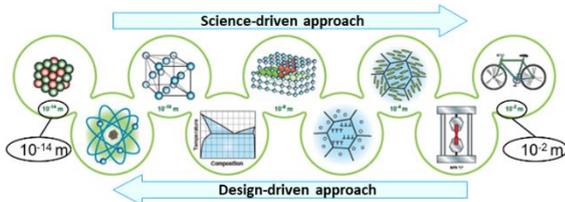


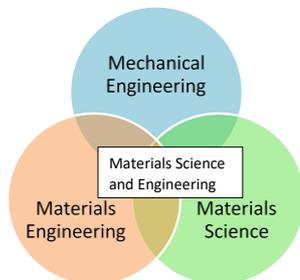
Claes Fredriksson & Harriet Parnell, Granta Design, 2019

1. Más que selección de materiales

CES EduPack siempre ha sido una herramienta excelente para enseñar materiales con un enfoque orientado al diseño a ingenieros/as y diseñadores/as. Además, contiene los diagramas de fase binarios y las Notas Científicas, con información de apoyo de ciencia de materiales en un formato tipo libro de texto. Estos aspectos se han reforzado y destacado en la nueva edición Ciencia e Ingeniería de Materiales (MS&E), para impulsar la enseñanza y el aprendizaje introductorios.



Es sabido que los docentes de materiales de todo el mundo tienen una formación muy amplia y variada, y que los cursos de materiales en, por ejemplo, programas de ingeniería mecánica, pueden enseñarse de formas muy diferentes. Por ello, tiene sentido tratar este diverso tema en su conjunto como Ciencia e Ingeniería de Materiales, sin dejar de lado ni los aspectos teóricos ni los de diseño.



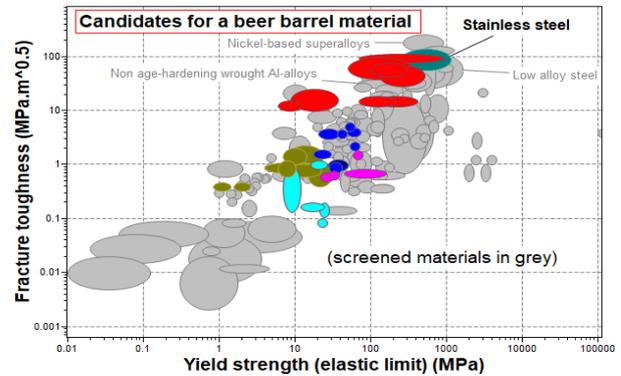
En este caso práctico industrial básico, vemos cómo unir ciencia e ingeniería, explorando la nueva herramienta de diagramas de fase y las tablas de datos de MS&E para ayudar a la comprensión de los aceros inoxidables y las aleaciones Ni-Cr, cruciales en muchos productos diarios.

2. Explora los aceros inoxidables

Con CES EduPack y la base de datos MS&E puede aprenderse mucho sobre aceros inoxidables. El acero es, sin duda, el material ingenieril más común, pero muchas aleaciones férricas se oxidan. Esto es un problema si buscamos un material robusto aún en contacto con líquidos, como para un barril de cerveza.



Un barril de cerveza requiere alto límite elástico y tenacidad, excelente durabilidad en agua y alcohol, y bajo precio: < 10 USD/kg. El gráfico de burbujas muestra que el acero inoxidable es uno de los mejores candidatos.

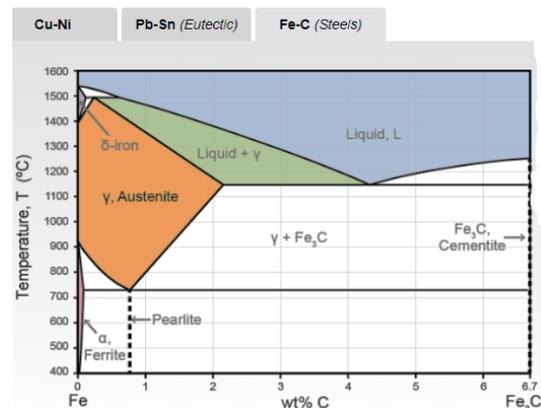


Los aceros al carbono generalmente se hacen resistentes a la corrosión aleándolos con un 11-12% (o más) de Cr. Otros elementos que mejoran sus propiedades y su resistencia a la corrosión son el Ni y el Mo. La resistencia a la corrosión de las aleaciones Fe-Cr se conoce desde hace unos 200 años, anunciada, por ejemplo, por el metalúrgico francés Pierre Berthier, que sugirió su uso en cubertería. La primera patente de lo que llamamos acero inoxidable, una "aleación resistente al agua", data de 1872 en Gran Bretaña, por Woods y Clark.

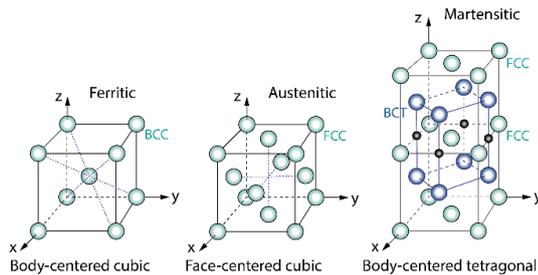
El acero inoxidable es interesante para la ingeniería de materiales, ya que los elementos de aleación, diagramas de fase y microestructuras son clave para entender sus propiedades. De hecho, tres de los principales tipos de aceros inoxidables tienen nombres basados en su fase/microestructura: ferrítica, austenítica y martensítica.

3. Qué puede hacer CES EduPack

Comenzando por el diagrama de fase del acero, con la herramienta Diagramas de Fase podemos localizar dos de las fases mencionadas anteriormente. La ferrita, o Fe_α, con una estructura BCC, y la austenita, o Fe_γ, FCC.



Hay imágenes de las estructuras cristalinas Fe- α y Fe- γ en sus respectivas hojas de datos en la base de datos de los Elementos, incluida en la edición MS&E. Abajo, hemos añadido la de la martensita para su comparación.

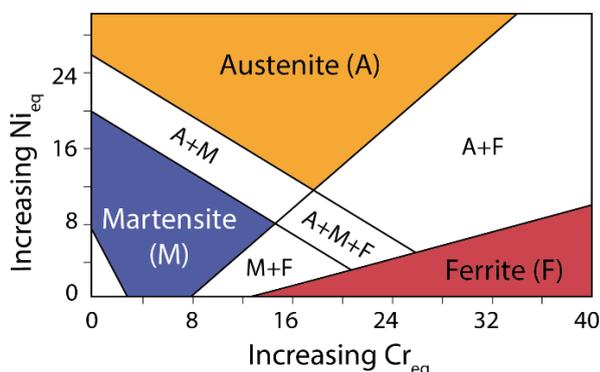


El acero inoxidable **ferrítico** se basa en **la adición de Cr** y contiene pequeñas cantidades de C, normalmente menos del 0,10%. Es el más barato y se usa en, p. ej., cubiertos. Se puede añadir Mo para condiciones más agresivas, como el contacto con agua marina. El acero inoxidable ferrítico es dúctil pero no tan maleable como el austenítico.

El acero inoxidable **austenítico** es el más común, usado desde en fregaderos hasta en aeroespacial. La estructura FCC a T^a ambiente se consigue con la **adición de Ni o, p. ej, Mn**. La resistencia a la corrosión puede mejorarse aún más añadiendo Cr. Este acero no se endurece por tratamiento térmico, sino por deformación, lo que le da alta resistencia y mantiene cierta ductilidad y tenacidad.

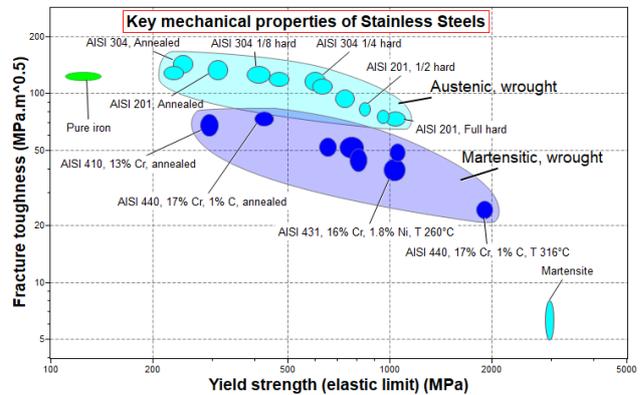
El acero inoxidable **martensítico** tiene mayor contenido en C, de hasta un 1%, y se puede endurecer por tratamiento térmico. Se usa, p. ej, en tornillos y tuercas.

A T^a ambiente el Cr puro tiene estructura BCC y su excelente durabilidad frente al agua y soluciones acuosas se basa en una capa protectora de Cr₂O₃ que previene la corrosión, mientras que el **Ni puro tiene estructura FCC** y estabiliza la fase austenítica del acero inoxidable sólido a todas las temperaturas. Por esto, Ni, Mn y C son conocidos como **estabilizadores austeníticos**. Cr, Mo y Si son, por lo contrario, **estabilizadores ferríticos**, véase el diagrama Schaeffler a continuación.



Las propiedades mecánicas mencionadas anteriormente pueden verse en las tablas de *Property-Process Profile*.

Esta gráfica, hecha con un subconjunto de la tabla de datos PPP (Fe puro, martensita, aceros inoxidables austeníticos y martensíticos), muestra cómo las microestructuras afectan a las propiedades más relevantes de los materiales.



El acero inoxidable endurecido por precipitación (PH) es otra categoría importante que no ha sido mencionada en la discusión previa. Estos aceros contienen Cr y Ni, que proporcionan, tras un tratamiento térmico/envejecido, una combinación óptima de propiedades propias de los grados martensítico y austenítico. El endurecimiento por precipitación se consigue añadiendo, p. ej., Al, Ti, Cu, o Nb, tanto en solitario como combinándolos.

Pueden encontrarse más detalles sobre la modificación de las propiedades de materiales en la sección *Structure*, en el icono de notas científicas de la página de inicio.

Science Notes



- ▶ Solid solution strengthening
- ▶ Strain hardening
- ▶ Dispersion and precipitation strengthening
- ▶ Grain size strengthening
- ▶ Toughening

4. Conclusiones

En este caso industrial simplificado, hemos explorado cómo facilitar la comprensión sobre aceros inoxidables con la nueva herramienta de diagramas de fase y las tablas de datos MS&E.

Los elementos de aleación y las microestructuras juegan un papel importante en la definición de los aceros inoxidables, lo que se refleja en los tres tipos de aceros inoxidables investigados; ferríticos (BCC), austeníticos (FCC) y martensíticos (BCT).

Las tablas de *Property-Process Profile*, con datos del efecto de los tratamientos térmicos y de aleación en metales, ayudan a entender las propiedades mecánicas.

Se ha incluido en las notas científicas una nueva sección (*Structure*) sobre mecanismos que, entre otros, explica el endurecimiento por precipitación en aceros inoxidables.