

# ACABSA<sup>®</sup>

## ACERO ANTIDESGASTE DEL BAJÍO



El acero al manganeso, comúnmente denominado acero Hadfield, fue desarrollado por el metalúrgico británico Sir Robert Hadfield en 1882. Este material revolucionó la industria metalúrgica al combinar alta tenacidad, excelente ductilidad y notable resistencia al desgaste. La aleación original contenía aproximadamente 1,2% de carbono y 12% de manganeso, aunque estos valores pueden variar ligeramente según la aplicación y la normativa vigente.

Desde su invención, el acero al manganeso se ha empleado en aplicaciones que exigen alta resistencia al impacto y a la abrasión, tales como componentes para maquinaria minera, ferroviaria y equipos sometidos a condiciones de desgaste intenso.

### COMPOSICIÓN QUÍMICA

La norma ASTM A128, junto con normas equivalentes a nivel internacional, especifica distintos grados de acero al manganeso austenítico. En estos aceros, la composición se controla principalmente en lo que respecta a los contenidos de carbono y manganeso, mientras que los otros elementos de aleación se mantienen en niveles muy bajos para no interferir con las propiedades mecánicas ni con el característico endurecimiento por deformación.

Grado	Carbono	Manganeso	Cromo	Molibdeno	Níquel	Silicio	Fósforo
A	1.05 - 1.35	11.0 min	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-1	0.9 - 1.05	11.5 - 14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-2	1.05 - 1.2	11.5 - 14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-3	1.12 - 1.28	11.5 - 14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-4	1.2 - 1.35	11.5 - 14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
C	1.05 - 1.35	11.5 - 14.0	1.5 - 2.5	...	...	1.00 max	0.07 max
D	0.7 - 1.3	11.5 - 14.0	...	...	3.0 - 4.0	1.00 max	0.07 max
E-1	0.7 - 1.3	11.5 - 14.0	...	0.9 - 1.2	...	1.00 max	0.07 max
E-2	1.05 - 1.45	11.5 - 14.0	...	1.8 - 2.1	...	1.00 max	0.07 max
F (J91340)	1.05 - 1.35	6.0 - 8.0	...	0.9 - 1.2	...	1.00 max	0.07 max



# ACABSA<sup>®</sup>

## ACERO ANTIDESGASTE DEL BAJÍO

### MECANISMO DE ENDURECIMIENTO

Una de las propiedades más destacadas del acero Hadfield es su capacidad para endurecerse por deformación (work hardening). Bajo la acción de impactos o cargas elevadas, la deformación plástica incrementa la densidad de dislocaciones en la estructura austenítica, dificultando el movimiento de nuevas dislocaciones.

Este proceso, que puede aumentar la dureza de la superficie hasta aproximadamente tres veces su valor inicial (valor que depende de la magnitud y el tipo de deformación), contribuye a su alta resistencia al impacto. Además, el alto contenido de manganeso estabiliza la fase austenítica y reduce la energía de falla, favoreciendo la formación de maclas de deformación (twinning) en lugar de una transformación completa a martensita, lo que permite mantener una excelente ductilidad.

### PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas del acero al manganeso varían según la composición exacta y el tratamiento térmico o mecánico aplicado. Para un grado representativo conforme a ASTM A128 se pueden considerar los siguientes valores aproximados (teniendo en cuenta que los valores son dependientes de las condiciones de procesamiento):

- Resistencia a la tracción: 880 - 1130 MPa
- Alargamiento:  $\geq 40\%$
- Energía de impacto:  $\geq 90$  J
- Dureza Brinell: 240 - 340 HB

### PROPIEDADES FÍSICAS

El acero al manganeso presenta propiedades físicas que lo hacen apto para aplicaciones exigentes:

- Densidad:  $\sim 7,8$  g/cm<sup>3</sup>
- Punto de fusión: Entre 1350 y 1400 °C  
(Este rango se refiere al solidus; el liquidus puede ser algo superior dependiendo de la composición exacta)
- Coeficiente de expansión térmica: Aproximadamente 11-16  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$   
(Valores cercanos a 20  $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$  son menos representativos para este material)
- Conductividad térmica: Aproximadamente 20-25 W/m·K



# ACABSA<sup>®</sup>

## ACERO ANTIDESGASTE DEL BAJÍO

### PROPIEDADES ESPECIALES

Además de las propiedades mencionadas, el acero Hadfield cuenta con características especiales que lo hacen especialmente valioso en determinadas aplicaciones:

- **Bajo Coeficiente de Fricción:**  
La microestructura y el comportamiento de endurecimiento por deformación contribuyen a que este acero presente un bajo coeficiente de fricción. Esto favorece la reducción del desgaste en aplicaciones donde las superficies en contacto deben deslizarse, prolongando la vida útil de los componentes.
- **No Magnético:**  
Gracias a su estructura austenítica estabilizada por el alto contenido de manganeso, el acero Hadfield es inherentemente no magnético en estado recocido. No obstante, es importante señalar que bajo deformaciones intensas (por el endurecimiento por trabajo) puede adquirir una leve magnetización. Esta propiedad es especialmente valiosa en aplicaciones que requieren minimizar la interferencia magnética, como en equipos electrónicos o componentes de precisión.

### APLICACIONES TÍPICAS

Gracias a su alta resistencia al desgaste y a su capacidad para endurecerse durante el trabajo, el acero al manganeso se utiliza en diversas industrias:

- **Minería y construcción:** Se emplea en trituradoras, molinos y cucharones de excavadoras debido a su resistencia extrema al desgaste.
- **Industria cementera y generación de energía:** Se utiliza en molinos pulverizadores y tolvas, soportando el desgaste de materiales abrasivos.
- **Equipos de granallado:** Protege las paredes internas de las máquinas de granallado (shotblasting), prolongando su vida útil.
- **Infraestructura ferroviaria:** Forma parte de corazones de desvío y piezas de cambio de vías, donde resiste cargas dinámicas y choques constantes.
- **Maquinaria de reciclaje:** Se usa en cuchillas y mandíbulas trituradoras, soportando desgaste extremo sin perder resistencia.
- **Defensa y protección balística:** Su endurecimiento por trabajo lo hace ideal para blindajes y componentes de vehículos militares.

# ACABSA<sup>®</sup>

## ACERO ANTIDESGASTE DEL BAJÍO



### NORMAS Y ESPECIFICACIONES

La norma ASTM A128 establece las especificaciones para los aceros al manganeso austeníticos, detallando la composición química, los tratamientos térmicos y las propiedades mecánicas para distintos grados. A nivel internacional, existen normas equivalentes, como la norma europea EN 10293 y la norma alemana DIN 1681, que ofrecen especificaciones comparables. Importante: Se recomienda consultar la versión vigente de cada norma, ya que estas pueden actualizarse.

### SOLDABILIDAD Y MAQUINABILIDAD

El acero manganeso presenta desafíos en la soldadura y el mecanizado debido a su tendencia al endurecimiento por trabajo. Para la soldadura, es recomendable emplear técnicas que minimicen la entrada de calor, como el precalentamiento o el uso de electrodos especiales, y, en ocasiones, aplicar tratamientos térmicos posteriores para restaurar la estructura austenítica. En el mecanizado, se aconseja realizar las operaciones antes de que se produzca el endurecimiento por trabajo o utilizar herramientas de carburo cementado y técnicas de corte adecuadas para evitar deterioros.

### RESISTENCIA A LA CORROSIÓN Y COMPORTAMIENTO EN TEMPERATURAS EXTREMAS

Aunque el acero al manganeso no es intrínsecamente resistente a la corrosión y puede oxidarse en ambientes agresivos, su alta resistencia al desgaste y a los impactos lo hace muy valioso en aplicaciones donde estos factores son determinantes. En cuanto a su comportamiento térmico:

- **Temperaturas Elevadas:**  
Por encima de 200 °C, puede producirse una disminución en la resistencia al impacto.
- **Temperaturas Bajas:**  
La estructura austenítica confiere generalmente una excelente tenacidad en ambientes fríos, permitiendo su uso en condiciones de baja temperatura, salvo en situaciones muy específicas o tras tratamientos que alteren la microestructura.

# ACABSA<sup>®</sup>

## ACERO ANTIDESGASTE DEL BAJÍO



### CONCLUSIÓN

El acero al manganeso (acero Hadfield) es un material versátil y esencial en diversas industrias, gracias a su combinación única de alta tenacidad, ductilidad y resistencia al desgaste. Su capacidad para endurecerse mediante deformación, junto con sus propiedades físicas y especiales (como el bajo coeficiente de fricción y la característica de ser no magnético en estado recocido), lo convierten en la opción preferida para aplicaciones que demandan durabilidad y eficiencia operativa. El cumplimiento de normas como la ASTM A128 y la aplicación correcta de tratamientos térmicos y técnicas de fabricación son fundamentales para maximizar el rendimiento y la vida útil de este material.

### REFERENCIAS

ASTM International. (2016). ASTM A128/A128M-16 Standard Specification for High-Manganese Castings. West Conshohocken, PA: ASTM International.

Deutsches Institut für Normung. (1992). DIN 1681: Specifications for High Manganese Steel Castings. Berlin, Germany: DIN.

European Committee for Standardization. (1999). EN 10293: Steel Castings - High Manganese Steel Castings for Severe Wear Conditions. Brussels, Belgium: CEN.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). Materials Science and Engineering: An Introduction (9th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.

Totten, G. E. (2002). Steel Heat Treatment: Metallurgy and Technologies (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Hadfield, R. (1882). On the properties and applications of manganese steel. Journal of the Iron and Steel Institute, 39, 123-132



# ACABSA<sup>®</sup>

ACERO ANTIDESGASTE DEL BAJÍO

Ing. Pedro Barón Villar



+52 446 143 9000



[pbaron@acabsa.mx](mailto:pbaron@acabsa.mx)



<https://goo.gl/maps/DurEff8sPqAfwzcDA>



<https://www.youtube.com/@ACABSA>



<https://www.facebook.com/ACABSA.mx>



<https://www.linkedin.com/in/ing-pedro-baron>