



MOLDEO POR INYECCIÓN DE METALES:

LA MEJOR GUÍA PARA EL DISEÑO DE
PIEZAS METÁLICAS CON TECNOLOGÍA
MIM

Proceso de fabricación del moldeo por inyección de metales

1. Procesos industriales de la fabricación de piezas metálicas
2. ¿Qué es el moldeo por inyección de metales?
 - 2.1. ¿Cuándo se aplica?
 - 2.2. Fases del proceso MIM
3. ¿Cuál es la mejor tecnología para la fabricación de piezas metálicas: MIM o microfusión?
 - 3.1. Similitudes y diferencias entre microfusión y MIM
 - 3.2. ¿Cuándo usar cada tecnología, Microfusión o MIM?
4. Ventajas y Desventajas del MIM: comparación con otras tecnologías
 - 4.1. Binder Jetting
 - 4.2. Impresión FDM
 - 4.3. Características comparadas entre Binder Jetting, FDM y MIM

Reglas y consejos de diseño de una pieza con tecnología MIM

1. Materiales idóneos
 - 1.1. Aceros de baja aleación
 - 1.2. Aceros de Herramientas
 - 1.3. Aceros Soft Magnetic
 - 1.4. Aceros inoxidables
 - 1.5. Otros materiales
2. ¿Cómo es la pieza MIM óptima?
3. ¿Cuánto cuesta fabricar una pieza con MIM?
 - 3.1. Primer factor: Material de la pieza MIM
 - 3.2. Segundo factor: Tamaño y configuración de la pieza MIM

PROCESO DE FABRICACIÓN DEL MOLDEO POR INYECCIÓN DE METALES

El **moldeo por inyección de metales (MIM)** es una de varias tecnologías que se emplean industrialmente para la producción de piezas metálicas.

Para lograr una comprensión más profunda acerca de su importancia, consideramos necesario señalar los distintos procesos industriales de fabricación de piezas metálicas existentes, para luego ahondar en el moldeo por inyección de metales. Allí nos adentraremos en explicar los detalles técnicos, que son la base para seleccionar la tecnología más eficiente a la hora de diseñar y fabricar piezas metálicas.

1. PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FABRICACIÓN DE PIEZAS METÁLICAS

En la actualidad existe un amplio abanico de posibilidades para la producción de piezas de acero y otros materiales a nivel industrial. Este rango abarca desde el mecanizado hasta el MIM (moldeo por inyección de metales), pasando por técnicas más clásicas como la microfusión.

A grandes rasgos, las tecnologías de fabricación de piezas metálicas se podrían clasificar en las siguientes áreas tecnológicas:

PM (Powder Metallurgy) o Pulvimetalurgia

Es el proceso de compactación de polvos finos del material escogido para dar la geometría requerida. Esta compactación se realiza a través de prensas hidráulicas o neumáticas.

A continuación, se realiza un proceso de sinterizado en mufla bajo atmósfera controlada, para evitar la oxidación. Es una tecnología que tiene como principales inconvenientes una precisión mejorable, ya que no se consiguen densidades altas, por tanto, las propiedades mecánicas que se obtienen son muy limitadas.



Conformado

Dependiendo del sistema de conformado, y de si el proceso es en caliente o en frío, existen distintas variantes. Las principales son:

- **Forja**
Consiste en la deformación del metal al rojo vivo a través de impacto y presión.
- **Estampación**
En este caso la deformación se hace a través de la presión entre 2 matrices o moldes.
- **Extrusión**
Puede hacerse en caliente o frío y consiste en empujar el material a través de un troquel que tiene la forma deseada.
- **Laminado**
En este caso el objetivo es reducir el espesor por medio de la utilización de parejas de rodillos.

Mecanizado

Consiste en el conjunto de operaciones que, por corte y arranque de viruta, sirven para obtener las dimensiones y especificaciones de las piezas, a través de distintas operaciones y herramientas de abrasión y corte.

En el caso de obtención de una pieza con un 100 % de mecanizado, existe un gasto de material y herramientas evidente, además del tiempo requerido. Sin embargo, es una tecnología complementaria (y en muchos casos necesaria) para obtener los acabados requeridos de una pieza.



Fundición

Es una tecnología utilizada desde la antigüedad, que consiste en fundir el metal a altas temperaturas para verterlo luego en un molde y dejarlo enfriar.

Las principales variantes de este proceso son:

- **Fundición en arena**

Como su propio nombre indica, se vierte la colada sobre un molde hecho de arena refractaria. Se utiliza en piezas de gran tamaño, ya que el molde se destruye.

- **Microfusión o fundición a la cera perdida**

Consiste en la inyección en un molde de la pieza en cera. A partir de esa pieza en cera se crean moldes cerámicos, en los que se van a colar el acero u otro metal (por ejemplo, aluminio) elegido. Este es uno de los procesos principales de fabricación en Ecrimesa Group.

- **Fundición a presión (Die Casting)**

Válida para metales de bajo punto de fusión como el aluminio. El metal, en estado líquido, es inyectado en un molde aplicando una gran fuerza de cierre a los dos semi moldes. Se trata de un proceso propicio para la fabricación de grandes series.



Impresión 3D (Additive Manufacturing)

Es el proceso más nuevo de fabricación de piezas, que continúa con el avance de la tecnología de impresión 3D tan presente en la actualidad.

En **Ecrimesa Group** hemos implantado esta tecnología tanto en la fabricación de prototipos previos a la fabricación del molde, como para acelerar el proceso MIM mediante el estudio de prototipos de las piezas finales.

Asimismo, se producen con Additive Manufacturing series cortas de piezas con geometría compleja.



Moldeo por inyección de metales (MIM)

El Metal Injection Moulding o Moldeo por Inyección de Metales es una tecnología apropiada para fabricar piezas de geometría compleja, de tamaño pequeño o medio en un amplio rango de materiales, como aceros inoxidable, aceros de baja aleación, soft magnetic, acero de herramientas y cerámicas.

En el siguiente apartado, desarrollaremos el proceso MIM de fabricación de piezas metálicas.



2. ¿QUÉ ES EL MOLDEO POR INYECCIÓN DE METALES?

La tecnología MIM (Metal Injection Moulding, Moldeo por Inyección de Metal) es una tecnología de fabricación de piezas metálicas que combina la versatilidad de la inyección con la técnica de sinterizado para producir piezas de alta densidad con tolerancias geométricas muy estrechas.

La materia prima utilizada es una mezcla de polvo metálico y polímeros, que se denomina feedstock. Este material se introduce en un molde con la geometría deseada mediante una máquina de inyección similar a la utilizada en el proceso de moldeo por inyección de plásticos.

Así se obtiene la denominada pieza en verde, que es

sometida a un proceso químico-térmico denominado desbanderizado cuyo objetivo es extraer el ligante de la pieza obteniendo así la **pieza en marrón**.

Después, la pieza se somete al proceso de sinterización, de manera que las partículas se unen formando una pieza metálica de alta densidad y con tolerancias dimensionales estrechas.

En un proceso posterior, el polímero se elimina obteniéndose la pieza en acero.

2.1. ¿Cuándo se aplica?

En términos generales, cualquier pieza que se pueda fabricar mediante inyección de plástico se podría producir en acero mediante MIM, pero existen algunas **limitaciones o reglas** a tener en cuenta.

Aunque en **Ecrimesa Group** existen piezas en producción de hasta 350 gr ('récord' en esta tecnología, vigente a nivel mundial), el **MIM es un proceso recomendable para piezas menores de 100 gr y especialmente competitivo por debajo de los 40 gr**. La reducción de peso aumenta la precisión de las tolerancias dimensionales y reduce el consumo de materia prima, lo cual conlleva una gran influencia en el coste total.

Se recomienda el radio máximo admisible para todos los bordes, especialmente los internos, ya que las aristas vivas pueden ser focos de posibles grietas.
Los cambios de sección deben ser graduales,

facilitando el flujo de material durante la inyección y evitando las masas aisladas.

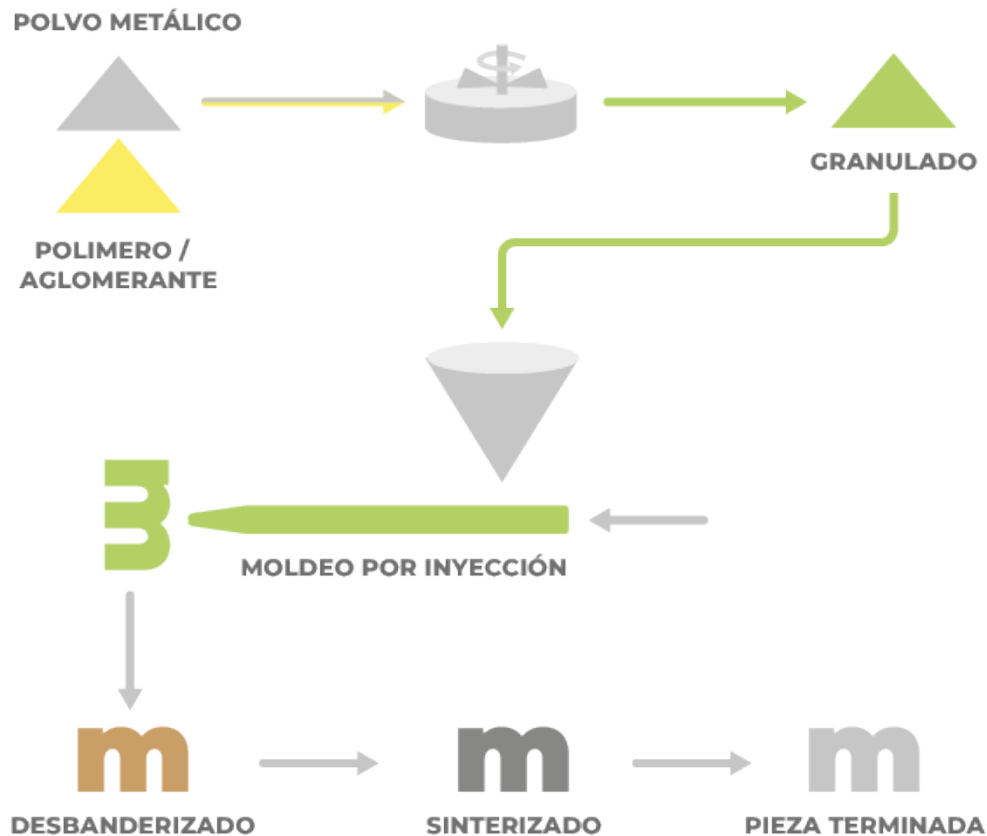
Una cara plana facilitará el paletizado de la pieza en el interior del horno MIM. Cuanto más estable sea este apoyo, las deformaciones serán menores y conseguiremos tolerancias dimensionales más precisas.

Este denominado 'proceso MIM' es apropiado para **fabricar piezas de geometría compleja**, de tamaño pequeño o medio en un **amplio rango de materiales** (aceros inoxidables, aceros de baja aleación, soft magnetic, acero de herramientas y cerámicas).

Es una técnica ideal para piezas de pequeño tamaño de geometría compleja que requieren gran exactitud y calidad superficial.

2.2. Fases del proceso MIM

EL PROCESO M.I.M.



Desarrollo del Proceso MIM

A continuación, Vamos a explicar a continuación las distintas fases del proceso MIM en detalle.

FASE 1

Fabricación de molde

Los moldes utilizados en MIM son de acero de alta resistencia, más complejos y de mayor exigencia que los moldes convencionales de inyección de plástico. Las cavidades del molde con la forma de la pieza se fabrican con un factor de mayoramiento, en función del grado de contracción del material que se va a inyectar. Es clave **aplicar las reglas de diseño** (descargables en nuestra web) de la tecnología para garantizar una inyección estable y libre de defectos.

la geometría y las dimensiones de la pieza, pudiendo ser desde una única cavidad hasta más de 10. Los más habituales son de 2 o 4 cavidades, y el tiempo de ciclo va desde los 15 hasta los 60 segundos.

La cantidad de cavidades del molde va en función de

FASE 2

Feedstock o materia prima

El feedstock está formado por polvo metálico de partícula máxima 32 micras (al menos un 80% por debajo de 22 micras) mezclado con ligantes o *binders* moldeables, granulado y extrusionado para obtener pellets. El *binder* es una mezcla de termoplásticos, ceras, polímeros y otros aditivos.

La **caracterización y el control del feedstock** es clave de cara a ajustar los parámetros de procesos posteriores (especialmente la inyección y el sinterizado), para así obtener las tolerancias y la repetitividad deseadas.

FASE 3

Inyección

El feedstock se inyecta en un molde con la forma de la pieza deseada. Los principales parámetros de inyección son la presión, el caudal y las temperaturas (del husillo de inyección y del molde). Los parámetros de inyección se han de adaptar a la geometría de la pieza. Es fundamental el **know how como fabricantes** para obtener piezas sin defectos internos. La pieza obtenida

se conoce como '**pieza en verde**' y al salir del molde ya se produce la primera contracción dimensional con respecto a la cavidad del molde (entre 0,7% y 0,9% en aceros al carbono y baja aleación, y 0,4% en aceros inoxidables austeníticos).

FASE 4

Desbanderizado

Se trata del proceso en el que se elimina el ligante o binder que nos ha servido para inyectar, y se puede realizar por varios métodos: 100% térmico, con base agua, con disolventes o por reacción catalítica.

En **Ecrimesa Group** utilizamos **feedstock catalítico**, que tiene ventajas con respecto a los otros métodos, especialmente el tiempo de proceso, que es más rápido, y la estabilidad. La reacción catalítica se produce en una atmósfera controlada de N₂ y ácido nítrico a unos 120°C de temperatura, en la que el principal componente del binder, el POM, se descompone pasando de estado sólido a gas y dejando la pieza con alto grado de porosidad. La pieza resultante se denomina '**pieza en marrón**'.

El desbanderizado se puede realizar en hornos de batch o en la primera parte de los hornos continuos. **La**

ventaja de realizarlo en los hornos continuos es que se evita la manipulación y la pieza

avanza al sinterizado directamente. Hay que tener en cuenta que es el punto del proceso en donde la pieza está más débil, siendo susceptible de deformaciones o defectos, por lo que evitar manipularla aumenta la fiabilidad del proceso. En **Ecrimesa Group** disponemos de ambos equipamientos.

Hay una pequeña parte de binders 'secundarios' que aún no reaccionan en esta fase y mantienen la forma de la pieza. Estos binders secundarios serán eliminados al inicio del sinterizado.

FASE 5

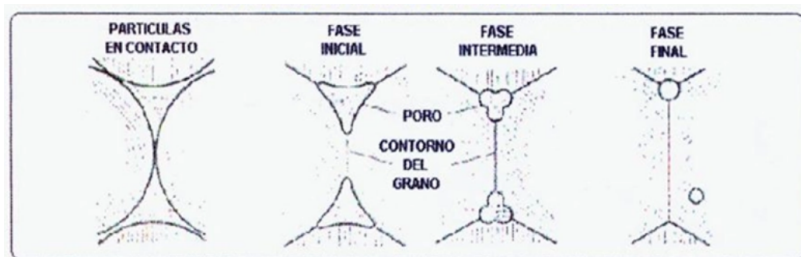
Sinterizado

Es el proceso final de unión por interdifusión de las partículas metálicas entre sí por la acción de temperatura y gases (en función de la aleación será H₂ ó N₂), y en el que se alcanza la densidad objetivo (95-98% frente al 82% del sinterizado tradicional). Se puede realizar en hornos de batch (apropiados para lotes pequeños o materiales especiales) o en hornos continuos (apropiados para grandes lotes de producción).

En **Ecrimesa Group** disponemos de ambos equipamientos, con 3 líneas continuas y 2 hornos de batch. El **posicionamiento de las piezas** durante el proceso de desbanderizado y sinterizado puede afectar los resultados dimensionales obtenidos, por lo que la

fase de definición e industrialización es otra de las claves para obtener un proceso robusto y fiable.

Durante el sinterizado se produce la segunda y **definitiva contracción con respecto a la pieza en verde**, obteniéndose las dimensionales finales deseadas por el cliente. En el caso de los aceros al carbono y baja aleación, el factor de contracción entre el molde y la pieza final es de 1,2165, y entre la pieza en verde y pieza final es de 1,205. En el caso de los aceros inoxidable, el factor de contracción entre la pieza en verde y pieza final es de 1,166, y entre la pieza en verde y pieza final es de 1,160.



Modelo de sinterizado



Uno de los 4 hornos continuos que Ecrimesa Group tiene en España.

FASE 6

Operaciones finales de terminación

Tras el proceso de sinterizado, las piezas pueden requerir otro tipo de operaciones y tratamientos para alcanzar las exigencias de los clientes. En **Ecrimesa Group** disponemos de un avanzado **departamento de tratamientos térmicos** para poder entregar las piezas completamente terminadas. También

disponemos de **servicio propio de mecanizado** para poder mecanizar cotas de tolerancia estrecha, realizar operaciones de bruñido y de pulido final para requerimientos estéticos o de rugosidad.

3. ¿CUÁL ES LA MEJOR TECNOLOGÍA PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS METÁLICAS: MIM O MICROFUSIÓN?

Frente a la microfusión, que representa uno de los procesos de moldeo de metales más antiguos que se aplican, el Metal Injection Moulding o MIM es una tecnología relativamente nueva. La tecnología de MIM se empezó a conocer en los años 80. Sin embargo, aún en los años 90, muchas empresas que trabajaban en la fabricación de piezas metálicas aún seguían usando la microfusión. Sobre todo, en los años 80, todavía existían dudas sobre la integridad metálica de las piezas fabricadas por MIM, que se aplicaban fundamentalmente en la fabricación de plásticos.

Hasta hoy en día, la microfusión se considera como la tecnología de precisión principal, y el MIM como una tecnología complementaria que se usa principalmente para la fabricación de piezas pequeñas.

3.1. Similitudes y diferencias entre microfusión y MIM

Similitudes:

Ambas tecnologías se aplican para fabricar piezas de tamaño reducido que se destacan por una estructura o un diseño más complejos, y por ello no se puede utilizar tecnologías tradicionales industriales como el forjado.

Diferencias:

Una de las principales diferencias entre la microfusión y MIM son los materiales a los que se pueden aplicar. En general, el proceso de la microfusión permite una mayor variedad de materiales, ya que el proceso de MIM solo se puede realizar con aleaciones de una temperatura de fundición más alta. Materiales como el aluminio, por ejemplo, no se trabajan de forma eficiente con MIM.

3.2. ¿Cuándo usar cada tecnología, Microfusión o MIM?

Además de los materiales que se quieran trabajar, la decisión entre la microfusión y el MIM depende de otros factores básicos:

- El **tamaño de la pieza**, la **complejidad de la estructura** y las **tolerancias** que permite, así como el **número de piezas** que se quieren fabricar. La pieza ideal para el proceso MIM tiene una longitud de menos de 100 mm y se produce en lotes de más de 5000 piezas. En general, podemos decir que **la mayoría de las piezas con un peso de final de menos de 50 gramos (dependiendo del material) se producen con MIM**, ya que esa tecnología permite estructuras más finas y tiene una mayor eficiencia en el uso de materiales y de energía.

Sin embargo, aún existen diseñadores que, incluso para piezas más pequeñas, confían más en la microfusión, ya que se sigue considerando como la tecnología más robusta.

Tradicionalmente, respecto de aspectos como el **peso de las piezas**, en **Ecrimesa Group** el 90 por ciento de las

- piezas que pesan más de 100 gramos las fabricamos con microfusión, ya que con ese tamaño el coste del polvo fino que se usa en el proceso de MIM resulta demasiado alto, así como la energía necesaria para producirlas.

Sin embargo, debido a la experiencia acumulada con MIM y la calidad de los materiales que se usan, en los últimos años se fabrican cada vez más referencias de un peso mayor de 100 gramos. También **ha mejorado la oferta de herramientas** que se necesitan para MIM

(por ejemplo, las máquinas de inyección), lo cual permite la aplicación de la tecnología en más casos. En cualquier caso, mediante microfusión se pueden fabricar piezas con un peso hasta 25 kg, mientras que con MIM, el peso máximo de la pieza final es 250 gramos.

Existen **criterios adicionales**, como el **tiempo de desarrollo**, para poder decidir entre microfusión y MIM. En general, se puede decir que el **proceso de desarrollo y producción de nuevas piezas es más corto con MIM**, ya que no hay obligación de fabricar varios moldes

- y prototipos antes de comenzar con la producción, cosa que puede ser necesaria trabajando con microfusión.

Además, el diseño de la pieza final con el que se inicia al proceso de MIM es más cercano a la pieza final, y se ahorran procesos de mecanizado. Usualmente, las piezas fabricadas con MIM tienen una calidad muy alta de la superficie y del *finish*.

En **Ecrimesa Group** disponemos de **instalaciones tanto para la microfusión como para MIM**, y contamos también con **una oficina de diseño** en donde se pueden **simular los procesos de fabricación** y se ofrece **asesoramiento técnico** sobre qué tecnología elegir para fabricar una pieza específica. También aprovechamos las **sinergias entre ambas tecnologías**. El Grupo Ecrimesa fue la primera empresa a nivel mundial en desarrollar el proceso de fabricación en horno continuo con desbanderizado catalítico en colaboración con BASF y Cremer Thermoprozessanlagen GmbH.

Al haber internalizado casi todos los procesos de mecanizado, podemos **acompañar y apoyar al cliente en todos los pasos de la fabricación**, desde la idea y el diseño hasta los últimos pasos del acabado final, incluyendo la elección entre las tecnologías que se pueden aplicar.

4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MIM: COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS

El **MIM es esencialmente una tecnología de fabricación de piezas de acero de precisión**, con formas tridimensionales complejas, finos detalles, buena estética, exigentes requisitos mecánicos y alto consumo.

Se conoce coloquialmente como 'el **enemigo del mecanizado**', porque las estrechas tolerancias geométricas ($\pm 0,5\%$), baja rugosidad (entre $Ra 0.8$ y $Ra 1.2$) y gran calidad de acabado (posibilidad de incluir en el molde roscas, moleteados, logotipos, etc.) disminuyen enormemente la necesidad de segundas operaciones para conseguir una pieza terminada y lista para la línea de montaje correspondiente. Cuando la **forma de la pieza** en cuestión permite

su fabricación mediante pulvimetalurgia tradicional (prensado en un eje + sinterizado), a menudo el MIM podría parecer poco competitivo. Sin embargo, este tipo de piezas son mucho más porosas y frágiles, por lo que es habitual que la aplicación obligue al cambio a componentes de mayor resistencia como las piezas MIM.

A modo de ejemplo, realizando una comparativa entre MIM y Microfusión, respecto de una potencial pieza para un consumo anual de 45.000 piezas/año, el estudio de costes sería:

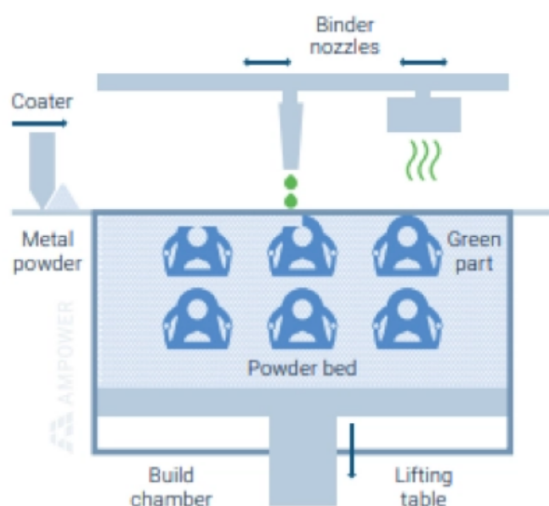
	MICROFUSION	MIMECRISA
PIEZA	1 €	0,94 €
MECANIZADO	0,54 €	NO
UTIL DE MECANIZADO	1.800 €	NO
MOLDE	6.500 €	16.000 €

Ahora bien, en cuanto a **otras tecnologías**, cabe también comparar al MIM con el **Binder Jetting** y el **FDM**.

4.1. Binder Jetting

El proceso de fabricación de la tecnología **Binder Jetting** se basa en la **deposición de una capa de polvo metálico sobre una plataforma de impresión y del aglomerado por deposición de material polimérico a través de una boquilla**. Posteriormente, son necesarios procesos de **curado del polímero** en cada capa impresa y, una vez finalizada la impresión, el llamado **proceso de-powder** para eliminar el polvo restante y obtener las piezas en verde.

Finalmente, se necesitan procesos de desbanderizado y sinterizado para obtener las piezas metálicas. El **proceso de desbanderizado en piezas impresas por Binder Jetting** resulta menos crítico de lo habitual, debido a que la cantidad de ligante depositado en la unión de capas es mínima. Esto provoca la eliminación del ligante de la pieza verde de manera sencilla, pero a la vez hace que las piezas en verde impresas sean frágiles y difíciles de manipular.

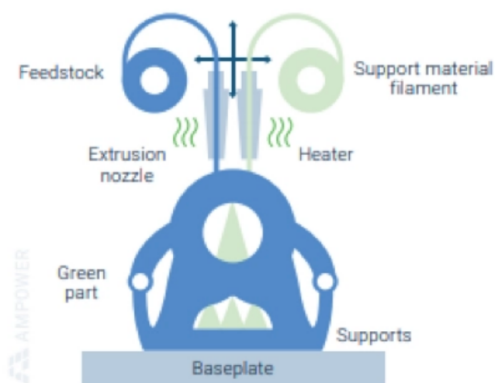


Esquema de impresión Binder Jetting (fuente: AMPOWER)

4.2. Impresión FDM

La **tecnología de impresión FDM** (Fused Deposition Modeling) también conocido como ME (Material Extrusion) o FFF (Fused Filament Fabrication), es el proceso por el cual **se fabrican piezas capa a capa mediante la deposición de material extruido (polvo metálico + polímeros) a través de una boquilla de forma similar a las utilizadas en las impresoras de filamento de plástico.**

Esta tecnología puede utilizar **filamento, pellets o barras** como materia prima y, una vez impresa la pieza verde, se necesitan procesos de desbanderizado y sinterizado, al igual que en la tecnología MIM, para obtener la pieza metálica final.



Esquema de impresión FDM (fuente: AMPOWER)

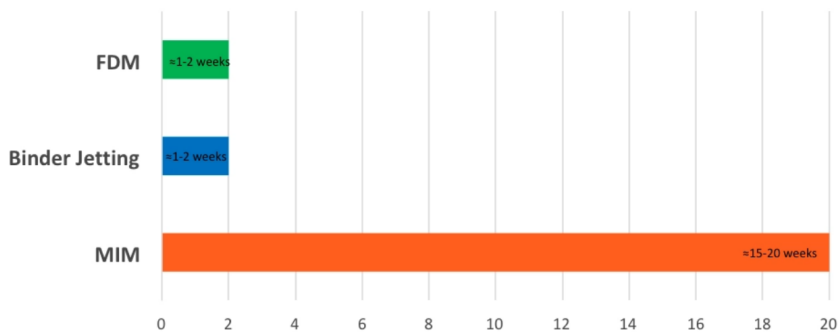
4.3. Características comparadas entre Binder Jetting, FDM y MIM

Pese a que en multitud de artículos se pueden encontrar gráficos comparativos de tecnologías donde vemos superposición entre la tecnología MIM y alguna tecnología de impresión, sobre todo Binder Jetting, la realidad es que hoy en día **Additive Manufacturing y MIM no son tecnologías competitivas sino complementarias**.

A continuación se definen algunas diferencias fundamentales entre ambas tecnologías:

Velocidad de fabricación

Aunque los desarrollos de piezas son mucho más rápidos en Additive Manufacturing comparado con MIM, principalmente debido a la fabricación del molde, la **producción de piezas posterior al molde se vuelve más rápida en la tecnología MIM** comparado con las tecnologías de impresión.



Velocidad de fabricación de tecnologías FDM VS Binder Jetting VS MIM

Porosidad y microestructura

Puede aparecer porosidad de gran tamaño asociada a defectos de impresión, sobre todo en piezas fabricadas mediante FDM. Esto nos puede llevar a densidades en pieza metálica más bajas a las obtenidas por MIM. Además, la naturaleza del polvo metálico utilizado en la fabricación puede generar microestructuras incorrectas que requieren de tratamientos térmicos posteriores para mejorarla.



Porosidad de pieza sinterizada según la tecnología de fabricación (fuente: AMPOWER)

Portafolio de materiales

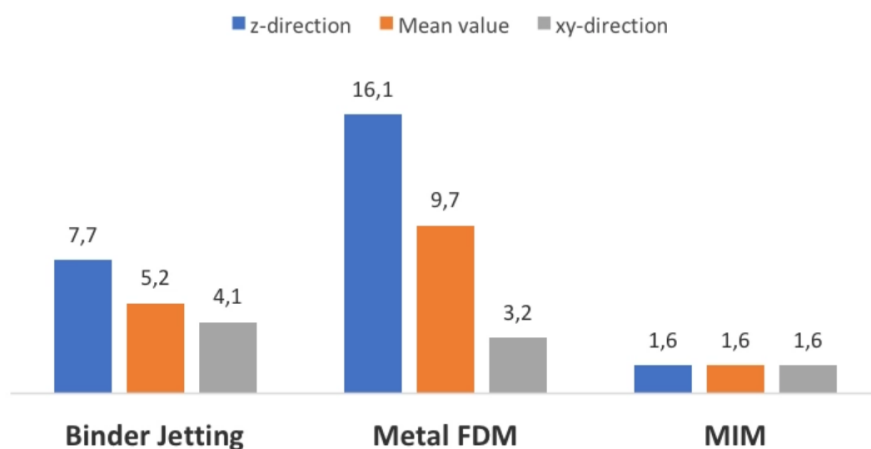
La tecnología MIM es mucho más versátil en cuanto a los materiales disponibles para fabricar piezas metálicas. Hay que tener en cuenta que las tecnologías Additive Manufacturing están en pleno desarrollo, y es probable que su catálogo de materiales aumente a medida que la tecnología va madurando. **A día de hoy, el portafolio de materiales disponible en las tecnologías de impresión se limita a aceros inoxidable, algún acero de herramienta y pocos materiales más.**

	MIM	Metal FDM	BJ
Stainless steel	●	●	●
Low alloy steel	●	○	○
Tool steel	●	○	○
Super alloy	●	○	○
Titanium	●	○	●
Copper/Bronze	●	●	●
Carbide	●	●	○

Comparativa

Acabado superficial

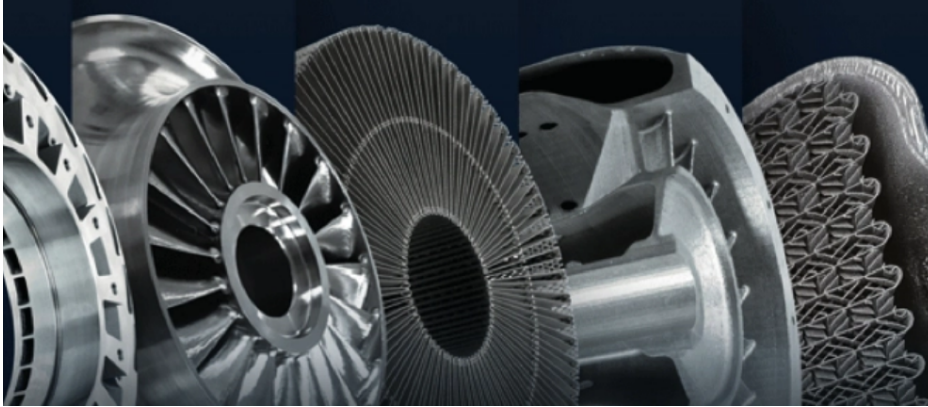
Mayor rugosidad en las técnicas Additive Manufacturing. **Son necesarias operaciones secundarias de mejora de acabado para competir con MIM.** En Ecrimesa Group garantizamos rugosidades en sinterizado entre 0,8 y 1,6 Ra.



Acabado superficial y rugosidades

Diseño

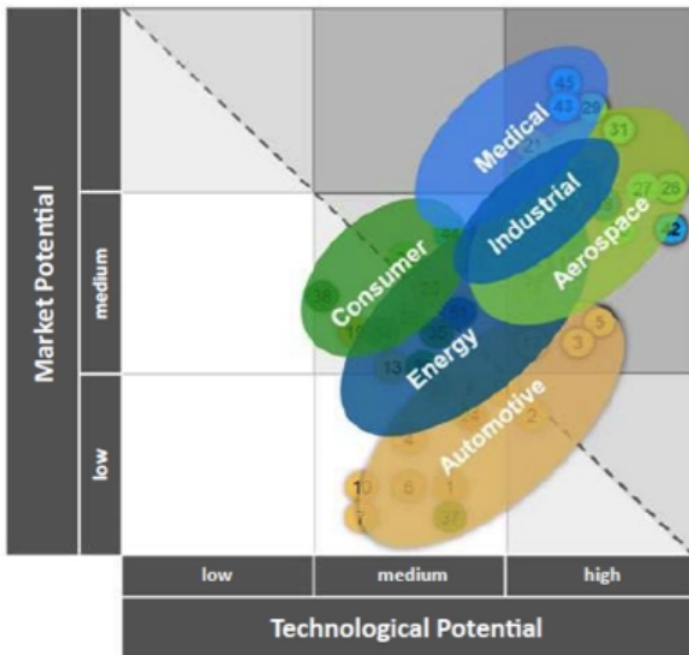
Posibilidad de **fabricación de piezas más complejas** (piezas huecas, geometrías biónicas, contrasalidas, etc) y de **mayor tamaño** en tecnologías Additive Manufacturing.



Fuente: Metal AM Magazine

Sectores de mercado

Aunque la tecnología Additive Manufacturing está en constante desarrollo y puede haber variaciones, parece que **esta tecnología de fabricación se está posicionando** sobre todo en los **sectores médico, industrial y aeronáutico**.



Fuente: Metal AM Magazine

Propiedades mecánicas

Se muestran los resultados de un estudio comparativo de propiedades mecánicas (ensayo de tracción) de probetas 17-4PH sinterizadas. Se fabrican probetas de tracción según la **norma ISO 2740** 'Sintered Metal Materials' (excluyendo hard metal) según las diferentes tecnologías e impresoras descritas en la siguiente tabla:

Technology / Printer	Density (g/cc)	Hardness (HV10)	Ultimate tensile strength Rm (MPa)	Yield strength Rp _{0,2} (MPa)	Elongation A (%)
MIM	7,63	296	951	839	5,1
FDM Conventional 3D printer	7,53	271	811	749	6,4
FDM Desktop Metal	7,57	274	852	806	3,2
Binder Jetting	7,57	260	870	777	6,7
ISO 22068	7,50	280	800	650	3
MIM-174PH Sinter					

Gráfico comparativo de propiedades mecánicas

Todas las propiedades mecánicas obtenidas están dentro de la norma ISO 22068 'Sintered Metal Injection Moulded Materials Specifications' para acero 17-4PH sinterizado, siendo **la tecnología MIM la que mejores propiedades mecánicas presenta.**

REGLAS Y CONSEJOS DE DISEÑO DE UNA PIEZA

Cabe poner mucha atención en el proceso de fabricación de una pieza, dependiendo del material que utilizaremos. El material metálico por excelencia con el que trabajamos en el grupo, es el acero. A continuación mostraremos importantes distinciones que deben hacerse en este proceso.

1. MATERIALES IDÓNEOS

La experiencia que **Ecrimesa Group** ha adquirido a lo largo de los años de la fabricación de piezas metálicas mediante la tecnología MIM ha sido reconocida a nivel institucional. Tanto es así que **Ecrimesa Group** ha participado activamente en el impulso y la aportación de ensayos con diferentes materiales en la **norma ISO sobre tecnología MIM, ISO 22068**

'Sintered Metal Injection Moulded materials – Specifications'.

A continuación enunciamos los tipos de aceros fabricados por **Ecrimesa Group**, la aplicación para la que están pensados y las principales propiedades de cada tipo:

1.1. Aceros de baja aleación

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN CLÁSICA	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B 883-10 MPIF 35-2007	COMPOSICIÓN QUÍMICA						
				%C	%Ni	%Cr	%Mo	%Si	%Mn	OTROS
ACEROS BAJA ALEACIÓN Hierro-Niquel	FN08(00) FN08	MIM-Fe8Ni-210 MIM-Fe8NiC-300 MIM-Fe8NiC-500 MIM-Fe8NiC-700H MIM-Fe8NiC-1100H	MIM-2700	<0,1 0,4-0,8 0,45/0,65	6,5-8,5 6,5-8,5		<0,5 <0,5			<1,0 <1,0
	4605	MIM-4605-170 MIM-4605-1310H	MIM-4605 MIM-4605-HT	0,4-0,6	1,5-2,5		<0,5			<1,0
ACEROS BAJA ALEACIÓN Aleaciones Cr-Mo	MIM-42CrMo4	MIM-4140-400 MIM-4140-600H MIM-4140-1200H	MIM-4140	0,35-0,5 0,3-0,5		0,9-1,2 0,8-1,2	0,15-0,3 0,2-0,3	<0,4 < 0,6	<0,9 < 1,0	<1,0
	MIM-8740		8750	0,45-0,55	0,5-0,8	0,4-0,6	0,25-0,4	0,3-0,55	<0,1	
	MIM-4340	MIM-4340-500 MIM-4340-750H MIM-4340-1300H	4340	0,35-0,5	1,4-2	0,7-1,4	0,2-0,3	<0,4	<0,8	
	MIM-8620	21NiCrMo2	8620	0,18-0,23	0,4-0,7	0,4-0,6	0,15-0,25	<0,2	<0,2	

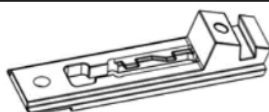
Tabla de aceros de baja aleación

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN CLÁSICA	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B 883-10 MPIF 35-2007	COMPOSICIÓN QUÍMICA						
				%C	%Ni	%Cr	%Mo	%Si	%Mn	OTROS
ACEROS BAJA ALEACIÓN Hierro-Niquel	FN08(00) FN08	MIM-Fe8Ni-210 MIM-Fe8NiC-300 MIM-Fe8NiC-500 MIM-Fe8NiC-700H MIM-Fe8NiC-1100H	MIM-2700	<0,1 0,4-0,8 0,45/0,65	6,5-8,5 6,5-8,5		<0,5 <0,5			<1,0 <1,0
	4605	MIM-4605-170 MIM-4605-1310H	MIM-4605 MIM-4605-HT	0,4-0,6	1,5-2,5		<0,5			<1,0
ACEROS BAJA ALEACIÓN Aleaciones Cr-Mo	MIM-42CrMo4	MIM-4140-400 MIM-4140-600H MIM-4140-1200H	MIM-4140	0,35-0,5 0,3-0,5		0,9-1,2 0,8-1,2	0,15-0,3 0,2-0,3	<0,4 < 0,6	<0,9 < 1,0	<1,0
	MIM-8740		8750	0,45-0,55	0,5-0,8	0,4-0,6	0,25-0,4	0,3-0,55	<0,1	
	MIM-4340	MIM-4340-500 MIM-4340-750H MIM-4340-1300H	4340	0,35-0,5	1,4-2	0,7-1,4	0,2-0,3	<0,4	<0,8	
	MIM-8620	21NiCrMo2	8620	0,18-0,23	0,4-0,7	0,4-0,6	0,15-0,25	<0,2	<0,2	

Propiedades mecánicas de aceros de baja aleación



Material: FN08
Sector: Herramienta
Peso: 3,8 g



Material: 42CrMo4
Sector: Defensa
Peso: 14,6 g



Material: 4605
Sector: Defensa
Peso: 38,5 g



Material: 8620
Sector: Cerrajería
Peso: 11,9 g

Ejemplos de aplicación de aceros de baja aleación

1.2. Aceros de Herramientas

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN CLÁSICA	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B883-10 MPIF 35-2007	COMPOSICIÓN QUÍMICA						
				%C	%Ni	%Cr	%Mo	%Si	%Mn	OTROS
ACEROS HERRAMIENTA	MIM-100Cr6	MIM-52100	52100	0,85-1,05		1,35-1,65		<0,35	<0,45	
	MIM-M2	1. 3343	M2	0,78-1,05		3,75-4,5	4,5-5,5	0,2-0,45	0,15-0,4	%V 1,75-2,2 %W 5,5-6,75

Tabla de aceros de herramientas

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN CLÁSICA	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B883-10 MPIF 35-2007	PROPIEDADES MECÁNICAS (Sinterizado)				Trat. Térmico	PROPIEDADES MECÁNICAS (trat. térmico)				DENSIDAD (g/cm3)
				Rm (N/mm2)	R0,2 (N/mm2)	E %	HÄRTE HV 10 / HRC		Rm (N/mm2)	R0,2 (N/mm2)	E %	HARDNESS HV10 / HRC	
ACEROS HERRAMIENTA	MIM-100Cr6	MIM-52100	52100	>900	>500	>5	230-290 HV10	Harden				(60-62 HRC)	>7,50
	MIM-M2	1. 3343	M2	>1200	>800	>1	(>50 HRC)	Harden				(>65 HRC)	>7,95

Propiedades mecánicas de aceros de herramientas



Material: M2
Sector: Máquina Industrial
Peso: 5,6 g



Material: M2
Sector: Máquina Industrial
Peso: 17,8 g



Material: 100Cr6
Sector: Máquina Industrial
Peso: 15,6 g



Material: 100Cr6
Sector: Herramienta
Peso: 1,1 g

Ejemplos de aplicación de aceros de herramientas

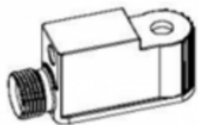
1.3. Aceros Soft Magnetic

MATERIAL TYPE Tipo de Material	TRADITIONAL MIM NAME Denominación clásica	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B883-10 MPIF 35-2007	CHEMICAL COMPOSITION Composición Química						
				%C	%Ni	%Cr	%Mo	%Si	%Mn	OTHERS
SOFT MAGNETIC	4605(00)	MIM-Fe2Ni-20	MIM-2200	<0,1	1,5-2,5			<1		
	FN50	MIM-Fe50Ni-200	MIM-Fe50%Ni	<0,05	49-51			<1		
	FeSi3	MIM-Fe3Si-55	MIM-Fe-3%Si	<0,05				2,5-3,5		
	430L	MIM-430-10	MIM-430L	<0,05		16/18		<1	<1	

Tabla de aceros soft magnetic disponibles en Ecrimesa Group

MATERIAL TYPE Tipo de Material	TRADITIONAL MIM NAME Denominación clásica	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B883-10 MPIF 35-2007	MECHANICAL PROPERTIES (Sintered) Prop. Mecánicas (Sinterizado)				DENSITY Densidad (g/cm3)	MAGNETIC PROPERTIES Propiedades Magnéticas	
				Rm (N/mm2)	R0,2 (N/mm2)	E %	HARDNESS HV10 / HRC		PERMEABILITY	IND. MAG. FIELD
SOFT MAGNETIC	4605(00)	MIM-Fe2Ni-20	MIM-2200	290	125	40	(45 HRB)	>7,5	>2000 u	B25 >14 kG
	FN50	MIM-Fe50Ni-200	MIM-Fe50%Ni	455	160	30	(50 HRB)	>7,7	>20000 u	B25 >13 kG
	FeSi3	MIM-Fe3Si-55	MIM-Fe-3%Si	530	390	24	(80 HRB)	>7,45	>6000 u	B25 >14 kG
	430L	MIM-430-10	MIM-430L	415	240	25	(65 HRB)	>7,50	>1000 u	B25 >11 kG

Propiedades mecánicas de aceros soft magnetic



Material: 4605(00)
Sector: Aeronáutica
Peso: 67 g



Material: FN50
Sector: Cerrajería
Peso: 3,4 g



Material: FeSi3
Sector:
Sensores
Peso: 3,4 g



Material: FeSi3
Sector: Cerrajería
Peso: 12 g

Ejemplos de aplicación de aceros soft magnetic

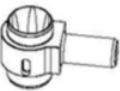
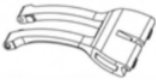
1.4. Aceros inoxidables

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN CLÁSICA	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B883-10 MPIF 35-2007	COMPOSICIÓN QUÍMICA						
				%C	%NI	%Cr	%Mo	%Si	%Mn	OTROS
ACEROS INOXIDABLES										
Ferrítico	MIM-430L	MIM-430-210 1. 4016 / X6Cr17	MIM-430L	<0,08		16-18		<1	<1.5	
Martensítico	MIM-420	MIM-420-850H 1. 4028 / X30Cr14/	420	0,15-0,4 0,25-0,45		12-14		<1	<1	
Precipitación Endurecimiento	17-4PH	MIM-17-4PH-650 MIM-17-4PH-700H MIM-17-4PH-1000H	MIM-17-4 PH	<0,07	3-5	15-17,5		<1	<1	%Cu 3,0/5,0 %Nb 0,15/0,45
Austenítico No magnético Fine surface	316L	MIM-316L-140	MIM-316L	<0,03	10-14	16-18,5	2-3	<1	<2	<1
Geometría simple	304	MIM-304		<0,03	8-10,5	18-20		<1	<2	

Clasificación y composición de aceros inoxidables

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN CLÁSICA	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B883-10 MPIF 35-2007	PROPIEDADES MECÁNICAS (Sinterizado)				TRAT. TÉRM.	PROPIEDADES MECÁNICAS (trat. térm.)				DENSIDAD (g/cm3)
				Rm (N/mm2)	R0,2 (N/mm2)	E %	HARDNESS HV10 / HRC		Rm (N/mm2)	R0,2 (N/mm2)	E %	HARDNESS HV10 / HRC	
ACEROS INOXIDABLES													
Ferrítico	MIM-430L	MIM-430-210 1. 4016 / X6Cr17	MIM-430L	>350	>210	>20	115 HV10						>7,5
Martensítico	MIM-420	MIM-420-850H 1. 4028 / X30Cr14/	420					Harden	>1000	>850	>2	50-55 HRC	>7,3
Precipitación Endurecimiento	17-4PH	MIM-17-4PH-650 MIM-17-4PH-700H MIM-17-4PH-1000H	MIM-17-4 PH	>800 (>900)	>650 (>700)	>3	(30-35 HRC)	Sinter H1150 H900	 >850 >1200	 >700 >1000	 >5 >2 (>4)	 30-35 HRC 40-45 HRC	7,5 (>7,6)
Austenítico No magnético Superficie fina Geometría simple	316L 304	MIM-316L-140 MIM-304	MIM-316L	>450 (>500)	>140 (>180)	>40 (>50)	120 HV10 130 HV10						>7,70

Propiedades mecánicas de aceros inoxidables en función del tratamiento térmico

 Material: 17-4PH Sector: Automoción Peso: 30,8 g	 Material: 316L Sector: Joyería Peso: 6,8 g	 Material: 17-4PH Sector: Médico Peso: 13,3 g	 Material: 420 Sector: Defensa Peso: 6,8 g	 Material: 316L Sector: Aeronáutica Peso: 4,2 g	 Material: 17-4PH Sector: Cerrajería Peso: 48,3 g
---	---	---	--	---	---

Ejemplos de aplicación de aceros inoxidables

1.5. Otros materiales

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN CLÁSICA	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B883-10 MPIF 35-2007	COMPOSICIÓN QUÍMICA						
				%C	%Ni	%Cr	%Mo	%Si	%Mn	OTROS
Resistencia calor Refractario	310N / 310NbC	1. 4841/ X15CrNiSi 25 21	310NbC	0,2/0,5	19/22	24/26		0,75/1,75	<1.5	%Nb 1,2/1,5 %N < 1
Superalaciones Base de Ni	IN 713C	AMS 5391		0,08/0,20	base	12,0/14,0	3,8/5,2	<0,50	<0,25	%Fe<2,5 %Al 5,5/6,5 %Ti0,5/1,0 %Nb 1,8/2,9

Tabla de composición química

TIPO DE MATERIAL	DENOMINACIÓN CLÁSICA	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B883-10 MPIF 35-2007	PROPIEDADES MECÁNICAS (Sinterizado)				TRAT. TÉRMICO	PROPIEDADES MECÁNICAS (trat. térmico)				DENSIDAD (g/cm3)
				Rm (N/mm2)	R0,2 (N/mm2)	E %	HARDNESS HV10 / HRC		Rm (N/mm2)	R0,2 (N/mm2)	E %	HARDNESS HV10 / HRC	
Resistencia Calor Refractario	310N /	1. 4841/ X15CrNiSi 25 21	310NbC	>550	>200	>35	>150 HV10	Sinter Ar					>7,65
	310NbC			>750	>400	>10	>230 HV10	Sinter N2					>7,7
Superalaciones Base de Ni	IN 713C	AMS 5391					>300 HV10						> 7,78

Tabla de propiedades mecánicas y tratamientos térmicos

2. ¿CÓMO ES LA PIEZA MIM ÓPTIMA?

La pieza MIM óptima podría definirse con las siguientes características:

- Longitud menor de 100 mm
- Ratio longitud/anchura debe ser menor de 5
- El peso puede variar entre 0.5 y 50 gr
- Espesores de pared entre un rango de 0.5 y 1.5 mm

Actualmente, las **tolerancias dimensionales** se rigen por una norma **ISO 2768**, si bien para algunas dimensiones **Ecrimesa Group** puede ofrecer un mejor rango.

3. ¿CUÁNTO CUESTA FABRICAR UNA PIEZA CON MIM?

Los factores más importantes a la hora de fijar un coste de una pieza MIM son:

3.1. Primer factor: Material de la pieza MIM

El proceso MIM no cuenta con una variedad tan importante de materiales como otras tecnologías de conformado de piezas metálicas. En el caso de **Ecrimesa Group** se trata de **materiales con desbanderizados catalíticos comerciales**.

La lista de materiales que podemos ofrecer son:

MATERIAL TYPE Tipo de Material	TRADITIONAL MIM NAME Denominación clásica	STANDARD NAME ISO 22068:2012	STANDARD NAME ASTM B 883-10 MPIF 35-2007	CHEMICAL COMPOSITION Composición Química							MECHANICAL PROPERTIES (as sintered) Propiedades mecánicas (Sinterizado)			
				%C	%Ni	%Cr	%Mo	%Si	%Mn	OTHERS	Rm (N/mm2)	RO,2 (N/mm2)	E %	HARDNESS HB
LOW ALLOY STEELS Aceros baja aleación Iron-Nickel Hierro-Niquel	FN08[00] FN08	MIM-Fe8Ni-210 MIM-Fe8NiC-300 MIM-Fe8NiC-500 MIM-Fe8NiC-700H MIM-Fe8NiC-1100H	MIM-2700	<0,1 0,4-0,8 0,45/0,65	6,5-8,5 6,5-8,5 better carbon control MIMECRISA process		<0,5 <0,5			<1,0 <1,0	>380 >900	>210 >500	>20 >5	123 HV10 >280
	4605	MIM-4605-170 MIM-4605-1310H	MIM-4605 MIM-4605-HT	0,4-0,6	1,5-2,5		0,2-0,5	<1,0	<0,2	<1,0	>380	>170	>11	150 HV10
LOW ALLOY STEELS Aceros baja aleación Cr-Mo Alloys Aleaciones Cr-Mo	MIM-42CrMo4	MIM-4140-400 MIM-4140-600H MIM-4140-1200H	MIM-4140	0,35-0,5 0,3-0,5		0,9-1,2 0,8-1,2	0,15-0,3 0,2-0,3	<0,4 <0,6	<0,9 <1,0	<1,0	>700	>400	>3	210 HV10
	MIM-8740		8750	0,45-0,55	0,5-0,8	0,4-0,6	0,25-0,4	0,3-0,55	<0,1		>860	>530	>8	190-210 HV10
	MIM-4340	MIM-4340-500 MIM-4340-750H MIM-4340-1300H	4340	0,35-0,5	1,4-2	0,7-1,4	0,2-0,3	<0,4	<0,8		>700	>500	>7	200-250 HV10
	MIM-8620	21NiCrMo2	8620	0,18-0,23	0,4-0,7	0,4-0,6	0,15-0,25	<0,2	<0,2		>650	>400	>3	190-230 HV10
TOOL STEELS Aceros herramienta	MIM-100Cr6	MIM-52100	52100	0,85-1,05		1,35-1,65		<0,35	<0,45		>900	>500	>5	230-290 HV10
	MIM-M2	1. 3343	M2	0,78-1,05		3,75-4,5	4,5-5,5	0,2-0,45	0,15-0,4	%V 1,75-2,2 %W 5,5-6,75	>1200	>800	>1	[>50 HRC]
SOFT MAGNETIC	4605[00] FN50 FeSi3 430L	MIM-Fe2Ni-20 MIM-Fe50Ni-200 MIM-Fe3Si-55 MIM-430-10	MIM-2200 MIM-Fe50Ni-200 MIM-Fe3Si-55 MIM-430L	<0,1 <0,05 <0,05 <0,05	1,5-2,5 49-51			<1 <1 2,5-3,5 <1			290 455 530 415	125 160 30 24	40 30 24 25	(45 HRB) (50 HRB) (80 HRB) (65 HRB)
STAINLESS STEELS Aceros inoxidables														
	Ferritic MIM-430L	MIM-430-210 1. 4016 / X6Cr17	MIM-430L	<0,08		16-18		<1	<1,5		>350	>210	>20	115 HV10
	Martensitic MIM-420	MIM-420-850H 1. 4028 / X30Cr14/	420	0,15-0,4 0,25-0,45		12-14		<1	<1					
Precipitation Hardening	17-4PH	MIM-17-4PH-650 MIM-17-4PH-700H MIM-17-4PH-1000H	MIM-17-4 PH	<0,07	3-5	15-17,5		<1	<1	%Cu 3,0/5,0 %Nb 0,15/0,45	>800 (>900)	>650 (>700)	>3	[30-35 HRC]
Austenitic No Magnetic Fine Surface Simple geometry	316L 304	MIM-316L-140 MIM-304	MIM-316L	<0,03 <0,03	10-14 8-10,5	16-18,5 18-20	2-3	<1 <1	<2 <2	<1	>450 (>500) >630	>140 (>180) >170	>40 (>50) >60	120 HV10 130 HV10
HEAT RESISTANT Refractario	310N / 310NbC	1. 4841/ X15CrNiSi 25 21	310NbC	0,2/0,5	19/22	24/26		0,75/1,75	<1,5	%Nb 1,2/1,5 %N < 1	>550 >750	>200 >400	>35 >10	>150 HV10 >230 HV10
SUPERALLOYS Ni base	IN 713C	AMS 5391		0,08/0,20	base	12,0/14,0	3,8/5,2	<0,50	<0,25	%Fe<2,5 %Al 5,5/6,5 %Ti0,5/1,0 %Nb 1,8/2,9				>300 HV10

MATERIAL TYPE Tipo de Material	HEAT TREAT. Trat. Térmico	MECHANICAL PROPERTIES (Heat treated) Prop. Mecánicas (+ Tratamiento Térmico)				DENSITY densidad (g/cm3)	MOLD FACTOR Factor de molde	MAGNETIC PROPERTIES Propiedades Magnéticas	
		Rm (N/mm2)	R0,2 (N/mm2)	E %	HV10 (HRC)			PERMEABILITY	IND.MAG. FIELD
LOW ALLOY STEELS Aceros baja aleación Iron-Nickel Hierro-Níquel	Case Harden	>380 Core	>500	>5	>600 Case	>7,55 (7,5)	1,216 1,216		
	Full annealed	>750	>300	>6 (>15)	<250				
LOW ALLOY STEELS Aceros baja aleación Cr-Mo Alloys Aleaciones Cr-Mo	Full Harden	>800 (>1050)	>700 (>900)	>5	<180	>7,50	1,216		
	Full Harden	>1250	>1100	>3	(35 HRC)				
TOOL STEELS Aceros herramienta	Full Harden	>1300	>1200	>2	(40 HRC)	>7,50	1,216		
	Full Harden	>1300	>1100	>2	(50 HRC)				
SOFT MAGNETIC	Full Harden	>1300	>1070	>3	Max (50-55 HRC)	>7,50	1,216		
	Full Harden	>1480	>1310	<1	48 HRC				
STAINLESS STEELS Aceros inoxidables	Normalized	>700	>400	>3 (>6)	>210 (<180)	>7,50	1,216		
	Full Harden	>750	>600	>3	(25 HRC)				
HEAT RESISTANT Refractario	Full Harden	>1300	>1200	>2	(50 HRC)	>7,50	1,216		
	Full Harden	>1380	>1070	>3	(46 HRC)				
SUPERALLOYS Ni base	Normalized	>860	>530	>8	< 200 HV10	>7,50	1,216		
	Full Harden	>1050	>950	>5	30HRC				
HEAT RESISTANT Refractario	Full Harden	>1450	>1300	>3	40 HRC	>7,50	1,216		
	Full Harden	>1800	>1650	>3	45-50 HRC				
HEAT RESISTANT Refractario	Full Harden	>900	>750	>3	25 HRC	>7,50	1,216		
	Full Harden	>1600	>1300	>2	48 HRC				
HEAT RESISTANT Refractario	Normalized	>650	>400	>3	190-230 HV10	>7,45	1,216		
	Case harden	>800 Core	>400	>3	>750 Case				
TOOL STEELS Aceros herramienta	Harden				(60-62 HRC)	>7,50	1,216		
	Harden				(>65 HRC)				
SOFT MAGNETIC						>7,5 >7,7 >7,45 >7,50	1,216 1,216 1,216 1,216	>2000 u >20000 u >6000 u >1000 u	B25 >14 kG B25 >13 kG B25 >14 kG B25 >11 kG
STAINLESS STEELS Aceros inoxidables						>7,5	1,216		
FERRITIC						>7,5	1,216		
MARTENSITIC						>7,3	1,216		
PRECIPITATION HARDENING						7,5 (>7,6)	1,216 1,167		
AUSTENITIC NO MAGNETIC						>7,70	1,167		
FINE SURFACE						>7,65 >7,7	1,167 1,167		
SIMPLE GEOMETRY						>7,78	1,151		
SINTER AR						>7,65 >7,7	1,167 1,167		
SINTER N2						>7,78	1,151		

BLUE: ISO 22068.

BLACK: Other Technologies Equivalent Standards.

RED: American Standards/Datos en rojo corresponden con norma ASTM ó MPIF americana.

GREEN: MIMCRISA own results not yet international standardized/ Datos en verde corresponden con resultados garantizados por MIMCRISA aún no estandarizados oficialmente.

Other materials as: Titanium, 1.4435, superalloys, etc.

WE ARE OPEN TO DEVELOP NEW MATERIALS ON DEMAND.

Review June 2021

Tablas de tipos de materiales

El tipo de material influye de forma importante en el coste de las piezas por dos motivos fundamentales:

• Precio del material

Más caro en los aceros inoxidables (316L-174PH) que en los aceros al carbono (42CrMo4-FN08), en entornos del 30 %. En relación al precio de los materiales, son 10-15 veces más caros que el material proveniente de barra o lingote para fundir.

Proceso de sinterizado

- Debe ser a ritmo más lento en los aceros inoxidables, y en atmósfera de hidrógeno frente a los aceros al carbono, los cuales normalmente se sinterizan en atmósfera de nitrógeno y con un ritmo de sinterizado 30-40 % veces superior.

3.2. Segundo factor: tamaño y configuración de la pieza MIM

Es importante el tamaño, dado que influye en el peso antes señalado, así como en la capacidad de sinterizado, ya que las piezas se procesan en bandejas de molibdeno de tamaño **200*200**. Cuanto mayor número de piezas se puedan procesar por caja, mejor será el coste de este proceso, tanto en horno continuo como en horno de batch.

Según nuestros datos históricos, los **tamaños óptimos** de las piezas MIM se mueven **entre los 0.5 grms y los 40 grms**, si bien tenemos piezas por encima de los 150 grms que por su configuración y los ahorros de mecanizados obtenidos son rentables frente a otras tecnologías.

Por otro lado, y no menos importante, es el **diseño** de la pieza, con el fin de que se adecue a las limitaciones de la tecnología, para evitar operaciones secundarias como mecanizados y reducir los costes de la misma.

Es muy importante que las piezas no se diseñen con **aristas vivas**, y que cuenten con la mayor cantidad posible de radios para facilitar la inyección del material, evitar segregaciones durante la inyección y que tras su proceso de sinterizado aparezcan grietas.

Asimismo deben contar con **espacio para la colocación del punto de inyección y paredes homogéneas** para una correcta inyección del material (ya que hay que tener en cuenta que se va inyectar **polvo de acero** con la dificultad que esto supone al no ser un material de fácil inyección).



Comparativa de métodos de inyección

Diseñar la pieza con zonas adecuadas para el asentamiento de la pieza durante el proceso de desbanderizado/sinterizado también tiene una influencia muy importante en el coste, ya que en caso de no contar con caras de apoyo planas, obliga a utilizar soportes especiales de sinterizado, reduciendo la carga en los hornos y por tanto no maximizando la ventaja de coste.

Por último, en las piezas de acero al carbono o de baja aleación que requieran tratamientos térmicos, es de especial importancia establecer colocaciones

adecuadas para la realización de estos tratamientos térmicos, de forma que se eviten deformaciones durante los mismos o se generen grietas por el tratamiento térmico en la pieza.

En **Ecrimesa Group**, al contar con nuestras propias instalaciones para los tratamientos térmicos, **adecuamos los mismos a los requerimientos de las piezas para maximizar el coste y la calidad de la pieza.**

Síguenos en LinkedIn para estar actualizado

LinkedIn Ecrimesa Group 

Avenida de Parayas s/n 39011 Santander (Cantabria) SPAIN
+34 942 33 45 11 (tel.) • +34 942 34 65 49 (fax)

www.e crimesagroup.com
ecrimesa@ecrimesa.es

