

RESUMEN

El BREF (documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles) sobre Forjas y Fundiciones recoge el intercambio de información realizado con arreglo a lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/61/CE del Consejo. El presente resumen ha de leerse junto con el prefacio del BREF, donde se explica la estructura del documento, sus objetivos, uso y terminología jurídica, y describe los principales hallazgos, las principales conclusiones en cuanto a las mejores técnicas disponibles (MTD) y los niveles de emisión y consumo consiguientes. Este documento también puede leerse y entenderse por sí solo pero, al tratarse de un resumen, no incluye todas las complejidades del texto BREF íntegro. Por este motivo, no pretende sustituir al texto BREF íntegro en el proceso de toma de decisiones en cuanto a las MTD.

Ámbito de aplicación del presente BREF

El presente documento recoge el intercambio de información acerca de las actividades contempladas en el Anexo I, categorías 2.3 (b), 2.4 y 2.5 (b) de la Directiva PCIC, es decir:

“2.3. Instalaciones para la transformación de metales ferrosos:

- (b) forjado con martillos cuya energía de impacto sea superior a 50 kilojulios por martillo y cuando la potencia térmica utilizada sea superior a 20 MW

2.4. Fundiciones de metales ferrosos con una capacidad de producción de más de 20 toneladas por día

2.5. Instalaciones

- (b) para la fusión de metales no ferrosos, inclusive la aleación, incluidos los productos de recuperación (refinado, moldeado en fundición) con una capacidad de fusión de más de 4 toneladas para el plomo y el cadmio o 20 toneladas para todos los demás metales, por día.”

Tras haber realizado una comparación entre las descripciones anteriores y las capacidades reales de las instalaciones existentes en Europa, el Grupo de Trabajo Técnico ha definido el ámbito de trabajo, que comprende:

- la fundición de materiales ferrosos, por ejemplo, hierro fundido laminar, hierro maleable y nodular, y acero
- la fundición de materiales no ferrosos, por ejemplo, aluminio, magnesio, cobre, cinc, plomo y otras aleaciones.

Las forjas se excluyeron del ámbito de aplicación de este documento ya que no se tenía conocimiento de ninguna forja europea que reuniese las condiciones establecidas en la categoría 2.3 (b) del Anexo I. Por lo tanto, el presente documento sólo trata de procesos de fundición. Las fundiciones de cadmio, titanio y metales preciosos, al igual que las fundiciones de campanas y objetos de arte, también se excluyeron por cuestiones relativas a la capacidad. La colada continua en láminas y planchas ya está contemplada en los documentos BREF relacionados con la producción de hierro y acero y las industrias de metales no ferrosos, y por tanto no está incluida en el presente documento. Cuando éste se refiera a metales no ferrosos, se considerará que el proceso comienza con la fundición de lingotes y chatarra interna o con el metal líquido.

Desde el punto de vista del proceso, el presente documento comprende las siguientes etapas del proceso de fundición:

- fabricación de modelos
- manipulación y almacenaje de las materias primas
- fusión y tratamiento del metal
- producción de moldes y machos y técnicas de elaboración de moldes
- colada o vaciado y enfriamiento

- desmoldeo
- acabado
- tratamiento térmico.

La industria de la fundición

Estas empresas funden metales ferrosos y no ferrosos y aleaciones y los convierten en productos acabados o semi-acabados mediante el vaciado y la solidificación del metal fundido o aleación en un molde. La industria de la fundición es un sector diferenciado y muy diverso. Consiste en una gran variedad de instalaciones, de pequeño y gran tamaño, cada una de ellas con una combinación de tecnologías y operaciones seleccionadas según el insumo, el tamaño de las series y los tipos de productos que fabrica cada instalación. La organización dentro de cada sector se basa en el tipo de metal trabajado, distinguiéndose principalmente entre fundiciones ferrosas y no ferrosas. Dado que las piezas fundidas suelen ser productos semi-acabados, las fundiciones se localizan, por lo general, cerca de los clientes.

La industria de la fundición europea ocupa el tercer lugar en el mundo en la fundición de metales ferrosos y la segunda en la de metales no ferrosos. La producción anual de piezas fundidas en la Unión Europea tras la ampliación se eleva a 11,7 millones de toneladas de piezas fundidas de metales ferrosos y 2,8 millones de toneladas de no ferrosos. Los tres mayores productores europeos son Alemania, Francia e Italia, con una producción anual total de más de dos millones de toneladas de piezas fundidas cada uno. En los últimos años, España ha sustituido a Gran Bretaña en el cuarto puesto, elevándose la producción de cada uno de estos países a más de un millón de toneladas de piezas fundidas. En total, estos cinco países concentran más del 80 % del total de la producción europea. Aunque el volumen de producción se ha mantenido relativamente estable durante los últimos años, ha habido un descenso en el número total de fundiciones (actualmente unas 3 000 unidades), lo que ha repercutido en el número de puestos de trabajo (actualmente unos 260 000 trabajadores). Esta evolución puede explicarse por el progresivo aumento de escala y la automatización de las unidades de fundición. A pesar de ello, la industria de la fundición sigue siendo predominantemente una industria de pequeñas y medianas empresas, con un 80 % de empresas con menos de 250 trabajadores.

Los principales mercados abastecidos por la industria de la fundición son el sector de la automoción (50 % de la cuota de mercado), de la ingeniería general (30 %) y de la construcción (10 %). La tendencia cada vez mayor a fabricar vehículos más ligeros en la industria de la automoción ha llevado aparejado un aumento del mercado de piezas fundidas de aluminio y magnesio. Mientras que la mayoría de las piezas fundidas de hierro se dirigen al sector de la automoción (más del 60 %), las de acero centran su mercado en la industria de la construcción, la maquinaria y la fabricación de válvulas.

El proceso de fundición

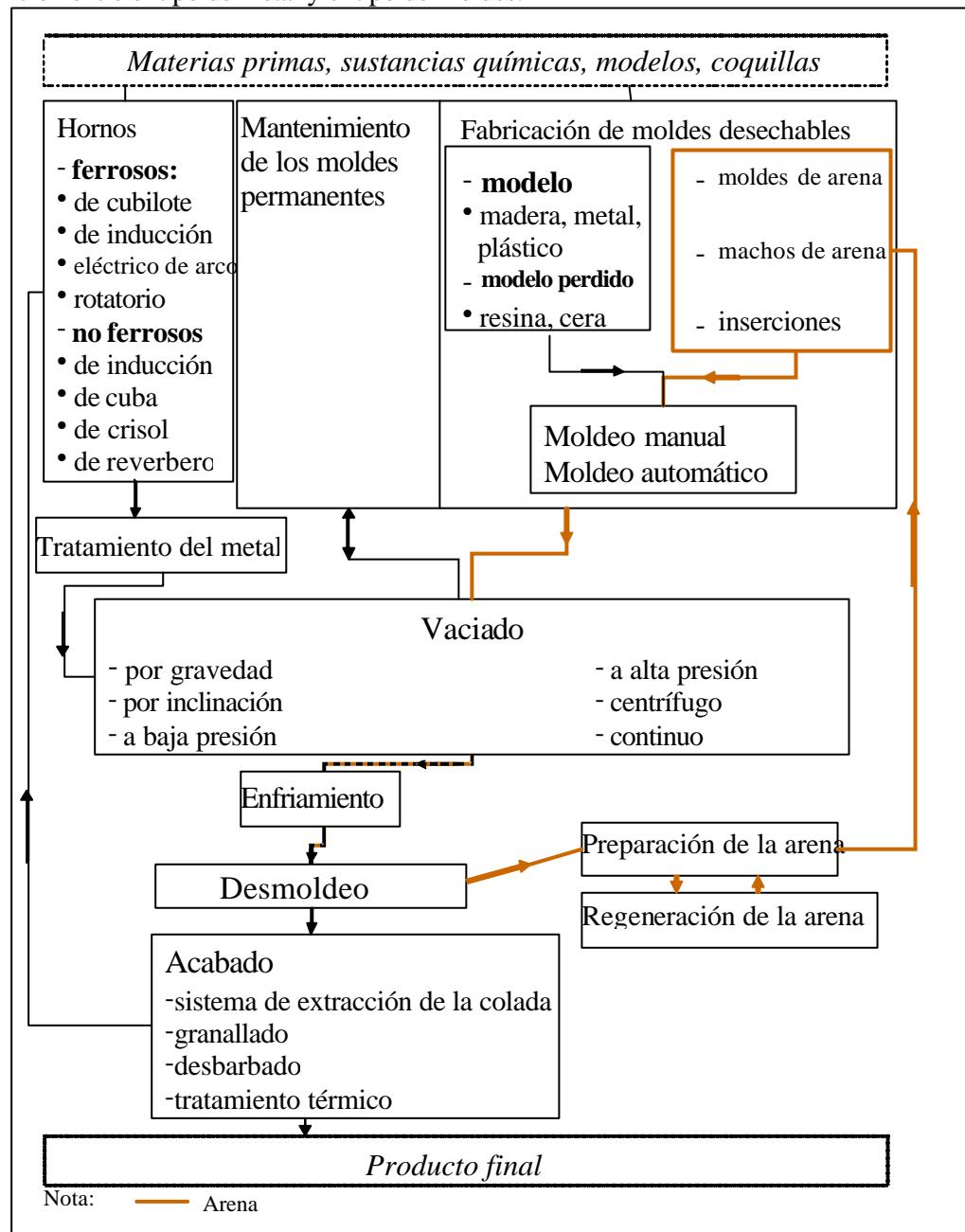
La siguiente figura representa un diagrama de flujo general del proceso de fundición, que se divide en las siguientes actividades principales:

- fundición y tratamiento del metal: taller de fundición
- preparación de moldes y machos: taller de moldeo
- vaciado del metal fundido en el molde, enfriamiento para la solidificación y extracción de la pieza del molde: taller de vaciado
- acabado de las piezas: taller de acabado.

Se pueden llevar a cabo varios procesos diferentes dependiendo del tipo de metal, del tamaño de las series y del tipo de producto. Por lo general, el sector se suele dividir según el tipo de metal (ferroso o no ferroso) y el tipo de molde utilizado (moldes desechables o moldes permanentes). Aunque es posible cualquier combinación, las fundiciones de metales ferrosos suelen utilizar

grandes moldes desechables (moldes de arena) y las fundiciones de metales no ferrosos suelen usar moldes permanentes (fundiciones a presión). En cada uno de estos diferentes tipos básicos de procesos existe una gran variedad de técnicas dependiendo del tipo de hornos utilizados, del sistema de elaboración de moldes y machos empleado (arena en verde u aglomerantes químicos diversos) y de las técnicas de vaciado y acabado utilizadas. Cada proceso tiene sus propias características técnicas, económicas y medioambientales, así como sus ventajas y desventajas.

Los capítulos 2, 3 y 4 del presente documento siguen el flujo del proceso para describir las diferentes operaciones, desde la fabricación de modelos hasta el acabado y el tratamiento térmico, explicando las técnicas utilizadas y analizando los niveles de emisión y consumo y las técnicas para minimizar el impacto medioambiental. El capítulo 5 se estructura a partir de la distinción entre el tipo de metal y el tipo de moldes.



El proceso de fundición

Principales problemas medioambientales

La industria de la fundición desempeña un papel fundamental en el reciclaje de metales, ya que el acero, el hierro y la chatarra de aluminio se refunden para elaborar productos nuevos. Los principales efectos negativos medioambientales que pueden causar las fundiciones se deben a la existencia de un proceso térmico y el uso de aditivos minerales. Por tanto, los problemas que se plantean son principalmente las emisiones de gases y la reutilización o eliminación de residuos minerales.

La emisión de gases a la atmósfera es el problema medioambiental clave. El proceso de fundición genera polvo mineral con partículas metálicas, compuestos acidificantes, productos de combustión incompleta y compuestos orgánicos volátiles (COV). El principal problema es el polvo que, con diferentes formas y composiciones, se genera en todas las etapas del proceso: durante la fundición del metal, la elaboración de moldes de arena, el vaciado y el acabado. Este polvo generado puede contener metales y óxidos metálicos.

El uso de coques como combustibles o el calentamiento de crisoles y hornos con quemadores de gas o de petróleo puede generar emisiones de productos de combustión, como NO_x y SO₂. Además, el uso de coques y la presencia de impurezas, como aceite o pintura, en la chatarra pueden generar algunos productos de combustión incompleta o de recombinación (como PCDD/F) y polvo.

Al elaborar los moldes y machos, se utilizan varios aditivos para aglomerar la arena. Durante el proceso de aglomerado de la arena y de vaciado del metal, se generan productos causados por la reacción y la descomposición, que incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos (como aminas y COV). La generación de productos derivados de la descomposición (principalmente COV) continúa durante los procesos de enfriamiento y desmoldeo. Estos productos también pueden producir un olor desagradable.

Durante el proceso de fundición, las emisiones a la atmósfera no suelen proceder únicamente de uno o varios puntos concretos. A ellas contribuyen varias fuentes de emisión, como las coladas calientes, la arena o el metal caliente. Para la reducción de emisiones es fundamental no sólo el tratamiento del flujo de gases de escape y emisiones gaseosas, sino su captura.

La elaboración de moldes de arena conlleva la utilización de grandes cantidades de arena, variando la proporción de peso arena/metal líquido de 1:1 a 20:1. La arena utilizada se puede regenerar, reutilizar o eliminar. Asimismo, al retirar las impurezas del metal fundido durante la fase de fusión, se generan otros residuos minerales como escorias y batiduras que también se pueden reutilizar o eliminar.

Debido a que en las fundiciones se siguen procesos térmicos, la buena gestión del calor generado y la eficiencia energética son cuestiones medioambientales clave. Sin embargo, dada la gran cantidad de operaciones de transporte y almacenaje del conductor térmico (es decir, el metal) y a su lento enfriamiento, la recuperación del calor no siempre es fácil.

Las fundiciones a veces tienen un alto consumo de agua, por ejemplo, durante las fases de enfriamiento y enfriamiento por inmersión. En la mayoría de las fundiciones se produce una circulación interna del agua, b que conlleva la evaporación de gran parte de ésta. El agua se suele utilizar en los sistemas de enfriamiento de los hornos eléctricos (de inducción o de arco) o de los hornos de cubilote. En general, el volumen final de aguas residuales es muy bajo. No obstante, si se utilizan técnicas de eliminación de polvo por vía húmeda las aguas residuales generadas requieren una atención especial. Durante la fundición en coquilla a (alta) presión, se forma un flujo de aguas residuales cuyo tratamiento es necesario para eliminar los compuestos orgánicos (fenoles e hidrocarburos) antes de su evacuación.

Niveles de consumo y de emisión

La siguiente figura presenta una visión general de los insumos y los productos resultantes del proceso de fundición. La etapa de “Vaciado” situada en el centro de la figura se refiere también a todas las operaciones de moldeo necesarias. Los principales insumos son metal, energía, aglomerantes y agua. Las principales emisiones son polvo, aminas y COV, así como SO₂, dioxinas y NO_x cuando se utilizan determinados tipos de hornos.

Durante la fase de fusión se consume entre el 40 % y el 60 % de la energía total utilizada. Para un determinado tipo de metal, la energía consumida depende del tipo de horno utilizado. El consumo de energía durante la fusión varía entre 500 y 1200 kWh/t de metal en el caso de metales ferrosos y entre 400 y 1200 kWh/t de metal en el caso del aluminio.

La cantidad y los tipos de aglomerantes, sustancias químicas y arena utilizados dependen mucho del tipo de vaciado que se realice, sobre todo atendiendo a su tamaño y forma, así como del tipo de producción (en serie o en lotes).

El consumo de agua depende en gran medida del tipo de horno utilizado, de la técnica de depuración de los gases de combustión aplicada y del método de vaciado elegido.

Se genera polvo en todas las fases del proceso, aunque con diferentes niveles de óxidos minerales, metales y óxidos metálicos. Los niveles de polvo generados durante la fusión de metales varían desde niveles inferiores al límite de detección para algunos metales no ferrosos, hasta los 10 kg por tonelada en el caso de la fundición de hierro en hornos de cubilote. La utilización de grandes cantidades de arena en el vaciado en moldes desechables tiene como consecuencia la emisión de polvo durante las diferentes etapas de moldeo.

En el sistema de fabricación de machos más frecuente se utilizan aminas como catalizadores, lo cual da lugar a emisiones controladas procedentes de las máquinas sopladoras de machos y emisiones difusas producidas por la manipulación de machos.

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (principalmente disolventes, BTEX y, en menor medida, fenol, formaldehído, etc.) se producen como resultado de la utilización de sustancias como resinas, disolventes orgánicos o revestimientos de origen orgánico en el moldeo y en la fabricación de machos. Los compuestos orgánicos se descomponen térmicamente durante el vaciado del metal y se emiten posteriormente durante el desmoldeo y el enfriamiento. En el presente documento se presentan los niveles de emisión que oscilan entre 0,1 y 1,5 kg por tonelada de metal fundido.

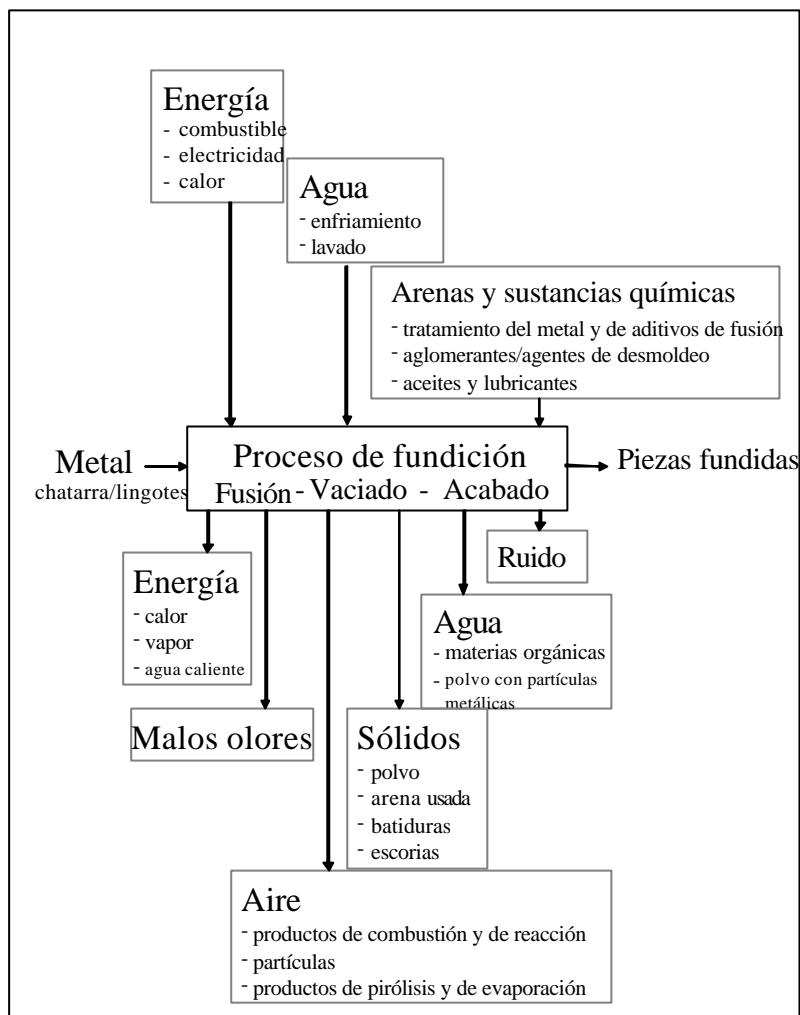


Diagrama de flujos del proceso de fundición

Técnicas que hay que tener en cuenta a la hora de determinar las MTD

La minimización de las emisiones, el aprovechamiento de las materias primas y de la energía, la optimización de los productos químicos utilizados en los procesos, la recuperación y el reciclaje de los residuos y la sustitución de las sustancias nocivas son importantes principios establecidos en la Directiva PCIC. En el caso de las fundiciones, los aspectos centrales son la minimización de las emisiones a la atmósfera, el aprovechamiento de las materias primas y la energía y la reducción de residuos, junto con otras posibles opciones de reciclaje y reutilización.

Los problemas medioambientales anteriormente mencionados se abordan mediante diversas técnicas integradas en los procesos y de final de proceso. En este documento se presentan más de cien técnicas para la prevención y la lucha contra la contaminación, clasificadas en los 12 apartados temáticos siguientes, que siguen en general la secuencia del proceso:

1. *Manipulación y almacenaje de la materia prima:* Las técnicas sobre la manipulación y el almacenaje de la materia prima tienen como objetivo la prevención de la contaminación del suelo y del agua y la optimización del reciclaje interno de la chatarra.
2. *Fundición del metal y tratamiento del metal fundido:* Dependiendo del tipo de horno, existen diferentes técnicas para la optimización de la eficiencia del horno y la minimización de la producción de residuos. Se trata principalmente de medidas integradas en el proceso. También deben tenerse en cuenta las cuestiones medioambientales en la selección del tipo de horno. Se presta una atención especial a la limpieza del aluminio fundido y a la fundición de magnesio, debido al alto riesgo de contaminación de los productos utilizados hasta hace poco (HCE y SF₆).

3. *Fabricación de moldes y machos, incluida la preparación de la arena:* Pueden aplicarse medidas y técnicas de buenas prácticas para minimizar el consumo de cada sistema de aglomeración y de los agentes de desmoldeo en la fundición en coquilla. En cuanto a la reducción de las emisiones de COV y de los malos olores provocados por la utilización de moldes desechables, pueden utilizarse revestimientos a base de agua y disolventes inorgánicos. Aunque es muy común la utilización de revestimientos a base de agua, la aplicación de disolventes inorgánicos en la elaboración de machos todavía es bastante limitada. Otra posibilidad consiste en el uso de diferentes métodos de moldeo. Sin embargo, estas técnicas sólo se emplean en casos muy concretos.
4. *Vaciado del metal:* Para mejorar la eficiencia de los procesos de vaciado del metal pueden ponerse en práctica medidas para maximizar el aprovechamiento del metal (es decir, la relación entre la masa de metal fundido y la pieza final).
5. *Captura y tratamiento de humos, gases de combustión y emisiones gaseosas:* El problema de las emisiones a la atmósfera durante las diferentes etapas de fundición requiere la puesta en marcha de un sistema de captura y tratamiento. Según el funcionamiento de cada unidad, deben tenerse en cuenta varias técnicas dependiendo del tipo de compuestos emitidos, del volumen de gases de escape y de la facilidad de su captura. Las técnicas aplicadas para la captura de los gases de escape desempeñan un papel fundamental en la reducción de las emisiones fugitivas. Además, deben tenerse en cuenta medidas de buenas prácticas para las emisiones fugitivas.
6. *Prevención y tratamiento de las aguas residuales:* En muchos casos es posible evitar o minimizar la producción de aguas residuales si se ponen en marcha medidas integradas en el proceso. Las aguas residuales que no pueden evitarse contienen polvo mineral o metálico, aminas, sulfatos, lubricantes o aceites, dependiendo de su origen durante el proceso. Las técnicas utilizadas para su tratamiento son diferentes según cada uno de estos compuestos.
7. *Eficiencia energética:* La fusión del metal consume entre el 40 % y el 60 % de la energía utilizada en una fundición. Por ello, las medidas de eficiencia energética deben tener en cuenta no sólo el proceso de fusión, sino otros procesos como la compresión de aire, el funcionamiento general de la instalación y los procedimientos hidráulicos. La necesidad de enfriar los hornos y los gases de escape genera una corriente de agua caliente o de aire caliente, lo que podría permitir la utilización interna o externa del calor.
8. *Arena: regeneración, reciclaje, reutilización y eliminación:* Dado que las fundiciones hacen uso intensivo de la arena como principal material inerte, su regeneración o reutilización son un aspecto importante de la protección del medio ambiente. Se utilizan diversas técnicas para la regeneración de la arena, como su tratamiento y reutilización interna para la fabricación de moldes de arena, cuya selección depende del tipo de aglomerante y de la composición de la arena. En caso de que no se lleve a cabo la regeneración de la arena, puede considerarse su reutilización externa para evitar la necesidad de eliminarla. Ya se han demostrado sus posibilidades de aplicación en varios campos.
9. *Residuos sólidos y en polvo: tratamiento y reutilización:* Pueden considerarse diversas técnicas integradas en el proceso y diversas medidas para la minimización del polvo y de los residuos. También puede encontrarse una manera de reutilizar interna o externamente el polvo, las escorias y los demás residuos sólidos recogidos.
10. *Reducción de ruidos:* Algunas actividades llevadas a cabo en las fundiciones son fuentes de ruido, lo que puede suponer una molestia para los vecinos en el caso de las fundiciones que se encuentran cerca de zonas residenciales. Por ello, puede estudiarse la elaboración y la aplicación de un plan de reducción de ruidos que comprenda medidas generales y medidas centradas en el origen del ruido.
11. *Desmantelamiento:* La Directiva PCIC hace hincapié en que la paralización de una planta puede ser contaminante. Las fundiciones en particular presentan un riesgo específico de contaminación del suelo durante esta fase. Existe una serie de medidas generales, aplicables no sólo a las fundiciones, que deben tenerse en cuenta para evitar la contaminación durante el período de desmantelamiento.
12. *Herramientas de gestión ambiental:* Los sistemas de gestión ambiental son una herramienta muy útil para evitar la contaminación causada por las actividades industriales en general, por ello su presentación es parte integrante de cualquier documento BREF.

MTD para las fundiciones

El capítulo dedicado a las mejores tecnologías disponibles (MTD) (capítulo 5) especifica las técnicas que el Grupo de Trabajo Técnico considera como tales en sentido general para la industria de la fundición, basándose en la información proporcionada en el capítulo 4 y teniendo en cuenta la definición de “mejores técnicas disponibles” presente en el apartado 11 del artículo 2 y las afirmaciones recogidas en el Anexo IV de la Directiva. El capítulo acerca de las MTD no establece ni propone valores límite para las emisiones, sino que sugiere unos niveles de emisión en relación con la puesta en práctica de las MTD.

Este resumen presenta una selección de los numerosos problemas que se suscitaron y trataron durante el proceso de intercambio de información llevado a cabo por el Grupo de Trabajo Técnico. Los siguientes párrafos resumen las principales conclusiones acerca de las MTD para los problemas medioambientales más importantes.

Las MTD deben adaptarse al tipo de fundición. Una fundición consiste fundamentalmente en un taller de fundición y un taller de vaciado, ambos con su propia cadena de suministros. En el caso del vaciado en moldes desechables, esta cadena de suministros incluye todas las actividades relacionadas con la fabricación de moldes y machos. En el capítulo dedicado a las MTD se establece una distinción entre la fusión de metales ferrosos y la de no ferrosos, y entre el vaciado en moldes desechables y permanentes. Cada fundición se puede clasificar como una combinación de un tipo de fusión determinada con una clase de moldeo. Para cada una de estas clases se presentan unas MTD, así como unas técnicas generales comunes a todas las fundiciones.

MTD generales

Algunas de las MTD son generales y se pueden aplicar a todas las fundiciones, sin tener en cuenta los procesos que se siguen y el tipo de productos que se fabrican. Estas técnicas están relacionadas con el flujo de materiales, el acabado de las piezas fundidas, el ruido, las aguas residuales, la gestión ambiental y el desmantelamiento de las instalaciones.

La MTD consiste en la optimización de la gestión y del control de los flujos internos para evitar la contaminación y el deterioro, proporcionar una calidad adecuada de los insumos, permitir el reciclaje y la reutilización, y mejorar la eficiencia del proceso. El BREF recoge las técnicas de manipulación y almacenaje contempladas en el BREF de Almacenaje, a las que se añaden otras específicas de manipulación y almacenaje en fundiciones, como el almacenaje de chatarra sobre una superficie impermeable con un sistema de drenaje y recogida (aunque la instalación de una cubierta podría reducir la necesidad de recurrir a tal sistema), el almacenaje separado de los materiales entrantes y los residuos, el uso de envases reciclables, la optimización del aprovechamiento del metal y las medidas de buenas prácticas para la manipulación de los metales fundidos y el manejo de las cucharas de colada.

Se dan MTD para las técnicas de acabado que producen polvo y para las técnicas de tratamiento térmico. En el caso de los cortes abrasivos, el granallado y el desbarbado, la MTD consiste en la recogida y el tratamiento de los gases de escape finales mediante un sistema seco o húmedo. En cuanto al tratamiento térmico, la MTD consiste en la utilización de combustibles limpios (como gas natural o combustible con un bajo contenido de azufre), el funcionamiento automático de los hornos y el control de los quemadores y los calentadores, así como la recogida y la evacuación de las emisiones gaseosas procedentes de los hornos de tratamiento térmico.

En lo relativo a la reducción del ruido, la MTD consiste en elaborar y aplicar una estrategia para la reducción del ruido que incluya medidas generales y específicas según la fuente de origen, como, por ejemplo, la utilización de sistemas de aislamiento en las unidades operativas que produzcan mucho ruido, tales como las de desmoldeo, o la aplicación de otras medidas dependiendo de las condiciones locales y ajustándose a ellas.

La MTD para la gestión de las aguas residuales incluye la prevención, la separación de los diferentes tipos de aguas residuales, la maximización del reciclaje interno y la aplicación del tratamiento adecuado para cada flujo final, lo que supone la aplicación de técnicas que conlleven por ejemplo la filtración, la sedimentación o la utilización de colectores de aceite.

Las emisiones fugitivas proceden de fuentes dispersas (manipulación, almacenaje, vertidos) y de la evacuación incompleta de fuentes contenidas. La MTD consiste en poner en práctica una serie de medidas relacionadas con la manipulación y el transporte de los materiales y en optimizar la captura de las emisiones gaseosas y la limpieza mediante una o varias técnicas de captura. Tendrá preferencia la captación de los humos lo más cerca posible de la fuente.

La MTD consiste en adherirse a un sistema de gestión medioambiental y aplicarlo. Este sistema debe incluir, según las circunstancias, aspectos como el compromiso de los órganos de dirección, la planificación, el establecimiento y la aplicación de procedimientos adecuados, y la comprobación de la eficacia con actuaciones correctoras y controles.

La MTD consiste en poner en práctica todas las medidas necesarias para evitar la contaminación durante el desmantelamiento. Estas medidas incluyen la minimización de los riesgos durante la fase de proyecto, la aplicación de un programa de mejoras para las instalaciones ya existentes y la creación y utilización de un plan de cierre de la instalación para instalaciones en funcionamiento y de nueva creación. Estas medidas deberán tener en cuenta por lo menos los siguientes elementos: cisternas, depósitos, tuberías, aislamientos, lagunas y vertederos.

Fundición de metales ferrosos

En cuanto al funcionamiento de los hornos de cubilote, la MTD incluye técnicas que pueden mejorar la eficiencia, como la división del chorro, el enriquecimiento con oxígeno, el soplado continuo o el funcionamiento durante períodos prolongados, las buenas prácticas de fundición y el control de la calidad del coque. La MTD consiste en recoger, enfriar y limpiar de polvo los gases de escape, y aplicar técnicas de postcombustión y recuperación del calor en condiciones determinadas. Existen varios sistemas para la limpieza del polvo que se consideran MTD, pero es preferible la limpieza del polvo en húmedo cuando se trata de la fundición de escoria básica y en algunos casos como una de las medidas destinadas a evitar y minimizar las emisiones de dioxinas y furanos. La industria ha expresado sus dudas acerca de la aplicación de medidas secundarias para la eliminación de dioxinas y furanos que sólo se han probado en otros sectores, y cuestiona especialmente su adecuación a fundiciones pequeñas. La MTD para la gestión de los residuos de los hornos de cubilote incluye la minimización de la formación de escorias, su pretratamiento para permitir su reutilización externa, y la recogida y el reciclaje del polvo de coque.

En cuanto al funcionamiento de los hornos eléctricos de arco, la MTD incluye la aplicación de controles fiables y eficientes del proceso que permitan reducir el tiempo de fundición y tratamiento mediante el espumado de la escoria, la captura eficiente de los gases de escape del horno, su enfriamiento y la eliminación del polvo utilizando un filtro de manga. La MTD consiste en reciclar el polvo del filtro en estos hornos.

En cuanto al funcionamiento de los hornos de inducción, la MTD consiste en fundir la chatarra limpia, utilizar medidas de buenas prácticas para la carga y el funcionamiento del horno, utilizar corriente de frecuencia media y, en caso de instalación de un horno nuevo, ajustar la frecuencia de la corriente de los hornos a una frecuencia media; evaluar la posibilidad de recuperación del calor residual y, en condiciones determinadas, aplicar un sistema de recuperación del calor. Para la captura y el tratamiento de las emisiones procedentes de los hornos de inducción, la MTD consiste en emplear una campana extractora, la extracción por los bordes o la cubierta en cada horno de inducción para capturar los gases de escape y maximizar su recogida durante todo el ciclo de trabajo, practicar la limpieza en seco de los gases de combustión y mantener las emisiones de polvo por debajo de los 0,2 kg por tonelada de hierro fundido.

En cuanto al funcionamiento de los hornos rotatorios, la MTD consiste en poner en práctica una serie de medidas para optimizar el rendimiento del horno y en utilizar un oxiquemador. Se trata de recoger los gases de escape cerca de la salida del horno, someterlos a postcombustión, enfriarlos con un intercambiador de calor y, por último, proceder a la eliminación del polvo por vía seca. En lo relativo a la prevención y la minimización de las emisiones de dioxinas y furanos, la MTD consiste en utilizar una combinación de medidas específicas. Al igual que en el caso de los hornos de cubilote, la industria ha expresado sus dudas acerca de la aplicación de medidas secundarias para la eliminación de dioxinas, que únicamente se han probado en otros sectores, y cuestiona especialmente su adecuación a fundiciones pequeñas.

El tratamiento al que se somete el metal depende del tipo de producto que se elabora. La MTD consiste en recoger las emisiones gaseosas de los convertidores AOD mediante una cubierta y en tratar los gases de escape procedentes de la nodularización sirviéndose de un filtro de manga. La MTD también consiste en el reciclaje del polvo de MgO.

Fundición de metales no ferrosos

En cuanto al funcionamiento de hornos de inducción para la fundición de aluminio, cobre, plomo y cinc, la MTD consiste en aplicar medidas de buenas prácticas durante la carga y el funcionamiento, utilizar corriente de frecuencia media y, en caso de instalación de un horno nuevo, ajustar la frecuencia de la corriente de los hornos a una frecuencia media; evaluar la posibilidad de recuperación del calor residual; y, en condiciones determinadas, aplicar un sistema de recuperación del calor. Para la captura de las emisiones procedentes de estos hornos, la MTD consiste en minimizar las emisiones y, si es necesario, capturar los gases de escape, maximizando su recogida durante todo el ciclo de trabajo y limpiando en seco los gases de combustión.

En cuanto a los demás tipos de hornos, la MTD se centra en la captura eficiente de los gases de escape del horno y/o en la reducción de las emisiones fugitivas.

En cuanto al tratamiento de los metales no ferrosos, la MTD consiste en utilizar una estación de impulsión para la desgasificación y la limpieza del aluminio, así como usar SO₂ como gas envolvente en la fundición de magnesio en instalaciones con una producción anual de 500 toneladas o más. En las plantas más pequeñas (producción inferior a 500 toneladas de componentes de Mg al año) la MTD consiste en utilizar SO₂ o minimizar el uso de SF₆. En caso de que se utilice SF₆, el nivel de consumo de la MTD es inferior a 0,9 kg por tonelada de colada en el caso de coladas en moldes de arena e inferior a 1,5 kg por tonelada de fundición a presión.

Colada en moldes desechables

El proceso de los moldes desechables incluye el moldeo, la fabricación de machos, el vaciado, el enfriamiento y el desmoldeo, lo que conlleva la producción de moldes de arena en verde o arena aglomerada químicamente y de machos de arena aglomerada químicamente. Las MTD se refieren a tres procesos: el moldeo de arena en verde, el moldeo de arena químico y el vaciado/enfriamiento/desmoldeo.

En cuanto a la preparación de la arena en verde, las MTD consisten en la captura y limpieza de las emisiones gaseosas y el reciclaje interno o externo del polvo recogido. Con el fin de minimizar la evacuación de residuos, las MTD se centran en la regeneración primaria de la arena en verde. Con la aplicación de las MTD suelen conseguirse unos índices de regeneración de un 98 % para la arena de un solo tipo (arena única o monosand) y de un 90 % y 94 % para la arena en verde con machos incompatibles.

En cuanto a la arena aglomerada químicamente, las MTD propuestas abarcan una gran diversidad de técnicas y problemas medioambientales. Se trata de minimizar el consumo de aglomerante y resina y las pérdidas de arena, minimizar las emisiones fugitivas de COV mediante la captura de las emisiones gaseosas producidas durante la fabricación y la manipulación de los machos y utilizar revestimientos a base de agua.

Otra MTD con un número reducido de aplicaciones consiste en la utilización de revestimientos a base de alcohol cuando no se pueden utilizar revestimientos a base de agua. En este caso, debe capturarse la emisión en la zona de revestimiento, siempre que sea factible.

Existe una MTD específica para la preparación de machos aglomerados con uretano y endurecidos con aminas (es decir, en caja fría) que minimiza la emisión de aminas y optimiza su recuperación. En estos sistemas, se consideran MTD tanto los disolventes aromáticos como los no aromáticos. La MTD consiste en minimizar la cantidad de arena destinada a eliminación, principalmente por medio de una estrategia de regeneración y/o reutilización de la arena aglomerada químicamente (mixta o pura (monosand)). En la siguiente tabla se dan los índices de regeneración de las MTD. La arena regenerada sólo se reutiliza en sistemas de arenas compatibles.

Tipo de arena	Técnica	Índice de regeneración ¹ (%)
Arena de un solo tipo (monosand) endurecida en frío	Regeneración mecánica simple	75 – 80
Arena de un solo tipo (monosand) de silicato	Tratamiento neumático y térmico	45 – 85
Arenas de un solo tipo (monosands) de caja fría (cold box), SO ₂ , caja caliente (hot box), proceso Croning Arenas orgánicas mixtas	Regeneración mecánica fría o térmica	en machos: 40 – 100 en moldes: 90 – 100
Arena mixta verde y orgánica	Tratamiento mecánico-térmico-mecánico, abrasión o rozamiento neumático	en machos: 40 – 100 en moldes: 90 – 100

(1) Masa de arena regenerada en relación con el total de arena utilizada

MTD para la regeneración de arena aglomerada químicamente (mixta y pura (monosand))

Se considera que los métodos de moldeo alternativos y los aglomerantes inorgánicos tienen un potencial prometedor para la minimización del impacto medioambiental de los procesos de moldeo y vaciado.

El vaciado, el enfriamiento y el desmoldeo generan emisiones de polvo, COV y otros productos orgánicos. La MTD consiste en aislar las instalaciones de vaciado y enfriamiento y proceder a la extracción de los gases en el caso de las instalaciones de vaciado en serie, y en aislar la maquinaria de desmoldeo y eliminar el polvo de las emisiones gaseosas por vía seca o húmeda.

Colada en moldes permanentes

Debido al carácter diferente del proceso, los problemas medioambientales que plantean los moldes permanentes exigen un enfoque distinto de las técnicas de los moldes desechables, siendo el agua el aspecto más destacado. Las emisiones a la atmósfera consisten en una neblina de aceite más que de productos de combustión y polvo, como en los otros procesos. Por eso, las MTD se centran en medidas preventivas para reducir el consumo de agua y agentes de desmoldeo. Las MTD se centran en tratar el agua que se escurre o se filtra mediante el uso de colectores de aceite y la destilación, la evaporación en vacío o la degradación biológica. Si las medidas de prevención de neblinas de aceite no permiten que una fundición alcance el nivel de emisiones propio de las MTD, deberá recurrirse a campanas extractoras y a la precipitación electrostática para recoger los gases de las máquinas de fundición a alta presión (HPDC).

Las MTD para las preparaciones de arena aglomerada químicamente son análogas a las mencionadas para la colada en moldes desechables. Para la arena usada hay que encerrar la

unidad de extracción de machos y tratar los gases de salida eliminando el polvo en seco o por lavado. Si existe un mercado local, la arena de la extracción de machos se destinará al reciclado.

Niveles de emisión de las MTD

Las MTD indicadas anteriormente dan los siguientes niveles de emisión:

Actividad	Tipo	Parámetro	Nivel de emisión (mg/Nm ³)
Acabado de las piezas		Polvo	5 – 20
Fundición de metales ferrosos	Todos	Polvo ⁽¹⁾	5 – 20
		PCDD/PCDF	? 0.1 ng TEQ/Nm ³
	Hornos de cubilote de tiro caliente	CO	20 – 1000
		SO ₂ NO _x	20 – 100 10 – 200
	Hornos de cubilote de tiro frío	SO ₂	100 – 400
		NO _x NM - VOC	20 – 70 10 – 20
	Hornos de cubilote sin coque	NO _x	160 – 400
Fundición de metales no ferrosos	Horno de arco eléctrico	NO _x	10 – 50
		CO	200
	Horno rotatorio	SO ₂	70 – 130
		NO _x	50 – 250
		CO	20 – 30
	Todos	Polvo	1 – 20
	Fundición de aluminio	Cloro	3
Colada en moldes desechables	Horno de cuba para Al	SO ₂	30 – 50
		NO _x	120
		CO	150
		VOC	100 – 150
	Horno Martin para Al	SO ₂	15
		NO _x	50
		CO	5
		TOC	5
Colada en moldes permanentes	Todos	Polvo	5 – 20
		Amina	5
	Unidades de regeneración	SO ₂ NO _x	120 150
Colada en moldes permanentes	Todos	Polvo	5 - 20
		Neblina de aceite medida en C total C	5 - 10

(1) El nivel de emisiones de polvo depende de los componentes del polvo - como metales pesados y dioxinas - y de su flujo de masa.

Emisiones a la atmósfera relacionadas con las MTD de las diferentes actividades de la fundición

Todos los niveles de emisión se dan como media del período de medición practicable. Siempre que es practicable un seguimiento continuo, se utiliza una media diaria. Las emisiones a la atmósfera se basan en condiciones estándar, es decir: 273 K, 101,3 kPa y gas seco.

Aunque los documentos de referencia sobre las MTD no establecen normas legalmente vinculantes, aportan información orientativa para uso de la industria, los Estados miembros y el público sobre los niveles de consumo y emisión alcanzables mediante determinadas técnicas.

Los valores límite adecuados para cualquier caso concreto tendrán que fijarse teniendo en cuenta los objetivos de la Directiva IPPC y las circunstancias locales.

Técnicas emergentes

Se consideran técnicas emergentes algunas nuevas técnicas de minimización del impacto medioambiental que están todavía en la fase de investigación y desarrollo o bien en la de entrada en el mercado. En el capítulo 6 se comentan cinco de estas técnicas, a saber: el uso de materiales de baja combustión en la fundición en hornos de cubilote, el reciclado de polvo de filtros que lleva metales, la recuperación de aminas mediante la permeación de emisiones gaseosas, el rociado separado de agentes de desmoldeo y agua en la fundición a presión de aluminio, y el uso de material aglomerante inorgánico para la fabricación de machos. Ésta última técnica fue destacada especialmente por el Grupo de Trabajo Técnico por considerarla prometedora, aunque el carácter limitado de las pruebas realizadas y de su aplicación impide todavía tenerla en cuenta para su selección como MTD.

Observaciones finales sobre el intercambio de información

Intercambio de información

El documento BREF se basa en más de 250 fuentes de información. Los centros de investigación sobre la fundición han aportado una parte importante de esta información y han desempeñado un papel activo en su intercambio. Las notas sobre las MTD de los diferentes Estados miembros dieron una base firme al intercambio de información. La mayor parte de los documentos aportados en el intercambio de información trataban de los procesos y técnicas aplicados en las fundiciones de metales ferrosos. Durante toda la redacción del BREF los procesos de los metales no ferrosos han estado subrepresentados, lo cual se manifiesta en un menor nivel de detalle en las conclusiones sobre las MTD para las fundiciones de metales no ferrosos.

Nivel de consenso

Se ha llegado a un buen nivel de consenso acerca de las conclusiones y no se han registrado opiniones discrepantes. La representación de la industria añadió un comentario en el que expresaba sus dudas sobre la facilidad de aplicación de medidas secundarias para la disminución de las dioxinas.

Recomendaciones para el trabajo futuro

El intercambio de información y el resultado de este intercambio, es decir, este documento, constituyen un importante paso adelante para conseguir la prevención y el control integrados de la contaminación en el sector de la fundición. Podría continuarse trabajando con este fin centrándose en la recogida y evaluación de información no aportada durante el actual intercambio. Concretamente, los futuros trabajos podrían abordar más detalladamente los siguientes temas:

- *Técnicas de disminución de COV:* Se necesitan datos e información sobre los métodos aplicados para la captura y el tratamiento, de manera eficiente, de gases de escape cargados de COV. En este sentido, el uso de materiales aglomerantes y de revestimiento alternativos puede resultar una medida preventiva importante.
- *Tratamiento de aguas residuales:* Se necesitan datos de una gama amplia de sistemas de tratamiento de aguas en las fundiciones, que deberían también mostrar los niveles de emisión en relación con los insumos y las técnicas de tratamiento aplicadas.
- *Fundición de metales no ferrosos:* En este documento, se presentan los datos sobre emisiones de las fundiciones de metales no ferrosos sólo para algunas instalaciones determinadas. Se necesita información más completa sobre las emisiones de las fundiciones de metales no ferrosos, tanto sobre las guiadas como sobre las fugitivas. Esta información debería basarse en las prácticas de trabajo y expresarse tanto en niveles de emisión como en flujos de masas.

- *Datos económicos relacionados con las MTD:* Falta información económica sobre muchas de las técnicas presentadas en el capítulo 4. Esta información tiene que recogerse a partir de los proyectos en los que se aplican estas técnicas.

Temas propuestos para proyectos de I+D

El intercambio de información también ha puesto de manifiesto algunos campos en los que podrían obtenerse otros conocimientos útiles a partir de proyectos de investigación y desarrollo. Estos campos son los siguientes :

- *Control y disminución de dioxinas:* Es necesario comprender mejor la influencia de los parámetros de los procesos en la formación de dioxinas. Para ello, hay que controlar las emisiones de dioxinas en diferentes instalaciones y en condiciones distintas. Además, hay que investigar hasta qué punto son útiles y efectivas las medidas secundarias para la reducción de dioxinas en el sector de la fundición.
- *Emisiones de mercurio:* La elevada volatilidad del mercurio puede provocar emisiones gaseosas, que no están relacionadas con el polvo. Con miras a la aplicación de una política europea sobre las emisiones de mercurio, hay que llevar a cabo investigaciones sobre las emisiones de mercurio a partir de los procesos de fusión en general y de las fundiciones de metales no ferrosos en particular.
- *Los quemadores de oxigas y su empleo en los hornos de cubilote:* El Grupo de Trabajo Técnico informó de que se cuenta con nuevas aplicaciones derivadas de la investigación en curso. Aquí existe un margen para más trabajos de investigación y desarrollo, a fin de perfeccionar esta técnica hasta un nivel que permita su ulterior difusión.