

Fabricación aditiva



Horno de retorta NR 150/11 para el recocido para eliminar tensiones de piezas metálicas después de la impresión 3D



Estufas de secado TR 240 para secar polvos



Secador de cámara KTR 2000 para endurecer aglomerantes después de la impresión 3D



Horno tubular compacto para la sinterización o el recocido para eliminar tensiones después de la impresión 3D en atmósfera de gas protector o en vacío.



HT 160/17 DB200 para la desaglomeración y la sinterización de cerámicas después de la impresión 3D

La fabricación aditiva permite la transformación directa de archivos de construcción en objetos plenamente operativos. Por medio de la impresión 3D se fabrican capa a capa objetos de metal, plástico, cerámica, vidrio, arena u otros materiales hasta que adopten su forma definitiva.

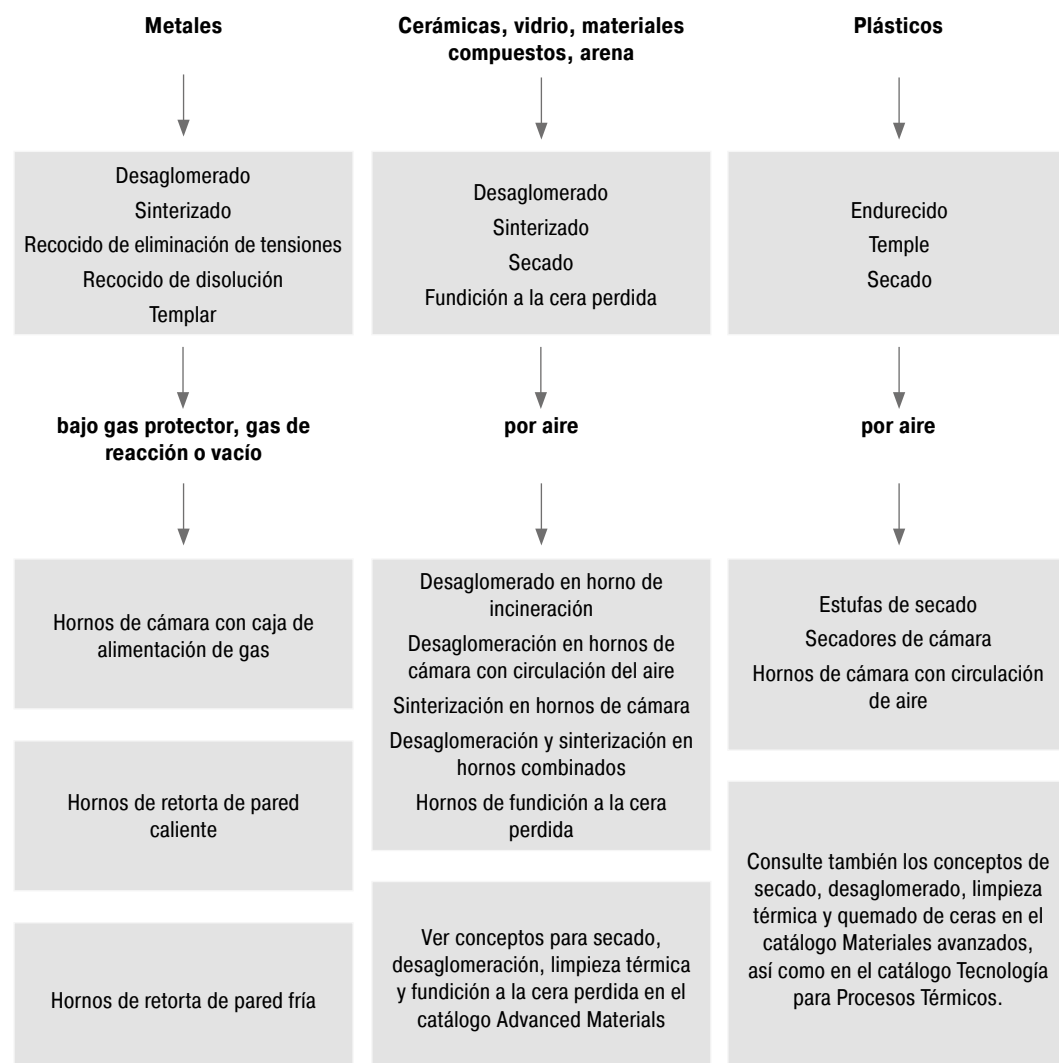
Dependiendo del material, las capas se unen entre ellas por medio de un sistema de aglomeración o mediante tecnología láser.

Muchos procedimientos de la fabricación aditiva requieren un posterior tratamiento térmico de los componentes fabricados. Los requisitos que deben cumplir los hornos para el tratamiento térmico dependen del material del componente, de la atmósfera en el horno y, por supuesto, también del procedimiento de fabricación aditiva.

Además de la correcta selección del horno y de los parámetros de proceso, también los procesos anteriores al tratamiento térmico influyen en el resultado global. Un factor decisivo para una buena calidad de la superficie es, entre otras cosas, la limpieza adecuada de los componentes antes del tratamiento térmico.

Esto es especialmente importante para los procesos que se realizan al vacío o en hornos con una elevada exigencia de un bajo contenido de oxígeno residual. Las más pequeñas fugas o contaminaciones pueden provocar un resultado deficiente. Por este motivo, es imprescindible mantener la limpieza y el mantenimiento regulares del horno.

En la fabricación aditiva se distingue básicamente entre procedimientos de impresión sin y con aglomerantes. Dependiendo del procedimiento de fabricación se utilizan diferentes tipos de horno, para el posterior tratamiento térmico.



Sistemas sin aglomerantes

En la fabricación aditiva sin aglomerantes, los componentes se fabrican en la mayoría de los casos con el procedimiento de fusión por láser con base de polvo en una plataforma de impresión. Ya se han establecido otros procesos de fabricación en el mercado que también requieren el correspondiente tratamiento térmico tras el proceso de producción.

Las siguientes tablas muestran los materiales típicos y los tamaños de las plataformas de construcción disponibles en el mercado, de sistemas basados en láser, con recomendaciones para los tamaños de horno con sus correspondientes temperaturas y atmósferas necesarias en el horno.

Componentes de aluminio

El tratamiento térmico de aluminio se realiza normalmente al aire, a temperaturas entre 150 °C y 450 °C.

Debido a la muy buena homogeneidad de la temperatura, los hornos de cámara con circulación de aire son aptos para procesos como p.ej. el revenido, la precipitación, el recocido para eliminar tensiones o el precalentamiento.

Ejemplos para tamaños máximos de plataformas de construcción	Hornos de cámara con circulación de aire véase página 42 hasta 450 °C ¹
210 x 210 mm	NA 30/45
280 x 280 mm	NA 60/45
360 x 360 mm	NA 120/45
480 x 480 mm	NA 250/45
600 x 600 mm	NA 500/45

¹también disponible hasta 650 °C y 850 °C



Componente impreso de aluminio, sometido a tratamiento térmico en el modelo N 250/85 HA (fabricante CETIM CERTEC en plataforma SUPCHAD)



Horno de cámara con circulación de aire NA 250/45 para tratamiento térmico al aire

Componentes de aceros finos o titanio

El tratamiento térmico de algunos aceros finos o titanio se realiza frecuentemente a temperaturas inferiores a 850 °C en atmósfera de gases protectores.

El uso de una caja de gasificación con la correspondiente alimentación de gas de proceso, permite convertir a un horno estándar en un horno con gas protector. Dependiendo del tipo del gas de proceso, la tasa de lavado previo, la tasa de lavado de proceso y del estado de la caja se pueden alcanzar contenidos de oxígeno residual de hasta 100 ppm.

Los hornos de cámara con circulación de aire que se indican a continuación con caja de gasificación, presentan un margen de temperatura de trabajo de entre 150 °C y 850 °C. Si la caja de gasificación se extrae del horno, también se pueden someter a un tratamiento térmico componentes de aluminio o acero.

Ejemplos para tamaños máximos de plataformas de construcción	Hornos de cámara con circulación de aire véase página 42 hasta 850 °C con caja de gasificación
100 x 100 mm	N 30/85 HA
200 x 200 mm	N 60/85 HA
280 x 280 mm	N 120/85 HA
400 x 400 mm	N 250/85 HA
550 x 550 mm	N 500/85 HA

Los modelos indicados en las tablas superiores solo representan algunos de los muchos ejemplos.



Horno de cámara con circulación de aire N 250/85 HA con caja de gasificación para tratamiento térmico en atmósfera de gas protector



Horno de retorta de pared caliente NRA 150/09 para tratamiento térmico en atmósfera de gas protector

En materiales delicados como, por ejemplo, el titanio es posible que, debido al contenido de oxígeno residual en la caja de gasificación, se produzca una oxidación en el componente.

En estos casos se utilizan hornos de retorta de pared caliente con una temperatura máxima de 900 °C o de 1100 °C. Estos hornos herméticos de retorta son ideales para los procesos de tratamiento térmico que requieren una atmósfera definida de gas protector o reactivo. Los modelos compactos también se pueden diseñar para el tratamiento térmico al vacío hasta 600 °C. Con estos hornos se reduce claramente el riesgo de oxidación en el componente.

Ejemplos para tamaños máximos de plataformas de construcción	Hornos de retorta de pared caliente véase página 14
200 x 200 mm	NR 20/11 y NR(A) 17/..
300 x 300 mm	NR 80/11 y NR(A) 50/..
300 x 500 mm	NR 80/11 y NR(A) 75/..
400 x 400 mm	NR 160/11 y NR(A) 150/..
400 x 800 mm	NR 160/11 y NR(A) 300/..



Barras de tracción de titanio después del tratamiento térmico en el modelo NR 50/11 en atmósfera de argón

Para procesos en atmósfera de gases protectores por encima de 1100 °C o al vacío por encima de 600 °C se utilizan hornos de retorta de pared fría.

Ejemplos para tamaños de plataformas de construcción	Hornos de retorta de pared fría ¹ véase página 22
100 x 100 mm	VHT 8/..
250 x 250 mm	VHT 40/..
350 x 350 mm	VHT 70/..
400 x 400 mm	VHT 100/..

¹Disponible con elementos calefactores de distintos materiales y para distintas temperaturas máximas del horno

Componentes de Inconel o cobalto-cromo

El tratamiento térmico de materiales como Inconel y cobalto-cromo se realiza normalmente a temperaturas superiores a 850 °C hasta temperaturas de 1100 °C a 1150 °C. Para estos procesos se pueden emplear diferentes familias de hornos. En muchos casos son suficientes los hornos de cámara de las series de construcción LH .. o NW .. con caja de gasificación insertada que ofrecen una excelente relación calidad/precio. Ambos grupos de hornos resultan aptos para temperaturas entre 800 °C y 1100 °C.

Ejemplos para tamaños de plataformas de construcción	Horno de cámara véase página 30 y 34 hasta 1100 °C con caja de gasificación
100 x 100 mm	LH 30/12
250 x 250 mm	LH 120/12
400 x 400 mm	LH 216/12
420 x 520 mm	NW 440
400 x 800 mm	NW 660



Horno de retorta de pared fría VHT 100/12-MO para procesos en alto vacío



Horno de cámara LH 60/12 con caja de gasificación para tratamiento térmico en atmósfera de gas protector

Sistemas con aglomerantes

En el procedimiento de impresión 3D se utilizan aglomerantes orgánicos que se van evaporando durante el tratamiento térmico. Las impresiones, pueden ser p.ej. de cerámica, metal, vidrio o arena. Dependiendo de la cantidad de evaporación se utilizan hornos con distintos sistemas de seguridad para desaglomerar y sinterizar.

En las páginas 10 y 11 se presentan los distintos conceptos en una tabla de selección y se explican en las páginas siguientes.

Tamaños de espacios de impresión hasta (anch.x prof.x alt.)	Hornos de desaglomerar ¹ ver el catálogo Advanced Materials	Hornos de sinterizar ² ver el catálogo Advanced Materials
100 x 100 x 100 mm	L 9/11 BO	LHT 4/16
200 x 200 x 150 mm	L 9/11 BO	HT 40/16
300 x 400 x 150 mm	L 40/11 BO	HT 64/17

¹ Se deberán considerar los valores característicos de la desaglomeración como la cantidad máxima de material orgánico y la cuota de evaporación

² Los hornos están disponibles con diferentes temperaturas máx. de la cámara del horno

Desaglomerar y sinterizar en atmósfera de gas protector o reactivo, o al vacío

Para proteger contra la oxidación los componentes metálicos que se han sometido a un procedimiento de impresión por medio de un sistema con aglomerantes, los dos pasos de proceso “desaglomerar” y “sinterizar” se realizan bajo la exclusión del oxígeno.

La desaglomeración se realiza en función del material y del sistema de aglomerante, o bien en atmósfera de un gas protector no inflamable (IDB), en atmósfera de hidrógeno (H₂) o también de forma catalítica en una mezcla de ácido nítrico y nitrógeno. Se utilizan sistemas de seguridad adaptados para garantizar que estos procesos se desarrollen de forma segura.

La tabla muestra ejemplos de hornos que se pueden equipar con la tecnología de seguridad correspondiente. El horno de retorta de pared caliente, se puede usar como horno de desaglomerar y el horno de retorta de pared fría como horno de sinterizar. Dependiendo de la aplicación también es posible utilizar el mismo horno para ambos procesos.

Tamaños de espacios de impresión hasta (anch.x prof.x alt.)	Horno de retorta de pared caliente ¹ véase página 14	Horno de retorta de pared fría ^{2,3} véase página 22
100 x 180 x 120 mm	NRA 17/..	VHT 8/..
180 x 320 x 170 mm	NRA 17/..	VHT 25/..
230 x 400 x 220 mm	NRA 50/..	VHT 40/..
300 x 450 x 300 mm	NRA 50/..	VHT 70/..
400 x 480 x 400 mm	NRA 150/..	VHT 100/..

¹ Véanse los sistemas de seguridad en la página 16 y 19, véanse las temperaturas máximas en la cámara del horno en la página 14

² Disponible con elementos calefactores de distintos materiales y para distintas temperaturas máximas del horno

³ Con cámara de proceso para el desaglomerado residual



Horno de mufa L 40/11 BO con sistema de seguridad pasiva y postcombustión integrada para la desaglomeración térmica al aire



Horno de alta temperatura HT 64/17 DB100 con sistema de seguridad pasiva para la desaglomeración y la sinterización al aire



Horno de retorta NRA 40/02 con armario para bomba de ácido