

Additive Manufacturing, Stampa 3D



Forno a storta NR 150/11 per la distensione di componenti in metallo dopo la stampa 3D



Essiccatore ad armadio TR 240 per l'essiccamento delle polveri



Essiccatore a camera KTR 2000 per polimerizzazione del legante dopo la stampa 3D



Forno tubolare compatto per la sinterizzazione o la distensione dopo la stampa 3D in gas inerte o sotto vuoto



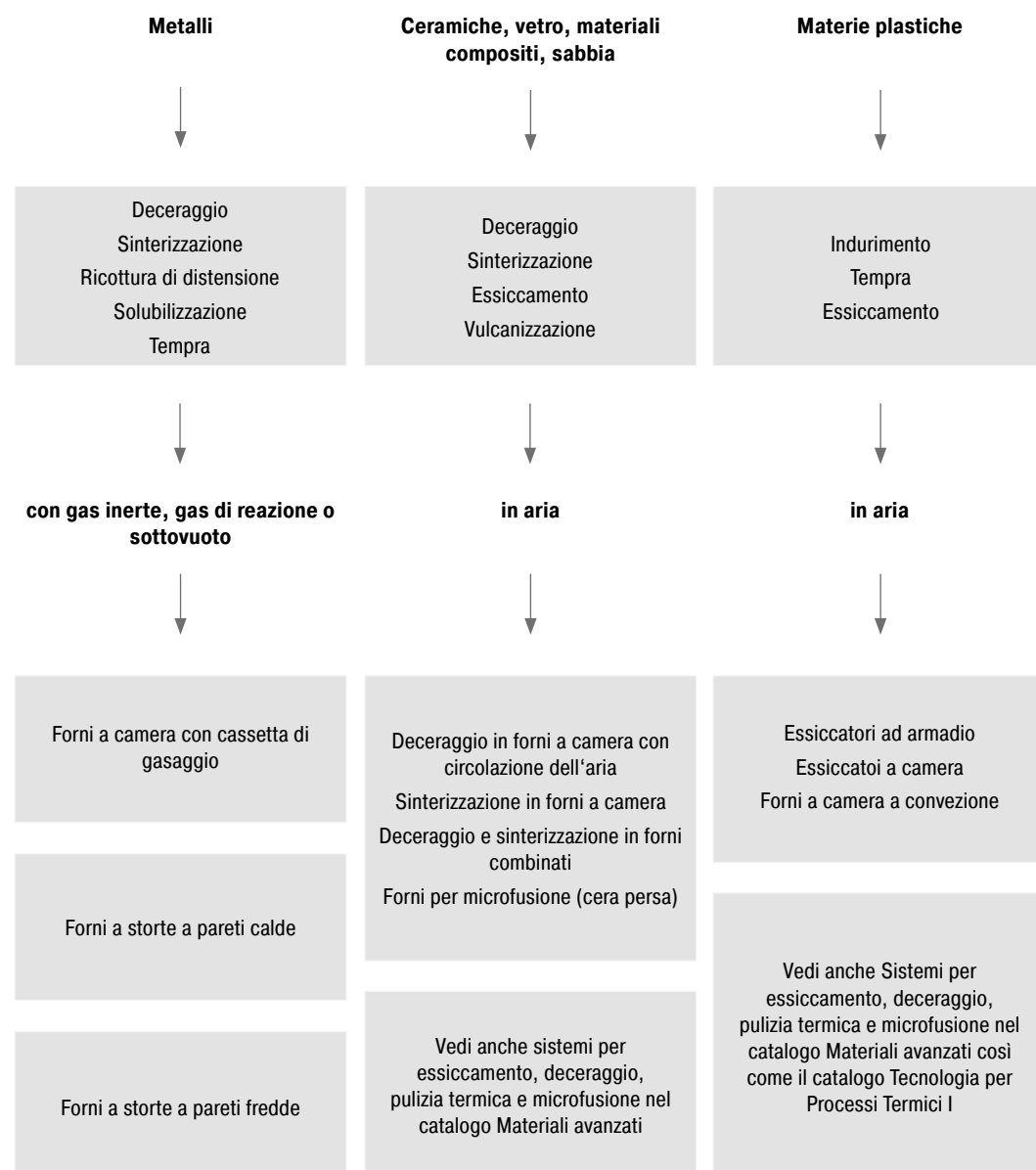
HT 160/17 DB200 per il deceraggio e la sinterizzazione delle ceramiche dopo la stampa 3D

Additive manufacturing consente di convertire direttamente files di progettazione in oggetti finiti completamente funzionali. Con le stampanti 3D, partendo da una massa di metallo, plastica, ceramica, vetro, sabbia o altri materiali, gli oggetti vengono creati strato dopo strato fino a raggiungere la loro forma definitiva.

A seconda del materiale, gli strati vengono tra loro collegati mediante un sistema legante o con la tecnologia laser.

Molti metodi di Additive Manufacturing richiedono un successivo trattamento termico dei componenti prodotti. I requisiti che i forni per il trattamento termico devono soddisfare dipendono dal materiale del componente, dalla temperatura di lavoro, dall'atmosfera presente nel forno e, naturalmente, dal processo di produzione additiva.

Nabertherm offre le soluzioni, dalla polimerizzazione del legante per mantenere la solidità del manufatto in verde fino alla sinterizzazione in forni a vuoto in cui gli oggetti di metallo sono sottoposti a distensione o sinterizzati.



Anche i processi eseguiti parallelamente o a monte dell'additive manufacturing richiedono l'impiego di un forno per ottenere le proprietà desiderate del prodotto, come ad esempio il trattamento termico o l'essiccamento della polvere.

Nella produzione additiva si fa distinzione tra metodi contenenti leganti e metodi senza leganti. A seconda del metodo di produzione, per il successivo trattamento termico si utilizzano tipi di forni diversi.

Oltre ai fattori sopra riportati, anche i processi a monte del trattamento termico incidono sul risultato complessivo. Un criterio decisivo per una buona qualità superficiale è tra l'altro anche la pulizia a regola d'arte dei componenti prima del trattamento termico.

Ciò vale anche per i processi che si svolgono sottovuoto o in forni che devono avere un basso contenuto di ossigeno residuo. Per questi forni è importante garantire una regolare pulizia e manutenzione. Bastano perdite o impurità minime per determinare un risultato non adeguato.



Componente stampato in alluminio, sottoposto a trattamento termico nel modello N 250/85 HA (fabbricante CETIM CERTEC su piattaforma SUPCHAD)

Sistemi senza legante

Nella produzione additiva senza leganti i componenti vengono in genere fabbricati con il procedimento di fusione laser.

Nelle tabelle seguenti figurano materiali e piattaforme di costruzione normalmente disponibili sul mercato per sistemi laser con proposte relative alle dimensioni del forno per la temperatura e l'atmosfera necessarie nel forno.

Componenti in alluminio

Il trattamento termico dell'alluminio si svolge in genere all'aria, a temperature comprese tra 150 °C e 450 °C.

Data l'ottima uniformità della temperatura, i forni a camera a convezione sono indicati per processi come ad esempio il rivestimento, l'invecchiamento artificiale, la distensione o il preriscaldamento.

Esempi per max. Dimensioni piattaforma di costruzione	Per i forni a camera a convezione vedi pagina 60 fino a 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

¹Disponibile anche per 650 °C e 850 °C

Componenti in acciai inox o titanio

Il trattamento termico di alcuni acciai inox o del titanio si svolge in genere a temperature inferiori a 850 °C in atmosfera di gas inerte.

Utilizzando una cassetta di gasaggio con corrispondente alimentazione di gas di processo è possibile modificare un forno standard in forno a gas inerte. A seconda del gas di processo, della velocità di prelavaggio, della velocità di lavaggio e dello stato della cassetta è possibile ottenere contenuti di ossigeno residuo inferiori a 100 ppm.

I forni a camera a convezione con cassetta di gasaggio di seguito indicati hanno un campo di temperatura compreso tra 150 °C e 850 °C. Se la cassetta di gasaggio viene rimossa dal forno, è possibile sottoporre a trattamento termico all'aria anche componenti in alluminio.

Esempi per max. Dimensioni piattaforma di costruzione	Per i forni a camera a convezione vedi pagina 60 fino a 850 °C con cassetta di gasaggio
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



Forno a camera a convezione NA 250/45 per trattamento termico all'aria



Forno a camera a convezione N 250/85 HA con cassetta di gasaggio per trattamenti termici in atmosfera di gas inerte



Forno a storte a pareti calde NRA 150/09 per trattamenti termici in atmosfera di gas inerte.

Nel caso di materiali sensibili, come ad esempio il titanio, è possibile che, a causa del contenuto di ossigeno residuo nella cassetta di gasaggio, si verifichi un'ossidazione del componente.

In questi casi vengono impiegati forni a storte a pareti calde con una temperatura massima di 950 °C o 1100 °C. Questi forni a storte a tenuta di gas sono particolarmente indicati per processi di trattamento termico che richiedono un'atmosfera definita in gas inerte o di reazione. Questi modelli compatti possono essere progettati anche per il trattamento termico sottovuoto fino a 600 °C. Con questi forni si riduce notevolmente il rischio di ossidazione del componente.

Esempi per max. Dimensioni piattaforma di costruzione	Forni a storte a pareti calde vedi pagina 16
180 x 180 mm	NR(A) 17/..
280 x 280 mm	NR(A) 50/..
400 x 400 mm	NR(A) 150/..



Tiranti in titanio dopo il trattamento termico nel NR 50/11 in atmosfera di argon



Forno a camera a convezione LH 60/12 HA con cassetta di gasaggio per trattamenti termici in atmosfera di gas inerte

Componenti in Inconel o cromo-cobalto

Il trattamento termico di materiali come Inconel e cromo-cobalto si svolge in genere a temperature superiori a 850 °C fino a temperature di 1100 °C - 1150 °C. Per questi processi è possibile utilizzare diversi tipi di forno. In molti casi bastano i forni a camera della serie LH .. o NW .. con cassetta di gasaggio inserita, che offrono un ottimo rapporto qualità/prezzo. Entrambi i gruppi di forni sono indicati per temperature comprese tra 800 °C e 1100 °C.

Esempi per Dimensioni piattaforma di costruzione	Per i forni a camera vedi pagina 54 e 58 fino a 1100 °C con cassetta di gasaggio
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



Forno a storte a pareti fredde VHT 100/12-MO per processi in alto vuoto

Per i processi in gas inerte oltre 1100 °C o sottovuoto oltre 600 °C si utilizzano i forni a storte a pareti fredde.

Esempi per Dimensioni piattaforma di costruzione	Forni a storte a pareti fredde vedi pagina 26
100 x 100 mm	VHT 8/12-MO
250 x 250 mm	VHT 40/12-MO
400 x 400 mm	VHT 100/12-MO

Sistemi con legante

Nella stampa a polvere si utilizzano leganti organici che evaporano durante il trattamento termico. I componenti possono essere ad esempio in ceramica, metallo, vetro o sabbia. In base alla quantità di evaporazione si utilizzano per il deceraggio e la sinterizzazione forni con sistemi di sicurezza graduati.

Deceraggio e sinterizzazione all'aria

Questa tabella mostra esempi di forni con corrispondente tecnica di sicurezza per il deceraggio in aria e i forni di sinterizzazione idonei per temperature elevate, indicati ad esempio per la sinterizzazione di molte ceramiche a base di ossido.

Dimensioni piattaforma di costruzione fino a	Forni di deceraggio ¹ vedi il catalogo Materiali Avanzati	Forni di sinterizzazione ² vedi il catalogo Materiali Avanzati
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 Rispettare i valori caratteristici per deceraggio come quantità organica massima e tasso di evaporazione

² I forni sono disponibili con diverse temperature massime della camera del forno



Forno a muffola L 40/11 BO con sistema di sicurezza passivo e postcombustione integrata per il deceraggio termico all'aria

Deceraggio e sinterizzazione in gas inerte o di reazione o sottovuoto

Per proteggere dall'ossidazione i componenti metallici che vengono stampati con un sistema contenente solventi, entrambi i processi di deceraggio e sinterizzazione vengono realizzati in assenza di ossigeno.

In base al materiale e al sistema di legante, il deceraggio si svolge in un gas inerte non infiammabile (IDB), in idrogeno (H₂) o anche con processo catalitico in una miscela di acido nitrico e azoto. Per garantire processi sicuri si utilizzano sistemi di sicurezza specifici.

La tabella mostra esempi di forni che possono essere equipaggiati di una tecnica di sicurezza adeguata. Il forno a storte a pareti calde funge da forno di deceraggio mentre il forno a storte a pareti fredde è utilizzato come forno di sinterizzazione. A seconda dell'impiego è a volte possibile utilizzare un forno per entrambi i processi.

Dimensioni piattaforma di costruzione fino a	Forno a storte a pareti calde ¹ vedi pagina 16	Forno a storte a pareti fredde vedi pagina 26
150 x 150 x 150 mm	NRA 17/09	VHT 8/16-MO
300 x 300 x 300 mm	NRA 50/09	VHT 40/16-MO
400 x 400 x 400 mm	NRA 150/09	VHT 100/16-MO

¹ Per i sistemi di sicurezza vedi pagina 18

² Componenti senza legante residuo. Nel caso di bassi contenuti di legante residuo si consiglia una cassetta di processo



Forno ad alta temperatura HT 64/17 DB100 con sistema di sicurezza passivo per il deceraggio e la sinterizzazione all'aria

I modelli indicati nella tabella rappresentano solo alcuni esempi.