

Аддитивное производство



Ретортная печь NR 150/11, предназначена для отжига металлических деталей для снятия напряжений после 3D-печати



Сушильный шкаф TR 240 для сушки порошков



Сушильные камеры KTR 2000 для отверждения связующих веществ после 3D-печати



Компактная трубчатая печь для спекания или отжига со снятием напряжений после 3D-печати в среде защитного газа или вакуума



НТ 160/17 DB200 для удаления вязущих присадок и спекания керамических изделий после 3D-печати

Аддитивное производство позволяет осуществлять прямое преобразование файлов с данными конструкции в функциональные объекты. С помощью 3D-печати такие материалы, как металл, пластик, керамика, стекло, песок и т. д. обрабатываются пошагово до получения готового изделия.

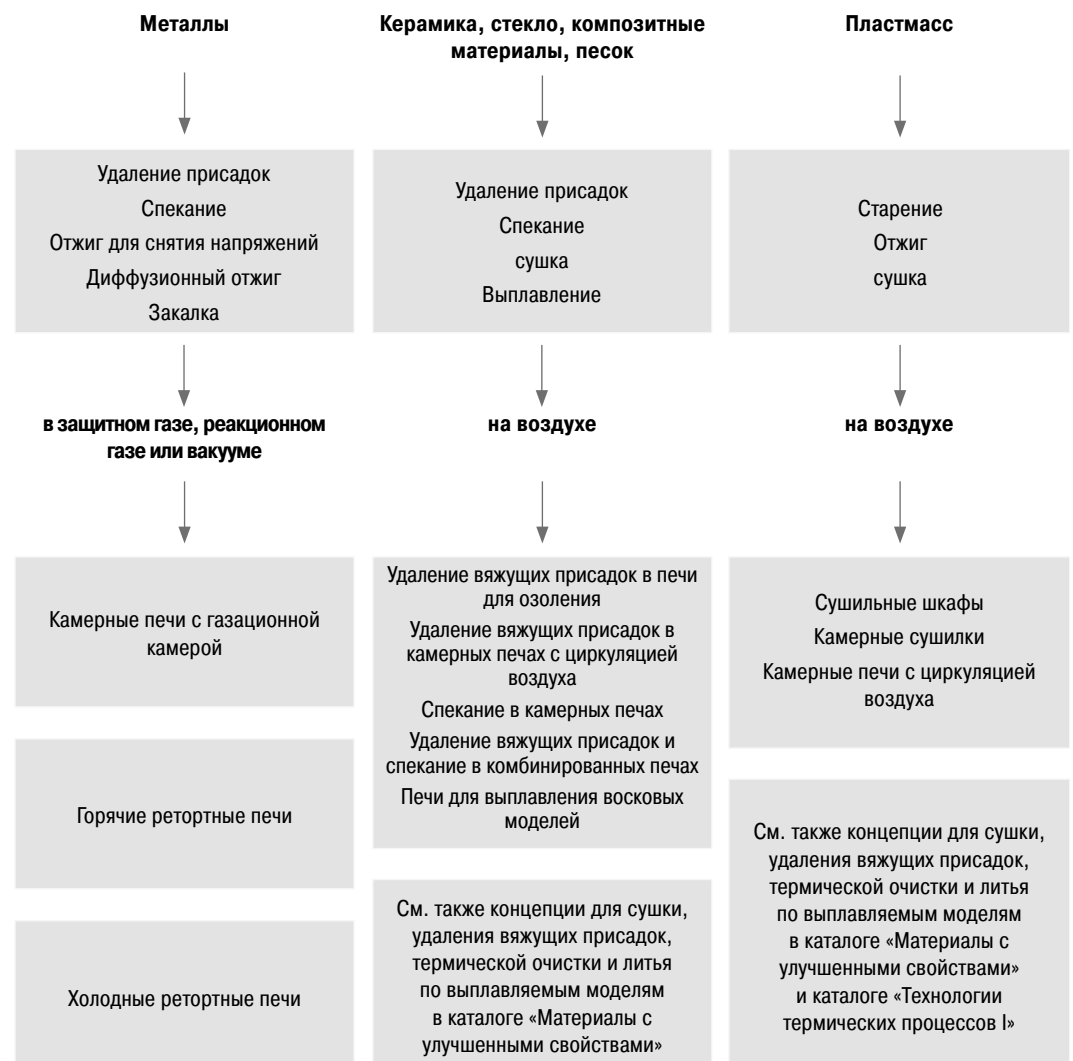
В зависимости от материала слои соединяются друг с другом при помощи связующей системы или лазерных технологий.

Многие технологии аддитивного производства требуют последующей термической обработки изготовленных деталей. Требования к печам для термической обработки зависят от материала заготовки, рабочей температуры среды в печи и, конечно, от технологии аддитивного производства.

Наряду с правильным выбором печи и параметров процесса, большое влияние на общий результат оказывают также предшествующие термообработке процессы. Решающим критерием для хорошего качества поверхности является, помимо прочего, качественная очистка деталей перед их тепловой обработкой.

В частности, это важно для процессов, выполняемых в условиях вакуума или в печах, которые предъявляют высокие требования к низкому содержанию остаточного кислорода. Даже минимальные утечки или загрязнения могут привести к неприемлемым результатам. По этой причине не следует пренебрегать регулярной очисткой и техническим обслуживанием печи.

В технологии аддитивного производства, как правило, различают способ печати без вяжущих и с вяжущими присадками. В зависимости от способа изготовления для последующей тепловой обработки используются печи разного типа.



Системы без вяжущих

В аддитивном производстве без использования вяжущих присадок изготовление деталей в большинстве случаев происходит по технологии лазерной плавки.

Аддитивное производство не ограничивается технологией лазерной плавки. В настоящее время на рынке приобрели известность и другие способы производства, которые также требуют соответствующей термической обработки после производственного процесса.

В приводимых ниже таблицах представлены обычные материалы и конструкционные размеры лазерных систем с рекомендациями по выбору размеров печей с учетом требуемой температуры обработки и рабочей атмосферы внутри печи.

Детали из алюминия

Тепловая обработка алюминия, как правило, происходит в воздушной среде в температурном диапазоне 150 °C - 450 °C.

Благодаря очень хорошей однородности температуры камерные печи с циркуляцией воздуха подходят для таких процессов, как отпуск, отверждение, снятие остаточного напряжения или предварительный подогрев.

Примеры макс. размеров строительных платформ	Камерные печи с циркуляцией воздуха, см. страницу 42 до 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

¹ также предлагается в исполнениях 650 и 850 °C

Детали из высококачественных сталей или титана

Тепловая обработка некоторых высококачественных сталей или титана часто происходит при температуре ниже 850 °C в атмосфере защитного газа.

Благодаря использованию газационного короба с соответствующим подводом технологического газа обычная печь может быть дооснащена до печи с защитной газовой атмосферой. В зависимости от вида технологического газа, предварительного насыщения, рабочего насыщения и состояния короба содержание остаточного кислорода может достигать до 100 ppm.

Упомянутые далее камерные печи с циркуляцией воздуха с установленным газационным коробом имеют температурный диапазон от 150 °C до 850 °C. При извлечении газационного короба из печи также возможна тепловая обработка деталей из алюминия или стали в воздушной среде.

Примеры макс. размеров строительных платформ	Камерные печи с циркуляцией воздуха, см. страницу 42 до 850 °C с газационным коробом
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

Указанные в таблицах модели представляют лишь некоторые примеры печей.



Печатная деталь из алюминия, с тепловой обработкой в модели N 250/85 HA (изготовитель CETIM CER-TEC на платформе SUPCHAD)



Камерная печь с циркуляцией воздуха NA 250/45 для тепловой обработки в воздушной среде



Камерная печь с циркуляцией воздуха N 250/85 HA с газационным коробом для тепловой обработки в атмосфере защитного газа



Ретортная печь с горячей стенкой NRA 150/09 для тепловой обработки в атмосфере защитного газа

При работе с чувствительными материалами, например титана, возможно окисление детали остаточным кислородом в газационном коробе.

В этих случаях используются ретортные печи с горячей стенкой с максимальной температурой 900 °C или 1100 °C. Эти газонепроницаемые ретортные печи оптимально подходят для процессов тепловой обработки, которые требуют наличия определенной атмосферы с защитным или реакционным газом. Для тепловой обработки в условиях вакуума до 600 °C также предлагаются компактные модели. При использовании этих печей опасность окисления детали заметно ниже.

Примеры макс. размеров строительных платформ	Ретортные печи с горячей стенкой см. страницу 14
200 x 200 mm	NR 20/11 и NR(A) 17/..
300 x 300 mm	NR 80/11 и NR(A) 50/..
300 x 500 mm	NR 80/11 и NR(A) 75/..
400 x 400 mm	NR 160/11 и NR(A) 150/..
400 x 800 mm	NR 160/11 и NR(A) 300/..



Растянутые стержни из титана после тепловой обработки в NR 50/11 в среде аргона



Ретортная печь VHT 100/12-MO с холодной стенкой для процессов в условиях высокого вакуума

Для процессов в среде защитного газа выше 1100 °C или в вакууме выше 600 °C используются ретортные печи с холодной стенкой.

Примеры размеров строительных платформ	Ретортные печи с холодной стенкой ¹ см. страницу 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/..

¹Предлагается с различными материалами нагревателя и максимальными температурами печного пространства



Камерная печь LH 60/12 с газационным коробом для тепловой обработки в атмосфере защитного газа

Детали из инконеля или кобальт-хрома

Тепловая обработка таких материалов, как инконель и кобальт-хром, как правило, происходит при температуре выше 850 °C (вплоть до 1100 °C - 1150 °C). Для этих процессов могут использоваться печи разных серий. Во многих случаях достаточно использования камерных печей серии LH .. или NW .. с установленным газационным коробом, которые выгодно отличаются превосходным соотношением цены и мощности. Обе группы печей предназначены для температуры от 800 °C до 1100 °C.

Примеры размеров строительных платформ	Камерная печь, см. страницы 30 и 34 до 1100 °C с газационным коробом
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

Системы с вяжущими

По технологии изготовления деталей печатанием используются органические вяжущие, которые испаряются в ходе тепловой обработки. Детали могут изготавливаться, например, из керамики, металла, стекла или песка. В зависимости от количества испаряемого материала используются печи с отдельными системами обеспечения безопасности для удаления вяжущих и спекания.

На страницах 10 и 11 показаны различные концепции в матрице принятия решений, которые затем поясняются на следующих страницах.

Размеры конструктивного пространства до (шхгхв)	Печи с функцией очистки ¹ см. каталог Advanced Materials	Агломерационные печи ² см. каталог 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 Соблюдайте параметры очистки, такие как макс. количество органических материалов, скорость испарения

² Печи предлагаются в исполнениях с различной макс. температурой печного пространства



Муфельная печь L 40/11 BO с пассивной системой безопасности и встроенной системой дожигания для тепловой очистки в воздушной среде



Высокотемпературная печь HT 64/17 DB100 с пассивной системой безопасности для очистки и спекания в воздушной среде

Удаление вяжущих присадок и спекание в среде защитного или реакционного газа или в вакууме

Для защиты металлических деталей, обрабатываемых печатанием с вяжущими, от окисления оба технологических этапа (удаление вяжущих и спекание) проводятся без кислорода.

Удаление вяжущих выполняется в зависимости от материала и системы вяжущих либо в среде негорючего защитного газа (IDB), в водородной среде (H₂), либо каталитическим способом в смеси из азотной кислоты и азота. Для безопасного выполнения этих процессов используются адаптированные предохранительные устройства.

В таблице представлены примеры печей, которые могут оснащаться подходящими предохранительными устройствами. При этом ретортная печь с горячей стенкой служит в качестве печи с функцией очистки, а ретортная печь с холодной стенкой – в качестве агломерационной печи. В зависимости от области применения в некоторых случаях также возможно использование одной печи для обоих процессов.

Размеры конструктивного пространства до (шхгхв)	Ретортная печь с холодной стенкой ¹ см. страницу 14	Ретортная печь с горячей стенкой ^{2,3} см. страницу 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 Системы безопасности – см. стр. 16 и 19, максимальные температуры печного пространства – см. стр. 14

² Предлагается с различными материалами нагревателя и максимальными температурами печного пространства

³ С цементационным ящиком для остаточного удаления вяжущих веществ



Ретортная печь NRA 40/02 CDB с приставным шкафом для кислотного насоса