

**Химикотермическая  
обработка деталей из  
порошковых  
материалов**

ХТО порошковых материалов, наряду с повышением поверхностной твердости и износостойкости, может способствовать также залечиванию поверхностных пор, что при небольшом увеличении массы изделия может существенно повысить весь комплекс её свойств.

Проведение ХТО порошковых сталей является весьма непростой задачей, особенно при обработке изделий, полученных методами холодного прессования и спекания и поэтому обладающих значительной остаточной пористостью. Объем и характер пористости оказывают существенное влияние на кинетику насыщения, поскольку диффузия атомов насыщающего элемента протекает не только с поверхности изделия, как это происходит при ХТО компактных сталей, но также (в случае открытой пористости) и с поверхности пор. Это приводит к увеличению глубины насыщения, а также к неоднородности слоя по химическому и фазовому составу, повышающейся с увеличением пористости изделий.

Цементацию проводили на образцах низкоуглеродистой порошковой стали, легированной медью, полученных прессованием смеси порошков чистых компонентов с последующим спеканием в конвейерной печи при температуре 1120 оС в атмосфере эндогаза. Спеченный материал содержал около 3 % меди и 0,2 % углерода и имел преимущественно ферритную структуру с участками перлита (20– 25 %). Плотность образцов составляла 6,4–6,5 г/см<sup>3</sup> (пористость около 18 %). Были опробованы различные варианты ХТО:

№ режима	Температура цементации, °С	Продолжительность цементации, час	Твердость после закали, НРА
1	950	2	41-50
2	930	2.5	45-57
3	930	3	50-56
4	930	3	60-74

№ режима	Температура цементации, °С	Продолжительность цементации, час	Твердость после закалики, HRA
1	950	2	41-50
2	930	2.5	45-57
3	930	3	50-56
4	930	3	60-74

Первый вариант (режимы 1 – 3) – цементация в проходной закалочной печи в засыпке из твердого карбюризатора при температурах 930–950 оС в течение 2–3 часов. После выдержки при температуре цементации образцы закаливали в воде.

Еще один вариант – двухстадийная обработка (режим 4). Первая стадия – цементация образцов при температуре 930 оС в течение 3-х часов, после чего образцы охлаждали сначала с печью до температуры 690 оС, затем – на воздухе до комнатной температуры. Далее детали подвергали закалке с температуры 820 оС в воде.

Цементирующая паста готовилась из инструментального масла (65.5 %), древесного угля (30 %) и карбоната натрия (4,5 %). Детали окунали в приготовленную суспензию, затем проводили термическую обработку в закалочной печи в атмосфере эндогаза. Температура в высокотемпературной зоне печи составляла 950 оС. Детали выдерживали при этой температуре в течение 15-20 минут, затем закаливали в холодной воде.

Такая обработка практически не дала желаемого результата для низкоуглеродистых материалов. Достаточный уровень твердости при таком способе обработки достигался только на материалах с повышенным до 0,4 % содержанием углерода в спеченных заготовках. После цементации и закалки такие образцы имели твердость на уровне 61–63 HRA. Микроструктура поверхностного слоя – бейнит с участками троостита и остаточного аустенита.

Еще один вид ХТО– нитроцементация, то есть одновременное насыщение поверхностного слоя деталей азотом и углеродом. Азот, проникая в сталь одновременно с углеродом, снижает температуру  $\alpha \leftrightarrow \gamma$ -превращения и способствует интенсивному науглероживанию стали при более низкой температуре, чем необходимо для цементации. Кроме того, азот ускоряет диффузию углерода в аустените. В связи с этим процесс нитроцементации можно проводить при температуре 840–870 оС, вполне подходящей для последующей закалки материала, так что закалку в этом случае можно проводить без охлаждения образцов, сразу из печи, в которой проводилось насыщение.

Кроме того, более низкая температура насыщения способствует уменьшению деформации деталей, что весьма существенно для порошковых деталей, которые, как правило, изготавливаются с окончательными размерами, без припусков на механическую обработку.

Было проведено исследование процесса нитроцементации образцов медистых и медноникелевых порошковых сталей различного химического состава.

Медистые стали (сплавы 1 и 2) получали из смеси порошков чистых компонентов: порошка железа марки ПЖР3.200.28 ГОСТ9849-86, медного порошка марки ПМС-1 ГОСТ 4960-75 и порошка графита марки ГК-1 ГОСТ 4404-78. Медно-никелевые стали (сплавы 3 и 4) получали на основе диффузионно-легированных порошков производства фирмы Hoganas (Швеция), углерод вводили в порошковую шихту в виде графита.

Образцы всех составов получали холодным прессованием при давлении 600–700 МПа и спеканием в атмосфере эндогаза в конвейерной печи при температуре 1120 °С. После спекания заготовки подвергали калибровке при давлении 500–600 МПа с целью обеспечения требуемой размерной точности.

№ сплава	Среднее содержание легирующих элементов, вес. %			Плотность, г/см <sup>3</sup>		
	углерод	медь	никель	прес-совки	после спекания	после калибровки
1	0,1	3	–	6,30-6,40	6,10-6,20	6,30-6,40
2	0,2	3	–	6,30-6,40	6,10-6,20	6,30-6,40
3	0,5	1,5	2	6,78-6,82	6,75-6,80	6,80-6,83
4	0,5	1,5	4	6,75-6,79	6,55-6,60	6,61-6,63

Очевидно, смеси на основе легированных порошков (составы 3–4) имеют лучшую уплотняемость, вследствие чего образцы разных составов, изготовленные по одним и тем же технологическим режимам, существенно различаются по плотности: пористость образцов из медистых сталей составляет 19–20 %, из медно-никелевых – 13–16 %. После спекания сплавы 1 и 2 имели ферритную структуру с участками перлита. В структуре сплавов 3, 4, легированных никелем, помимо феррита и перлита присутствовал остаточный аустенит.



№ сплава	Среднее содержание легирующих элементов, вес. %			Плотность, г/см <sup>3</sup>		
	углерод	медь	никель	прес-совки	после спекания	после калибровки
1	0,1	3	–	6,30-6,40	6,10-6,20	6,30-6,40
2	0,2	3	–	6,30-6,40	6,10-6,20	6,30-6,40
3	0,5	1,5	2	6,78-6,82	6,75-6,80	6,80-6,83
4	0,5	1,5	4	6,75-6,79	6,55-6,60	6,61-6,63

Поверхностная твердость сталей после нитроцементации составляла 60–63 НРА на образцах сплава 1 и 61–68 НРА – на образцах сплава 2, отличающегося от первого сплава большим исходным содержанием углерода. Образцы медно-никелевых сталей имели более высокие значения поверхностной твердости: 60-73НРА на образцах сплава 4 и до 75 НРА образцах сплава 3.

## Итоги:

- на процессы химико-термической обработки определяющее влияние оказывает пористость материалов. Изученные образцы имеют пористость на уровне 13 – 20 %, то есть относятся к категории полупроницаемых, поэтому насыщение материала происходит не только с поверхности изделия, но и с поверхности открытых пор, что сказывается как на глубине насыщения, так и на равномерности слоя.
- большой разброс значений твердости материалов после проведения химико-термической обработки связан с пористостью материалов. Лучшие результаты достигаются на образцах с более высокой плотностью.

**Спасибо за  
внимание!**