

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОРОШКОВОГО СПЛАВА ЖЕЛЕЗО-ТИТАН-УГЛЕРОД

Л.Р. Дудецкая, Ю.Г. Орлов, И.И. Шиманский, Л.Е. Сергеев

*Физико-технический институт НАН Б,
220141, г. Минск, ул. Купревича, 10
E-mail: phti@ns.igs.ac.by*

Исследованы структура и технологические свойства литых порошковых сплавов Fe-12%Ti-4%C, полученных насыщением расплава железа в графитовом тигле индукционной печи титаном и углеродом и последующим механическим дроблением. По магнитным и абразивным свойствам полученный материал не уступает известному порошку Ж15КТ и обладает рядом преимуществ (более низкая стоимость, технологичность в изготовлении, экологичность).

Для осуществления магнитно-абразивной обработки поверхностей (МАО) наиболее часто используется композиционный порошок на основе железа Ж15КТ, включающий ~ 15 % карбида титана. Ферроабразивные порошки (ФАП) являются единственным инструментальным материалом для МАО, они должны обладать одновременно магнитными и абразивными свойствами. Магнитные свойства порошка Ж15КТ обеспечиваются железной основой, а карбид титана TiC придает порошковым частицам абразивные свойства. Технология изготовления порошков Ж15КТ включает операции смешивания порошков карбида титана, изготовленного методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, с порошком железа; дробления спека; отсева порошков различной крупности (дисперсности).

Недостатки качества таких порошков и технологии их изготовления заключаются в следующем. Синтез карбида титана осуществляют с избытком углерода относительно стехиометрического соотношения титана и углерода, в результате чего получают карбид титана, частицы которого покрыты свободным углеродом. Выход фракций TiC, пригодных для изготовления ФАП, невелик.

Спекание смеси порошков предполагает равномерное распределение различных порошков в объеме спека и достаточно прочное закрепление частиц TiC в будущих композиционных порошковых частицах ФАП. Однако прочность контактов фаз в спекленном материале значительно уступает аналогичной прочности в литом материале.

Кроме композиционных порошков для МАО используются и литые порошки, которые получают диспергированием струи расплава газом или водой. Попытки в обычных условиях выплавить сплав железо - (10...15)% титана - (3...5)% углерода и тем более распылить струю такого расплава обречены на неудачу по причине высокой вязкости и быстрой окисляемости расплава.

В настоящей работе исследовали структуру и технологические свойства порошка, изготовленного по следующей схеме. В индукционной печи в графитовом тигле получали расплав с использованием в качестве шихтовых материалов листовых отходов

титана ВТ1-О, отходов прокатного производства стали 45 и графита. Расплав заливали в металлические формы. Полученные слитки измельчали в подкладном штампе на кузнечном молоте.

Необходимо отметить следующие особенности формирования структуры сплава Fe – 12% Ti – 4% C.

Железо при температурах выше 911 °С имеет кубическую гранцентрированную решетку, при температурах ниже 911 °С – кубическую объемноцентрированную решётку. Титан при температурах ниже 882° С имеет гексаганальную решетку, а при более высоких температурах ОЦК–решетку. Практически это означает невозможность образования твердых растворов замещения железа и титана.

Растворимость углерода в γ -железе достаточно велика, но в α - железе углерода практически нет. Габариты же гексагональной решетки титана таковы ($a = 0,2951$ нм, $c = 0,4684$ нм, $c/a = 1,587$), что в ячейке этой решетки может разместиться столько же атомов углерода, сколько атомов титана. При достижении такого соотношения этих элементов и происходит образование TiC.

При охлаждении расплава Fe – 12% Ti – 4%С первоначально углерод сравнительно равномерно распределяется в кристаллических решетках железа и титана. В дальнейшем железо и титан, оба имеющие различные аллотропические модификации, претерпевают перекристаллизацию. Направление диффузии углерода определяется различной растворимостью этого элемента в α - железе и α - титане. При определенном содержании углерода в сплаве практически весь титан может превратиться в карбид титана.

Карбидная фаза в структуре порошковых частиц представлена первичными выделениями карбида титана, имеющими призматическую форму, а также составляющей аустенитно-карбидной эвтектики. Микротвердость карбидов достигает $H^{100} = 4000$ МПа.

Металлическая основа представляет собой смесь мартенсита и троостита и имеет твердость $H^{100} = 2500$ МПа. Высокая твердость матрицы объясняется присутствием большого количества дисперсных карбидов титана.

При дроблении частицы порошка приобретают угловатую форму, что положительно сказывается на их режущих свойствах.

Были проведены испытания свойств литого порошка Fe–12%Ti–4%С в сравнении с порошком Ж15КТ.

В качестве образцов применяли сталь ШХ15 (ГОСТ 801-78, HRC₃ 58-62) и сплав Д16 (ГОСТ 4784-78). Шероховатость образцов в исходном состоянии составила Ra₁ 1,5-1,7 мкм. Магнитно-абразивную обработку выполняли на установке СФТ 2.150.00.00.000. при следующих режимах: магнитная индукция В = 1,0-1,1 Тл; скорость вращения детали 2 м/с; скорость осцилляции полюсных наконечников 0,15...0,20 м/с; амплитуда осцилляции А = 1,5 мм; коэффициент заполнения рабочего зазора 1,0; время обработки $\tau = 60$ с; зернистость порошка $\Delta_1 = 200...400$ мкм и 400...600 мкм. Смазочно-охлаждающая жидкость СинМА-1 ТУ 38.5901176-91 (3%-ный водный раствор). Для измерения шероховатости использовали профилограф-профилометр "Калибр", для измерения веса образцов - аналитические весы. Результаты испытаний приведены в таблице.

Т а б л и ц а. Показатели свойств магнитно-абразивных порошков.

Марка порошка	Размеры ФАП, мкм	Параметры обработки	Марка обрабатываемого материала	
			ШХ15	Д16
Ж15КТ	200...400	Шероховатость Ra_2 , мкм Массовый съём G , мг	0,09-0,11 329	0,09-0,11 462
Ж15КТ	400...600	Шероховатость Ra_2 , мкм Массовый съём G , мг	0,11-0,15 362	0,12-0,15 507
Fe-Ti-C	200...400	Шероховатость Ra_2 , мкм Массовый съём G , мг	0,04-0,06 370	0,04-0,06 512
Fe-Ti-C	400...600	Шероховатость Ra_2 , мкм Массовый съём G , мг	0,06-0,09 422	0,06-0,09 587

Таким образом, по функциональным характеристикам литой порошок Fe-12%Ti-4%C не уступает известному порошку Ж15КТ. Кроме того, при магнитно-абразивной обработке литым порошком не происходит загрязнения обрабатываемой поверхности свободным графитом, происходящего при использовании порошка Ж15КТ.