

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЖЕЛЕЗО-МЕДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В настоящее время все шире используются железо-медные композиции, получаемые пропиткой железного карбидса медью. Обладая удовлетворительной объемной прочностью ($\sigma_b \approx 70 \text{ кг/мм}^2$), они имеют низкие твердости, окислительную и коррозионную стойкость. Настоящая работа является попыткой в какой-то степени устранить указанные недостатки.

Ниже приведены результаты исследования процессов борирования и алитирования железо-медных композиций.

Основная часть исследования выполнена на образцах состава 75% (ПЖ2М2, фракция 0,16-0,20 мм) + 25% Си. Плотность образцов после пропитки составляла 96-99%. Изучение влияния содержания меди на формирование диффузионных покрытий выполнено на образцах, изготовленных из железного радиотехнического порошка марки Р-20. Плотность образцов после пропитки составляла 97-99%, содержание меди - 45; 35; 25. Изучение кинетики процессов насыщения, а также окислительной и коррозионной стойкости обработанной металлокерамики выполнено на образцах диаметром 20 и толщиной 5 мм, износостойкости - на образцах размером 10x10x30 мм. При алитировании для сравнения обрабатывали образцы электротехнической меди и армко-железа.

Борирование проводили в расплаве 70% бора + 30% В₄С. Кинетику процесса изучали при температурах 900, 950, 980°C, время борирования составляло 1, 3 и 5 часов. Попытка борирования при температуре 1000°C оказалась неудачной, так как наблюдалось подплавление образцов с поверхности, что, вероятно, связано с понижением температуры солидус двойного твердого раствора (Fe + Си) при взаимодействии с бором и, возможно, образованием сложной эвтектики. Влияние условий борирования на глубину и строение боридного слоя показано в таблице I.

Т а б л и ц а I

Влияние условий борирования на глубину и строение боридного слоя

Режим борирования		Г л у б и н а с л о я , м к	
t, °C	τ, часы	сплошного слоя	полная глубина (по концам игл боридов)
900	I	30	35
	3	90	120
	5	120	160
950	I	50	75
	3	110	165
	5	155	220
980	I	390	390
	3	280	280
	5	95	165

Боридный слой, образовавшийся при температурах 900 и 950°C, имеет типичное игольчатое строение. Между иглами боридов расположены участки сложного твердого раствора на основе меди ($\text{Cu} + \text{Fe} + \text{B}$) с микротвердостью 140-150 кг/мм². Микротвердость твердого раствора на основе меди в сердцевине образцов ($\text{Cu} + \text{Fe}$) составляет 90-100 кг/мм², на основе железа ($\text{Fe} + \text{Cu}$) - 160-170 кг/мм². Формирование боридных игл происходит по железной основе, участки твердого раствора на основе меди замкнуты островками между боридными иглами.

Совершенно иная картина наблюдается при температуре борирования 980°C. При выдержке I час происходит резкое изменение микроструктуры металлокерамики на глубине до 400 мк. Диффузионный слой состоит из чередующихся участков боридов ($H_{50} \approx 1250$), не имеющих определенной ориентации, и участков сложного твердого раствора на основе меди. Между диффузионным слоем и основой образуется медная оторочка с повышенной пористостью. Поверхность образцов при этом становится шероховатой. При увеличении времени борирования до 5 часов формируется нормальный боридный слой игольчатого строения с ориентацией боридных игл перпендикуляр-

но поверхности образцов, пористость медной оторочки уменьшается, а качество поверхности улучшается. Глубина диффузионного слоя при этом уменьшается.

Увеличение содержания меди в металлокерамике приводит к уменьшению глубины боридного слоя (табл.2) при сохранении его игольчатой структуры.

Т а б л и ц а 2

Влияние количества меди в металлокерамике на глубину и строение боридного слоя ($t = 950^{\circ}\text{C}$)

Время борирования, часы	Глубина слоя /мм/ при содержании меди, %					
	25		35		45	
	сплошного	полная	сплошного	полная	сплошного	полная
1	50	65	40	55	35	45
2	100	140	80	120	60	95
5	135	200	110	150	70	130

Боридный слой при всех режимах насыщения и составах металлокерамики состоит преимущественно из фазы Fe_2B , количество FeB невелико и его присутствие обнаруживается лишь рентгеноструктурным анализом. С увеличением времени борирования содержание высокобористой фазы в слое несколько возрастает.

Чистота поверхности металлокерамики, борированной при температурах ниже 980°C выше, чем исходной.

Износостойкость борированной по режиму ($t = 900^{\circ}\text{C}$, $\tau = 5$ часов и $t = 950^{\circ}\text{C}$, $\tau = 5$ часов) железо-медной металлокерамики, определенная с помощью машины типа Шкода-Савина (X2M), примерно в 40 раз выше, чем исходной. За время испытаний, составлявшее 30 минут, протирания боридного слоя не наблюдалось.

При испытаниях в водных растворах кислот установлено, что разрушение борированной металлокерамики происходило локализованно по дефектам (поверхностным порам), имевшимся в исходном материале. Таким образом, улучшение качества поверхности исходной металлокерамики может быть дополнительным резервом повышения ее стойкости.

А л и т и р о в а н и е осуществляли из смеси (10% Al + 90% Al₂O₃) + 0,5% NH₄Cl . Попытка увеличить насыщающую способность смеси путем увеличения содержания алюминия привела к резкому ухудшению качества поверхности металлокерамики. Поэтому все дальнейшие исследования проведены с использованием указанной выше смеси. Влияние условий алитирования на глубину диффузионного слоя отражено в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Влияние условий алитирования на глубину алитированного слоя

Режим насыщения		Глубина слоя, мк		
t, °C	τ, часы	Fe	Cu	Fe + Cu
850	4	30	40	0
900	4	65	100	50
950	4	130	360	180
	2	165	600	150
1000	4	245	800	355
	6	- *	1000	450

*Слой скалывается.

Алитированный слой на железе состоит преимущественно из твердого раствора. Структура диффузионного слоя на меди более сложна и соответствует структуре алюминиевой бронзы. При температуре 950°C в поверхностной зоне диффузионного слоя наблюдается эвтектоидный распад $\beta \rightarrow \alpha + \gamma$, возможный лишь при содержании алюминия выше 10%. Алюминиевый слой на Fe + Cu металлокерамике состоит из чередующихся участков твердых растворов на основе железа и меди. При некоторых режимах насыщения в этих участках наблюдается распад с выделением неустановившихся интерметаллидов. Четкой границы диффузионного слоя на меди и металлокерамике не наблюдается, границу алитированного слоя фиксировали по изменению травимости.

Чистота поверхности металлокерамики с ростом температуры алитирования повышается.

Увеличение содержания меди в металлокерамике с 25 до 35 и 45% приводит соответственно к образованию алитированного слоя толщиной в 230, 280 и 330 мк (режим насыщения $t = 1000^{\circ}\text{C}$, $\tau = 3$ часа). При этом поверхность металлокерамики при всех составах чистая, гладкая, без следов налипания смеси и сколов.

При изучении окалинстойкости медь и металлокерамику обрабатывали по режиму $t = 1000^{\circ}\text{C}$, $\tau = 2$ часа. Испытания на окалинстойкость проводили в муфельной печи в воздушной атмосфере при температуре 750°C в течение 5, 15 и 25 часов. Повышение окалинстойкости для меди составило соответственно 13, 13 и 17 раз, для металлокерамики - 10, 12 и 14 раз.

После испытаний на поверхности образцов образуется пленка окислов синего цвета. На исходных образцах она прочно связана с поверхностью и склонна к отслаиванию. На алитированной меди и металлокерамике окисная пленка прочно связана с поверхностью образцов и отслаивания ее в процессе испытания не происходит. В результате чистота поверхности алитированных образцов после испытаний значительно лучше, чем исходных.