

ЦЕМЕНТАЦИЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ОСНОВЕ С ДОБАВКАМИ ХРОМА И НИКЕЛЯ

Одной из проблем, стоящих в настоящее время перед порошковой металлургией, является получение металлокерамических материалов, работающих в условиях трения и интенсивного износа /1/.

В какой-то мере указанная проблема может быть решена введением в металлокерамический материал на железной основе хрома и углерода /2/. Однако существенным недостатком таких сплавов является их малая пластичность, что не позволяет изготавливать из них изделия методом холодного выдавливания.

В Проблемной лаборатории порошковой металлургии Белорусского политехнического института в качестве материала для деталей инструментальной оснастки применяется металлокерамический сплав на основе железа, содержащий до 9-12% хрома. После цементации и последующей термической обработки такой материал должен обладать высокой износостойкостью. Процесс цементации для металлокерамики на железной основе является одним из важнейших видов химико-термической обработки, так как он одновременно с поверхностным упрочнением значительно повышает и объемную прочность.

Целью данной работы явилось изучение влияния добавок хрома и никеля на процесс цементации, термическую обработку и износостойкость металлокерамики на железной основе. В качестве исходных материалов взяты порошки марок ПХ2М2, ПХ30 (30% хрома) и порошок электролитического никеля. Порошок ПХ2М2 довосстанавливали в атмосфере диссоциированного аммиака при температуре 850°C в течение 2 час.

Образцы изготавливали методом двойного прессования и спекания. Плотность образцов составляла 93-95%. Состав металлокерамических материалов приведен в таблице I.

Т а б л и ц а I

Материал	Состав шихты		
	ПК2М2, %	ПК30, %	никель, %
I	100	-	-
2	90	10	-
3	88	10	2
4	80	20	-
5	70	30	-

П р и м е ч а н и е. Материал I взят для сравнения.

Спекание при температуре 1250°C в течение 2 часов не привело к полной гомогенизации сплавов. Концентрация хрома и никеля в местах, где находились частицы ПК30 и никеля, оставалась выше, чем в среднем по образцу.

Цементация нелегированной железной металлокерамики во всех карбюризаторах при температуре 950°C и выше приводит к образованию аномальной структуры, что отрицательно сказывается как на механических свойствах, так и на износостойкости (особенно в случае износа при повышенных удельных нагрузках). Добавки хрома в количестве 2-3% ликвидируют этот недостаток. При цементации в бонджском и во всех нижеисследованных карбюризаторах по всем режимам структура цементированного слоя была нормальной. Это позволило, увеличив температуру цементации, значительно интенсифицировать процесс. Кроме того, для материалов с добавками хрома в качестве закалочной среды можно применять масло (HRC 58-62), тогда как закалка образцов из нелегированной железной металлокерамики в масле дает низкую поверхностную твердость (HRC 35-45).

Введенный в шихту никель в виде сплава с высоким процентным содержанием никеля частично растворяется в железной основе, что сказывается на структуре цементованного слоя. В нем в этом случае появляются отдельные участки с твердостью H100 - 300кг/мм².

Составы использованных в работе карбюризаторов приведены в таблице 2. Подобные карбюризаторы использованы Д.П. Карпенко для цементации сталей типа Х13.

Т а б л и ц а 2

Номер карбюризатора	Уголь, %	"Активатор", %		
		K_4FeCN_6	CH_3COONa	$NaHCO_3$
1	90-70	10-30	-	-
2	90-70	-	10-30	-
3	90-70	-	-	10-30

Необходимость использования специальных карбюризаторов была обусловлена следующими причинами.

Цементация металлокерамических материалов с 6% хрома и выше в бонджеском и полукоксовом карбюризаторах не дала положительных результатов. Процесс цементации не был стабильным. Диффузионный слой получался неравномерным по глубине и содержанию углерода.

Твердость цементованных и закаленных образцов была сравнительно низкой (38-55 HRC) с большим разбросом полученных значений. Основной причиной неравномерной цементации высокохромистых материалов является избирательное и внутреннее окисление обогащенных хромом объемов /3,4/.

После цементации в указанных карбюризаторах диффузионный слой на высокохромистых сплавах имеет следующее строение. В поверхностном слое находится светлая зона глубиной 0,1-0,2 мм с повышенным содержанием карбидов ($1100-1000+1500$ кг/мм²). Количество карбидов по мере удаления от поверхности постепенно уменьшается. Далее следует переходная зона. Негомогенность металлокерамического материала по хрому искажает указанное строение. Распределение карбидов неравномерно. Участки карбидов наблюдаются прежде всего в местах, обогащенных хромом (бывшие зерна ПХ30). Микротвердость этих участков достигает 1500-1600 кг/мм². Подобные участки наблюдаются на всех материалах, имеющих хромистые добавки. Наибольшее значение микротвердости в светлой зоне получено при цементации в карбюризаторе № 1.

При цементации в карбюризаторе № 3 максимальное значение микротвердости 1300-1350 кг/мм² получено на глубине = 0,07 мм. При цементации в этом карбюризаторе на глубине 0,02-0,05 мм

имеются участки с микротвердостью $\mu 100 - 700 \text{ кг/мм}^2$. Это связано, вероятно, с процессом избирательного окисления хрома. Введение 5% силикокальция в карбюризатор ликвидирует этот дефект.

Изменение глубины слоя в зависимости от количества "активатора" для различных видов карбюризаторов дано в таблице 3. Температура цементации 1000°C , время 6 часов.

Т а б л и ц а 3

Материал	Глубина слоя, мм								
	K_4FeCN_6			CH_3COONa			NaHCO_3		
	10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%
1	1,00	1,10	1,20	0,70	1,00	1,00	0,95	1,20	1,30
2	1,20	1,30	1,40	1,05	1,25	1,25	1,00	1,30	1,40
3	1,10	1,20	1,30	1,00	1,15	1,15	1,20	1,55	1,60
4	1,30	1,40	1,50	1,20	1,35	1,40	1,10	1,45	1,55
5	0,90	1,50	1,10	0,95	1,05	1,10	0,80	1,15	1,20

Как видно из данных табл.3, увеличение количества "активатора" повышает глубину слоя на 20-30%. Более сильно содержание "активатора" влияет на структуру цементованного слоя: с увеличением количества "активатора" глубина заэвтектидной зоны на сплавах 1,2,3 резко возрастает, на сплавах 4,5 увеличивается количество карбидной составляющей и уменьшается глубина переходной зоны.

Влияние температуры цементации на глубину слоя показано в табл.4. Время цементации 6 часов. Увеличение температуры с 950°C до 1000°C приводит к резкому увеличению глубины слоя и количества карбидных включений. Во всех случаях с увеличением количества хрома в сплаве до 6% глубина слоя растет. Дальнейшее увеличение количества хрома в сплаве до 6% глубина слоя растет. Дальнейшее увеличение количества хрома до 9% приводит к уменьшению глубины слоя. Объяснение подобного действия добавок хрома на глубину слоя для компактных материалов дано в работе /5/.

Т а б л и ц а 4

Ма- те- ри- ал	Глубина слоя, мм											
	20% K ₄ FeCN ₆ + 80% др. угля				20% CH ₃ COONa + 80% др. угля				30% NaHCO ₃ + 70% др. угля			
	900°C	950°C	1000°C	1050°C	900°C	950°C	1000°C	1050°C	900°C	950°C	1000°C	1050°C
1	0,35	0,50	1,10	1,60	0,60	0,70	1,00	1,40	0,65	0,80	1,25	1,50
2	0,55	0,70	1,30	1,90	0,75	1,00	1,20	1,50	0,75	0,90	1,40	1,60
3	0,50	0,65	1,20	1,80	0,70	0,90	1,20	1,50	0,85	1,00	1,60	1,80
4	0,60	0,80	1,40	2,00	0,80	1,10	1,25	1,60	0,80	0,95	1,55	1,70
5	0,45	0,60	1,00	1,50	0,50	0,80	1,05	1,30	0,60	0,75	1,20	1,40

После цементации и металлографического анализа образцы подвергали закалке с температур, обеспечивающих получение максимальной твердости, в воде (сплав 1) или в масле (сплавы 2-5) и низкому отпуску при 160-180°C в течение 1 часа.

Влияние температуры закалки на твердость цементованного слоя показано в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Материал	HRC			
	850°C	900°C	950°C	1000°C
1	58-62	57-61	56-60	-
2	57-58	58-61	57-69	-
3	56-58	57-60	54-57	-
4	58-60	61-62	60-62	58-60
5	57-59	58-61	59-62	58-61

Испытания на износ (трение скольжения без смазки) проводили на машине типа Амслера при удельном давлении 15 кг/см², скорости 1 м/сек и времени испытания 1 час.

В качестве контртела использовали диск $h = 10$ мм, $\phi 42$ мм из закаленной стали P18. Площадь трения составляла 1 см².

Полученные результаты приведены в таблицах 6 и 7.

Т а б л и ц а 6

Зависимость износа от количества "активатора" в смеси
($t = 1000^{\circ}\text{C}$, $\tau = 6$ часов)

Материал	Износ, мг/см ²								
	K ₄ FeCN ₆			CH ₃ COONa			NaHCO ₃		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30
1	58	48	48	45	52	56	65	57	54
2	57	47	47	47	45	44	55	51	49
3	60	51	52	58	49	48	54	49	48
4	42	44	44	48	40	40	53	48	47
5	38	43	44	49	35	36	51	45	42

Т а б л и ц а 7

Зависимость износа от температуры цементации ($\tau = 6$ часов)

Материал	Износ, мг/см ²											
	20% K ₄ FeCN ₆ +80% угля				20% CH ₃ COONa+80% угля				30% NaHCO ₃ +70% угля			
	900°C	950°C	1000°C	1050°C	900°C	950°C	1000°C	1050°C	900°C	950°C	1000°C	1050°C
1	50	43	48	55	35	34	52	70	53	50	52	54
2	51	48	47	43	52	50	45	38	55	52	49	47
3	56	54	52	54	56	53	49	45	56	51	48	46
4	54	50	44	42	52	47	40	36	54	50	47	43
5	53	49	41	39	46	41	35	32	51	45	42	40

Характер изменения износа сплавов от параметров цементации во всех исследованных карбуризаторах примерно одинаков.

Увеличение количества "активатора" до 20% повышает износостойкость исследуемых сплавов.

С ростом содержания хрома в сплаве и температуры цементации износ сплавов уменьшается. Это связано с увеличением содержания углерода и соответственно карбидной составляющей в цементованном слое.

Положительное влияние хрома и никеля особенно отчетливо проявляется при испытании на износ при повышенных нагрузках.

Результаты испытаний на износостойкость при различных нагрузках приведены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8

Зависимость износа от удельных нагрузок

Материал	Износ, мг/см ²											
	20% K ₄ FeCN ₆ + 80% уголь				20% CH ₃ COONa + 80% уголь				30% NaHCO ₃ + 70% уголь			
	10 кг/см ²	15 кг/см ²	20 кг/см ²	30 кг/см ²	10 кг/см ²	15 кг/см ²	20 кг/см ²	30 кг/см ²	10 кг/см ²	15 кг/см ²	20 кг/см ²	30 кг/см ²
1	27	48	106	120	30	52	110	150	27	52	100	116
2	32	47	96	104	33	45	97	130	31	49	90	104
3	40	52	100	106	35	49	85	96	38	50	82	92
4	33	44	92	100	33	40	87	95	35	47	75	88
5	33	42	83	90	31	35	86	95	36	42	73	86

Подобное влияние хрома на износостойкость металлокерамики на железной основе можно объяснить образованием карбидных частиц высокой твердости, которые расположены в более мягкой основе. Материалы с указанным строением обладают высокой износостойкостью /1,2/.

Кроме того, мартенсит, легированный хромом, более устойчив против отпуска при повышенных температурах, которые возникают в случае испытаний на износ при больших удельных нагрузках.

В ы в о д ы

1. Добавки хрома в количестве 2-3% в виде порошка ПХ30 положительно влияют на структуру цементованного слоя и последующую термическую обработку металлокерамики на железной основе.

2. Добавки хрома в количестве 6-9% в цементуемую металлокерамику на железной основе значительно повышают ее износостойкость при повышенных удельных нагрузках.

3. Для цементации металлокерамики с содержанием хрома 6% и выше необходимы специальные карбюризаторы.

4. Оптимальными составами карбюризаторов являются следующие:

а) 20% K₄FeCN₆ + 80% древесный уголь;

б) 20% CH₃COONa + 80% древесный уголь;

в) 20% NaHCO_3 + 80% древесный уголь.

5. Оптимальная температура цементации составляет 1000°C .

Л и т е р а т у р а

1. Р а д о м ы с е л ь с к и й И. Д. В сб. "Современные проблемы порошковой металлургии". Киев, 1970.

2. К л и м е н к о В. Н. и др. В сб. "Тр. УН Всесоюзной конференции по порошковой металлургии". Ереван, 1964.

3. Ш и п и л о в А. Д. Цементация хромистой нержавеющей стали. Митом № 6, 1962.

4. В и ш н я к о в Д. Я. и др. В сб. "Вопросы металлургии". Вып.50, М., Оборонгиз, 1961.

5. М и н к о в и ч А. Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. М., "Металлургия", 1965.