

А. ВАЛЛИКВИ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СПЕКАНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОГРАФИТА ПРИ СПЕКАНИИ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

В настоящее время промышленностью порошковой металлургии выпускается большое количество металлокерамических материалов промышленного назначения. Одной из причин колебания свойств одинаковых по составу шихты антифрикционных материалов являются различия в условиях спекания, т. е. различия в температуре, времени выдержки и скорости охлаждения этих материалов, а также различие защитных сред, отличающихся количественным и качественным составом газа, его влажностью и т. д.

В работах [1-3] приводятся данные о влиянии температуры спекания на структуру и механические свойства железогрфита. От защитной среды зависят формы пор и плотность спеченного материала [4-6]. Это, в свою очередь, оказывает влияние на прочность и размеры спекаемого изделия [7, 8]. От состава защитной среды при спекании зависит химический состав материала.

Имеются сведения об отрицательной роли присутствующих в атмосфере печи паров воды и кислорода, которые повышают содержание в структуре окислов железа, что резко увеличивает хрупкость материала при растяжении и сжатии. Однако систематических исследований по выяснению влияния температуры спекания при различных защитных средах на свойства и структуру материалов различного назначения не проводилось.

Целью нашей работы и было изучение влияния температуры и различных защитных сред на свойства железогрфита (марки ЖГрI), содержащего 1% графита в шихте.

В настоящем сообщении представлены результаты определения некоторых физико-механических свойств данного сплава, спеченного при температурах 1000, 1050, 1100, 1150°С в вакууме 10^{-3} мм рт. ст., в аргоне с точкой росы -40° , водороде с точкой росы -30° , диссоциированном аммиаке с точкой росы -35° и конвертированном природном газе с точкой росы -28° .

Поскольку на образование структуры материала влияют многие факторы, то все условия, кроме температуры и среды спекания, были выбраны достаточно близкими. Эти условия совпадали полностью при спекании в аргоне, диссоциированном аммиаке и водороде (в одной и той же печи, марки ОКБ-333С), а спекание в конвертированном газе (состав: H_2 — 76,4%, CO — 17%, CO_2 — 0,8%, CH_4 — 4,4%, N_2 — 1,2%, O_2 — 0,2%) и в вакууме проводилось в других печах (ОКБ-210А и ТВВ-4 соответственно) в условиях, близких к условиям спекания в указанных выше защитных средах.

Для изготовления образцов применялся железный порошок марки ПЖИМ и карандашный графит марки ТКА. Шихта смешивалась в течение 6 ч в механическом смесителе в конусных колбах, где помещались пружины. В шихту добавлялся 1% стеарата цинка. Для проведения испытаний изготавливались стандартные образцы. Удельное давление прессования этих образцов выбиралось таким, чтобы после спекания получить пористость, равную $20 \pm 1\%$. Величина давления для прессования разрывных образцов составляла 45 кг/мм^2 .

Определялись усадка, изменение пористости и веса после спекания, твердость материала, предел прочности при растяжении и сжатии, проводился металлографический и химический анализы на общее содержание углерода после спекания. Величина усадки по высоте и диаметру была определена путем измерения (с точностью $0,008 \text{ мм}$) образцов до и после спекания. Пористость определялась расчетным путем (измерение и взвешивание) для цилиндрических образцов диаметром 15 и высотой 10 мм и гидростатическим методом для образцов на разрыв.

Химический анализ на общее содержание углерода после спекания проводился в соответствии с ГОСТом 12344-66.

Для проведения металлографического анализа образцы разрезались, пропитывались парафином и на поверхности среза приготавливался микрошлиф. Анализ нетравленных шлифов проводился при увеличении в 120, а травленных — в 240 раз.

Твердость определялась на торце цилиндрического образца методом Бринелля на твердомере ТП с шариком 2,5 мм при нагрузке 62,5 кг и выдержке 30 сек. Предел прочности на разрыв определялся при помощи разрывной машины типа ИМ-4Р на специальных образцах общей длиной 85 мм и сечением $7 \times 6 \text{ мм}^2$. Определение предела прочности на сжатие производилось на прессе типа WPM до появления макротрещины, видимой невооруженным глазом.

Содержание углерода после спекания, %

Таблица 1

Температура спекания, °С	Характеристика	Защитная среда при спекании				
		Вакуум	Аргон	Водород	Диссоциированный аммиак	Конвертированный природный газ
1000	$C_{\text{общ}}$	0,83	0,88	0,95	0,95	0,83
	$C_{\text{связ}}$	0,80	0,86	0,93	0,92	0,80
1050	$C_{\text{общ}}$	0,85	0,86	0,85	0,93	0,80
	$C_{\text{связ}}$	0,82	0,84	0,83	0,91	0,79
1100	$C_{\text{общ}}$	0,74	0,79	0,78	0,74	0,75
	$C_{\text{связ}}$	0,72	0,76	0,77	0,70	0,72
1150	$C_{\text{общ}}$	0,87	0,87	0,92	0,89	0,78
	$C_{\text{связ}}$	0,84	0,86	0,90	0,87	0,77

В табл. 1—3 и на рис. 1—3 приведены результаты экспериментов. Данные по определению технологических свойств представлены как среднеарифметические из 10—20, а механических свойств — из 5—10 измерений.

Из табл. 1, где приведены результаты химического анализа, следует, что наиболее интенсивное выгорание углерода происходит при 1100° , а минимальное при 1000° . Соответственно и связанного углерода при 1100° меньше. Однако соотношение $\frac{C_{\text{связ}}}{C_{\text{общ}}}$ остается стабильным для всех температур и находится в пределах 95,5—98,5%.

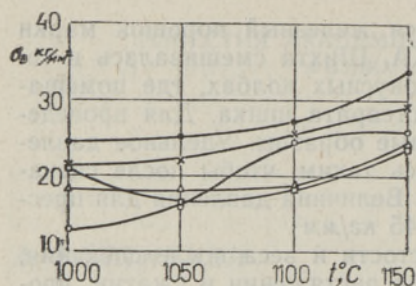


Рис. 1. Зависимость предела прочности при растяжении от температуры спекания для различных сред спекания: ● — вакуум, × — аргон, △ — водород, ○ — диссоциированный аммиак, □ — конвертированный природный газ.

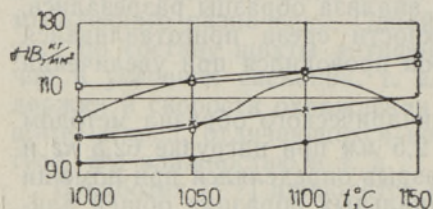


Рис. 3. Зависимость твердости от температуры спекания для различных сред спекания. Обозначения см. рис. 1.

На рис. 1 приведена зависимость предела прочности от температуры спекания для различных сред спекания, а на рис. 2 — данные относительного удлинения при разрыве.

Из рисунков следует, что наибольшей прочностью на разрыв и наибольшей вязкостью обладает железографит ЖГрI, спеченный в вакууме. С увеличением температуры спекания увеличивается и предел прочности на разрыв. Величина относительного удлинения практически не зависит от температуры спекания.

На рис. 3 приведена зависимость твердости от температуры спекания, откуда видно, что с увеличением температуры спекания увеличивается и твердость. Наибольшей твердостью обладает материал ЖГрI, спеченный в водороде и в конвертированном природном газе. Наименьшую твердость имеют образцы, спеченные в вакууме.

Исследование предела прочности на сжатие (табл. 2) показало, что здесь уже нет ярко выраженной тенденции к увеличению прочности с повышением температуры спекания. Максимальное значение прочности имеет материал, спеченный в водороде при температуре 1100°. При температуре спекания 1150° предел прочности на сжатие для некоторых сред спекания уменьшается. При определении твердости уменьшение ее значения наблюдалось только в среде диссоциированного аммиака. Это свидетельствует о том, что температура 1150° является высокой для спекания железографита ЖГрI.

Из результатов определения технологических свойств (табл. 3) следует, что с увеличением температуры в основном увеличивается усадка.

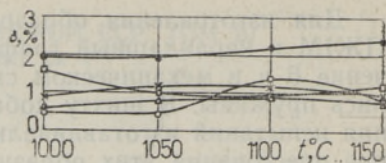


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения от температуры спекания для различных сред спекания. Обозначения см. рис. 1.

Путем металлографического анализа установлено образование перлитной структуры с очень небольшим количеством феррита. При температуре спекания 1000° содержание феррита несколько больше, чем при других температурах. При 1150° в структуре видны следы цементита. Особых различий в структуре при спекании образцов в различных защитных средах не наблюдалось.

Сопоставление данных химического и металлографического анализов позволяет установить весьма хорошее совпадение между количеством связанного углерода и количеством образовавшихся структурных составляющих в материале.

Таблица 2

Зависимость предела прочности на сжатие от температуры для различных защитных сред спекания, $\frac{кг}{мм^2}$

Температура спекания, °С	Защитная среда при спекании				
	Вакуум	Аргон	Водород	Диссоциированный аммиак	Конвертированный природный газ
1000	135,5	140,1	137,4	149,9	197,4
1050	150,6	153,9	152,5	159,5	170,4
1100	157,7	156,7	177,0	161,2	164,8
1150	167,5	146,4	152,0	164,1	160,3

Таблица 3

Зависимость предела прочности на сжатие от температуры для различных защитных сред спекания, %

Температура спекания, °С	Характеристика	Защитная среда при спекании				
		Вакуум	Аргон	Водород	Диссоциированный аммиак	Конвертированный природный газ
1000	Усадка	1,15	0,92	0,49	0,37	0,52
	Уменьшение веса	1,50	1,28	1,25	1,36	1,46
	Уменьшение объема	0,83	1,22	0,28	0,18	0,63
	Усадка	1,53	1,27	0,45	0,37	0,70
1050	Уменьшение веса	1,54	1,43	1,28	1,32	1,44
	Уменьшение объема	2,64	2,65	1,81	0,35	0,83
	Усадка	1,60	1,15	0,98	0,94	0,86
1100	Уменьшение веса	1,56	1,45	1,63	1,29	1,38
	Уменьшение объема	3,65	2,02	2,42	1,60	2,02
	Усадка	1,78	0,94	1,33	0,91	1,05
1150	Уменьшение веса	1,65	1,26	1,38	1,52	1,47
	Уменьшение объема	4,19	3,77	2,70	1,68	2,75

и уменьшается объем образца, т. е. происходит увеличение линейной и объемной усадки.

Сопоставляя результаты химического и металлографического анализов и определения механических свойств, видим, что оптимальной температурой спекания материала ЖГрI является 1100°.

Основные результаты работы можно сформулировать следующим образом:

при увеличении температуры спекания механические свойства железографита ЖГрI увеличиваются во всех исследуемых средах;

наиболее стабильными химическим составом и свойствами обладает материал, спеченный при температуре 1100°;

наибольшими прочностью на растяжение и пластичностью материал ЖГрI обладает при спекании в вакууме, а наибольшей твердостью и пределом прочности на сжатие — при спекании в среде водорода и конвертированного природного газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуковская Л. А., Бокий Ю. Ф., Гайдученко А. К., Большеченко А. Г., Зинченко И. Д., Порошковая металлургия, № 4, 101 (1969).

2. Сорокин В. К., Исхаков С. С., Тр. Горьковск. политехн. ин-та им. А. А. Жданова, 19, вып. 1, 1963, с. 60.
3. Манукян Н. В., Касьян М. В., Тр. VII Всес. н.-техн. конфер. по порошковой металлургии, Ереван, 1964, с. 142.
4. Федорченко И. М., Пугина Л. И., Филатова Н. А., Юрченко А. Г., Структура металлокерамических материалов на основе железа, М., 1968, с. 34—37, 108—115.
5. Пугина Л. И., Исследование износостойких металлокерамических материалов на основе железа, автореф. дисс. канд. техн. н., Киев, 1961.
6. Rhines F. N. at all, J. Metals, 188, No. 2, 378 (1950).
7. Баеца В., Введение в порошковую металлургию, М., 1947, с. 114.
8. Микрюков В. Е., Поздняк Н. З., Тр. Куйбышевск. авиацион. ин-та, XVI, 157 (1963).

*Институт термодинамики и электрофизики
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию
15/II 1971

A. VALLIKIVI

PAAGUTUSTEMPERATUURI MÕJU RAUDGRAFIIDI MÕNINGATELE OMADUSTELE ERINEVATES KESKKONDADES PAAGUTAMISE PUHUL

Vaadeldakse temperatuuri ja paagutuskeskkonna mõju raudgrafiidi ЖГрI koostisele, struktuurile ja omadustele. Paagutustemperatuurid olid 1000, 1050, 1100, 1150 °C, kaitsekeskkondadeks — vaakuum, argoon, vesinik, dissotsieeritud ammoniaak ja konverteeritud looduslik gaas. Määrati raudgrafiidi mehaanilised ja tehnoloogilised omadused ning tehti keemiline ja metallograafiline analüüs. Selgus, et temperatuur ja kaitsekeskkond mõjutavad raudgrafiidi füüsikalisi-mehaanilisi omadusi: kõige stabiilsema keemilise koostise ja omadustega on temperatuuris 1100° paagutatud raudgrafiit ЖГрI.

A. VALLIKIVI

THE INFLUENCE OF SINTERING TEMPERATURE ON SOME PROPERTIES OF FERROGRAPHITE WHILE SINTERING IN VARIOUS MEDIA

The influence of temperature and various protective sintering atmospheres on the composition, structure and properties of ferrographite ЖГрI is considered. The sintering temperatures were 1000, 1050, 1100, 1150 °C. The protective atmospheres were vacuum, argon, hydrogen, dissociated ammonia and converted natural gas. The mechanical and technological properties were determined, and chemical and metallographic analyses were carried out. It turned out that sintering temperature and atmosphere have considerable influence on the physico-mechanical properties of ferrographite ЖГрI. The examined material sintered at sintering temperature 1100° has the most stable chemical composition and properties.