

С.А. МАЛХАСЯН, Л.Г. ГАЛСТЯН, М.К. ЗУРНАЧЯН, А.С. ПЕТРОСЯН

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕЧЕННЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Приведены результаты структурно-фазовых исследований разработанных пористых и беспористых спеченных материалов на основе железа, применяемых в узлах трения. Выявление структуры материалов осуществлялось методами рентгенофазового, рентгеноспектрального и металлографического анализов. Установлено распределение добавок в железной матрице, взаимное расположение структурных элементов (фаз), их однородность (или гетерогенность), что позволяет предсказать взаимодействие внешних сред с поверхностью металла и объяснить механизм антифрикционного действия различных веществ с целью их применения в узлах трения.

Ключевые слова: узлы трения, структурно-фазовые исследования, антифрикционные свойства, анализ, прочность.

Изнашивание деталей как процесс разрушения их поверхностного слоя не может быть полностью устранено, а обеспечение требуемого срока службы оборудования в целом достигается путем снижения в требуемых пределах скорости изнашивания изделий, применяемых в узлах трения. Эту задачу практически возможно решить при комплексном учете материаловедческих и эксплуатационных факторов.

В работе приведены результаты структурно-фазовых исследований разработанных нами материалов [1,2], дисперсноупрочненных карбидом титана (табл. 1).

Таблица 1

Составы исследуемых композиций

Наименование материала	Добавки, %				
	P	S	C	TiC	Fe
Fe	-	-	-	-	остальное
FeP	0,5-0,8	-	-	-	- “ -
FeS	-	0,7-1,0	-	-	- “ -
Fe-P-S	0,5-0,8	0,7-1,0	-	-	- “ -
Fe-P-S-C	0,5-0,8	0,7-1,0	0,8-1,0	-	- “ -
Fe-P-S-C-TiC	0,5-0,8	0,7-1,0	0,8-1,0	6	- “ -

Разработанные материалы предназначены для изготовления деталей, эксплуатируемых в средне- и тяжело нагруженных узлах трения (ограниченная смазка или сухое трение, вакуум и т.д.). Исследованиям подверглись пористые (18...20%) и беспористые (экструдированные) образцы. Для выявления конечной структуры материалов были использованы методы рентгенофазового, рентгеноспектрального и металлографического анализов.

Рентгенофазовым анализом определен фазовый состав исходных материалов и композиций Fe-P-S, Fe-P-S-C и Fe-P-S-C-TiC.

Исследования проводились на рентгеновском дифрактомере УРС-50ИМ в железном излучении. Интенсивность оценивалась по 100-балльной шкале. Дифрактометрические кривые исходных материалов (Fe, Fe-P, Fe-S) и разработанных композиций (Fe-P-S, Fe-P-S-C и Fe-P-S-C-TiC) охватывали самые характерные линии фаз в интервале углов $45(115)$. Расшифровка рентгенограмм выполнена по известной методике [3]. Анализ подтвердил наличие и сохранность внесенных добавок – FeS, Fe₂P и TiC.

Применение электронного микрозонда в сочетании с другими методами исследования позволяет получить обширную информацию о материале, достоверно определить химический состав в микрообъемах композиций, стехиометрию отдельных фаз, форму, размер и распределение в них тех или иных элементов [4,5]. Исследования, проведенные рентгеновским микроанализатором MAP-2 (рис. 1-2), позволили выявить изображение сканируемого участка образцов в рентгеновских лучах, отраженных и поглощенных электронах, а также концентрационные кривые серы, фосфора, углерода и карбида титана при прохождении электронного микрозонда через выделившиеся фазы. Микрозондирование осуществляли в избранных микроучастках площадью около $3...10 \text{ мкм}^2$ во взаимоперпендикулярных направлениях.

Содержание серы и фосфора в различных зонах – на светлом поле феррита, серо-голубых участках, прилегающих к порам, а также в порах (рис. 2), определяли рентгеноспектральным микроанализатором MS-46 “Самеса”. Анализ велся при $V=15 \text{ кВ}$ и силе тока $0,2 \text{ мА}$. В качестве эталонов были использованы: для серы – кобальтин с содержанием серы 17,5%, для фосфора – феррофосфор с содержанием фосфора 15,6%.

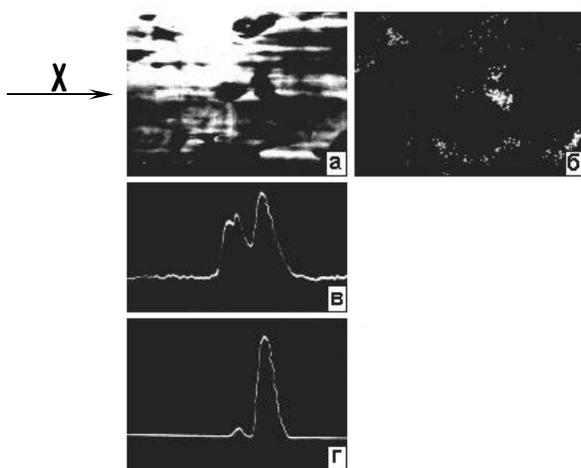


Рис. 1. Структура и запись изменения концентрации компонентов спеченной композиции Fe-C-P-S (P и S=1,0%; C=0,8%): а - изображение структуры в отраженных электронах; б - изображение структуры в рентгеновских лучах серы SK_α; в - изменение концентрации фосфора вдоль линии X; г - изменение концентрации серы вдоль линии X

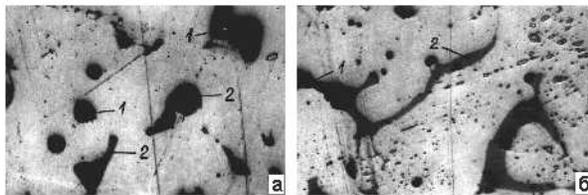


Рис. 2. Вид структуры в оптическом микроскопе (х 340, не травлено):
 а-Fe-P-S (P=0,5%; S=1,0%); б - Fe-C-P-S (P и S=1,0%; C=0,8%). 1 - поры, по периферии которых концентрируется фосфор; 2 - серо-голубая структурная составляющая, обогащенная серой

Установлено, что светлый участок содержит железо и незначительное количество фосфора ($0,2 \pm 0,09\%$); в серо-голубом участке, кроме железа, содержится до 40% серы. В порах, кроме железа и незначительного количества серы ($4,8 \pm 1,4\%$), содержится до 9...10% фосфора. Распределение графита, при данной чувствительности анализа, не получено. Результаты сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты микроспектрального анализа спеченных образцов

По Fe-P-S (P=0,5%;S=1,0%)				
Элементы	Точки, %-ное содержание элементов			Чувствительность
	1	2	3	
	светлый участок	серо-голубой участок около пор	поры	
Fe	$95,30 \pm 4,70$	$36,6 \pm 2,8$	$18,30 \pm 1,80$ $24,30 \pm 1,20$ $44,00 \pm 2,20$	-
S	нет	$38,6 \pm 1,9$	$0,23 \pm 0,03$ $0,15 \pm 0,02$ $4,80 \pm 1,40$	0,1
P	$0,24 \pm 0,03$	нет	$7,20 \pm 0,70$ $8,90 \pm 0,80$ $9,80 \pm 0,90$	0,1

По Fe-C-P-S (P и S=1,0%, C=0,8%)					
Элементы	Точки, %-ное содержание элементов				
	твердый раствор	серая фаза с порой	темная пора около серой фазы	темная округлая пора, центр	серая фаза вокруг крупной поры
Fe	-	$38,2 \pm 1,9$	$25,3 \pm 1,3$	$17,70 \pm 1,70$	$39,7 \pm 2,0$
S	нет	$68,4 \pm 3,4$	$2,0 \pm 0,2$	$0,44 \pm 0,06$	$68,3 \pm 3,4$
P	$0,2 \pm 0,09$	нет	$1,1 \pm 0,1$	$1,50 \pm 0,10$	нет

Проведенные исследования на образцах из Fe-P-S и Fe-C-P-S позволяют заключить, что светлые фазы представляют собой легированный феррит (твердый раствор фосфора в железе), серые фазы – сульфид железа (FeS), а темные фазы вокруг пор – доэвтектический сплав (Fe+Fe₃P). Металлографическим анализом подтверждено равномерное расположение относительно твердых включений (сульфидов и фосфидов) в пластичной (железной) матрице.

Для определения фазового состава карбидосодержащей композиции микрорентгеноспектральный анализ (МРСА) также проводили на микроанализаторе MS-46 при ускоряющем напряжении 10 и 20 кВ, диаметр зонда ~1 мкм. Анализ осуществляли по точкам, а также сканированием по линии с записью на диаграммную ленту и по площади с фотографированием данного участка (рис. 3). Было установлено присутствие в стали титана, фосфора, серы, углерода и изучено их распределение. Выявлено также, что спеченная сталь многофазна. В матрицу вкраплено большое количество разнообразных по форме, размерам и цвету включений, по составу отличающихся от состава матрицы (табл. 3).

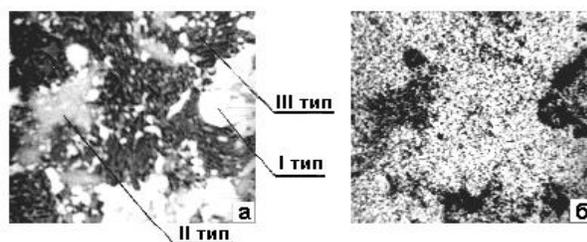


Рис. 3. Изображение структуры спеченной композиции Fe-P-S-C-TiC (P=0,5%; S и C=1,0%): а - структура в отраженных электронах; б - структура в рентгеновских лучах железа FeK_α

По результатам МРСА, содержащиеся в стали включения условно разбиты на 3 типа. Включения I типа (в отраженном свете белые) представляют собой сульфиды железа. Включения II типа (в отраженном свете светло-серые), возможно, TiC, так как дополнительно содержат только железо, а относительная интенсивность по титану близка к интенсивности титана в данном соединении. Включения III типа (темно-серые, в основном, в виде чешуек) представляют собой скопления углерода. Фосфор и сера, частично растворяясь в основе, образуют также отдельные включения – фосфиды и сульфиды.

Таблица 3

Концентрация элементов, выявленных в композиции Fe-C-P-S-TiC

Анализируемая фаза	Элементы, вес. %, *				
	Fe	Ti	P	S	C
Матрица	96	0,3	0,6	0,2	есть
I тип	30-56	0,3	0,2	17	-
II тип	15	56	-	-	-
III тип	0,1	0,4	-	-	очень много

* Все цифры приведены без учета поправочных коэффициентов.

Таким образом, выявление взаимного расположения структурных элементов (фаз), их ориентации, однородности или гетерогенности позволяет предсказать взаимодействие внешних сред (различные газы, вакуум) с поверхностью металла, химическое модифицирование поверхностных слоев (образование граничных пленок), адсорбционное понижение прочности материала и объяснить механизм антифрикционного действия различных веществ с целью их применения в узлах трения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **А.с. 479815** СССР МКл С22 с33/02. Антифрикционный спеченный материал / **Н.В. Манукян, А.А. Андреасян, С.А. Малхасян** (СССР). - ¹ 1954019 /22-1; Заявлено 28.11.73; Оpubл. 05.08.75, Бюл. ¹ 29. - 2 с.
2. **А.с. 876766** СССР МКл³ с22 С39/54. Спеченный антифрикционный материал на основе железа / **Н.В. Манукян, С.А. Малхасян** (СССР). - ¹ 2756129; Заявлено 21.02.79; Оpubл. 30.10.81, Бюл. ¹ 40. - 3 с.
3. **Миркин Л.И.** Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. - М.: Физматгиз, 1961. - 863 с.
4. **Масленков С.Б.** Применение микрорентгеноспектрального анализа. - М.: Metallургия, 1968. - 110 с.
5. **Биркс Л.С.** Рентгеновский микроанализ с помощью электронного зонда. - М.: Metallургия, 1966. - 216 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 20.03.1999.

Մ.Ա. ՄԱԼԽԱՅԱՆ, Լ.Գ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ, Մ.Դ. ԶՈՒՌՆԱԶՅԱՆ, Հ.Ս. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ ԵՐԿԱԹԻ ՀԻՄՔՈՎ ԵՌԱԿԱԼ ՎԱԾ ԿՈՄՊՈԶԻՑԻԱՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՏԱՋԱՅԻՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Բերված են երկաթի հիմքով մշակված, շփման հանգույցներում օգտագործվող ծակոտկեն և ոչծակոտկեն եռակալված նյութերի կառուցվածքաֆազային հետազոտությունների արդյունքները: Նյութերի կառուցվածքի բացահայտումն իրականացվել է ռենտգենաֆազային, ռենտգենասպեկտրային և մետաղաբանական վերլուծությունների մեթոդներով: Սահմանվել է հավելանյութերի բաշխումը երկաթի հիմքում, կառուցվածքային տարրերի (ֆազերի) փոխադարձ դասավորությունը, նրանց համասեռությունը (կամ տարասեռությունը), ինչը թույլ է տալիս կանխագուշակել արտաքին միջավայրերի փոխազդեցությունը մետաղի մակերևույթի հետ և պարզաբանել տարբեր նյութերի հակաշփական ներգործության մեխանիզմը շփման հանգույցներում դրանց օգտագործման նպատակով:

S.A. MALKHASSYAN, L.G. GALSTYAN, M.K. ZOURNACHYAN, H.S. PETROSSYAN STRUCTURAL PHASE INVESTIGATIONS OF SINTERED COMPOSITION BASED ON IRON

The results of structural phase investigations of developed porous and nonporous sintered materials based on iron which are used in the friction nodes are presented. Structure revealing was realized by methods of roentgen-phase, roentgen-spectral and metallographic analyses. The allocation of additions in an iron die, mutual disposition of structural elements (phases), their homogeneity (or heterogeneity) is stated. This enables to predict the interaction of external medium with metal surface and to explain the antifriction action mechanism of different substances for using them in friction nodes.