

Нами исследованы и описаны основные закономерности и механизмы борирования малоуглеродистой феррито-перлитной стали 10.

Установлено, что формирующиеся в ходе борирования новые границы зерен и субзерен выполняют тройную роль. Во-первых, они служат основным каналом насыщения атомами бора и углерода основных глубинных слоев. Во-вторых, на них локализована большая часть карбоборидов. В-третьих, на них расположена значительная часть атомов бора и углерода, еще не образовавшихся карбоборидов. Установлено, что диффузия по границам зерен является главным механизмом карбоборирования за исключением наружного слоя, где решающим фактором является реакционная диффузия.

Показано, что циклический нагрев и охлаждение значительно ускоряют кинетику процесса ХТО железоуглеродистых сплавов.

Термоциклирование во время борирования является эффективным способом интенсификации процессов химико-термической обработки металлов и сплавов.

Установлено, что термоциклирование при борировании приводит к увеличению толщины слоя до 80% на углеродистых сталях, с увеличением степени легированности эффект снижается

с 70% (литая сталь 5ХНМ) до 20% (сталь Х12М). С увеличением содержания углерода в стали снижается глубина борированного слоя, как после изотермического высокотемпературного борирования, так и после термоциклического борирования.

МЕЖФАЗНАЯ ЭНЕРГИЯ НА ГРАНИЦАХ ТВЕРДАЯ ФАЗА-РАСПЛАВ И ТВЕРДАЯ ФАЗА- ПАР НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛО- КЕРАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Дохов М.П.

*Кабардино-Балкарская государственная
сельскохозяйственная академия
Нальчик, Россия*

Используя, полученные ранее автором формулы, проведены расчеты межфазной энергии керамики на границе с жидким металлическим расплавом $\sigma_{тр}$ и поверхностной энергии керамики на границе с паром металлического расплава $\sigma_{тп}$.

В [1], сравнивая работы образования новой фазы в объеме и на поверхности исходной, нами получены следующие формулы для расчетов $\sigma_{тр}$ и $\sigma_{тп}$:

$$\sigma_{ТР} = \sigma_{рп} \left[\frac{2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta}{2 \cdot (1 - \cos\theta)} \right]^{1/2}, \quad (1)$$

$$\sigma_{ТР} = \sigma_{рп} \left[\frac{2 - 3\cos\theta + \cos^3\theta}{2 \cdot (1 - \cos\theta)} \right]^{1/2} + \sigma_{рп} \cos\theta \quad (2)$$

Здесь $\sigma_{рп}$ – поверхностная энергия расплава с насыщенным паром, θ – краевой угол в случае равновесия системы или контактный угол в неравновесной системе твердое тело- расплав (жидкость) – пар.

На основании формул (1) и (2) была составлена таблица относительных значений $\sigma_{тр}/\sigma_{рп}$, $\sigma_{тп}/\sigma_{рп}$, $\sigma_{тп}/\sigma_{тр}$ в зависимости от изменения краевого угла θ во всем интервале возможных значений от 1 до 180°.

Формулы (1) и (2), справедливые, очевидно, лишь при неполном смачивании, выражают $\sigma_{тр}$ и $\sigma_{тп}$ через экспериментально измеряемые величины $\sigma_{рп}$ и θ . Конкретных расчетов по формулам (1) и (2) не проводились.

В настоящей работе, используя литературные данные по краевым углам и поверхност-

ным энергиям металлических расплавов, проведены расчеты $\sigma_{тр}$ и $\sigma_{тп}$ для некоторых металло-керамических систем.

Вычисленные значения $\sigma_{тр}$ и $\sigma_{тп}$ представлены в таблицах 1-3. Экспериментальные данные θ заимствованы из [2], а значения $\sigma_{рп}$ – из измерений тех же авторов работы [2] методом покоящейся капли на керамических подложках для случаев $\theta > \pi/2$.

Для $\theta < \pi/2$ в той же работе [2] приведены значения работ адгезии w жидких металлов к керамическим телам. Используя, эти значения w с помощью формулы Дюпре нами рассчитаны поверхностные энергии жидких металлов, необходимые при расчетах $\sigma_{тр}$ и $\sigma_{тп}$

$$\sigma_{рп} = \frac{w}{1 + \cos\theta} \quad (3)$$

Из таблиц 1-3 видно, что для систем с $\theta > \pi/2$, $\sigma_{тп} < \sigma_{тр}$. При $\theta < \pi/2$, $\sigma_{тп} > \sigma_{тр}$. Если $\theta = \pi/2$, то $\sigma_{рп} = \sigma_{тр} = \sigma_{тп}$.

Последние условия находятся в согласии с представлениями о соотношениях между межфазными энергиями и краевыми углами.

Таблица 1. Краевые углы и межфазные энергии на границах раздела жидкий кремний-керамика при 1450⁰С.

Керамика	В атмосфере водорода				В атмосфере гелия			
	Θ^0	$\sigma_{рп}$	$\sigma_{тр}$	$\sigma_{тп}$	Θ^0	$\sigma_{рп}$	$\sigma_{тр}$	$\sigma_{тп}$
Al ₂ O ₃	95	734	748	684	100	702	727	605
Zr O ₂	90	730	730	730	96	725	742	666
Mg O	101	860	893	729	95	740	755	690
Be O	88	734	727	752	76	451	416	525
Be ₂ C	54	756	552	996	63	756	619	962
Ti O ₂	-	-	-	-	107	735	772	557

Таблица 2

Керамика	В вакууме				В атмосфере водорода				В атмосфере гелия			
	Θ^0	$\sigma_{рп}$	$\sigma_{тр}$	$\sigma_{тп}$	Θ^0	$\sigma_{рп}$	$\sigma_{тр}$	$\sigma_{тп}$	Θ^0	$\sigma_{рп}$	$\sigma_{тр}$	$\sigma_{тп}$
Zr O ₂	118	1730	1834	1022	131	1555	1640	620	120	1500	1591	841
Th O ₂	-	-	-	-	132	1540	1623	593	134	1520	1599	543
Al ₂ O ₃	128	1760	1861	778	133	1590	1674	590	141	1505	1569	399
Be O	128	1680	1777	742	152	1595	1636	227	146	1370	1418	282
Mg O	132	1600	1686	616	152	1730	1774	247	132	1625	1713	625
Ti O ₂	105	1165	1220	918	143	1320	1372	318	121	1110	1177	606
Be ₂ C	92	1140	1150	1110	90	1100	1100	1100	75	1112	1017	1305
графит	90	1100	1100	1100	68	1091	940	1349	86	1122	1101	1179

Таблица 3. Краевые углы и межфазные энергии на границах расплав железа-керамика при 1550⁰С

Железо	Керамика	В атмосфере водорода				В атмосфере гелия			
		Θ^0	$\sigma_{рп}$	$\sigma_{тр}$	$\sigma_{тп}$	Θ^0	$\sigma_{рп}$	$\sigma_{тр}$	$\sigma_{тп}$
Армко	Zr O ₂	111	1395	1473	973	102	1285	1337	1070
	Th O ₂	112	1430	1511	976	100	1320	1336	1137
	Be O	147	1230	1271	239	127	1280	1354	584
	Mg O	-	-	-	-	130	1293	1336	534
	Ti O ₂	84	815	791	876	0	-	-	-
	Ti O _{2-x}	92	932	940	907	76	564	520	656
	графит	37	1446	768	1922	51	1289	900	1711
Железо-электролитический	Al ₂ O ₃	121	1450	1538	791	129	1440	1522	615

Из таблиц 1-3 также следует, что значения поверхностной энергии твердого тела $\sigma_{тп}$ и межфазной энергии $\sigma_{тр}$ зависят от смачивающего данное тело, расплава. Поверхностная энергия одного и того же твердого тела, измеренная в присутствии расплава и в его отсутствии никогда не будут совпадать между собой, так как паровая фаза расплава и сам расплав оказывают существенное влияние на поверхностную энергию твердого тела. Требовать совпадений величин, измеренных в совершенно разных условиях некорректно. Считаю необходимым подчеркнуть, что уравнение Юнга характеризует равновесие именно между тремя фазами совместно и одновременно, а не одну или двух фаз в отдельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дохов М.П. Новый вариант термодинамической оценки межфазной энергии на границе раздела твердое тело-расплав //Ред.журн.

Известия вузов. Физика. Томск. 1987-12с. Деп. в ВИНТИ 23.03.87г. № 2959-В.87.

2. Humenik M., Kingery W.D. Metal-Ceramic Interactions: III. Surface Tension and Wettability of Metal-Ceramics Systems J. Amer.Cerm. Sci.1954.V.37, №.P.18-23.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЙ МАШИН

Елифанов В.Н.

Вятский государственный университет
Киров, Россия

На машиностроительных заводах для обеспечения и постоянного подтверждения высокого качества серийных машин создаются многоэтапные системы контроля и испытаний, охватывающие все стадии производства, включая материалы, детали, узлы, подсистемы и машины в целом. Однако в мировой практике машино-