УДК 620.22

М. Бачиу, д. т. н., доц.; И. Русу, д. т. н., доц.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СТАЛЕЙ 40CR10 И OLC 55

Исследования, проведенные посредством рентгенографической дифракции, позволили идентифицировать фазы, присутствующие в структуре сталей 40Cr10 и OLC 55, обработанных термически и термохимически в электролитической плазме; проведен расчет концентрации идентифицированных структурных фаз.

Ключевые слова: электролитическая плазма, сталь, азотирование, рентгенографическая дифракция.

1. Введение

Анализ фазового состава сталей 40Cr10 и OLC55, подвергнутых термической и термохимической обработке, позволяет установить корреляцию между технологическими параметрами методов обработки и полученными физико-механическими свойствами.

Экспериментальные исследования были выполнены посредством дифракции рентгеновских лучей, также был выполнен анализ дифракционных диаграмм, позволяющий идентифицировать фазы, имеющиеся в структуре каждого образца, были проведены вычисления фазовой концентрации и расстояния в плоскости d_{hkl}.

2. Эксперимент

Эксперименты проводились с цилиндрическими образцами 15 х 50 мм из сталей 40Cr10 и OLC 55, подвергнутых анодному нагреву в водных электролитах. Условия обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1

			Вид термической и	Технологические
No	Тип стали	Образец	и термохимической	параметры
			обработки	термообработки
1		312	азотирование +	$T_{inc} = 650^{\circ}C; t_{inc} = 6$ мин
1		30	закаливание + отпуск	$T_{rev} = 350$ °C; $t_{rev} = 1$ ч
2		3D	азотирование +	$T_{inc} = 700^{\circ}C; t_{inc} = 6$ мин
2	40Cr10	3D	закаливание	
2	400110	ЗНН	азотирование +	$T_{inc} = 750^{\circ}C; t_{inc} = 6$ мин
5			закаливание + отпуск	$T_{rev} = 350^{\circ}C; t_{rev} = 1$ ч
4		2 ^	азотирование +	$T_{inc} = 650^{\circ}C; t_{inc} = 6 $ мин
4		JA	закаливание	$T_{aust} = 750^{\circ}C$
5		4 V	азотирование +	$T_{inc} = 650^{\circ}C; t_{inc} = 6 $ мин
5		4 v	закаливание + отпуск	$T_{rev} = 350^{\circ}C; t_{rev} = -1 h$
6	OLC 55	4DD	азотирование +	$T_{inc} = 700^{\circ}C; t_{inc} = 6$ мин
0			закаливание	
7		41411	азотирование +	$T_{inc} = 750^{\circ}C; t_{inc} = 6$ мин
/		4101101	закаливание + отпуск	$T_{rev} = 350^{\circ}C; t_{rev} = -1 h$
8		ΛV	азотирование +	$T_{inc} = 650^{\circ}C; t_{inc} = 6 $ мин
0		41	закаливание	$T_{aust} = 750^{\circ}C$

Технологические параметры термической и термохимической обработки в электролитической плазме

Дифрактограммы были получены при помощи прибора DRON2 и излучения MoK_{α} и FeK_{α}, интервал анализа составлял: $2\theta = 15^{\circ}...40^{\circ}$.

3. Результаты эксперимента

На рис. 1 – 8 представлены полученные дифрактограммы.

На диаграммах идентифицированы пики высокой интенсивности, характерные для фаз и плоскостей дифракции:

```
аустенит: (111); (200); (220); (311);
мартенсит: (110); (200); (211);
нитриды: Fe<sub>3</sub>N.
```



Рис. 1. Дифрактограмма стали 40Cr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°С в печи (образец 3В)



Рис. 2. Дифрактограмма стали 40Cr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме (образец 3D)



Рис. 3. Дифрактограмма стали 40Cr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°С в печи (образец 3HH)



Рис. 4. Дифрактограмма стали 40Сr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме (образец ЗА)



Рис. 5. Дифрактограмма стали 40Cr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°С в печи (образец 4V)



Рис. 6. Дифрактограмма стали OLC 55, азотированной и закаленной в электролитической плазме (образец 4DD)



Рис. 7. Дифрактограмма стали OLC 55, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°С в печи (образец 4ММ)



Рис. 8. Дифрактограмма стали OLC 55, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°С в печи (образец 4Y)

Таблица 3

Растояние в плоскости и фазовая природа представлены в структуре стали 40Cr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме(образец 3D)

d_{hkl}	Фаза	(h k l)
2,076	γ	111
2,024	α	110
1,8161	γ	200
1,4364	α	200
1,2857	γ	220
1,1763	α	211
1,0929	γ	311

Таблица 5

Растояние в плоскости и фазовая природа представлены в структуре стали 40Cr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме (образец 3A)

d _{hkl}	Фаза	(h k l)
2,076	α+γ	$110_{\alpha} + 111_{\gamma}$
2,024	α	110
1,8161	γ	200
1,4364	α	200
1,2857	γ	220
1,1763	α	211
1,0929	γ	311

Таблица 2

Растояние в плоскости и фазовая природа представлены в структуре стали40Cr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°C в печи (образец 3B)

d _{hkl}	Фаза	(h k l)
2,053	α	110
1,4378	α	200
1,1646	α	211

Таблица 4

Растояние в плоскости и фазовая природа представлены в структуре стали 40Cr10, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°С в печи (образец 3HH)

d _{hkl}	Фаза	(h k l)
2,024	α	110
1,4328	α	200
1,1692	α	211

Таблица 7

Растояние в плоскости и фазовая природа представлены в структуре стали OLC 55, азотированной и закаленной в электролитической плазме (образец 4DD)

d _{hkl}	Фаза	(h k l)
2,0680	α+γ	$110_{\alpha} + 111_{\gamma}$
1,8161	α	200
1,4364	α	200
1,2800	γ	220
1,1777	α	211
1,0908	γ	311

Таблица 6

Растояние в плоскости и фазовая природа представлены в структуре стали OLC 55, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°С в печи (образец 4V)

d _{hkl}	Фаза	(h k l)
2,0510	α	110
1,4369	α	200
1,1716	α	211

Таблица 9

Растояние в плоскости и фазовая природа представлены в структуре стали OLC 55, азотированной и закаленной в электролитической плазме (образец 4Y)

d _{hkl}	Фаза	(h k l)
2,0686	α+γ	110 +111
1,8278	α	200
1,4400	α	200
1,2800	γ	220
1,1787	α	211
1,0904	γ	311

Величины концентрации фаз в структуре исследованных образцов представлены в таблице 10.

Таблица 8

Растояние в плоскости и фазовая природа представлены в структуре стали OLC 55, азотированной и закаленной в электролитической плазме, а затем отпущенной при 350°С в печи (образец 4MM)

d _{hkl}	Фаза	(h k l)
2,0580	α	110
1,4443	α	200
1,1739	α	211

Таблица 10

Образец	v _α , [%]	ν _γ , [%]	v _N , [%]
3B	100	-	-
3D	78,30	21,70	-
ЗНН	100	-	-
3A	65,80	8,30	25,90
4V	100	-	-
4DD	70,30	12,40	17,40
4MM	100	-	-
4Y	64,70	14,10	21,20

Технологические параметры термической и термохимической обработки в электролитической плазме

4. Выводы

1. Проведенное рентгенографическое исследование показало природу фаз, присутствующих в структуре двух сталей, обработанных термически в электролитической плазме: азотосодержащий мартенсит (нитромартенсит), остаточный аустенит и сложные химические соединения (нитриты).

2. Идентифицированные структурные фазы соответствуют используемым методам обработки, их концентрация зависит от двух основных технологических параметров – температуры и времени диффузии.

Таким образом, при азотировании сталей 40Cr10 и OLC 55 отмечается снижение количества нитридов при увеличении температуры диффузии.

3. Использование отпуска в печи после азотирования и закалки в электролитической плазме способствует полной трансформации остаточного аустенита в кубический мартенсит.

Литература

1. Baciu, Maria, Contributions on the structural and property changes of thermally and thermochemically treated steels in electrolytic plasma (in Romanian), PhD thesis, "Gh.Asachi" Technical University from Iași, 1999.

2. Belkin, P.N, Ignat'kov, D.A., Pasinkovskÿ, E.A., Azotirovanie v elektrolitnoj plazma, Kolloquium Eigenspannungen und Oberflächen-verfestigung, p.265, 1982.

3. Belkin, P.N., Pasinkvoskÿ, E.A. Termičeskaâ i himiko - termičeskaâ obrabotka stalej pri nagreve v rastvorah elektrolitov, Metallovedenie i termičeskaâ obrabotka metallov, nr.5, pag.12-17, 1989.

4. Duradži, V.N., Parsadanian, A.S., Nagrev, metallov v elektrolitnoi plazme (lb. rusă), Ed. Stiinca, Kišinev, 1988.

Мария Бачиу – д. т. н., доцент факультета материаловедения и инженерии материалов, тел. 0232-278688, e-mail: maria baciu 2004@yahoo.com

Ион Русу – д. т. н., доцент, факультета материаловедения и инженерии, тел.: 0232-278688, e-mail: vrusu 2003@yahoo.com

Технический университет «Джорджа Асахи», г. Яссы, Румыния.