

РЕЖИМЫ АЗОТИРОВАНИЯ С ОКИСЛЕНИЕМ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ

Для повышения стойкости горячепрессового инструмента перспективной является ХТО, в частности азотирование с последующим окислением, позволяющее надежно уменьшить вероятность образования в диффузионном слое охрупчивающих высоконитридных фаз при значительном снижении расхода насыщающего газа [1].

С целью разработки оптимальных режимов азотирования с окислением стандартных сталей 4Х5В2ФС, 3Х2В8Ф и экспериментальной 45Х2В2М2ФСЮТ (ФТА-3) изучены фазовый состав и микротвердость их диффузионных слоев после ХТО по четырем режимам, отличающимся температурой азотирования (520...550 °С), температурой стадий окисления (двухступенчатой выдержки без подачи аммиака при 620...640 и 520...550 °С), а также длительностью этих процессов. В табл. 1 представлен фазовый состав поверхностных слоев в порядке увеличения температуры или длительности операций азотирования и окисления. Дифрактограммы сняты на аппарате ДРОН-3,0 в монохроматизированном $Co-K_{\alpha}$ -излучении. Относительное содержание фаз устанавливали по соотношению интенсивностей сильных линий, характерных для каждой из указанных фаз. Распределение микротвердости H по толщине h диффузионных слоев определено по ГОСТ 9450-76 при нагрузке 0,981 Н (рис. 1).

Азотирование сталей 4Х5В2ФС и 3Х2В8Ф по режиму 1 (кривые 1 и 4) создает на их поверхности слой, основу которых составляют γ' -фаза на базе нитрида $(FeM)_4N$. При азотировании стали ФТА-3 по режиму 1 (кривая 7), содержащей в α -твердом растворе дополнительно активные нитридообразующие элементы — титан, алюминий, молибден, значительная часть диффундирующего азота расходуется на образование в матрице насыщенной азотом $\alpha(N)$ -фазы дисперсных включений нитридов и карбонитридов, не выявляемых рентгенографически. При этом в структуре поверхностного слоя стали ФТА-3 образуется значительно меньше γ' -фазы, чем в первых двух сталях. При повышении температуры второй стадии окисления и ее продолжительности увеличивается содержание оксидов в поверхностном слое (режим 2, кривые 2, 5, 8), а при дальнейшем повышении температуры окисления (режим 3, кривые 3, 6, 9) или длительности стадии (режим 4) происходит диссоциация γ' -фазы с образованием высоконитридных ϵ - и ξ -фаз.

Чем выше температура или длительность окисления азотированных сталей, тем более резко снижается уровень микротвердости диффузионных слоев и уменьшается их толщина, что связано с коагуляцией дисперсных нитридных фаз, а также с уменьшением содержания γ' -фазы, которая характеризуется повышенной твердостью [2]. Образование высокотвердых и теплостойких нитридов легирующих элементов в стали ФТА-3 обеспечивает значительно большую стабильность свойств диффузионных слоев по их глубине при повышении температуры окисления (кривые 7, 8), чем в первых двух сталях (кривые 1 и 2, 4 и 5).

Табл. 1. Фазовый состав поверхностных слоев азотированных сталей

Ре- жим ХТО	Сталь		
	4X5B2ФС	3X2B8Ф	45X2B2M2ФСЮТ (ФТА-3)
1	$\gamma > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \alpha(\text{N}) > \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\gamma' > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \alpha(\text{N}) > \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\alpha(\text{N}) \geq \text{Fe}_3\text{O}_4 > \gamma' > \text{Fe}_2\text{O}_3$
2	$\text{Fe}_3\text{O}_4 > \gamma' > \alpha(\text{N}) > \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_3\text{O}_4 > \gamma' > \alpha(\text{N}) > \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\alpha(\text{N}) \sim \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3 \sim \gamma'$
3	$\alpha(\text{N}) >> \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3 >> \gamma'$	$\text{Fe}_3\text{O}_4 > \alpha(\text{N}) > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \gamma'$	$\alpha(\text{N}) > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \epsilon > \gamma'$
4	$\alpha(\text{N}) > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \xi$	$\alpha(\text{N}) > \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \epsilon$	$\alpha(\text{N}) >> \text{Fe}_3\text{O}_4 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \gamma'$

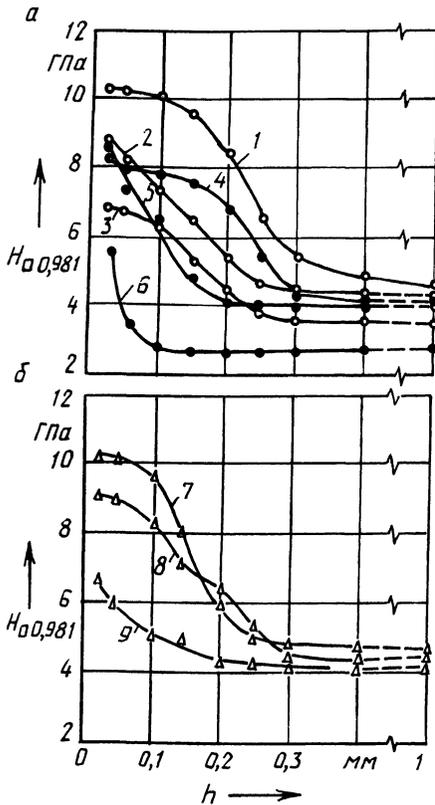


Рис. 1. Распределение микротвердости по толщине диффузионных слоев:

a – стандартные стали 3X2B8Ф (кривые 1, 2, 3) и 4X5B2ФС (кривые 4, 5, 6);
б – экспериментальная сталь 45X2B2M2ФСЮТ (кривые 7, 8, 9)

Таким образом, азотирование с последующим окислением исследованных сталей способствует образованию на их поверхности защитных оксидных пленок, обеспечивая преимущественную диффузию азота в глубь металла. Постепенное снижение микротвердости по глубине диффузионных слоев до 0,25... 0,3 мм без образования высококонцентрированных охрупчивающих фаз для сталей 4X5B2ФС и 3X2B8Ф достигается при ограничении температур азотирования и второй стадии окисления до 520 °С (режим 1). Для экспериментальной стали ФТА-3 можно рекомендовать диапазон температур этих стадий 520...550 °С (режимы 1, 2). Повышенная теплоустойчивость и стабильность структуры азотированных слоев стали ФТА-3 позволяют ее использовать при создании инструментов горячего деформирования вместо сталей типа 3X2B8Ф. Рекомендуемые режимы азотирования с окислением для указанных сталей внедрены на предприятиях различных отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 945244 СССР. Способ азотирования / Е.И. Понкратин и др. – Оpubл. в Б. И., 1982, № 27. 2. Л а х т и н Ю.М., К о г а н Л.Д. Азотированные стали. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.

УДК 621.74:658.382

А.М. ЛАЗАРЕНКОВ, Л.П. ФИЛЯНОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХАХ

Одним из факторов, характеризующих условия труда в литейных цехах, является микроклимат воздушной среды рабочей зоны, который определяется совокупностью следующих параметров: температура воздуха (t , °С), его относительная влажность (W , %) и скорость движения (v , м/с), интенсивность тепловых излучений (Q , Вт/м²). Поскольку параметры наружного воздуха оказывают влияние на параметры микроклимата рабочих мест, то целесообразно было произвести анализ корреляционной зависимости между этими параметрами с использованием методов математической статистики. Для этой цели на каждом рабочем месте литейного цеха проводилась серия измерений в холодный и теплый периоды года. Для исследования корреляционной зависимости между параметрами микроклимата рабочих мест цеха и параметрами наружного воздуха выборочно была взята совокупность вышеприведенных параметров и на их основе построена матрица исходных данных. Затем с помощью ЭВМ ЕС-1035 была рассчитана матрица взаимных корреляций между параметрами метеоусловий.

Как известно, коэффициент корреляции принимает значения 0...1 и характеризует степень взаимосвязи и влияния друг на друга рассматриваемых параметров. Чем ближе значения коэффициента корреляции к единице, тем сильнее связь между параметрами. Матрица взаимных корреляций, полученная в результате расчета, приведена в табл. 1. Наибольшие значения коэффициента корреляции выявлены между параметрами $t:t_H$; $t:W_H$; $t:v_H$. Это свидетельствует о том, что параметры микроклимата рабочих мест всех участков литейно-

Табл. 1. Значения коэффициентов корреляции

Участок цеха	Коэффициент корреляции при		
	$t : t_H$	$t : W_H$	$t : v_H$
Стержневой	0,76...0,89	0,38...0,44	0,44...0,68
Цветного литья	0,72...0,94	0,49...0,57	0,32...0,47
Литья под давлением	0,56...0,9	0,68...0,69	0,64...0,76
Формовочный	0,68...0,98	0,29...0,43	0,51...0,7
Плавильно-заливочный	0,72...0,76	0,42...0,48	0,43...0,64
Обрубочно-очистной	0,67...0,85	0,27...0,33	0,46...0,63
Шихтовой двор	0,71...0,9	0,39...0,46	0,21...0,23