

Т а б л и ц а 1. Влияние температуры и продолжительности процесса хромирования на толщину диффузионных слоев на предварительно цинкованных углеродистых сталях

Марка стали	τ , Г	Толщина слоя, мкм		
		850°С	950°С	1050°С
Сталь 45	2	35	38	55
	4	39	51	64
	6	44	58	75
	8	48	63	88
Сталь У8	2	39	42	61
	4	45	50	65
	6	53	57	66
	8	58	63	70
Сталь У12	2	62	68	77
	4	67	73	80
	6	70	79	86
	8	71	80	90

Опробование новой технологии диффузионного хромирования на быстроизнашивающихся деталях гидрообъемной трансмиссии трактора МТЗ-80Б показало перспективность промышленного использования разработанного способа упрочнения.

УДК 621.785.53

Н.Г.Кухарева, Л.Н.Пантелеенко

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ДИФФУЗИОННЫХ ЦИНКОВЫХ СЛОЯХ*

В данной работе представлены результаты исследования фазовых превращений, протекающих в диффузионных цинковых слоях стали 45, полученных цинкованием в порошковой смеси: $20\%Zn + 78\%Al_2O_3 + 2NH_4Cl$ при температуре 700°С ($\tau = 1$ ч), при последующей термической обработке ($t = 500-800^\circ C, \tau = 1$ ч).

*Работа выполнена под руководством докт.техн.наук Л.Г.Ворошнина.

Выбор объекта исследования обусловлен малой изученностью и своеобразием диффузионных слоев, формирующихся при температуре насыщения, равной 700°C: диффузионный слой в этом случае не отвечает однофазным областям изотермического разреза диаграммы Fe—Zn при температуре насыщения, а состоит из гетерофазных областей $\alpha + \Gamma$ - и $\delta + \Gamma$ -фаз.

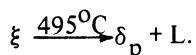
После указанной обработки на стали 45 формируется диффузионный слой толщиной 70 мкм, состоящий из зоны $\alpha + \Gamma$ -фаз толщиной 15 мкм и зоны δ -фазы с включениями Γ -фазы толщиной 55 мкм. У поверхности плотность включений Γ -фазы несколько выше, а сами включения дисперснее. Рентгеноструктурным анализом зафиксировано присутствие в слое небольших количеств ξ -фазы. Изучение атомного и концентрационного распределений железа и цинка в диффузионном слое полностью подтверждали описанные явления.

Чтобы исключить влияние побочных факторов на результаты исследования, термическую обработку цинкованных сталей проводили в атмосфере аргона. Высокотемпературное состояние упрочняемого слоя фиксировали охлаждением в воде.

Изотермическая выдержка в течение 1 ч при 500°C не приводит к радикальным изменениям в структуре цинкового слоя. Сравнение структуры слоя до и после термической обработки свидетельствует о том, что в нем несколько (с 15 до 20 мкм) выросла зона $\alpha + \Gamma$ -фаз, сохранилась зона почти сплошной δ -фазы толщиной 25—30 мкм с концентрацией цинка до 90%. Над зоной фазы расположена зона смеси $\Gamma + \delta$ -фаз (10—20 мкм) с содержанием цинка 77—88%. Твердый раствор на границе слой-сердцевина содержал 19%Zn.

В поверхностной зоне слоя, состоявшей ранее из смеси $\delta + \Gamma$ -фаз, значительно возросла доля Γ -фазы.

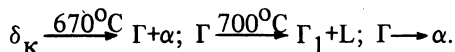
На расстоянии до 20 мкм от поверхности зафиксировано образование системы микрокапилляров. Образование системы микрокапилляров является следствием испарения цинка. Наиболее активно процесс испарения протекает из участков, в которых концентрация цинка максимальна. Такими участками при 500°C в первую очередь являются места расположения жидкометаллической фазы, образующейся из включений ξ -фазы по перитектической реакции



Рассмотренные в работе процессы с повышением температуры термообработки в значительной мере интенсифицируются. После 1 ч выдержки при 600°C с поверхности диффузионный слой представляет собой α -твердый раствор, за которым следует смесь $\Gamma + \alpha$ -фаз толщиной до 45 мкм. Это свидетельствует о весьма интенсивном удалении цинка из слоя. Трансформация высокоцинкидных фаз в Γ - и α -фазу идет за счет протекания пери-

тектической реакции $\delta_p \xrightarrow{530^\circ\text{C}} \delta_k + L$ за счет испарения цинка. Испарение цинка в свою очередь интенсифицирует образование разветвленной сообщающейся системы микрокапилляров.

Повышение температуры изотермической выдержки до 700°C сопровождается дальнейшей трансформацией высокоцинкидных фаз в бедные цинком соединения



Последняя реакция полностью обусловлена испарением цинка. После часовой выдержки при 700°C диффузионный слой состоит полностью из α -фазы — твердого раствора цинка в α -железе с концентрацией цинка порядка 6%. С поверхности слоя и на границе слой-сердцевина концентрация цинка достигает 19–20%, что соответствует растворимости цинка в α -железе. Присутствие жидкометаллической фазы в слое облегчает удаление из него цинка и формирование по всему бывшему цинковому слою открытой пористости, составляющей около 20% от объема слоя и представляющей систему микрокапилляров с линейными размерами 5–7 мкм.

Пористость образуется лишь в тех участках слоя, где ранее присутствовали ее высокоцинкидные фазы Γ и δ .

Аналогичные превращения имеют место и при непрерывном нагреве, но со скоростями не более 100–120 град/мин. В противоположном случае диффузионный слой полностью оплавляется.

Наиболее важные моменты фазовых превращений при термической обработке в цинковых покрытиях с точки зрения их влияния на химико-термическую обработку сталей с цинковыми подложками сводятся к следующему: присутствие в слое при температурах термообработки (500 – 700°C) в локальных объемах слоя жидкометаллической фазы; стабилизация цинком α -фазы (железа с решеткой ОЦК); формирование развитой сообщающейся системы микрокапилляров за счет интенсивного испарения цинка из мест расположения жидкометаллической фазы, (явление, описанное в данной работе впервые).

Эти особенности фазовых превращений в цинковых покрытиях оказывают исключительно сильное влияние на кинетику и механизм формирования диффузионных слоев при химико-термической обработке предварительно цинкованных сталей.