

цианированной стали 20 в интервале температур 100-300°C, сходен с изменениями, наблюдаемыми при отпуске закаленных высокоуглеродистых сталей.

2. Показано, что цианированный слой, образованный в ионизированной среде, обладает более высокой теплостойкостью, чем слой, полученный при обычном цианировании в газовой среде, и лежит в пределах температур 250-300°C.

#### Литература

Курдюмов Г.В., Этин Р.И. Отпускная хрупкость конструкционных сталей. Металлургиздат, М., 1945.

Е.Э.Вржач, Э.И.Вржач

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕТРАГОНАЛЬНОСТИ $\delta$ - ФАЗЫ ПО ГЛУБИНЕ НИТРОЦЕМЕНТОВАННОГО СЛОЯ СТАЛИ 20

Исследовался закаленный (62 HRC) нитроцементованный слой стали 20, глубиной 0,50 мм, образованный при температуре 850°C в среде, ионизированной электрическим полем коронного разряда.

Рентгенографический анализ установил многофазный характер изучаемого слоя. Наряду с характерными для нитроцементованного слоя карбонитридными фазами  $Fe_3(C,N)$ , структуры магнетита  $Fe_3O_4$  и гематита  $\delta$ - $Fe_2O_3$  по всей глубине слоя наблюдается  $\delta$ -фаза, представляющая собой, в рассматриваемом нами случае, легированный азотом мартенсит.

Было высказано предположение (1,2), что значительное повышение служебных свойств исследуемых объектов, в сравнении с обычной нитроцементацией, следует объяснить не только наличием и характерным расположением в слое карбонитридных фаз, но и, главным образом, равномерно снижающейся, по мере удаления от его поверх-

ности тетрагональности  $\lambda$  - фазы.

С целью проверки сделанного предположения, на основании данных дифрактограмм (рис.1) проводился расчет периода решетки  $\lambda$  - фазы на глубине слоя 0,05; 0,15; 0,45 мм.

Расстояние между линиями дуплета мартенсита на дифрактограмме зависит от его тетрагональности  $C/a$ , которая в свою очередь зависит от содержания в изучаемой зоне слоя углерода и азота.

В таблице 1 приведены данные послойного химического анализа на углерод и азот.

Таблица 1

Расстояние от поверхности, мм	Химический состав слоя, %	
	C	N
0,05	0,87	0,340
0,15	0,68	0,239
0,45	0,28	0,031

Расчет тетрагональности мартенсита проводился по методике, приведенной в работе (3).

Расчитывались углы  $\theta$  для линий дуплета мартенсита (011) и (110) при разном содержании в слое углерода и азота. На основании полученных данных строился график зависимости (рис.2).

$$\Delta \theta = \theta_{(011)} - \theta_{(110)} = f(C, N).$$

По дифрактограмме определялся  $\Delta \theta$  для исследуемого случая. С помощью графика по экспериментально найденному  $\Delta \theta$  определялось содержание углерода и азота по формулам Г.В.Курдюмова:

$$C = 2,861 + 0,118 P \frac{\circ}{\text{А}};$$

$$a = 2,861 + 0,015 P \frac{\circ}{\text{А}},$$

где P - весовой процент C и N в мартенсите, и расчитывались периоды решетки мартенсита - a и

С и С/а.

Так как решетка мертенсита принадлежит тетрагональной сингонии, то

$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda}{4a^2} \left( H^2 + K^2 + L^2 \frac{a^2}{c^2} \right);$$

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{a^2} \left( d^2 + K^2 + L^2 \cdot \frac{a^2}{c^2} \right),$$

где  $h, k, l$  - индексы Миллера.

$$1. P = 0,25\%;$$

$$a = 2,861 - 0,015 \cdot 0,25 = 2,857;$$

$$c = 2,861 - 0,118 \cdot 0,25 = 2,890;$$

$$\frac{1}{d_{(011)}^2} = \frac{1}{2,857^2} \left( 1 + \frac{2,857^2}{2,890^2} \right);$$

$$d_{(011)} = 2,041;$$

$$\frac{1}{d_{(110)}^2} = \frac{2}{2,857^2}; \quad d_{(110)} = 2,020;$$

$$d_{(011)} - d_{(110)} = 2,041 - 2,020 = 0,021;$$

$$0,021 - X$$

$$2,00 - 400$$

$$X = 4,2 \text{ мм.}$$

Так как в нашем случае 1 мм составляет  $\sim 3'$ , то

$$\Delta \theta = 12,6';$$

$$2. P = 1,0\%;$$

$$c = 2,861 + 0,118 = 2,979;$$

$$a = 2,861 - 0,015 = 2,846;$$

$$\frac{1}{d_{(011)}^2} = \frac{1}{2,846^2} \left( 1 + \frac{2,846^2}{2,979^2} \right);$$

$$d_{(011)} = 2,077;$$

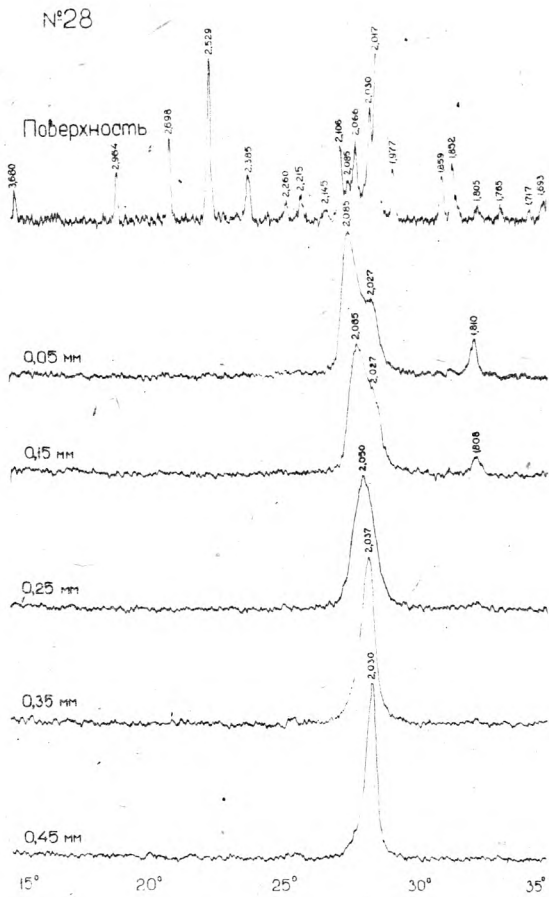


Рис. I. Дифрактограмма от нитроцементованного  
слоя стали 20.

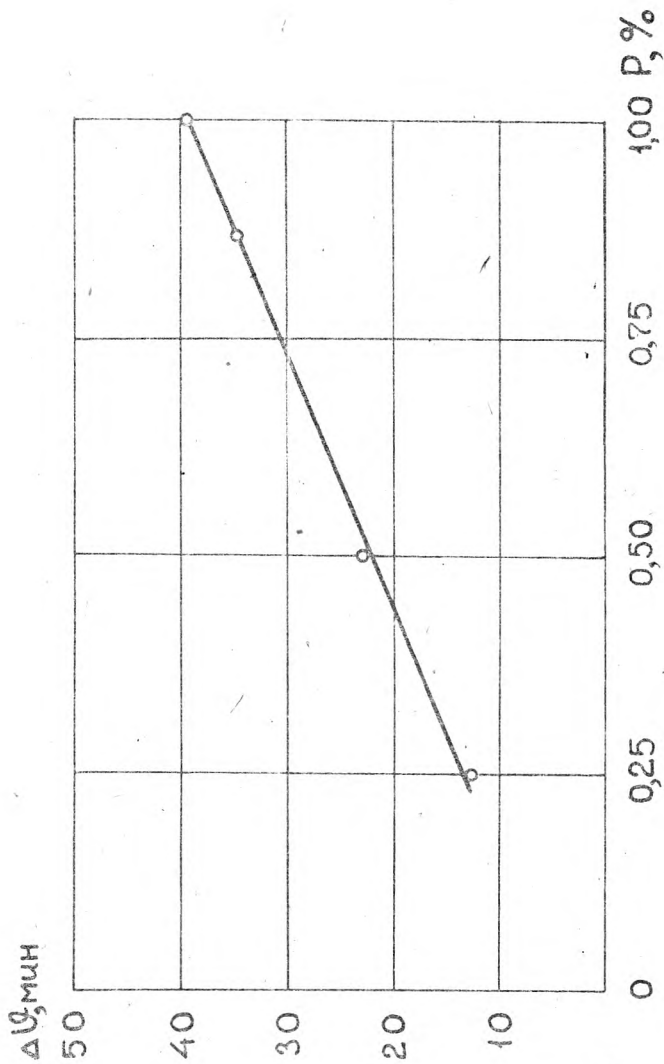


Рис. 2. График зависимости  $\Delta U$  от  $f(C, N)$ .

$$\frac{1}{d^2(110)} = \frac{2}{8,1}; \quad d_{(110)} = 2,013;$$

$$d_{(011)} - d_{(110)} = 2,077 - 2,013 = 0,064;$$

$$X = 12,8 \text{ мм};$$

$$\Delta V = 38,4\%$$

Тетрагональность мартенсита на  
глубине слоя 0,05 мм

$$d_{(011)} - d_{(110)} = 2,085 - 2,027 = 0,058; \quad (\text{рис.1})$$

$$X = 11,6 \text{ мм};$$

$$\Delta V = 34,8\%;$$

$$P = 0,85\%;$$

(рис.2)

$$C = 2,961;$$

$$a = 2,848;$$

$$C/a = 1,040.$$

Тетрагональность мартенсита на  
глубине слоя 0,15 мм

$$d_{(011)} - d_{(110)} = 2,065 - 2,027 = 0,038;$$

$$X = 7,6 \text{ мм}; \quad \Delta V = 22,8\%;$$

$$P = 0,5\%;$$

(рис.2)

$$C = 2,920$$

$$a = 2,854$$

$$C/a = 1,023.$$

Аналогично проведенный расчет показал, что на глубине слоя 0,45 мм тетрагональность мартенсита уменьшилась до 1,010, т.е. кристаллическая решетка его уже мало отличается от кубической решетки  $d$  - железа ( феррита ).

## В ы в о д ы

Установлено наличие по глубине нитроцементованного слоя  $d$  - фазы, представляющую собой легированный азотом мартенсит, тетрагональность которого, по мере удаления от поверхности слоя, уменьшается.

## Л и т е р а т у р а

1. Вржач Э.И., Горбачев В.Б. - Цианирование стали в газовой среде, ионизированной электрическим полем коронного разряда. Известия иркутского сельскохозяйственного института, вып.28, т.3, часть 2, 1970.
2. Вржач Э.И., Горбачев В.Б., Вржач Е.Э. - Исследование фазового состава цианированного слоя стали 20, образованного в электрическом поле коронного разряда. Известия Иркутского сельскохозяйственного института, вып.28, т.3, часть 2, 1970.
3. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический анализ металлов, М., Metallurgizdat, 1963.