

Г.С. ОВСЕПЯН, А.Ж. ГАЛСТЯН, А.С. МАРКАРЯН,
А.А. АМБАРЯН, Н.С. АЛЕКСАНИЯН

КАРБОНИТРИРОВАНИЕ В ТВЕРДЫХ СРЕДАХ

Предлагаются технологические режимы карбонитрирования конструкционных сталей. Даны физико-химические основы процесса и свойства диффузионного износостойкого карбонитрированного слоя.

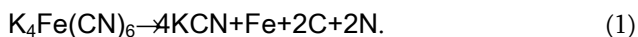
Ключевые слова: термическая обработка, карбонитрирование, прочность, сталь, диффузия, среда.

Карбонитрирование широко применяется для упрочнения разнообразных сталей и сплавов, деталей машин и инструментов, работающих в различных условиях эксплуатации. В настоящее время разработано множество технологических вариантов процесса.

Процессы карбонитрирования классифицированы по температурным режимам и составу поверхностного слоя. При заданной газовой атмосфере температурный режим определяет состав и структуру получаемого слоя [1].

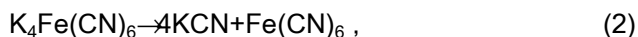
Технологический процесс карбонитрирования включает три стадии [2]: 1. Начальный период, включающий нагрев деталей после загрузки до получения постоянной температуры, атмосферы и создания требуемых концентрационных соотношений по насыщающему потенциалу среды на поверхности деталей. 2. Выдержка при заданной температуре, при которой поддерживаются необходимые условия для протекания соответствующих реакций. 3. Охлаждение, выгрузка садки.

В [3] отмечено, что термическая диссоциация желтой и красной кровяной соли ниже температуры ее плавления ($\approx 625^\circ\text{C}$) происходит по следующей реакции:



Азот и углерод, выделяющиеся в активном состоянии, насыщают поверхностный слой стали. Часть выделяющегося азота, которая не реагирует с металлом, ассоциируется в молекулярный азот и улетучивается, а часть углерода, не взаимодействующая со сталью, оседает в виде сажи, вызывая почернение соли и цианируемой поверхности стали.

При азотировании в смеси древесного угля, железисто-синеродистого калия и карбоната, наряду с описанными реакциями для двойной смеси древесного угля и $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, протекают дополнительные реакции. Цианид железа, образующийся по реакции



может взаимодействовать с карбонатом



Последний диссоциирует с образованием железа



и



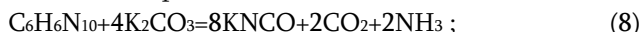
Карбонат калия может диссоциировать с образованием диоксида углерода



Образование CO_2 ускоряет окисление цианида в цианат по реакции



При обработке в смеси древесного угля, металла и карбоната [2] в момент реакции металла с карбонатом возможно образование цианата, CO_2 и NH_3 :



аммиак диссоциирует с образованием атомарного азота, цианат калия взаимодействует с диоксидом углерода



т.е. происходит дополнительное образование атомарного азота, а при диссоциации оксида углерода образуется атомарный углерод



Для окисления железистосинеродистого калия карбонатом и кислородом атмосферы необходимо иметь в упаковке смесь



т.е. в соотношении по массе нужен, например, следующий состав смеси: 63% древесного угля, 27% $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ и 10% K_2CO_3 .

Карбонитрование производят в железных ящиках, размер которых подбирают в соответствии с габаритом печи. Чем меньше размеры ящика, тем более равномерно и быстро происходит в них нагрев соли и инструмента. Кровяную соль и древесный уголь тщательно перемешивают. Размеры частиц древесного угля должны быть в пределах 3...5 мм. Соль и уголь необходимо предварительно просушить при 150...170°C для устранения возможности обезуглероживания стали при нагреве для карбонитрации. Взвешивание и составление смесей надо производить после просушки, так как соль и уголь могут содержать много влаги. Подготовленную смесь перед обработкой следует хранить в сухом месте.

Подготовленную смесь и обрабатываемые детали укладывают в ящики в следующем порядке. На дно ящика насыпают слой смеси толщиной 25...30 см, на который укладывают инструмент таким образом, чтобы расстояние между ними было не менее 15...20 мм, а между крайними в ряду инструментами и стенками ящика 25...30 мм. На уложенный ряд инструментов насыпают следующий слой смеси толщиной, примерно, 20...25 мм, укладывают новый ряд инструментов в таком же порядке. Последний, верхний, ряд инструментов засыпают слоем смеси толщиной 25...30 мм. Кровяная соль, которая обычно более измельченная, чем древесный уголь, может при засыпке смеси в ящик ссыпаться в большем количестве на дно ящика. Для получения при карбонитрации более однородных результатов рекомендуется после укладки каждого слоя инструмента насыпать на него немного кровяной соли (без угля), или же после засыпки в ящик каждого слоя смеси осторожно перевернуть ее в ящике таким образом, чтобы частицы смеси переместились из нижней части слоя в верхнюю зону. Ящик закрывают железной крышкой, обмазывают глиной и загружают в печь. Для более

равномерного нагрева в печи ящик следует устанавливать на металлических прокладках высотой 70...100 мм. Температура нагрева при карбонитрации должна составлять 550...560 °С.

Время нагрева до температуры карбонитрации можно принять из расчета 20-30 мин, на каждые 25 мм наименьшего размера ящика, если ящик загружают в печь, доведенную до температуры 550...560 °С. Продолжительность выдержки отдельных типов и размеров деталей и инструментов при температуре карбонитрации зависит от технических требований к предъявляемым деталям, глубины диффузионного слоя и т.д.

После окончания выдержки ящики вынимают из печи и охлаждают на воздухе. Поверхность инструмента получает обычно темный цвет, так как на ней в процессе карбонитрации отлагается налет сажи. Для удаления этого налета инструмент прочищают стальной щеткой.

Смесь, применявшуюся для карбонитрации, можно использовать несколько раз. При этом следует добавлять каждый раз примерно 5% (весовых) кровяной соли и 10 % (весовых) древесного угля.

Для большей активизации процесса в смесь можно добавить кальцинированную соду (Na_2CO_3) в количестве 20...30 % от общего веса древесного угля и кровяной соли.

Для сравнения, а также оценки азотирующих и карбонитрирующих атмосфер применяется так называемый потенциал азотирования N [3].

В выражении

$$N = P_{\text{NH}_3} / P_{\text{H}_2}^{1,5} \quad (12)$$

N одновременно является и мерой оценки влияния газовых добавок. Диссоциация аммиака согласно реакции



описывается константой равновесия

$$K = P_{\text{NH}_3}^2 / P_{\text{N}_2} P_{\text{H}_2}^3. \quad (14)$$

Между N и K существует следующая зависимость: $N = K^{0,5} P_{\text{N}_2}^{0,5}$. Таким образом, потенциал азотирования также непосредственно связан и с парциальным давлением азота по реакции диссоциации (14).

Нагрев сельскохозяйственных и промышленных деталей (сегментов, ножей, пластинок, резцов, молотков и т.д.) машин в смеси указанного состава при 550...560 °С создает на поверхности стали твердый карбонитридный слой. Исследования показали, что твердость и толщина диффузионного износостойкого слоя зависят от содержания кровяной соли в составе смеси, температуры нагрева и продолжительности процесса карбонитрирования.

На рис. 1 указана твердость карбонитрированного слоя стали 30 и 45Х после различной выдержки при 550 °С в смеси, содержащей 20, 30, 40 % кровяной соли. Как показывают приведенные кривые, изменение содержания кровяной соли в пределах от 20 до 40% незначительно повышает твердость карбонитрированного слоя.

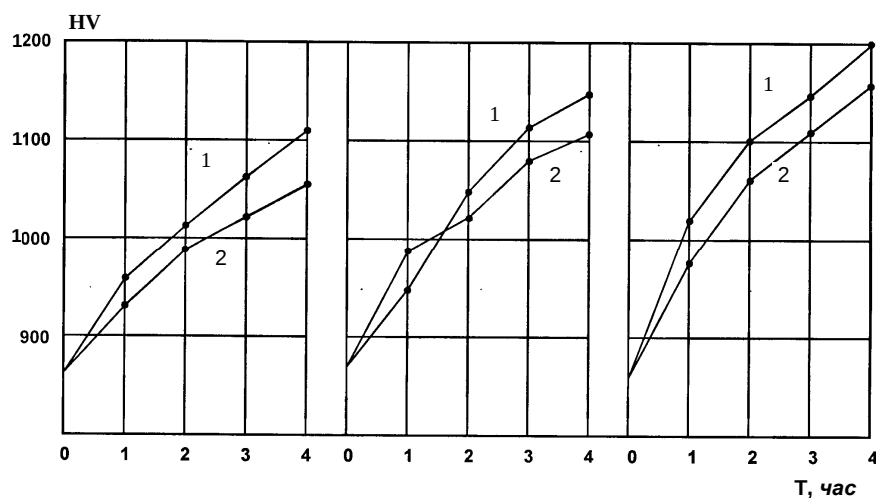


Рис.1. Твердость карбонитрированного слоя стали 30,45X в зависимости от продолжительности карбонитрирования при 550 °С в смеси:

- а) 20% $K_4Fe(CN)_6$, 10% K_2CO_3 и 70% древесного угля;
- б) 30% $K_4Fe(CN)_6$, 10% K_2CO_3 и 60 % древесного угля;
- в) 40% $K_4Fe(CN)_6$, 10% K_2CO_3 и 50 % древесного угля

Установлено, что с увеличением содержания легирующих элементов, за исключением углерода, глубина диффузии азота уменьшается.

Изменение микротвердости по глубине карбонитрированной диффузионной зоны показано на рис 2. Слой карбонитридной фазы типа $Fe_3(N,C)$ на поверхности стали имеет твердость HV 1100...1200. От поверхности вглубь твердость падает и плавно переходит к значениям твердости основы, т.е. под карбонитрированным слоем находится гетерофазный слой, залегающий на глубине 0,05...0,07 мм (рис. 2).

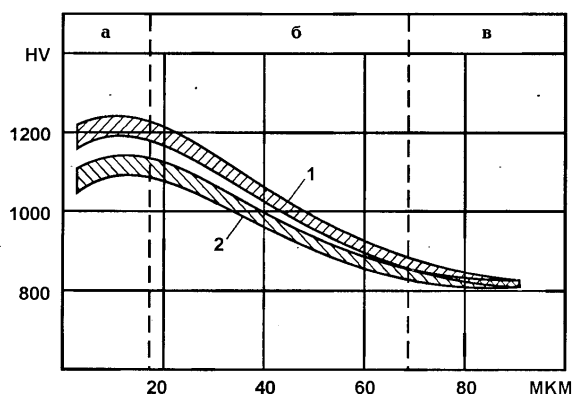


Рис.2. Микротвердость по глубине карбонитрированного слоя после обработки в смеси 55 % древесного угля + 35 % $K_4Fe(CN)_6$ + 10 % K_2CO_3 :

- 1 – сталь 20; 2 – сталь 45; а – карбонитридный слой,
- б – гетерофазный слой, в – сердцевина

На основании проведенных многочисленных экспериментов установлено, что при химико-термической обработке полученный карбонитридный диффузионный слой существенно влияет на стойкость деталей и инструментов. Стойкость карбонитрированных молотков из стали 30, применяемых в сельскохозяйственной технике, оказалась в 3...5 раз выше обычной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с.1044676 СССР С23 С11/14. Способ газового азотирования твердосплавных пластин / **Г.С. Овсепян** (СССР)-N3372128/22-02: Заявл.23.12.81;Опубл. 30.09.83. Бюл. N 36. – 6 с.
2. **Лахтин Ю.М., Коган Я.Д.** Азотирование стали. (М.: Машиностроение, 1976.- 256 с.
3. **Прокошкин Д.А., Артемчук В.Г.** Изв. вузов. Машиностроение. - 1975. - N 8. - С. 93-97.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 30.04.2001.

**Գ.Ս. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Հ.Ժ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ, Ա.Ս. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ,
Հ.Ա. ԱՄԲԱՐՅԱՆ, Ն.Ս. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ**

ԿԱՐԲՈՆԻՏՐԱՑՈՒՄ ՊԻՆԴ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Առաջարկված են կոնստրուկցիոն պողպատների կարբոնիտրացման տեխնոլոգիական ռեժիմներ: Տրված են դիֆուզիոն մաշակայուն կարբոնիտրիդե շերտի ֆիզիկաքիմիական գործընթացի հիմունքները և հատկությունները:

**G.S. HOVSEPYAN, H.G. GALSTYAN, A.S. MARKARYAN, A.A.HAMBARYAN,
N.S. ALEXANYAN**

CARBONIZING UNDER HARD MEDIUM

Technological conditions of structural steel carbonitrating are suggested. Physical and chemical principles of the process and diffusational wear-resistant carbonitric layer properties are given.