

веденные исследования по реализации опытов матрицы планирования и последующего крутого восхождения позволили сделать следующие выводы.

Наилучшей жаростойкостью ( $t_{\text{исп}} = 950^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{исп}} = 25$  ч) обладают диффузионные слои с максимальным содержанием в них карбидной составляющей. Сопоставляя полученные результаты, можно сделать вывод, что получение бездефектного карбидного слоя, обладающего повышенной жаростойкостью, в случае насыщения высокоуглеродистых сталей возможно при температурах  $1050^{\circ}\text{C}$ – $1100^{\circ}\text{C}$ . Нанесение же предварительного никелевого подслоя позволяет на среднеуглеродистых сталях получать аналогичную жаростойкость при температурах насыщения, не превышающих  $1000^{\circ}\text{C}$ .

Испытания на кислотостойкость проводились в водных растворах неорганических кислот (10%  $\text{HNO}_3$ , 15%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 10%  $\text{HCl}$ ) в течение 50 ч. Лучшие результаты получены на предварительно никелированных хромосилицированных образцах. Данные металлографического анализа, а также дюрметрический и спектральный анализ позволили установить, что наилучшей кислотостойкостью в разбавленной азотной кислоте обладают слои, представляющие собой твердый раствор хрома, кремния и никеля в железе. Максимальная кислотостойкость в разбавленной серной и соляной кислотах получена на образцах, имеющих диффузионные слои с карбидной структурой. В результате проведенного исследования установлено, что кислотостойкость углеродистых сталей в водных растворах азотной, соляной и серной кислот может быть повышена соответственно в 1,5; 2 и 15 раз по сравнению со сталями, хромосилицированными по оптимальным режимам традиционным методом.

Испытания на износостойкость в условиях сухого трения скольжения позволили отыскать оптимальные условия проведения процесса насыщения, в результате чего износостойкость хромосилицированных с предварительным нанесением никельфосфорного подслоя сталей повысилась на 30% по сравнению с лучшими результатами, полученными традиционным методом.

*УДК 621.785.539*

**Л.С.ЛЯХОВИЧ, Э.П.ПУЧКОВ, А.М.ДОЛГИХ**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ДИФфуЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В СИЛИКОТЕРМИЧЕСКИХ СМЕСЯХ**

Использование метода алюминотермии дает возможность получать дешевые смеси, которые по своей насыщающей способности не уступают традиционным [1]. Перспективным с экономической точки зрения является применение в качестве восстановителя кремния и его соединений [2].

В настоящей работе исследованы процессы диффузионного хромирования и ванадирования из смесей, полученных силикотермическим восстанов-

Т а б л и ц а 1. Жаростойкость хромированных диффузионных слоев

Содержание кремния в насыщающей смеси, %	Марка стали			
	У10		08КП	
	относительный привес, г/м <sup>2</sup>	повышение жаростойкости в сравнении с исходным состоянием	относительный привес, г/м <sup>2</sup>	повышение жаростойкости в сравнении с исходным состоянием
12	14,75	112	374,51	4
15	28,30	56	288,87	5
18	4,54	337	9,23	153
21	127,19	12	379,10	4
24	767,01	2	755,69	2
Исходное состояние	1530,16	1	1392,10	1

лением окислов хрома и ванадия. Смесь для хромирования получали восстановлением  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Установлено, что качественные, беспористые диффузионные слои образуются при содержании кремния в смеси 5–20%. Смесь для ванадирования получена восстановлением  $\text{V}_2\text{O}_5$ , силикокальцием. Использование кремния в качестве восстановителя потребовало длительных выдержек при повышенных температурах для достаточно полного восстановления ванадия из окисла.

Насыщение образцов из сталей 08КП и У10 проводили в контейнерах с плавкими затворами при температуре 1100°C в течение 4–6 ч. При насыщении в качестве активатора использовали хлористый аммоний. Структура диффузионных слоев, полученных при насыщении в силикотермическихмесях, аналогична получаемым насыщением в смесях на основе порошков металлов или ферросплавов [3, 4].

Исследовались также жаростойкость и износостойкость полученных диффузионных слоев. Испытания на жаростойкость осуществлялись при 1000°C в течение 25 ч в атмосфере воздуха. Ванадированные слои показали неудовлетворительную жаростойкость. Жаростойкость хромированных диффузионных слоев приведена в табл. 1. Резкое снижение жаростойкости при повышении содержания кремния в насыщающей смеси (>20%) объясняется образованием на поверхности образцов пористой фазы ( $\text{Fe}_3\text{Si}$ ), легированной хромом.

Испытания на износ при трении скольжения без смазки проводили на машине типа МИ. Диффузионно насыщенные образцы из стали У10 размерами 10 x 10 x 20 мм с притертыми торцами испытывали в паре с контртелом из стали Р18 (наружный диаметр 40 мм, толщина 10 мм, HRC 60–62) при скорости скольжения 1 м/с и удельном давлении 1,5 МПа. Износ оценивали по потере массы (мг/см<sup>2</sup>·км). В качестве эталона использовали закаленную и низкоуглеродистую сталь 45.

Установлено, что износостойкость стали У10 после диффузионного хромирования повысилась в 3—3,5, а после ванадирования — 6—8 раз.

Таким образом, диффузионное хромирование и ванадирование в силикотермических смесях является эффективным способом повышения износостойкости. Хромирование в силикотермических смесях эффективно повышает жаростойкость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Применение метода металлотермии для химико-термической обработки / Л.С.Ляхович, Л.Г.Ворошин, Г.М.Левченко, Г.В.Борисенко. — В сб.: Защитные покрытия на металлах. Киев, 1975, вып. 9. 2. Салли А., Брендз Э. Хром. — М., 1971. 3. Дубинин Г.Н. Диффузионное хромирование сплавов. — М., 1964. 4. Похмурский В.И., Толстова С.В., Мокрова А.М. Ванадирование металлов и сплавов, строение и свойства диффузионных слоев. — В сб.: Защитные покрытия на металлах. Киев, 1975, вып. 9.

УДК 669.228

Е.И.БЕЛЬСКИЙ, М.В.СИТКЕВИЧ, В.А.РОГОВ

### ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДИФФУЗИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Химико-термическая обработка (ХТО), изменяя структурное состояние поверхностных слоев, приводит к существенным изменениям целого ряда рабочих характеристик деталей машин и инструмента. Однако отсутствие систематических данных о поведении диффузионно-упрочненных сталей в тех или иных эксплуатационных условиях в большинстве случаев не позволяет объективно подойти к выбору метода ХТО стальных изделий.

Так как истирание является одной из основных причин выхода из строя различных видов технологической оснастки, значительный интерес представляет исследование износостойкости диффузионно-упрочненных инструментальных сталей.

Используя известные методы ХТО, были получены и испытаны покрытия на основе боридов (процессы однофазного и двухфазного борирования) карбидов (процесс хромирования), гетерогенных структур на основе металлоподобных соединений и твердых растворов (процессы бороалитирования, цементации и азотирования).

Износные испытания проводили на установке, позволяющей моделировать температурно-силовые условия работы инструмента. При этом использовалась схема трения, при которой три сектора кольца (исследуемый образец) скользили по вращающемуся контртелу из стали 25ХГТ. Параметры трения (скорость скольжения 0,42 м/с, давление  $15 \cdot 10^6$  Па) обеспечивали