

УДК 621.793.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ
С НАНЕСЕННЫМИ ДИФфуЗИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ****А. П. АНДРУКОВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. М. ДОЛГИХ, Л. Н. КОСЯК)*

Защитные покрытия различного типа все более широко применяются в современной промышленности. Поэтому исследование эксплуатационных свойств покрытий, к которым относится качество поверхности после насыщения является актуальной задачей, определяющей возможность применения деталей машин с покрытиями без дополнительной механической обработки. Была исследована шероховатость поверхности образцов с нанесенными диффузионным методом защитными однокомпонентными покрытиями на основе карбидов хрома и ванадия и определена область возможной эксплуатации деталей.

Введение. Одним из признанных методов повышения эксплуатационных характеристик деталей машин и инструмента является химико-термическая обработка (ХТО), которая радикальным образом изменяет состав и физико-химические свойства поверхностных слоев деталей, что позволяет значительно повысить их износостойкость, жаростойкость, коррозионную и кавитационную стойкости [1-5]. Это увеличивает надежность и долговечность машин, тем более что современные требования к этим характеристикам постоянно возрастают. Необходимость широкого внедрения в промышленность наиболее перспективных процессов ХТО, изучение закономерностей формирования, состава и свойств диффузионных слоев приобретает все большее значение. Особый интерес представляет изучение свойств и закономерностей формирования диффузионных слоев, образованных несколькими карбидообразующими элементами, что позволяет получать более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с насыщением одним элементом. Многочисленные литературные данные показывают, что диффузионные слои на основе карбидов переходных металлов обладают высокой жаростойкостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью в ряде агрессивных сред.

Процессы диффузионного насыщения металлов и сплавов хромом изучены достаточно глубоко, в то время как ряд других перспективных процессов ХТО, например, ванадирование, недостаточно освещены в литературе и не получили промышленного применения.

Можно отметить перспективность металлотермического метода получения насыщающих смесей. Применение данного метода позволяет получать более экономичные смеси по сравнению со смесью традиционного состава, легко варьировать состав насыщающих смесей введением в определенных соотношениях соответствующих окислов металлов. С учетом того обстоятельства, что настоящее исследование посвящено изучению свойств карбидных диффузионных слоев и того, что наибольшее практическое применение получили карбидные слои на основе карбида хрома и карбида ванадия, более подробно рассмотрим эти процессы.

Материалы и методика исследований. Исследование механизма процесса восстановления и кинетики формирования диффузионных слоев проводили в силикотермических смесях с использованием в качестве восстановителя кремния и силикокальция. Предварительный состав насыщающей смеси определяли теоретическим расчетом, исходя из стехиометрического соотношения восстановителя и окисла насыщающего элемента. Процесс диффузионного хромирования проводили в исходной смеси, состоящей из следующих компонентов: хрома окиси (Cr_2O_3 марки «ч» ГОСТ 2912) - поставщика насыщающего элемента (хрома); порошка кремния или силикокальция (ГОСТ 4762) - восстановителя; оксида алюминия (Al_2O_3 марки «ч» ГОСТ 8136) – балластной добавки; аммония хлористого (NH_4Cl марки «ч» ГОСТ 3773) – активатора процессов восстановления и насыщения. Процессы диффузионного насыщения проводили в металлических контейнерах по стандартной технологии газового насыщения в смесях.

После проведения процессов химико-термической обработки визуально оценивали качество поверхности образцов. Анализ качества поверхности наносимых покрытий проводили на видеоизмерительном микроскопе модели NVM-4030D фирмы NORGAU на поперечных и косых шлифах.

Таблица 1. – Исследуемые составы силикотермических смесей

Тип слоя	Состав смеси
Cr (20%Kp1)	98% [30% Al_2O_3 +70% (20% Kp.1+80% Cr_2O_3)] +2% NH_4Cl
Cr (20%CK25)	98% [40% Al_2O_3 +60% (20% CK25+80% Cr_2O_3)] +2% NH_4Cl
Cr (25%CK25)	98% [40% Al_2O_3 +60% (25% CK25+75% Cr_2O_3)] +2% NH_4Cl
V (30%CK25)	98% [40% Al_2O_3 +60% (30% CK25+70% V_2O_5)] +2% NH_4Cl
V (35%CK25)*	98% [40% Al_2O_3 +60% (35% CK25+65% V_2O_5)] +2% NH_4Cl

Исследование диффузионных защитных покрытий, полученных методом химико-термической обработки, проводили на образцах, изготовленных из стали марки У10 ГОСТ 1435.

Основная часть. Хромирование. Процесс диффузионного хромирования проводят в исходной смеси, состоящей из следующих компонентов: окиси хрома (Cr_2O_3 марки «ч», МРТУ 6-09-6250) – поставщика насыщающих элементов; порошка кремния или силикокальция (ГОСТ 4762) – восстановителя; окиси алюминия (Al_2O_3 марки «ч», МРТУ 6-09-6250) – балластной добавки; хлористого аммония (NH_4Cl марки «ч», МРТУ 3773) – активатора.

При использовании в качестве восстановителя силикокальция СК25, основные реакции металлотермического восстановления окиси хрома, следующие:



Стехиометрическое соотношение окиси хрома и кальция в смеси равно 55,9:44,1. При использовании в качестве восстановителя порошка кристаллического кремния реакция восстановления имеет следующий вид:

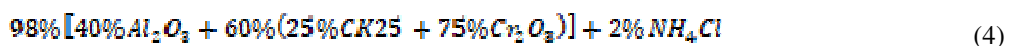


Стехиометрическое соотношение окиси хрома и кремния в смеси равно 78,4:21,6. Так как кальций как восстановитель активнее кремния, он вступает в реакцию первым.

В следствии наличия в системе кислород-хром низшего окисла хрома CrO , восстановление окиси хрома протекает по схеме



В добавке хлористого аммония или фтористого алюминия до $H_o = 14200 - 15200$ МПа. По качеству поверхности, и на основании замера микротвердости выбирают для насыщения активатор NH_4Cl . Стабильные и качественные результаты получены при хромировании в смеси состава



На стали У10 формируется двухфазный слой, состоящий из карбидной зоны, содержащей $(\text{Cr}, \text{Fe})_{23}\text{C}_6$, $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ и зоны α - твердого раствора хрома в железе. Микротвердость карбидной зоны на У10 составляет $H_v = 16500 - 17800$ МПа. Микротвердость слоя α - твердого раствора для стали У10 $H_v = 3400 - 5600$ МПа.

Смесь для исследования имела состав



Ванадирование. В состав исходной смеси для диффузионного ванадирования входят следующие компоненты: пятиокись ванадия, (марки «ч», МРТУ 6-09-6594), силикокальций, окись алюминия, хлористый аммоний.

При восстановлении пятиокиси ванадия силикокальцием проходят следующие реакции:

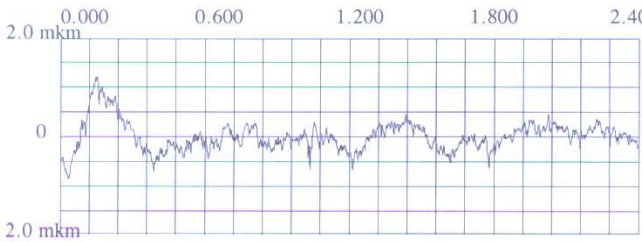
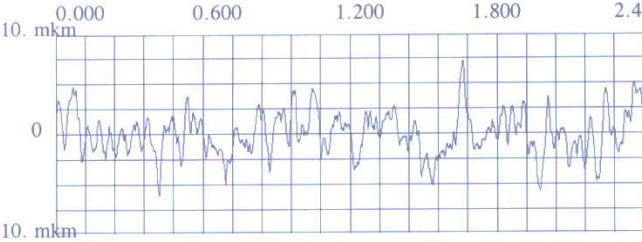
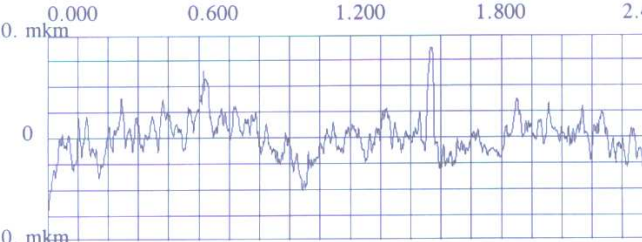


Соотношение $\text{V}_2\text{O}_5:\text{Ca}$ и $\text{V}_2\text{O}_5:\text{Si}$ должно быть равно соответственно 47,6: 52,4 и 72,2: 27,8. При содержании в смеси СК25 до 35 – проходит процесс ванадирования. При содержании силикокальция в смеси до 20% - происходит неполное восстановление V_2O_5 окислы ванадия активно растворяют образцы – уменьшение толщины образцов из сталей У10 достигает 0,75 мм на обе стороны. При содержании СК25, за счет преимущественной диффузии кремния, происходит образование пористой фазы Fe_3Si . Увеличение содержания балластной добавки свыше 50% также приводит к формированию Fe_3Si , что является результатом неполного прохождения реакции восстановления и, как следствие этого – наличие свободного кремния в смеси. Исходя из анализа плотности полученных слоев, их микротвердости и толщины карбидной зоны, делаем вывод в целесообразности применения в качестве активатора хлористого аммония. При этом в смеси термодинамически возможны следующие реакции:



Результаты исследований параметров шероховатости представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Шероховатость поверхности образцов

Название образцов	Профилограмма
Исходный ($R_a = 0,213$ мкм)	 Vert.magn. $V_v = 10000$; Horiz.magn. $V_h = 50$ Division on a horiz.: 0.120 mm
Ванадированный ($R_a = 1,578$ мкм)	 Vert.magn. $V_v = 2000$; Horiz.magn. $V_h = 50$ Division on a horiz.: 0.120 mm
Хромированный ($R_a = 1,264$ мкм)	 Vert.magn. $V_v = 2000$; Horiz.magn. $V_h = 50$ Division on a horiz.: 0.120 mm

Выводы:

- оказана возможность получения качественных слоев карбидов хрома и ванадия диффузионного типа из металлотермических смесей с использованием в качестве восстановителя кристаллического кремния и силикокальция;
- исследовано влияние нанесения покрытий различного типа на шероховатость поверхности;
- наименьшее изменение шероховатости поверхности образцов после нанесения защитных покрытий диффузионного типа показывают слои на основе карбида хрома.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгих, А.М. Химико-термическая обработка материалов: учеб.-метод. комплекс / А.М. Долгих. – Новополоцк : ПГУ, 2010. – 224 с.
2. Ворошнин, Л.Г. Теория и технология химико-термической обработки : учеб. пособие / Л.Г. Ворошнин. – Минск : Новое знание, 2010. – 304 с.
3. Металловедение. Термическая и химико-термическая обработка сплавов : сб. научн. тр. / под ред. Б.Н. Арзамасова. – М. : Изд-во МГТУ, 2003. – 246с.
4. Многокомпонентные диффузионные покрытия / Л.С. Ляхович [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1974. – 288 с.
5. Материаловедение : учеб. пособие / В.А.Стуканов. – М. : Форум : ИНФРА-М, 2008. – 368 с.