



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1025753 A

3 (51) C 23 C 9/04

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3284074/22-02
 (22) 05.05.81
 (46) 30.06.83. Бюл. № 24
 (72) Л. С. Ляхович, Л. А. Васиљев,
 И. Н. Бурньшев, В. Г. Миконенко,
 А. Н. Суханов и И. Э. Красинский.
 (53) 621.785.539 (088.8)
 (56) 1. Авторское свидетельство СССР
 № 668977, кл. С 23 С 11/06, 1979.
 2. Авторское свидетельство СССР
 по заявке № 2995728/22-02,
 кл. С 23 С 11/06, 1980.

(54) (57) СПОСОБ СИЛИЦИРОВАНИЯ
 МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ, включающий
 приготовление порошковой смеси из крем-
 ния и меди, отжиг ее, смешивание озож-

женной смеси с галлоидным активатором,
 упаковку изделий и силицирование при
 850-950°C, отличающийся
 тем, что, с целью снижения температу-
 ры отжига и повышения насыщающей спо-
 способности смеси, приготовление порошко-
 вой смеси из кремния и меди производят
 в эвтектическом соотношении, а при
 смешивании в озоженную смесь допол-
 нительно вводят кремний и переходный
 металл IV - VI групп при следующем со-
 отношении компонентов, вес. %:

| | |
|---------------------------------|------------|
| Переходный металл IV - VI групп | 6-14 |
| Эвтектическая смесь | |
| кремния с медью | 10-30 |
| Галлоидный активатор | 1-3 |
| Кремний | Остальное. |

(19) SU (11) 1025753 A

Изобретение относится к химико-термической обработке металлов и сплавов, предназначается для повышения жаро-износостойкости коррозионной стойкости металлических изделий и может быть использовано на предприятиях машиностроительной, авиационной, химической и других отраслей промышленности.

Известен способ [1] силицирования изделий в порошковых смесях, содержащих ферросилиций, инертный наполнитель и галлоидный активатор, с нагревом до образования жидкой фазы на поверхности изделия. Процесс формирования диффузионного покрытия по известному способу осуществляется при 1150-1200°C при соотношении веса активатора к общему весу исходного состава насыщающей смеси 0,2-0,3.

Недостатком данного способа является высокая температура процесса термодиффузионной обработки.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности и достигаемому результату является способ силицирования металлических изделий в порошковых смесях, включающий отжиг порошковой смеси кремния с медью при 1000-1100°C в течение 1 ч, смешивание ее с галлоидным активатором и инертным наполнителем, упаковку в нее изделий и силицирование при 850-950°C [2].

Недостатками известного способа являются высокая температура отжига смеси кремния с медью, низкая насыщающая способность и невозможность получения комплексных диффузионных покрытий.

Цель изобретения - снижение температуры отжига и повышение насыщающей способности смеси.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу силицирования металлических изделий, включающему приготовление порошковой смеси из кремния и меди, отжиг ее, смешивание отожженной смеси с галлоидным активатором, упаковку изделий и силицирование при 850-950°C, приготовление порошковой смеси из кремния и меди производят в эвтектическом соотношении, а при смешивании отожженную смесь дополнительно вводят кремний и переходный металл IV-VI групп при следующем соотношении компонентов, вес. %:

Переходный металл IV-VI групп 6-14
Эвтектическая смесь кремния с медью 10-30

Галлоидный активатор 1-3
Кремний Остальное.

В качестве переходного металла IV-VI групп периодической системы элементов применяют порошки металлов Ti, Zr, Hf (IV группа), V, Nb, Ta (V группа), Cr, Mo, W (VI группа).

Вся медь в порошковой засыпке находится в виде эвтектической смеси с кремнием, образовавшейся в результате отжига, кремний - как в виде эвтектической смеси с медью, так и в свободном состоянии. Предварительно отожженная эвтектическая смесь кремния с медью (16Si + 84Cu вес. %) при температуре насыщения образует на поверхности силицируемого изделия жидкометаллическую фазу, которая служит одновременно и насыщающей кремнием средой и транспортом для доставки к насыщаемой поверхности металлов IV-VI групп, чем и интенсифицирует процесс насыщения по сравнению с известными способами. Кремний, введенный в смесь в свободном состоянии, служит как для поддержания постоянного состава жидкометаллической фазы, так и для насыщения из газовой фазы (через образующиеся фториды кремния).

В предлагаемом способе в насыщающую смесь вводится 10-30 вес. % эвтектической смеси Si-Cu от общего веса смеси. Введение в смесь более 30 вес. % Si-Cu ухудшает качество поверхности насыщаемых изделий из-за образования трудноудаляемых наплывов, введение в смесь менее 10 вес. % Si-Cu от общего веса смеси снижает насыщающую способность состава.

Пример. Порошок меди смешивают с кремнием в весовом соотношении 84:16 и отжигают в течение 1 ч при 850-950°C. Полученную эвтектическую смесь после охлаждения и измельчения смешивают с кремнием и остальными компонентами. В приготовленных таким способом смесях проводят в течение 4 ч силицирование образцов из титанового сплава ОТ4.

Данные о влиянии условий отжига смеси Si-Cu на толщину силицидного слоя при силицировании в порошковой смеси, содержащей, вес. %: Si 72, эвтектическая смесь 16, AlF₃ 2, Cr 10, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| $t_{отж}, ^\circ\text{C}$ | $t_{нас}, ^\circ\text{C}$ | Толщина силицированного слоя, мкм |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 850 | 850 | 50 |
| | 900 | 65 |
| | 950 | 85 |
| 900 | 850 | 60 |
| | 900 | 70 |
| | 950 | 100 |
| 950 | 850 | 55 |
| | 900 | 70 |
| | 950 | 95 |
| Известный способ | 850 | 27 |
| | 900 | 33 |
| | 950 | 53 |

Влияние различного содержания компонентов смеси, включающей порошки переходных металлов, циркония (представителя (V группы периодической системы), ва-

надия (V группы) хрома (VI группы) на толщину силицированного слоя приведены в табл. 2 ($t_{насыщения} 850^\circ\text{C}, \tau 4 \text{ ч.}$)

Т а б л и ц а 2

| Способ | Состав порошковой смеси, вес. % | | | | | | | | Толщина слоя, мкм |
|--------------|---------------------------------|----|-------------------------------|----------------|-------------------------|----|----|----|-------------------|
| | Si | Cu | Эвтектическая смесь (Cu + Si) | AlF_3 | Al_2O_3 | Cr | Zr | V | |
| Известный | | | | | | | | | |
| 1 | 54 | 34 | - | 2 | 10 | - | - | - | 35 |
| Предлагаемый | | | | | | | | | |
| 2 | 67 | - | 24 | 3 | - | 6 | - | - | 50 |
| 3 | 72 | - | 16 | 2 | - | 10 | - | - | 60 |
| 4 | 77 | - | 8 | 1 | - | 14 | - | - | 55 |
| 5 | 67 | - | 24 | 3 | - | - | 6 | - | 50 |
| 6 | 72 | - | 16 | 2 | - | - | 10 | - | 60 |
| 7 | 77 | - | 8 | 1 | - | - | 14 | - | 60 |
| 8 | 67 | - | 24 | 3 | - | - | - | 6 | 55 |
| 9 | 72 | - | 16 | 2 | - | - | - | 10 | 65 |
| 10 | 77 | - | 8 | 1 | - | - | - | 14 | 60 |

Как видно из приведенных в табл. 1 и 2 данных, в результате силицирования по предлагаемому способу температура отжига смеси $\text{Cu} - \text{Si}$ снижается на 150°C , а насыщающая способность смеси возрастает вдвое. Рентгеноструктурный анализ показал, что в образцах и ОГ4, обработанных предлагаемым способом, диффузионные слои кроме силицидов титана содержат небольшие количества силицидов

циркония, ванадия и хрома. В образцах, обработанных известным способом, диффузионные слои состоят из силицидов титана, преимущественно TiSi_2 и Ti_5Si_3 .

Использование предлагаемого способа повышает экономическую и технологическую эффективность процесса силицирования, позволяет получить комплексные силицидные покрытия, обеспечивающие повышение эксплуатационной стойкости изделий.

Редактор Ю. Ковач Составитель Р. Клыкова
 Техред М. Коштура Корректор А. Ференц

Заказ 4503/21 Тираж 956 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4