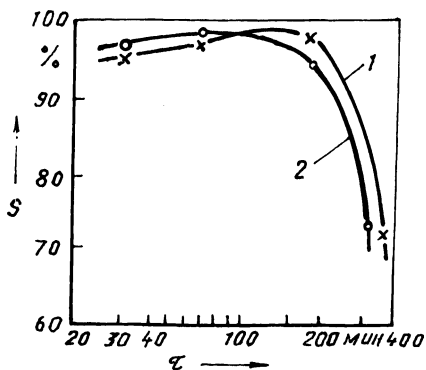


Рис. 2. Выход гранулята в зависимости от продолжительности размола. Состав шихты:  
1 — Al + 10Sn %; 2 — Al + 4 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



до 100 % при часовом размоле, после чего начинает плавно снижаться за счет всевозрастающей адгезии частиц Al к стенкам бочек и шарам. Введение в шихту даже больших количеств (4 и 10 % по массе) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Sn не меняет характера этой зависимости при продолжительности размола до 3 ч. Более длительный размол приводит к резкому уменьшению выхода гранулята с добавками 4 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 10 % Sn. В целом необходимо отметить высокий процент выхода гранулята (от 93,6 до 99,9 %) за исключением двух режимов с высокой продолжительностью размола, рассмотренных выше.

## МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

УДК 621.793.8.66.018:621.785.5

Р.Г.ГАЛИН, Л.Г.ВОРОШНИН,  
В.В.ОСТРЯКОВ, Б.Н.ЛУНЕГОВ,  
А.И.ШЕЙНКМАН

### УСТОЙЧИВОСТЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА НАСЫЩАЮЩЕЙ СМЕСИ ПРИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Технологичность насыщающей порошковой смеси, используемой при химико-термической обработке металлических изделий, определяется в основном возможностью ее многократного использования с сохранением стабильности по толщине, составу диффузионного покрытия и качеству поверхности. Имеющиеся данные [1] о возможности многократного использования насыщающих смесей (НС) свидетельствуют о том, что на указанные параметры в наибольшей степени оказывает влияние изменение химического и дисперсионного состава НС в процессе химико-термической обработки изделий. Если по изменению химического состава для большинства НС имеются достаточно подробные сведения [1], то относительно изменения дисперсионного состава встречаются лишь ссылки на частичное спекание или сплавление НС. Отсутствие данных об устойчивости дисперсионного состава (УДС) порошковых

смесей ограничивает возможность эффективного поиска в направлении повышения технологичности НС, особенно при насыщении, проводимом в режиме, допускающем образование в них жидкой фазы [2].

Целью данной работы явилось исследование изменения дисперсионного и химического состава НС, используемых при цинковании изделий в широком температурном и временном интервале.

Для исследования были приняты НС четырех типов:

- 1) порошок цинка ПЦ-4 (ГОСТ 12601-76) фракции 125 мкм;
- 2) смеси порошка ПЦ-4 с оксидом алюминия (ТУ 6-09-426-75), который перед приготовлением смеси просеивали через сито № 0125 и прокаливали при 800 °С в течение 5 ч;
- 3) смесь порошка цинка ПЦ-4 с оксидом цинка (ГОСТ 10262-73), просеянным через сито № 0125;
- 4) порошок цинка ПЦ-4, предварительно подвергнутый обработке водяным паром по методике, изложенной в [3].

Указанные смеси подвергали термообработке в условиях, аналогичных режиму, при котором осуществляется химико-термическая обработка, но без изделий. Упаковку контейнера, его герметизацию осуществляли по общепринятой методике [4].

Температуру смеси измеряли хромель-алюмелевой термопарой, введенной непосредственно в нее через плавкий затвор. Регулировку температурного режима осуществляли с помощью потенциометра.

После термообработки смеси при заданной температуре в течение определенного времени контейнер охлаждали на воздухе, после чего в извлеченной из него порошковой смеси определяли содержание окисленного цинка по методике [5], а также проводили ситовый анализ НС. Поскольку изменение

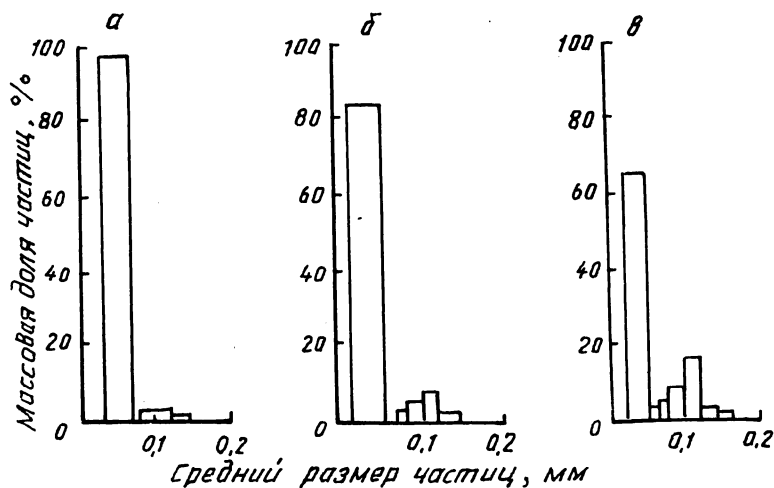


Рис. 1. Гистограмма распределения частиц порошковой смеси по размерам: а — исходный порошок цинка марки ПЦ-4; б — порошок цинка после гидротермальной обработки НС4; в — НС4 после термообработки при 690 °С в течение 4,5 ч

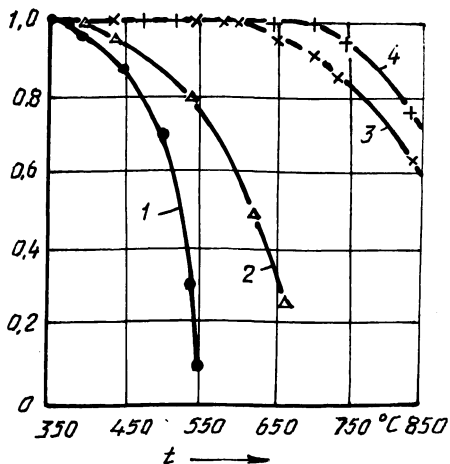


Рис. 2. Зависимость устойчивости насыщающих смесей от температуры их нагрева:  
 1 — НС1, время выдержки 1 ч; 2 — НС2, 1 ч; 3 — НС4, 4 ч; 4 — НС4, 1 ч

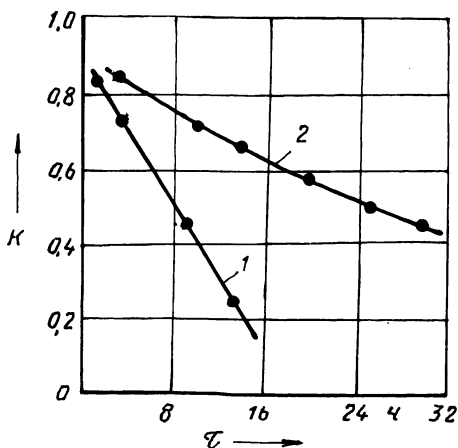


Рис. 3. Зависимость устойчивости дисперсионного состава насыщающих смесей от продолжительности термообработки:  
 1 — НС1 ( $t = 450^\circ\text{C}$ ); 2 — НС4 ( $t = 740^\circ\text{C}$ )

дисперсионного состава смеси в результате ее термообработки сказывается прежде всего на появлении частиц более крупного размера (рис. 1), в качестве интегрального показателя УДС был выбран параметр  $K = M_1/M_0$ , где  $M_1$  — масса порошковой смеси, прошедшей через сито с размером ячейки 125 мкм,  $M_0$  — общая масса порошка в контейнере. По своему физическому смыслу параметр  $K$  соответствует массовой доле порошка, сохранившего после термообработки исходный дисперсионный состав.

Химический состав НС-1 во всем выбранном температурном и временном интервале термообработки не изменяется. Как и в исходном порошке, содержание цинка в ней составляет 95%. УДС этой смеси при температуре ее ниже температуры плавления также не изменяется ( $K = 1$ ) даже при выдержке 30 ч. Однако после термообработки при температуре, превышающей температуру плавления цинка, УДС резко понижается и тем больше, чем выше температура.

При 550 °С параметр устойчивости смеси против спекания приближается к нулю, смесь начинает сплавляться (рис. 2). Увеличение времени термообработки также приводит к понижению УДС, причем изменение  $K$  во времени носит в исследованном временном интервале практически линейный характер (рис. 3). Введение в исходный порошок цинка до 30% оксида цинка (НС-3) практически не изменяет описанных выше закономерностей изменения параметра  $K$  во всех исследованных температурном и временном интервалах.

При наличии в смеси оксида алюминия резко повышается УДС порошка при температурах, значительно превышающих температуру плавления цинка (рис. 2, 4). Полная ( $K = 1$ ) УДС порошка при температуре 550 °С и выдержке 1 ч достигается при соотношении цинка и оксида алюминия 2:3. Химический анализ этого порошка на содержание активного металла показал, что допол-

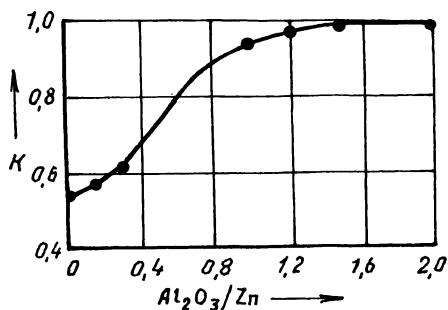


Рис. 4. Зависимость устойчивости доли порошка цинка ПЦ-4 от содержания  $Al_2O_3$

нительного окисления порошка цинка в процессе термообработки не происходит.

Повышение УДС частицами оксида алюминия объясняется пространственным разделением жидких частиц цинка твердыми частицами оксида алюминия, которые в отличие от частиц оксида цинка не смачиваются расплавом цинка [6].

Химический анализ НС-4 перед термообработкой показал, что содержание в ней цинка после обработки водяным паром снижается до 75 %, при этом дисперсионный состав практически не отличается от НС-1 (см. рис. 1).

Таким образом, исходная НС-4 по составу и дисперсности идентична НС-3. Однако УДС НС-4 существенно выше УДС всех остальных исследованных в работе смесей (см. рис. 2).

Дисперсионный состав НС-4 сохраняется неизменным ( $K = 1$ ) до температуры 700 °С при 4 ч выдержки, а при 550 °С — даже при термообработке в течение 30 ч. Лишь при температуре 740 °С значение  $K$  резко падает (см. рис. 3).

Как показали результаты химико-термической обработки, смесь НС-4 может быть использована для цинкования изделий при температурах до 700 °С без заметного снижения скорости их насыщения при многократном (в наших опытах 5-кратном) ее использовании.

Установленная аномально высокая по сравнению с другими смесями УДС НС-4, по-видимому, обусловлена тем, что при обработке частиц порошка цинка водяным паром на их поверхности формируются оболочки из оксигидроксидных соединений цинка, предотвращающих слияние частиц смеси.

Таким образом, предложен метод количественной оценки устойчивости дисперсионного состава насыщающих смесей, используемых при химико-термической обработке изделий. С помощью указанного метода выявлена возможность существенного повышения технологичности смесей, используемых при цинковании изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / Под ред. Л.С.Ляховича. — М., 1981. — 250 с. 2. Ворошнин Л.Г., Кухарев Б.С., Пантеленко Ф.И. Особенности формирования карбидных покрытий при использовании эффекта жидкометаллической фазы // Металлургия. — Мн., 1979. — Вып. 13. — С. 141—144. 3. Лебедев В.В. Физико-химические основы процессов получения водорода из воды. — М., 1987. — 198 с. 4. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термиче-

ская обработка металлов. — М., 1985. — 193 с. 5. В а с и л ь е в а З.Г., Г р а н о в - с к а я А.А. Лабораторные работы по общей и неорганической химии. — М., 1979. — 201 с. 6. П о п е л ь С.И. Смачивание огнеупорных материалов расплавленным металлом и шлаком // Труды УПИ. Вопр. теории и практики литейного пр-ва. — Свердловск, 1959. — Вып. 85. — С. 162

УДК 621.785.5

Н.Г.КУХАРЕВА, А.М.ИСЛАМОВ

## КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ\*

Существенным образом повысить коррозионную стойкость изделий из углеродистых сталей можно при использовании комбинированной обработки — нанесении покрытий гальваническим или химическим способом с последующей химико-термической их обработкой.

Так как основными легирующими элементами коррозионно-стойких сплавов и сталей являются хром и никель, представляет интерес следующая схема обработки изделий: нанесение гальванического никелевого покрытия с последующей химико-термической его обработкой в порошковых средах и на основе хрома.

Однако в литературе недостаточно данных о влиянии условий нанесения гальванических покрытий и последующей химико-термической обработки на коррозионную стойкость получаемых покрытий.

В результате исследования кинетики коррозионного разрушения предварительно никелированных образцов из углеродистых сталей с диффузионными покрытиями на основе хрома изучен характер изменения их электрохимических характеристик в зависимости от условий химико-термической обработки и толщины никелевого подслоя, оптимизированы условия получения коррозионно-стойких покрытий в водных растворах неорганических кислот, разработаны практические рекомендации с целью внедрения технологии замены изделий из высоколегированных нержавеющей сталей на углеродистые с покрытием.

Исследования были выполнены на образцах из стали 20 и У8. Гальваническое никелирование осуществлялось из сернокислого электролита. В качестве коррозионных сред были выбраны неорганические кислоты различных концентраций, которые по окислительной способности располагаются в следующем порядке: азотная, серная и хлорсодержащая соляная. Эти кислоты находят применение во многих отраслях промышленности.

Химико-термическая обработка образцов осуществлялась в порошковых средах. Коррозионная стойкость диффузионных покрытий оценивалась гравиметрическим и электрохимическим методами.

На основании результатов, полученных при изучении процессов хромирования, хромосилицирования предварительно никелированных углеродистых

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук Л.С.Ляховича.