

УДК 621.793.5.001.4:669.586/:532.696.1 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

В. И. НИЖЕНКО, Б. М. СМЕРНОВ, Е. В. ПРОСКУРКИН,  
Н. С. ГОРБУНОВ, И. Е. МИТНИКОВ

# ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК МЕТАЛЛОВ НА КИНЕТИКУ СМАЧИВАНИЯ ЖИДКИМ ЦИНКОМ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 4 II 1972)

Защите металлов от коррозии уделяется большое внимание. Одним из эффективных средств защиты является нанесение слоя цинка на изделие жидким методом (в расплаве цинка). В процессе цинкования в расплав цинка попадает или специально вводится некоторое количество различ-

Таблица 1

Изменение краевого угла смачивания (0, град) от состава расплава цинка

Состав расплава, вес. %	Продолжительность, мин.							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Zn	—	38	32	18	4	—	—	—
Zn + 0,11 Al	—	33	14	7	3	2	2	2
Zn + 0,036 Al	—	30	12	5	3	—	—	—
Zn + 0,2 Al	—	—	36	25	9	3	2	—
Zn + 0,008 Mg	52	38	23	11	6	—	—	—
Zn + 0,054 Mg	20	11	7	6	6	5	4	—
Zn + 0,12 Mg	—	24	13	5	4	2	1	—
Zn + 0,11 Cu	40	15	10	6	4	3	2	—
Zn + 0,42 Cu	44	15	10	7	6	5	4	—
Zn + 0,73 Cu	—	31	14	9	8	8	8	6
Zn + 0,06 Mg + 0,13 Al	—	—	—	—	4	4	4	5
Zn + 0,37 Cu + 0,54 Mg	—	—	—	16	6	3	2	2
Zn + 0,4 Cu + 0,12 Mg	—	—	—	24	19	12	7	5
Zn + 0,0083 Ti	—	—	16	13	7	3	3	—
Zn + 0,007 Ti + 0,09 Al	—	—	11	11	6	4	3	—
Zn + 0,0074 Ti + 0,033 Al + 0,09 Mg	—	—	5	4	4	3	3	—

ных металлов (меди, титана, магния, алюминия, олова и др.) <sup>(1)</sup>. Наличие в расплаве различных элементов может по-разному влиять как на физико-химические свойства самого расплава цинка (смачиваемость, температуру плавления и т. д.), так и на свойства получаемых цинковых покрытий. Однако вопросу смачивания в процессе нанесения защитных покрытий уделяется мало внимания, а имеющиеся литературные данные часто противоречивы. Поэтому в настоящей работе изучалось влияние добавок алюминия, меди, магния, титана, вводимых в расплав цинка в различных комбинациях, на кинетику смачивания жидким цинком низкоуглеродистой стали.

Сплавы цинка с добавками выплавлялись на воздухе из предварительно приготовленных лигатур, содержащих от 5 до 10 вес. % соответствующей добавки (алюминия, меди, магния, титана) и технического цинка марки ЦО. Цилиндрические образцы готовились заполнением расплава в кварцевые трубки с внутренним диаметром 2,3 мм. Состав образцов определялся спектральным методом <sup>(2)</sup>. Подложки изготовлялись из низ-

коуглеродистой стали (Ст. 20), контактная поверхность которых шлифовалась и полировалась.

Кинетика растекания цинковых расплавов по стали изучалась методом лежащей капли. Опыты проводили в среде очищенного гелия. Перед напуском гелия установку вакуумировали.

Были получены кинетические кривые растекания по стали цинкового расплава с различными комбинациями добавок алюминия, меди, магния и титана. Исследование влияния комбинированных добавок на растекание цинка по стали обусловлено следующими соображениями. В промышленных условиях при цинковании стальных изделий в расплав цинка вводят до 0,2 вес. % алюминия, который защищает расплав от окисления, уменьшает толщину слоя железо-цинковых соединений в покрытии, улучшает механические свойства покрытия. Однако в некоторых средах добавка алюминия уменьшает коррозионную стойкость покрытия. С целью сохранения положительных качеств добавки алюминия и повышения коррозионной стойкости покрытия целесообразно изучение влияния комбинированных добавок, одним из компонентов которых является алюминий, на свойства расплава цинка и получаемых покрытий. Полученные нами результаты сведены в табл. 1. Приведенные результаты позволяют оценить влияние добавок металлов на смачиваемость цинком стальной подложки. Для этого за основу можно принять кинетическую кривую растекания чистого цинка по стали и полагать, что добавки, смещающие эту кривую в область больших контактных углов смачивания и времени, будут ухудшать смачивание поверхности стали цинком, и наоборот.

С этой точки зрения малые добавки алюминия (до 0,1 вес. %), меди (до 0,2 вес. %) и магния (до 0,06 вес. %) способствуют улучшению смачивания стали расплавом цинка. Увеличение содержания алюминия, меди и магния соответственно до 0,2; 0,7; 0,12 вес. % приводит к некоторому ухудшению смачивания по сравнению с малыми добавками. Это наглядно видно из рис. 1, где приведены кривые влияния состава расплава на крайний угол смачивания. Кривые на рис. 1 построены для крайних углов, снятых на 4, 5, 6 и 7 минуте с момента ввода образца в горячую печь. При малых временах контакта расплава с подложкой четко наблюдается минимум величины краевого угла. Можно полагать, что область составов, примыкающая к минимуму, будет оптимальной при цинковании. Для добавок алюминия эта область соответствует 0,15—0,25 (рис. 1а), для меди 0,1—0,5 (рис. 1б), для магния 0,02—0,08% (рис. 1б). Следует отметить, что с увеличением времени контакта расплава со сталью влияние изученных добавок на крайний угол сглаживается.

Комбинированная добавка в цинк 0,06 вес. % магния и 0,13 вес. % алюминия мало влияет на скорость растекания расплава по сравнению с чистым цинком. В то же время введение 0,37% меди и 0,54% магния приводит к ухудшению смачивания. Несколько ухудшают смачивание

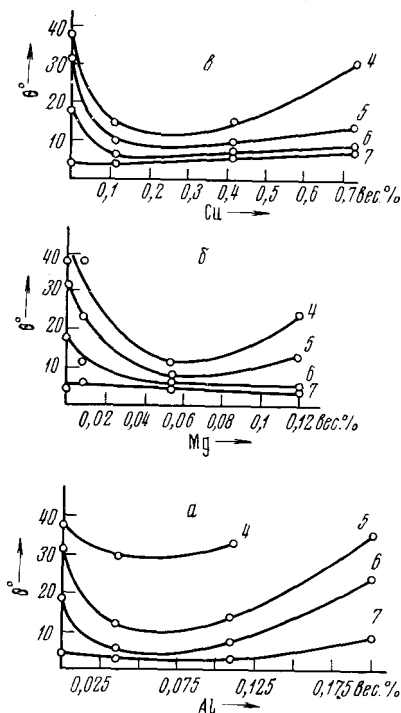


Рис. 1. Зависимость краевого угла смачивания от состава расплава и времени выдержки. Цифры на кривых указывают время (в мин.) снятия крайних углов

совместные добавки в цинк 0,4% меди и 0,12% алюминия, а также 0,06% магния, 0,36% меди и 0,03% алюминия. Присадки титана в цинк, а также титана вместе с алюминием и магнием незначительно улучшают смачивание цинком стальных подложек.

Полученные данные интересно сопоставить с результатами технологических проб, проведенных в условиях, близких к промышленному цинкованию стальных изделий.

Пробы проводили на офлюсованных стальных образцах, погружением их на 1,5—2 мин. в ванну с расплавом цинка с соответствующими добавками. Влияние добавок на получение сплошного цинкового покрытия оценивалось визуально.

В большинстве случаев результаты изучения кинетики смачивания в защитной атмосфере совпадают с данными технологических проб. Однако для комбинированной добавки, содержащей 0,007% титана и 0,09% алюминия, наблюдается несоответствие между данными по изучению смачивания в защитной атмосфере и технологической пробой на воздухе. В первом случае обнаружено улучшение смачивания, в то время как в результате технологической пробы защитный слой оказывается не сплошным, наблюдаются несмоченные участки. Это, по-видимому, можно объяснить влиянием среды испытания и взаимодействием добавок с флюсом. В целом следует отметить хорошее согласие между результатами технологических проб и исследований кинетики растекания в нейтральной среде.

Таким образом, в данной работе исследовалось влияние добавок металлов (алюминия, меди, магния, титана), вводимых в расплав цинка в различных комбинациях, на кинетику смачивания жидким цинком низкоуглеродистой стали. Полученные закономерности позволяют более обоснованно подходить к вопросу выбора добавок металлов при легировании расплава цинка в процессе нанесения цинковых покрытий на стальные изделия.

Институт проблем материаловедения  
Академии наук УССР  
Киев

Поступило  
3 I 1972

Институт физической химии  
Академии наук СССР  
Москва

Всесоюзный научно-исследовательский  
и конструкторско-технологический  
институт трубной промышленности  
Днепропетровск

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. Редскер, Ф. К. Петерс, В. Фрие, Черные металлы, № 20, 3 (1961).  
<sup>2</sup> В. Ф. Мальцев, В. П. Новак и др., Металлургич. и горнорудн. пром., № 5, 33 (1971).