



Таблица 2. Химический состав углеродистого хрома марки Х75Б (ТУ 14-5-124-81), мас. %

№ партии	Cr	C	Si	Al	Cu	S	P
К 11	82,5	10,2	1,15	1,38	0,022	0,07	0,047
К 19	83,0	10,2	1,13	0,72	0,023	0,05	0,045
К 20	79,7	10,2	1,20	3,11	0,023	0,05	0,045

матрицы и первичных карбидов и карбоборидов хрома и титана (примерно 20...25 %). Под действием ударных нагрузок метастабильный аустенит превращается в мартенсит, что позволяет обеспечить достаточно высокое сопротивление абразивному изнашиванию. Износостойкость при испытании на трение о закрепленный абразив в 5...7 раз выше, чем для стали 110Г13. Наличие 50...70 % аустенита в исходной структуре позволяет наплавленному металлу противостоять ударным нагрузкам.

Технология изготовления перечисленных выше наплавочных материалов должна обеспечивать определенный химический состав наплавленного металла, особенно содержание углерода. Углерод в наплавленный металл переходит в виде графита из высокоуглеродистого феррохрома. Введение в шихту порошковых проволок и в обмазку электродов электродного боя (измельченный графит) не обеспечивает стабильного содержания углерода в наплавленном металле. Поэтому при разработке

составов шихты и обмазочных масс целесообразно минимизировать содержание графита.

Ключевской завод ферросплавов выпускает высокоуглеродистый феррохром марок ФХ60У9, ФХ55У10, ФХ55У12, ФХ50У12 по ТУ 14-141-02-96, ТУ 14-141-37-00. Однако для формирования партии феррохрома на заводе применяется состав сплава (с низким и высоким содержанием хрома). Химический состав, указанный в сертификате, рассчитывается как средневзвешенный двух ферросплавов. Таким образом, каждая упаковка (бочка) содержит два перемешанных между собой материала. Это обстоятельство сильно усложняет производственный процесс, так как приходится вводить дополнительную операцию по тщательному перемешиванию содержимого каждой бочки в отдельности. Недостатком ферросплавов ФХ60У9, ФХ55У10, ФХ55У12 является высокое содержание в них фосфора и кремния. В настоящее время завод получает с Ключевского завода углеродистый хром марки Х75Б (табл. 2). Применение последнего в наплавочных материалах обеспечивает более стабильный химический состав наплавленного металла по содержанию углерода и хрома, а также позволяет снизить коэффициент заполнения порошковых проволок и коэффициент массы покрытия электродов.

Information is given on flux-cored wires and electrodes used as cladding consumables for hardening of parts operating under impact-abrasive wear conditions.

Поступила в редакцию 12.10.2005

УДК 621.791.75.042

ХИМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФЕРРОСПЛАВОВ В ЖИДКОМ СТЕКЛЕ*

Н. В. СКОРИНА, А. Е. МАРЧЕНКО, кандидаты техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Изложены результаты исследований химической активности тонко измельченных ферросплавов (ферросилиция ФС-45, ферромарганца, ферросиликомарганца и др.), используемых при производстве электродов в качестве раскислителей и легирующих металла шва. Выявлена чрезвычайно высокая активность отдельных партий ферросилиция ФС-45. Высказано предположение о том, что такая высокая активность связана с особенностями технологии производства — ухудшением гомогенности слитков ферросилиция, либо образованием особо активных структурных составляющих.

Ключевые слова: производство электродов, обмазочные массы, жидкое стекло, ферросплавы, химическая активность, газовыделение, пассивация

В процессе приготовления и переработки электродных обмазочных масс зерна их ферросплавных и металлических порошкообразных составляющих взаимодействуют с жидким стеклом (связующим), при этом выделяются тепло и газ. Это приводит к постепенному загустению обмазки вплоть до полной потери ею пластичности, сопровождается уве-

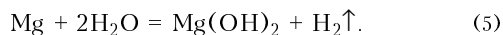
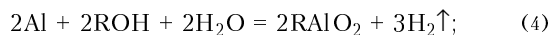
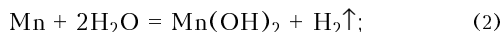
личением разнотолщинности, вспуханием покрытия и образованием в нем пор и трещин, а также существенным снижением прочности покрытия после термообработки электродов.

По сути указанные процессы взаимодействия являются химическими реакциями между активными металлами (кремнием, марганцем, карбидом марганца и др.) и щелочью ROH (где R — Na

*Данный материал в виде доклада представлен на 2-м научно-практическом семинаре «Дуговая сварка. Материалы и качество» (г. Магнитогорск, 26–30 сент. 2005 г.).



и/или К), образующейся вследствие гидролиза жидкого стекла, или водой:



С трудностями, связанными с протеканием химических реакций в обмазочных массах (1)–(3), технологам приходится считаться с самого начала промышленного изготовления покрытых электродов. К настоящему времени на основании результатов исследований и накопленного опыта их удалось преодолеть с помощью пассивации поверхности частиц активных порошков, т. е. путем создания на ней прочной пленки оксидов.

Тем не менее ряд производств, изготавливающих покрытые сварочные электроды, в разные годы последнего десятилетия сталкивались с указанной проблемой. Применение некоторых традиционных технологических приемов пассивации порошков ферросилиция положительных результатов не дало. В отдельных случаях оказалось, что они приводят к противоположному эффекту, а именно, усиливают химическое взаимодействие порошков ферросилиция с жидким стеклом, провоцируя тем самым сбой в технологии изготовления электродов.

В настоящей работе приведены результаты исследований, выполненных в ИЭС им. Е. О. Патона в содружестве с ведущими в области изготовления электродов предприятиями Украины и РФ. Они иллюстрируют особенности химического взаимодействия с жидким стеклом порошков ферросплавов и металлических порошков, которые широко применяются при производстве электродов. Исследовали пробы, отобранные из промышленных партий продукции, изготовленной Запорожским (ЗЗФ), Никопольским (НЗФ), Новокузнецким заводами ферросплавов и Челябинским электрометаллургическим комбинатом, которые в процессе промышленного использования продемонстрировали различную степень химической активности. Одновременно с помощью известных технологических приемов проверяли эффективность подавления их активности. Активность ферросплавов и металлических порошков оценивали по объему V газа (метод выравнивания объема), выделяющегося за время взаимодействия 1 г порошка ферросплава, просеянного через сетку размером 160 мкм, со 170 г натриево-калиевого жидкого стекла, имеющего плотность 1400 кг/м^3 и вязкость $50...70 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. Модуль жидкого стекла составлял $2,9...3,0 \text{ ед.}$, температура реакционной зоны — $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Навески порошков с очень низкой активностью увеличивали до 3 г (полученные результаты также приведены к 1 г порошка ферросплава). Продолжительность наблюдения за реакцией обычно составляла 1,5 ч.

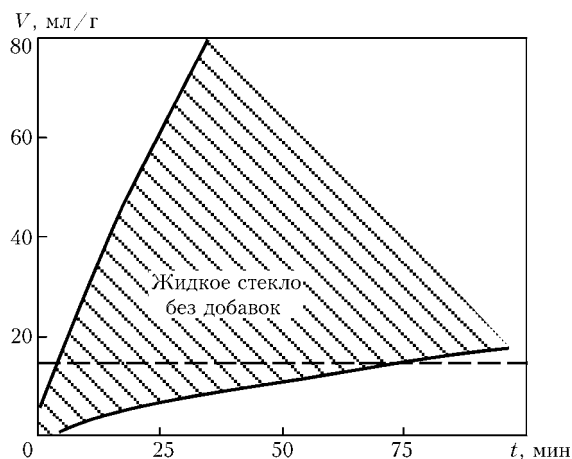


Рис. 1. Кинетика выделения газа при взаимодействии порошка ферросилиция марки ФС-45 с жидким стеклом

На рис. 1–3 показана активность порошков ферросилиция марки ФС-45 (47 партий) и ферросиликомарганца (131 партия), а также низкоуглеродистого и углеродистого ферромарганца (соответственно 34 и 10 партий) и металлического марганца (11 партий). Полученные результаты свидетельствуют о том, что технологи могут столкнуться с весьма высокой активностью порошков ферросилиция и ферросиликомарганца в жидкостекляной среде. Объем выделившегося газа за 90 мин протекания реакции порошков ферросплавов с жидким стеклом, значительно превышает критический объем 15 мл/г (штриховая линия на рис. 1). Несмотря на то, что химический состав изученных ферросплавов оставался в пределах, регламентированных государственным стандартом, по степени активности они существенно отличались друг от друга (см. заштрихованные области). Химическая активность ферросиликомарганца может быть даже выше, чем стандартного ферросилиция, хотя концентрация кремния в ферросиликомарганце существенно ниже. При этом не удалось выявить однозначной связи между изменениями содержания составляющих ферросплава и их химичес-

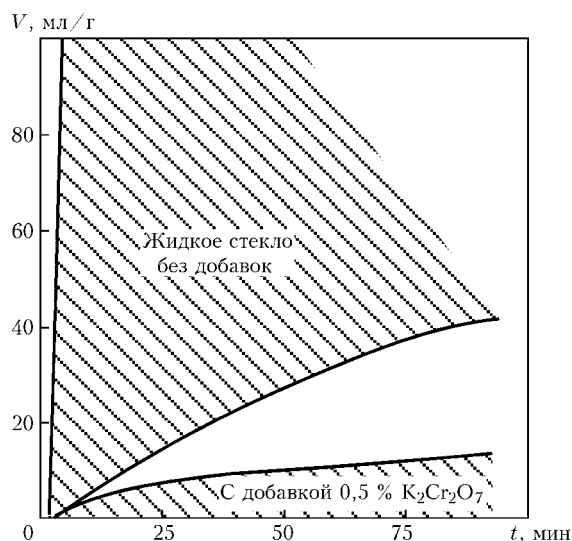


Рис. 2. Кинетика выделения газа при взаимодействии порошка ферросиликомарганца с жидким стеклом (химический состав ферросиликомарганца, мас. %: 0,2...1,5 С; 62...71 Мn; 15...29 Si)

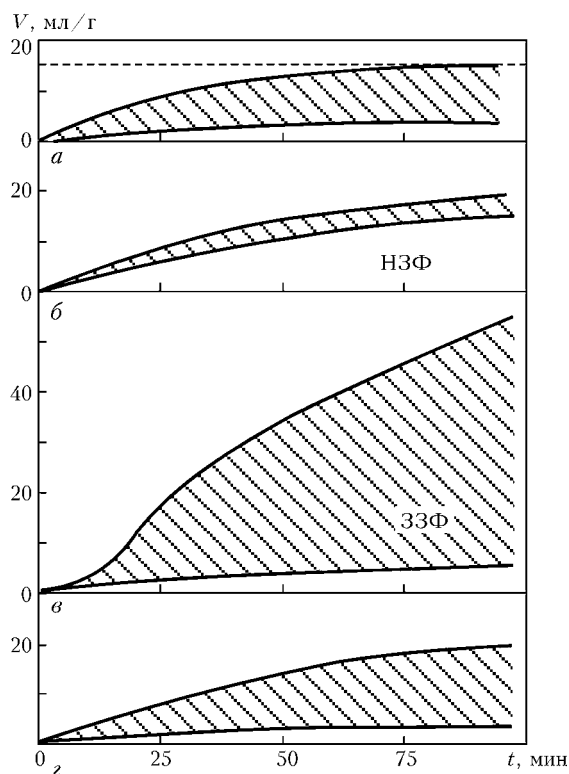


Рис. 3. Кинетика выделения газа при взаимодействии порошков ферромарганца (а-б) и металлического марганца (в) с жидким стеклом (мас. %): а — среднеуглеродистый ферромарганец (0,8...2,0 С; 1,1...2,9 Cr; 86,0...93,2 Mn); б, в — высокоуглеродистый (б — 6,4...6,5 С; 77,1...78,0 Mn; 1,1...1,4 Si; 0,18...0,50 P; в — 6,1...6,4 С; 77,6...81,1 Mn; 2,6...3,5 Si; 0,25 P); г — металлический марганец (0,10...0,16 С; 95,7...97,7 Mn; 0,6...0,8 Si; 0,05...0,07 P)

кой активностью в жидком стекле. Однако установлено, что с увеличением содержания кремния в ферросилиции и ферросиликомарганце в пределах марочного допуска их химическая активность во многих случаях возрастает. Добавка $K_2Cr_2O_7$ (хромпика) в жидкое стекло подавляет реакцию взаимодействия ферросиликомарганца с ним. Об эффективности этого способа применительно к ферросилицию будет сказано ниже.

Среднеуглеродистый и углеродистый ферромарганец производства НЗФ, а также металлический марганец характеризуются невысокой химической активностью в жидком стекле. Эти ферросплавы не нуждаются в пассивации. В то же время отмечалось увеличение активности углеродистого ферромарганца, поставляемого ЗЗФ, что можно объяснить более высоким содержанием в нем кремния.

Порошки алюминия марки ПА-3 и алюмомагниевого марки ПАМ-4 отличаются весьма низкой химической активностью в жидкостекольной среде (4), (5). Добавки хромпика в жидкое стекло подавляют их активность еще больше, особенно это касается порошка марки ПАМ-4. Порошок магния характеризуется большой активностью, но и в этом случае хромпик является довольно эффективной пассивирующей добавкой. В принципе порошки всех названных типов в состоянии поставки в дополнительной пассивации не нуждаются.

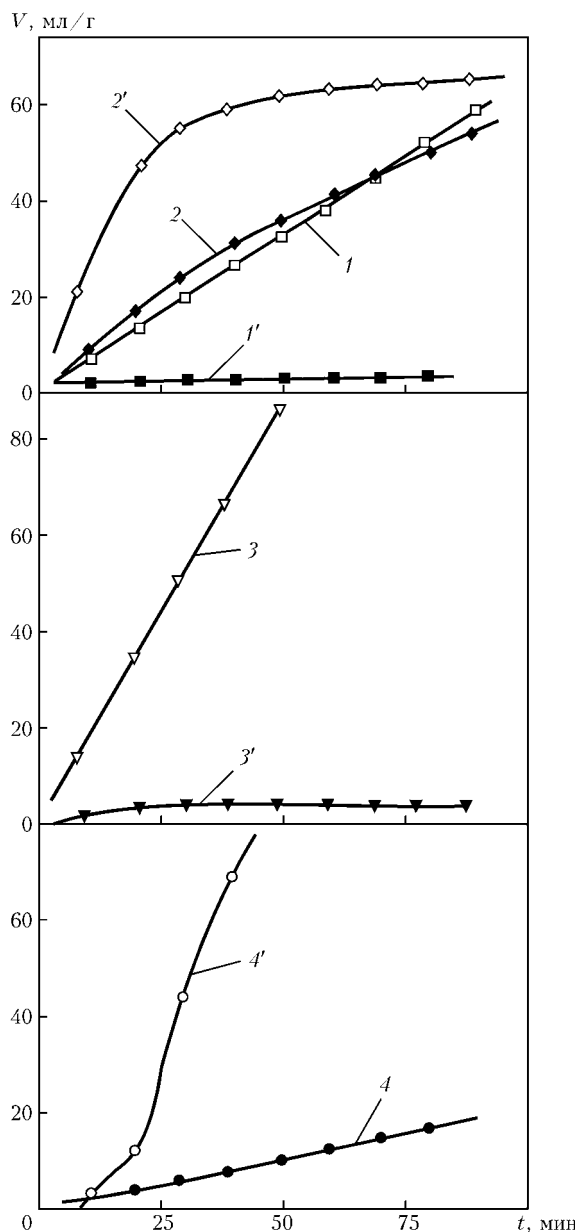


Рис. 4. Влияние добавок хромпика (0,5 %) в жидкое стекло на кинетику выделения газа (исследованы различные партии ферросилиция ФС-45): 1-4 — жидкое стекло без добавки; 1'-4' — то же с добавкой хромпика

Пассивирующий эффект, вызываемый взаимодействием хромпика, добавленного в жидкое стекло, с ферросилицием неоднозначен. Замечено, что есть партии ферросилиция, активность которых, как и ожидалось, подавляется при добавке хромпика в жидкое стекло (сравни кривые 1 и 1'; 3 и 3' на рис. 4). В то же время активность других партий указанного ферросплава существенно возрастает под влиянием этой же добавки (сравни кривые 2 и 2'; 4 и 4'). Неблагоприятное влияние добавок хромпика наблюдалось также при исследовании ферросилиция, в составе которого содержание кремния приближается к 52 %, и стандартного ферросилиция марки ФС-65. Можно предположить, что современные технологии производства ферросилиция марки ФС-45 способствуют неоднородному распределению кремния и примесей в

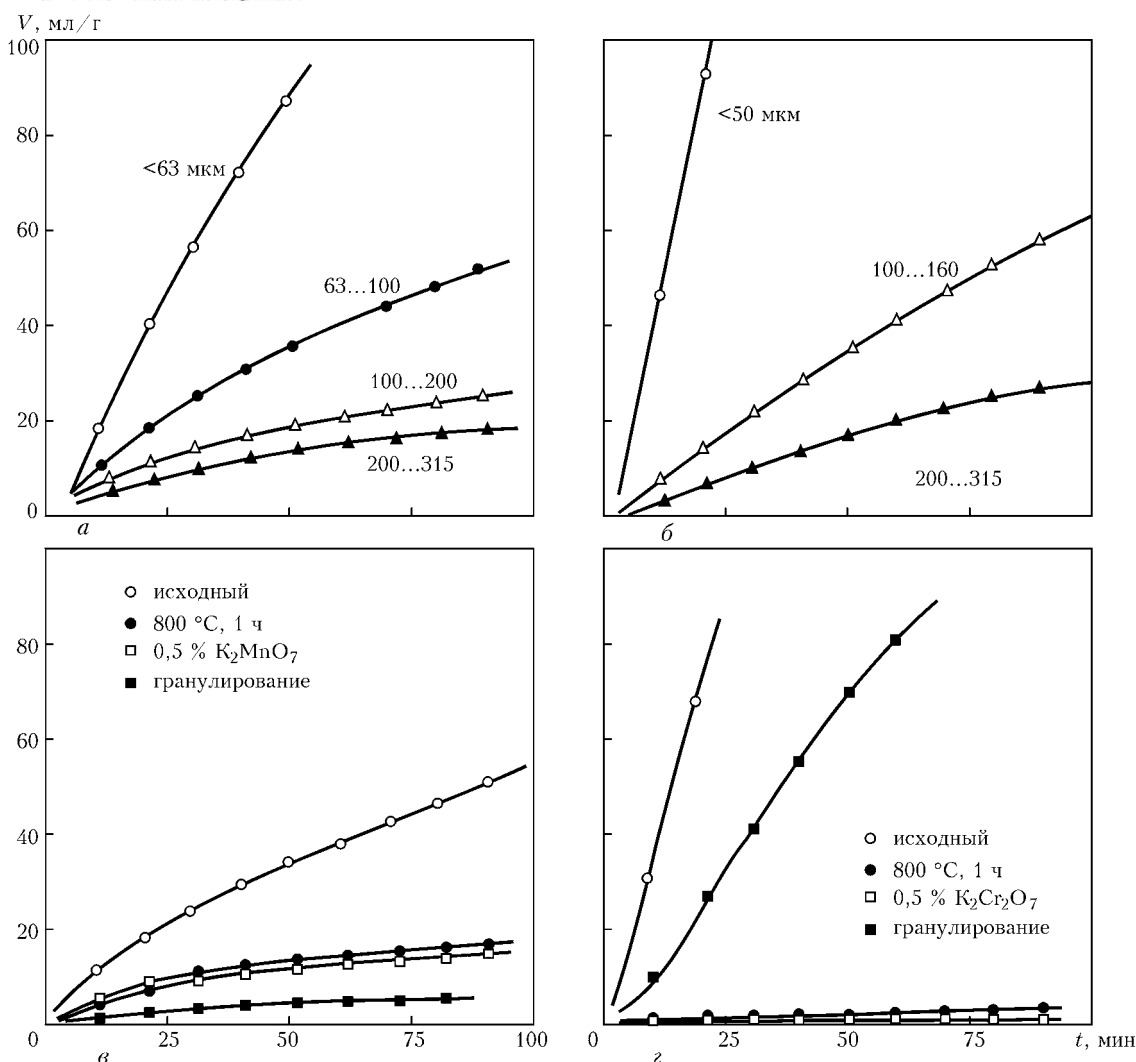


Рис. 5. Влияние дисперсности зерна различных способов подавления химической активности порошков ферросилиция ФС-45 (а, в) и ферросиликомарганца (б, г) на кинетику выделения газа при их взаимодействии с жидким стеклом

слитках или вызывают образование особо активных структурных составляющих.

Активность порошка ферросилиция можно уменьшить, используя порошки с невысоким содержанием мелких фракций (63 мкм и менее), применяя пассивирующий нагрев (800 °С в течение 1 ч), добавляя 0,5 % насыщенного водного раствора перманганата калия в смесь или распыляя (гранулируя) расплав водной струей (рис. 5). Последний способ является наиболее эффективным.

Активность порошка ферросиликомарганца также понижается при уменьшении содержания

мелкозернистых фракций в порошке (но получаемый эффект от снижения активности меньше, чем у ферросилиция), добавке хромпика в жидкое стекло (эта технология должна быть исключена из применения по экологическим соображениям) или раствора перманганата калия в смесь, а также использовании пассивирующего нагрева при 800 °С. Технология гранулирования ферросиликомарганца водной струей не дает нужного технологического эффекта (рис. 5) и поэтому не рекомендуется для применения.

Given are the results of investigation into reactivity of fine ferroalloys (ferrosilicium FS-45, ferromanganese, silicomanganese, etc.) used in production of electrodes as weld metal deoxidisers. Individual batches of ferrosilicium FS-45 were revealed to have an extremely high reactivity. It was suggested that such a high reactivity might be associated with peculiarities of the production technology, which could either deteriorate homogeneity of ferroalloy ingots, or cause formation of particularly reactive structural components.

Поступила в редакцию 10.10.2005