

## КОНТРОЛЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОШКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

З. А. СИДЛИН

ООО «ТЕХПРОМ». 107996, г. Москва, ул. Гиляровского, 57, РФ. E-mail: techprom-ru@yandex.ru

Описан производственный опыт по выработке требований к анализу гранулометрического состава материалов, применяемых в электродных покрытиях. Отмечена важность выбора метода анализа и применяемого оборудования. Сделан вывод о необходимости унификации методик анализа у изготовителей материалов и поставщиков порошков. Библиогр. 8, табл. 3.

*Ключевые слова:* дуговая сварка, покрытые электроды, производство электродов, сухая шихта, порошки, гранулометрический состав, контроль

Усиливающаяся конкуренция с ведущими мировыми производителями сварочных материалов предъявляет все возрастающие требования к стабильности технологического процесса их изготовления, что, в свою очередь, диктует рост требований к достоверности данных о характеристиках применяемых компонентов. Растут и требования к экспрессности получения данных. Сказанное, разумеется, относится и к гранулометрическому составу компонентов.

Известно, что гранулометрический состав компонентов сухой шихты — важнейший и часто определяющий фактор технологичности электродов при изготовлении и применении. Рациональные требования к нему должны учитывать способность рудоминеральных компонентов при их перемешивании с жидким стеклом обеспечивать получение обмазочных масс с необходимыми свойствами; химическую активность ряда металлов и ферросплавов в среде жидкого стекла; различия в крупности различных металлов и ферросплавов, предназначенных для легирования наплавленного металла и/или раскисления расплавленного металла [1]. При этом фирменные требования к гранулометрическому составу должны базироваться на достоверных фактических данных и учитывать специфические технологические особенности конкретного предприятия.

В отделе ИЭС им. Е. О. Патона, созданном и в течение многих лет возглавляемом докт. техн. наук И. К. Походней, выполнено множество исследовательских и практических работ, посвященных технологическим вопросам технологии производства сварочных материалов. Разумеется, не обойдены и проблемы, связанные с гранулометрией порошков, рассмотренные, в частности, в работе [2]. Однако в этих работах не освещались

методики анализа крупности материалов. До последнего времени производители сварочных материалов на территории бывшего Советского Союза осуществляли дробление, размол и подготовку компонентов электродных покрытий и порошковых проволок в собственных дробильно-размольных отделениях.

Переход к получению компонентов в виде готовых порошков требует не только четкой формулировки требований потребителя к их грануляции, но и унификации или согласования методик определения размеров частиц с поставщиком. Деликатность проблемы заключается в том, что гранулометрический состав часто является «ноу-хау» изготовителей сварочных материалов. В тех же случаях, когда в технической литературе приведены данные по крупности различных материалов, они представлены, как правило, в общем виде. Так, в работе [3] отмечено, что количество материала на ситах 045, 0355 и верхний предел грануляции минералов в «тазике» сито 005 (по ГОСТ 6613) является ориентировочным. В работе [4] указано, что ситовой анализ проводят, главным образом, при наладке режимов размола, а приводимые данные по гранулометрическому составу приблизительны. Иногда указания о требованиях к крупности подготовленных к применению компонентов можно встретить в отраслевой документации ограниченного пользования.

Отдельными электродными предприятиями накоплен значительный опыт и статистика, на основании которых выработаны требования по гранулометрическому составу различных материалов, используемых в качестве компонентов электродных покрытий. Наиболее известны из них данные Московского опытного сварочного завода (МОСЗ), являющиеся основой норм многих отечественных предприятий [1]. Особо отмечено, что

на каждом электродном предприятии требования к гранулометрическому составу необходимо конкретизировать с учетом специфики производства.

Уточним, что такая специфика, кроме учета номенклатуры выпускаемых электродов, их типоразмерного ряда, физической природы используемых компонентов и их номенклатуры, конструктивных особенностей и возможностей основного технологического оборудования, характеристик связующего и пр. должна учитывать и характеристики испытательного оборудования, используемого для определения гранулометрического состава. Ведь фактически точность ситового анализа определяется качеством фракционирования и точностью сит, а его достоверность — еще и качеством отбора проб и тщательностью проведения.

Данные МОСЗ справедливы при проведении ситового анализа на приборе модели 029 (основные технические характеристики: число колебаний сит 300 об/мин, число ударов ударника 180 уд/мин), где материал в полуавтоматическом режиме просеивают через систему вращающихся и встряхиваемых сит. Другой распространенный прибор модели 01412 — электромагнитный вибратор с частотой колебаний сит 50, с<sup>-1</sup>, при амплитуде 0,1...1,0 мм. У вибростенда ПЭ 6700, используемого одним из поставщиков готовых порошков (табл. 1, С), число колебаний составляет 12...25 Гц при амплитуде 0,25...4,00 мм. Принцип действия прибора — придание возвратно-поступательных колебаний в вертикальной плоскости закрепленным на рабочем столе ситам.

**Таблица 1. Результаты определения гранулометрического состава материалов с использованием различной аппаратуры. Остаток на ситах (в % от массы исходной пробы)**

Номер п/п	Наименование материала, модель прибора	Индекс предприятия	Номера сит по ГОСТ 6613–86						
			0315	02	016	01	0063	005	-005
1	Ферробор, ПЭ6700	С	0	н.д.	н.д.	н.д.	91,5	7,6	0,9
	(029)	А	0,6	13,8	10,6	24,2	11,8	8,6	30,0
	(029)	В	0	22,44	0,57	28,27	15,93	7,36	24,58
	01412	А	0	22,16	8,53	23,40	15,52	7,70	22,68
2	Марганец металлический ПЭ6700	С	0	н.д.	н.д.	н.д.	84,5	11,7	3,8
	(029)	А	0	17,2	12,6	22,6	8,0	5,0	33,6
	(029)	В	0	17,09	0,95	29,31	16,76	9,09	27,22
	01412	А	0	14,53	8,78	26,18	14,30	12,1	24,16
3	Феррониобий, ПЭ6700	С	0	н.д.	н.д.	н.д.	78,2	9,9	11,89
	(029)	А	0	7,8	8,6	25,2	11,2	8,2	37,6
	(029)	В	0	9,38	0,68	28,92	20,22	12,10	28,69
	01412	А	0	8,78	6,11	25,78	19,31	13,64	25,59
4	Ферромарганец, ПЭ6700	С	0	н.д.	н.д.	н.д.	85,37	10,62	4,01
	(029)	А	0,2	11,6	10,4	22,0	9,6	9,2	37,0
	(029)	В	0	20,48	1,53	26,35	14,80	10,54	24,58
	01412	А	0	18,33	0,37	64,62	10,54	5,54	0,15
5	Ферросилиций, ПЭ6700	С	0	н.д.	н.д.	н.д.	81,4	13,4	5,2
	(029)	А	0	20,2	12,2	23,4	8,2	5,0	30,2
	(029)	В	0	22,34	0,36	28,22	15,56	6,78	25,97
	01412	А	0	20,02	8,43	23,33	14,59	8,49	24,38
6	Ферротитан, ПЭ6700	С	0	н.д.	н.д.	н.д.	75,38	14,97	9,65
	(029)	А	3,6	22,6	12,4	22,4	8,0	5,8	24,6
	(029)	В	2,69	21,63	7,45	20,74	16,63	8,20	22,46
	01412	А	1,42	20,06	8,09	23,72	16,42	10,88	19,45
7	Феррохром ПЭ6700	С	0	н.д.	н.д.	н.д.	81,85	13,49	4,66
	(029)	А	4,6	22,4	9,6	19,0	7,8	6,4	28,8
	(029)	В	2,75	21,40	6,07	17,22	14,15	8,13	29,1
	01412	А	1,12	21,98	6,59	19,73	12,92	10,75	25,82
8	Хром металлический ПЭ6700	С	0,06	н.д.	н.д.	н.д.	90,3	3,3	6,34
	(029)	А	1,3	23,6	13,6	26,8	8,4	5,2	20,2
	(029)	В	3,08	26,99	7,43	27,87	14,26	5,13	13,45
	01412	А	2,52	27,90	10,40	27,70	12,79	5,40	11,56

Примечание: н.д. — нет данных.

Таблица 2. Результаты ситового анализа порошков различных материалов

Номер п/п	Наименование материала	Индекс предприятия	Номера сит по ГОСТ 6613–86						
			0315	02	016	01	0063	005	-005
1	Феррониобий	A	-	26,50	5,58	28,47	14,57	6,64	20,13
		B	-	24,20	12,5	24,0	12,2	3,9	21,9
2	Феррохром	A	0,06	1,52	12,68	46,81	20,90	6,63	11,27
		B	-	0,6	13,7	55,7	15,1	3,5	11,1
3	Никель	A	0,08	0,55	0,95	90,75	4,55	1,24	1,82
		B	-	0,6	1,8	93,7	1,7	1,2	0

Неудивительно, что при контроле одних и тех же партий порошков различных материалов с использованием различной аппаратуры и результаты различны (табл. 1). При этом определения на приборах модели 029 проводили на двух разных предприятиях (табл. 1, А и В), получив сходные результаты. Разницу данных по ситы 016 в этом случае можно отнести на точность сеток, на чем остановимся ниже.

В табл. 1 приведены данные по контролю отечественных материалов, но аналогичные схожие результаты получены при контроле на приборе модели 029 на предприятиях А и В порошков шведской фирмы МРТ (табл. 2).

Уместно отметить, что в отраслевой технологической документации, да и в большинстве стандартов не указывают типы и модели приборов для ситового анализа. Более точное управление технологическими процессами в электродном производстве требует получение данных также о гранулометрическом составе той части порошков, которые имеют размеры менее 50 мкм, не определяемые обычными вибрационными методами. Объясняется это тем, что для частиц таких размеров силы адгезии и когезии сравнимы с их массой, резко возрастают при дальнейшем уменьшении размеров. Это ведет к слипанию частиц, забиванию ячеек сит, препятствию рассеву и к получению недостоверных данных [5]. Расширяет возможности анализа гранулометрического состава порошков сухим методом способ электростатического рассева, реализованный, например, в отечественных приборах Элса-М и Гран [6].

Одним из наиболее совершенных является оборудование фирмы «Fritch» (ФРГ), надежно зарекомендовавшее себя в многолетней практике. Например, вибрационный грохот Analysett 3 с вер-

тикальным движением высококачественных аналитических сит обеспечивает измерение частиц в диапазоне от 63 мм до 20 мкм. Лазерные дифракционные измерители серии Analysett 22, использующие физический принцип флуктуации электромагнитных волн, обеспечивают возможность измерения частиц от 0,1 мкм, причем модель Analysett 22 NanoTek одновременно распознает и форму частиц. Программное обеспечение Автосева позволяет проводить автоматическую обработку результатов, в том числе графическое изображение, расчет статистических величин, расчет значений, ведение банка данных [7]. К сожалению, до настоящего времени российские предприятия не располагают подобным оборудованием.

Металлические сетки, используемые для отсева материалов, поставляют по стандартам ГОСТ 2715 «Сетки металлические проволочные. Типы, основные параметры и размеры» и ГОСТ 6613 «Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками». Для контроля гранулометрического состава в электродном производстве используют, в основном, сетки по ГОСТ 6613, изготавливаемые из цветных металлов и сплавов. Систематизация сеток для сварочного производства была проведена авторами работы [8].

В кратком виде сетки обозначаются номером, соответствующим размеру стороны ячейки в свету в мм. Сокращенную запись для ячеек менее 1,0 мм производят без запятой, отделяющей целую часть от дробной, и опускают нули после значащих цифр. Например, сетку с размером ячейки в свету 0,315 мм обозначают номером 0315, а сетку с размером ячейки в свету 0,100 мм — номером 01. Ранее в СССР, да и теперь в ряде стран номер сетки обозначал количество ячеек, приходящихся на 1 линейный дюйм (меш). В зависимости от но-

Таблица 3. Результаты ситового анализа порошков фирмы МРТ

Номер сетки	Номинальные стороны ячейки, мкм	Точность изготовления					
		Н		В		К	
		Максимальное отклонение от номинала, мкм	Доля, %	Максимальное отклонение от номинала, мкм	Доля, %	Максимальное отклонение от номинала, мкм (интервал)	Доля, %
005	50	34	≤ 8	25	≤ 5	13...23	≤ 5
01	100	60		40		19...34	
0315	315	151		79		40...67	
04	400	180		96		47...78	

мера сетки стандартом предусмотрен различный вид переплетения проволок основы и утка: полотняный – через одну проволоку и саржевый — переплетение через две проволоки:

Номер сетки	Вид и порядок переплетения
004...0063	Саржевое 2/2
0071...014	Саржевое 2/2 или полотняное 1/1
016...2,5	Полотняное 1/1

Сетки различают по точности изготовления: Н — нормальной, В — высокой, К — контрольной, отличающихся, в первую очередь, допусками по максимальному отклонению размера стороны ячейки от номинала. В качестве примера в табл. 3 приведены соответствующие данные для нескольких сеток, используемых в электродном производстве.

К сожалению, по данным проведенного нами опроса предприятий-изготовителей в стране выпускается только сетка нормальной точности изготовления, которую, практически, и применяют в ситах, используемых в установках, в том числе выпускаемых ОАО «Литмашприбор». Сказанное следует учитывать при рассмотрении результатов анализа. В то же время, так как в промышленных ситах используют также сетки нормальной точности, исключается необходимость корректировки гранулометрического состава по данным анализа для практического применения.

Единый подход к нормированию требований по гранулометрическому составу отсутствует даже в государственных стандартах на материалы электродных покрытий. Также в большинстве нормативной документации на материалы электродных покрытий, поставляемых в порошковом виде, недостаточно прописаны методики определения гранулометрического состава. Даже в отдельном стандарте, например ГОСТ 19724, охватывающем метод определения гранулометрического состава плавикового шпата, в том числе флотационного концентрата, указано лишь, что применяется механический встряхиватель и сетки по ГОСТ 6613. Анализ пылевидного кварца по ГОСТ 8077 должен проводиться мокрым способом с использованием аналогичных сеток; при анализе слюды по ГОСТ 14327 предписано (ГОСТ 19572) использование ситового механического анализатора с частотой не менее 280 колебаний в минуту и т. д.

Из изложенного выше вытекает необходимость унификации методик определения гранулометрического состава у предприятий-изготовителей сва-

рочных материалов и предприятий-изготовителей порошковых материалов, а также включение в договора на поставку порошковых материалов норм по гранулометрическому составу с согласованием методик приемо-сдаточных испытаний. Практическая реализация такого подхода при работе с основным отечественным поставщиком порошковых ферросплавов ООО «МЕЛДИС-ФЕРРО» позволила устранить встречавшиеся ранее недоразумения и обеспечить в дальнейшем стабильную и согласованную работу.

1. Сидлин З. А. Производство электродов для ручной дуговой сварки / З. А. Сидлин. – К.: Екотехнологія, 2009. – 464 с.
2. Марченко А. Е. Влияние зернового состава шихты на реологические характеристики и структуру напорного потока обмазочных масс для низководородных электродов / А. Е. Марченко // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6-7. – С. 167–175.
3. Благовещенская В. В. Технология изготовления электродов для дуговой сварки / В. В. Благовещенская, Б. А. Гололобов, В. Я. Строгова. – М-Л.: Машиностроение, 1966. – 146 с.
4. Гарник И. И. Производство металлических электродов / И. И. Гарник, Г. М. Пиолунковский. – М.: Металлургия, 1975. – 119 с.
5. Коузов П. А. Основы анализа дисперсионного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П. А. Коузов. – Л.: Химия, 1974. – 280 с.
6. Перспективные приборы для определения гранулометрического состава порошкообразных материалов / Г. А. Старостин, В. М. Крашенинников, А. П. Стецовский [и др.] // Межотраслевой сборник «Научно-технические достижения», 1985. – № 2. – С. 72–77.
7. Проспекты фирмы «Fritch», ФРГ.
8. Гридин А. А. Систематизация сеток и рекомендации по набору сит для определения гранулометрического состава порошковых материалов в сварочном производстве / А. А. Гридин, Н. А. Тархов // Сварочное производство. – 1981. – № 10. – С. 25–28.

З. А. Сідлін

ТОВ «ТЕХПРОМ».

107996, м. Москва, вул. Гіляровського, 57, РФ.

E-mail: techprom-ru@yandex.ru

#### КОНТРОЛЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ПОРОШКІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Описано виробничий досвід по встановленню вимог до аналізу гранулометричного складу матеріалів, що застосовуються в електродних покриттях. Відзначено важливість вибору методу аналізу і обладнання, що застосовується. Зроблено висновок про необхідність уніфікації методик аналізу у виробників матеріалів і постачальників порошків. Бібліогр. 8, табл. 3.

*Ключові слова:* дугове зварювання, покриті електроди, виробництво електродів, суха шихта, порошки, гранулометричний склад, контроль

Поступила в редакцію 18.11.2016