

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ КАРБОНАТОВ МЕТАЛЛОВ  
ПРИ ПЛАВЛЕНИИ САМОЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК****Жариков С. В., Гринь А. Г., Богущкий А. А., Недодай Р. С.**

Приведена методика определения количества углекислого газа, образующегося при диссоциации карбонатов металлов. Определено количество углекислого газа, выделяющегося при диссоциации применяемых карбонатов, используемых в качестве газообразующей части сердечника самозащитных порошковых проволок. На основании анализа результатов расчета объема выделяющегося углекислого газа и данных по температуре диссоциации карбонатов определена оптимальная композиция карбонатов металлов, обеспечивающая высокие защитные свойства самозащитных экзотермических порошковых проволок в широком диапазоне температур.

Наведено методику визначення кількості вуглекислого газу, що утворюється при дисоціації карбонатів металів. Визначено кількість вуглекислого газу, що виділяється при дисоціації застосовуваних карбонатів, які використовуються як газоутворююча частина осердя самозахисних порошкових дротів. На підставі аналізу результатів розрахунку обсягу вуглекислого газу, який виділяється і даних по температурі дисоціації карбонатів визначена оптимальна композиція карбонатів металів, що забезпечує високі захисні властивості самозахисних екзотермічних порошкових дротів в широкому діапазоні температур.

The article describes the method of determining the amount of carbon dioxide produced by the dissociation of metal carbonates. Determined the quantity of carbon dioxide allocation during the dissociation of used carbonates to be used as the gassing of the core self-shielded powder wires. Based on the analysis results of calculation of the volume of carbon dioxide and data of temperature dissociation of carbonates determined the optimal composition of metal carbonates, providing high protective properties self-protective of exothermic powder wires in a wide temperature range.

Жариков С. В.

Гринь О. Г.

Богущкий А. А.

Недодай Р. С.

ст. преп. каф. ОиТСП ДГМА  
[mf@dgma.donetsk.ua](mailto:mf@dgma.donetsk.ua)канд. техн. наук, доц. каф. ОиТСП ДГМА  
[mf@dgma.donetsk.ua](mailto:mf@dgma.donetsk.ua)доц. каф. ОиТСП ДГМА  
[sp@dgma.donetsk.ua](mailto:sp@dgma.donetsk.ua)

студент ДГМА

УДК 621.791

Жариков С. В., Гринь А. Г., Богущкий А. А., Недодай Р. С.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ КАРБОНАТОВ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ САМОЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК

Повышение качества продукции, снижение расхода материалов и энергозатрат является одним из основных направлений промышленного производства в Украине. Поэтому применение восстановительной наплавки инструмента имеет важное значение для промышленности. Одним из видов такого инструмента являются штампы, выполняющие разделительные операции. Самозащитная порошковая проволока (СПП) является одним из наиболее универсальных присадочных материалов для механизированной и автоматизированной электродуговой наплавки [1, 2]. Металл рабочей поверхности штампов должен обладать высокой износостойкостью, ударной вязкостью и стойкостью к холодным и горячим трещинам. Кроме того, наплавочные материалы должны обеспечивать технологические свойства – хорошее формирование наплавленного валика и отделимость шлаковой корки. Обеспечение этих свойств существенно зависит от выбора состава газшлакообразующей части сердечника СПП [1, 3].

СПП для наплавки разрабатываются, в основном, на основе шлаковых систем карбонатно-флюоритного типа [1, 2, 4], при плавлении которых образуются шлаки основного характера. Эти проволоки в широком диапазоне составов легирующей части обеспечивают хорошее формирование валиков и отделимость шлаковой корки, низкое содержание газов и неметаллических включений в металле наплавки, умеренное разбрызгивание [1, 2].

Газовую защиту реакционной зоны сварки и расплавленного металла в порошковых проволоках карбонатно-флюоритного типа обеспечивают карбонаты щелочных и щелочно-земельных металлов, основной оксид которых, после разложения карбоната, участвует в образовании шлака.

В качестве карбонатов в СПП и покрытиях электродов применяются мрамор  $\text{CaCO}_3$  и магнезит  $\text{MgCO}_3$  [4, 5], сидерит  $\text{FeCO}_3$  [6], карбонат лития  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  [7], поташ  $\text{K}_2\text{CO}_3$  [8, 9], карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  [8], карбонаты других металлов, а также комбинированные материалы [5, 9].

Наличие оксидов  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  в шлаке улучшает стабильность горения дуги, а также благоприятно сказывается на удалении из наплавленного металла вредных примесей серы и фосфора.

Важным резервом улучшения характеристик плавления СПП является введение в состав их шихты экзотермических смесей [10, 11]. Однако при разработке самозащитной экзотермической порошковой проволоки (СЭПП) для наплавки штампового инструмента, одной из проблем является необходимость введения в состав наполнителя СЭПП достаточно большого количества легирующих элементов в виде порошков отдельных элементов или ферросплавов и экзотермической смеси, что затруднительно в связи с ограниченным объемом наполнителя. Введение необходимого количества легирующих элементов и экзотермической смеси может быть достигнуто за счет уменьшения количества газшлакообразующих материалов в сердечнике порошковой проволоки. Это может привести к ухудшению газшлаковой защиты металла шва, появлению дефектов типа пор и общему снижению показателей механических свойств.

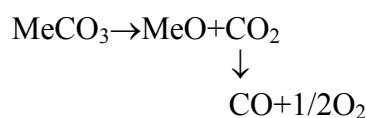
Поэтому оптимизация состава газшлакообразующей части сердечника порошковой проволоки, обеспечивающей надежную защиту от взаимодействия с воздухом, является важной задачей при разработке СЭПП.

Для сохранения защитных свойств СЭПП, снижения содержания газов в металле и обеспечения необходимой степени легирования ряд авторов [5, 9] использует в качестве газообразующих компонентов сердечника композиции карбонатов металлов. Для созданных композиций стремятся обеспечить равномерное выделение защитных газов в широком диапазоне температур от 400 °С до 1500 °С. Это гарантирует создание надежной защиты расплавленного металла от воздуха. При выборе состава композиции карбонатов необходимо учитывать объем выделяющегося из карбоната углекислого газа и температуру их диссоциации. Данные о таких исследованиях в литературе ограничены.

Целью данной работы является оптимизация состава композиции карбонатов металлов в качестве газообразующей части шихты СЭПП.

Варьирование содержанием композиции газообразующих материалов позволяет влиять на кинетику газообразования, равномерность и полноту разложения газообразующих компонентов шихты порошковой проволоки, как на ее вылете так и на стадии плавления.

Диссоциация карбонатов протекает по схеме:



При диссоциации карбонатов разных металлов выделяется разное количество углекислого газа. Количество газов, образующихся при диссоциации карбонатов, входящих в состав шихты СПП, может быть определено по методике Г. Л. Петрова [12]. Расчет количества  $\text{CO}_2$ , образующегося при диссоциации карбонатов рассмотрим на примере диссоциации  $\text{CaCO}_3$ .

Коэффициент заполнения разрабатываемой экзотермической СПП составляет  $K_3 = 0,36-0,38$ , доля карбоната  $\text{CaCO}_3$ , дающего при диссоциации  $\text{CO}_2$ , в шихте СПП составляет 4,8 %. Тогда на 1 г. расплавленной порошковой проволоки приходится 0,37 г. шихты, а в пересчете на количество  $\text{CaCO}_3$  в граммах:

$$m_{\text{CaCO}_3} = 0,37 \cdot 0,048 = 0,0178 \text{ г.}$$

Для определения массы выделяющегося  $\text{CO}_2$  необходимо знать молекулярную массу всех веществ химической реакции распада карбоната. Применительно к диссоциации  $\text{CaCO}_3$  молекулярные массы веществ составляют  $M_{\text{CaCO}_3} = 100$ ,  $M_{\text{CaO}} = 56$ ,  $M_{\text{CO}_2} = 44$ .

Расчет количество углекислого газа, приходящийся на 1 г. расплавленного электродного металла, дал следующий результат:

$$m_{\text{CO}_2} = m_{\text{CaCO}_3} \cdot \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CaCO}_3}};$$

$$m_{\text{CO}_2} = 0,0178 \cdot \frac{44}{100} = 0,0078 \text{ г.}$$

При определении объема  $\text{CO}_2$ , образующегося при плавлении 1 г. порошковой проволоки, необходимо учесть, что объем грамм-молекулы газа равен 22 400  $\text{см}^3$ . Тогда

$$V_{\text{газа}} = 22400 \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}};$$

$$V_{\text{CO}_2} = 22400 \frac{0,0078}{44} = 3,97 \text{ см}^3.$$

Вычисленная величина объема газа – условная, так как соответствует температуре 273 К, с повышением температуры объем газа увеличивается и определяется по формуле:

$$V_T = V_{273} [1 + \alpha(T - 273)]$$

где  $\alpha$  – коэффициент объемного расширения газа,  $\alpha = 0,003726 \text{ K}^{-1}$ ,  $T$  – температура газа, К.

Результаты расчета объема выделяющегося  $\text{CO}_2$  по приведенной методике для различных карбонатов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчёта объема выделяющегося  $\text{CO}_2$  для различных карбонатов

Карбонат	$T_{\text{дис.}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$m_{\text{CO}_2}, \text{ г}$	$V_{\text{CO}_2}^{273}, \text{ см}^3$	$V_{\text{CO}_2}^{1000}, \text{ см}^3$	$V_{\text{CO}_2}^{1500}, \text{ см}^3$	$V_{\text{CO}_2}^{2000}, \text{ см}^3$
$\text{CaCO}_3$	880–1200	0,0078	4,0	14,8	22,2	29,6
$\text{MgCO}_3$	350–650	0,0093	4,7	17,5	26,3	35,1
$\text{Li}_2\text{CO}_3$	730–1270	0,0106	5,4	20,0	30,0	40,0
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	>1000	0,0074	3,8	13,9	20,9	27,9
$\text{K}_2\text{CO}_3$	>1200	0,0057	2,9	-	16,0	21,4
$\text{BaCO}_3$	1000–1450	0,0040	2,0	7,5	11,2	15,0
$\text{FeCO}_3$	>490	0,0067	3,4	12,7	19,1	25,5

Зависимость объема выделяющегося  $\text{CO}_2$  от вида карбоната металла и температуры нагрева приведена на рис. 1.

Анализ результатов расчета, данных по температуре диссоциации карбонатов [13] и графических зависимостей показывает, что наибольшее количество выделяющегося  $\text{CO}_2$  обеспечивается при диссоциации карбоната лития при относительно низкой температуре начала диссоциации, в связи с чем  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  обеспечивает хорошую газовую защиту дугового промежутка. Карбонаты кальция и натрия содержат достаточно большое количество углекислого газа, однако вследствие относительно высокой температуры диссоциации в дуговом промежутке диссоциируют не полностью и продолжают диссоциировать в сварочной ванне, способствуя образованию пористости в наплавленном металле.

Карбонат магния проявляет высокие защитные свойства и характеризуется более низкой температурой диссоциации, повышая стойкость наплавленного металла против пор. Карбонаты калия и бария содержат меньшее количество  $\text{CO}_2$ , имеют высокую температуру диссоциации, что ухудшает защитные свойства и способствует образованию пористости. Сидерит незначительно улучшает защитные свойства наполнителей порошковых проволок и повышает производительность наплавки вследствие восстановления из него железа, однако при отсутствии в составе шихты СПП большого количества раскислителей происходит засорение металла шва оксидами железа.

На основе анализа приведенных данных в качестве газообразующей части сердечника разрабатываемой СЭПП для наплавки штампового инструмента взята композиция карбонатов  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в соотношении 1:2:1:1.

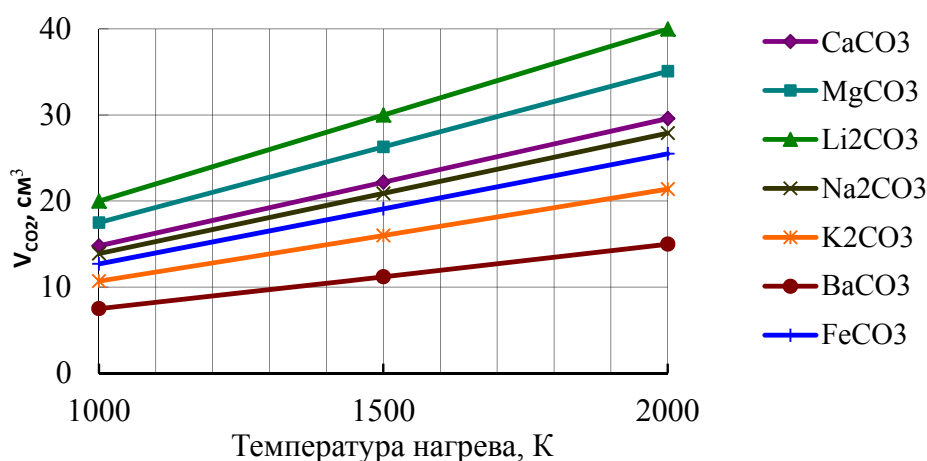


Рис. 1. Зависимость объема выделяющегося CO<sub>2</sub> от температуры нагрева

### ВЫВОДЫ

1. Определено количество углекислого газа, выделяющегося при диссоциации применяемых карбонатов металлов, используемых в качестве газообразующей части сердечника самозащитных порошковых проволок.

2. На основе полученных данных установлена оптимальная композиция карбонатов MgCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в соотношении 1:2:1:1, обеспечивающая высокие защитные свойства СЭПП в широком диапазоне температур.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Походня И. К. *Металлургия дуговой сварки* / И. К. Походня. – К. : Наукова думка, 2004. – 430 с.
2. Гринь А. Г. *Отделимость шлаковой корки при наплавке самозащитной порошковой проволокой* / А. Г. Гринь, В. М. Карпенко, І. В. Бойко – Вісник Донбаської державної машинобудівної академії: збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2006. – № 5. – С. 169–173.
3. *Влияние компонентов шлаковой системы порошковых проволок на технологичность процесса наплавки и механические свойства наплавленного металла* / В. М. Макиенко, Д. В. Строителей, Е. М. Баранов, И. О. Романов – *Сварочное производство*, 2006. – № 10. – С. 7–10.
4. Пат. № 75517 Україна, МПК В 23 К 35/30. *Склад порошкового дроту* / Гринь О. Г., Бойко І. О., Пресняко В. А. [и др.]. – Опубл. 10.12.2012; Бюл. № 23. – 4 с.
5. Пат. № 32990 Україна, МПК В 23 К 35/365. *Склад електродного покриття* / Калін М. А., Єфіменко М. Г., Ширяєва Л. В.. – Опубл. 10.06.2008; Бюл. № 11. – 5 с.
6. Пат. № 41190 Україна, МПК В 23 К 35/30. *Склад порошкового електрода* / Шевченко О. В., Донченко Є. І., Лисак В. К. – Опубл. 12.05.2009; Бюл. № 9. – 2 с.
7. Пат. № 71039 Україна, В 23 К 35/22, 35/36. *Склад порошкового дроту* / Походня І. К., Шлепаков В. М., Науменко С. М. – Опубл. 15.11.2004; Бюл. № 11. – 3 с.
8. Пат. № 61831 Україна, МПК В 23 К 35/00. *Електродне покриття для зварювання різномірних сталей* / Юценко К. А., Булат О. В., Каховські Ю. М. [и др.]. – Опубл. 25.07.2011; Бюл. № 14. – 5 с.
9. Пат. № 59395 Україна, В 23 К 35/365. *Склад електродного покриття* / Рюмін В. В., Солнцев Л. О., Рюмін Г. В., Іванченко В. М., Левицький Є. Л. – Опубл. 15.09.2003; Бюл. № 9. – 3 с.
10. Зареченский А. В. *Особенности плавления порошковых лент с термитными смесями* / А. В. Зареченский, Л. К. Лецинский, В. В. Чигарев – *Сварочное производство*, 1985. – № 8 – С. 39–41.
11. Жариков С. В. *Влияние экзотермической смеси, входящей в состав наполнителя самозащитной порошковой проволоки на повышение производительности наплавки* / С. В. Жариков, В. М. Карпенко – *Научный журнал: Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. – Луганськ, СНУ, 2002. – вип. 7 (53).
12. Петров Г. Л. *Сварочные материалы: учебное пособие для вузов* / Г. Л. Петров. – Л. : Машиностроение, 1972. – 280 с.
13. Лидин Р. А. *Химические свойства неорганических веществ* / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева. – М. : Химия, 1997. – 480 с.