



ШЛАМ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ

П. П. ЛАЗЕБНОВ, канд. техн. наук, Н. Н. ПУЛИНА, инж. (Запорож. нац. техн. ун-т, г. Запорожье)

Показаны преимущества шлама теплоэнергетики перед мрамором, традиционно применяемом в качестве газошлакообразующего компонента сварочных материалов. Установлено путем электрохимических исследований и гравиметрических коррозионных испытаний высокое качество хромоникелевого наплавленного металла и возможность использования шлама в производстве электродов.

Ключевые слова: шлам теплоэнергетики, наплавленный металл, металлографические и электрохимические исследования, петрографический анализ, неметаллические включения, сварочные шлаки, коррозия, механические свойства

Около века в мировой практике мрамор используется в сварочных материалах (электроды, флюсы, порошковые проволоки и др.) в качестве основного газошлакообразующего компонента. В шихте покрытий электродов различных типов его доля достигает 50...57 %. Во флюсы для сварки никеля, меди и их сплавов также вводят до 28 % CaCO_3 . Для нужд промышленности в Украину ежегодно импортируется десятки тысяч тонн данного минерала. В связи с этим весьма актуальным является изучение шламов теплоэнергетики с целью использования их в сварочных материалах.

В настоящей статье изложены результаты проведенных впервые исследований как доказательство правомочности использования шлама водоподготовительных установок (ВПУ) теплоэнергетики в качестве газошлакообразующего компонента в металлургии сварки.

В теплоэнергетике на ТЭС и АЭС для технологических целей применяют воду, глубоко очищенную методом химического обессоливания в ВПУ. Первоначальная обработка — предочистка исходной воды от взвешенных веществ, органических загрязнений, бикарбонатов и кремниевой кислоты — осуществляется коагулированием с последующим отстаиванием и фильтрованием на осветлительных фильтрах марок ВТИ-630И, ВТИ-1000И и др. При этом чрезвычайно остро остается проблема утилизации твердых отходов, в частности шламов ВПУ. В отвалы каждой ТЭС (система «Днепроэнерго») ежегодно сбрасывается до 6,5 тыс. т ценного вторичного сырья. Обустройство шламонакопителей связано с дополнительными затратами средств. В народном хозяйстве осваивается промышленное использование шлама для производства строительных материалов, очистки сточных вод электростанций, регенерации извести [1–3]. Однако большая часть данного продукта по-прежнему не находит применения.

Исследован шлам Приднестровской ГРЭС со следующей массовой долей компонентов, %: CaO

43...45; SiO_2 10,4...11,0; MgO 2,6...2,8; FeO 2,5...2,7; Al_2O_3 1,6...1,7; K_2O 0,66...0,73; Na_2O $\leq 0,12$; CaCO_3 — остальное. По сравнению с мрамором (ГОСТ 4416–73), используемым в сварочном производстве ($\text{CaCO}_3 \geq 97$ %; $\text{SiO}_2 \leq 0,7$ %; $\text{MgO} \leq 1,0$ %), преимущества шлама очевидны. Анализируемый шлам представляет собой многокомпонентную систему типа $\text{CaCO}_3\text{—CaO—SiO}_2\text{—MgO—FeO—Al}_2\text{O}_3$, состоящую из основных (CaO , MgO , FeO), кислотных (SiO_2) и амфотерных (Al_2O_3) оксидов, позитивно влияющих на термодинамику и металлургию сварки. Наличие оксидов щелочных элементов (калия, натрия) способствует стабильному горению сварочной дуги, увеличению коэффициентов расплавления и наплавки присадочных материалов, а также благоприятствует десульфурации и рафинированию сварных швов [4–6].

Петрографическое изучение мрамора и шлама позволило получить следующие сведения. Измельченный мрамор, предназначенный для сварочных электродов, представляет собой порошок сероватого цвета, содержащий пылевидные частицы размером ≤ 1 мкм и более крупные (10...95 мкм) преимущественно осколочной формы. Большинство частиц имеет показатели преломления $n_g = 1,658$; $n_p = 1,486$, отвечающие составу чистого кальцита (CaCO_3). У некоторых из них зернистая или полосчатая микроструктура, характерная для мрамора. Таким образом, измельченная порода состоит из различных по размеру и форме частиц кальцита и мрамора.

Уже в исходном состоянии шлам представляет собой порошкообразный компонент с бурой окраской и размером частиц ≤ 60 мкм с постоянным минералогическим составом. Основой его является доломит $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}\cdot\text{CO}_2$; примеси представлены гидроксидом железа $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ буровато-красного цвета в результате чего шлам приобретает аналогичную окраску, силикатами натрия $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ и калия $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$, а также сложными (нестехиометрическими) силикатами и кальцитом CaCO_3 . Шлам является в первом приближении аналогом мрамора, но отличается от него стабильным гранулометрическим, минералогическим и химическим составами.



Таблица 1. Химический состав наплавленного металла

№ серии образца	Массовое соотношение мрамора и шлама в электродном покрытии, %	Массовая доля элементов, %								
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	S	P	[O ₂]
1	54:0	0,09	0,69	1,20	18,20	9,60	0,54	0,025	0,029	0,035
2	40:14	0,09	0,72	1,26	18,30	9,58	0,52	0,018	0,028	0,033
3	30:24	0,08	0,67	1,25	18,33	9,62	0,47	0,017	0,026	0,032
4	20:34	0,10	0,70	1,30	18,30	9,60	0,49	0,016	0,026	0,030
5	10:44	0,09	0,75	1,29	18,60	9,55	0,53	0,015	0,019	0,028
6	0:54	0,08	0,76	1,35	18,58	9,62	0,52	0,016	0,020	0,024

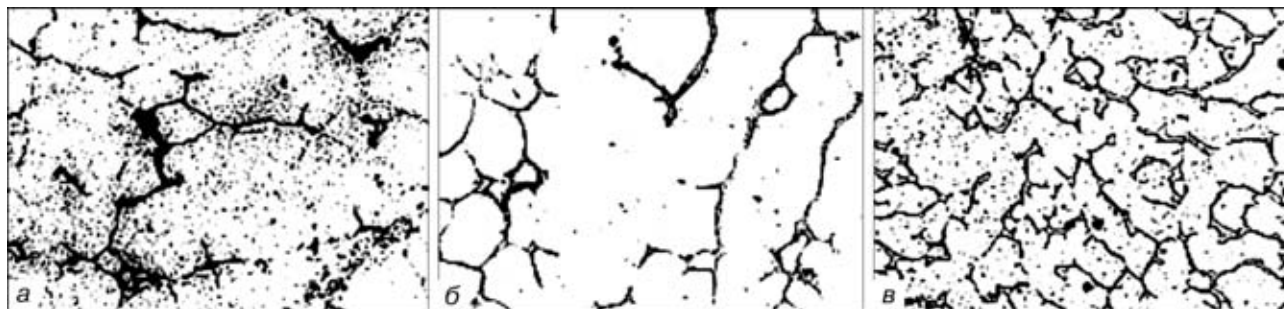


Рис. 1. Микроструктура металла типа 08X18H10B, наплавленного электродами с различным соотношением мрамора и шлама в покрытиях, X500: а – 54:0; б – 20:34; в – 0:54

Экспериментальный раздел работы включал изготовление электродов фтористо-кальциевого типа, которыми и выполняли сварку пластин 600×100×10 мм из стали 12X18H10T и многослойную наплавку в кристаллизатор. При этом содержание мрамора и шлама в шихте покрытий варьировали в соотношениях 54:0; 40:14; 30:24; 20:34; 10:44; 0:54. Сварочно-технологические свойства экспериментальных электродов такие же, как и у стандартных. Из полученных сварных соединений и наплавленного металла изготавливали образцы для металлографических, металлофизических и электрохимических исследований, коррозионных и механических испытаний.

Металлографические исследования шлифов показали высокое качество сварных швов, благоприятную ориентацию кристаллитов и отсутствие дефектов (поры, трещины и т. д.). У образцов всех серий (табл. 1) наплавленный металл практически одинаков по химическому составу. Однако следует отметить, что по сравнению с образцами серии № 1 в наплавленном металле типа 08X19H10B серии № 6 коэффициенты десульфурации и рафинирования для серы, фосфора и кислорода составляют соответственно 36 и по 31,4 % (относительно образцов серии № 1, наплавленных стандартными электродами). Одновременно несколько увеличился переход в сварочную ванну кремния, марганца и хрома. Эти показатели свидетельствуют о рафинирующем эффекте шлама, поскольку концентрация вредных примесей снизилась на треть по сравнению с таковой у эталона.

У образцов серии № 1 (табл. 1) металл имеет характерную аустенитно-ферритную структуру (рис. 1, а). При варьировании соотношения мрамор – шлам в покрытиях (рис. 1, б) и при полном замещении CaCO₃ существенных изменений в структуре не отмечено, хотя в металле швов из

серии № 6 снизились размеры кристаллитов и количество δ-феррита (рис.1, в). Напротив, при изучении природы неметаллических включений (НВ) выявлены отличия в морфологии, фазовом составе и степени загрязненности сварных швов из серий № 1, 6. В металле образцов, наплавленных электродами с 54 % CaCO₃ в покрытии, включения характеризуются преимущественно угловатой, ре-

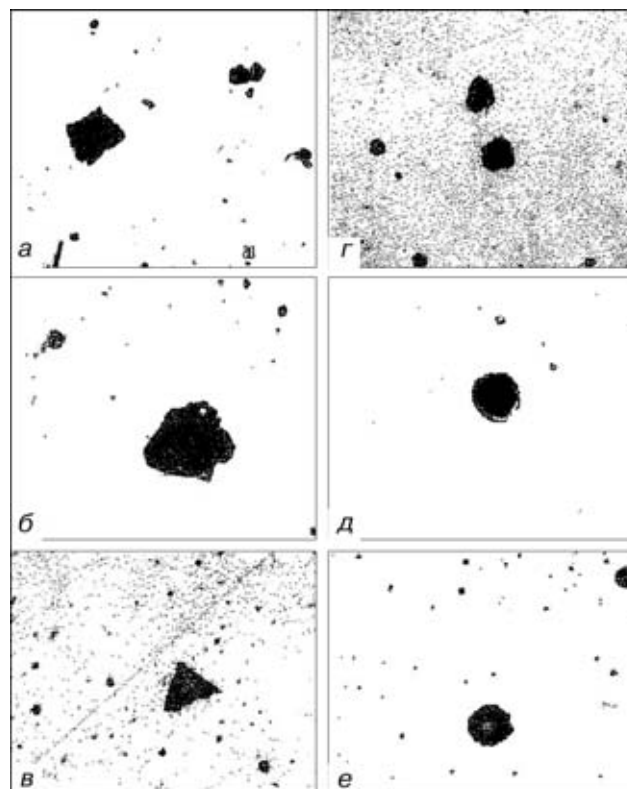


Рис. 2. Микроструктура неметаллических включений в наплавленном металле типа 08X19H10B, X1000: а-в – 54 % CaCO₃; г-е – 54 % шлама в покрытии электродов



Таблица 2. Содержание неметаллических включений в металле швов

№ серии образца	Содержание неметаллических включений (индекс <i>J</i>)	Средний размер оксидных включений*, мкм	Количество включений в единице объема $n \cdot 10^6$, мм ⁻³
1	0,0219	1,496 / 10,7	4,178
2	0,0189	1,671 / 11,0	3,588
3	0,0174	1,488 / 11,0	3,799
4	0,0179	1,433 / 6,5	3,799
5	0,0180	1,579 / 7,0	2,488
6	0,0172	1,475 / 4,0	3,515

* В числителе приведен средний, в знаменателе — максимальный размер включений, встречающихся при подсчете.

же — остроугольной формой (рис. 2, *a–в*). Размер НВ составляет 3...5, отдельных — 10...13 мкм. Первые, как правило, однофазные, аморфные отличаются переменными показателями преломления, указывающими на непостоянство химического состава. Более крупные образования имеют зернистую структуру, присущую мрамору. Их оптические свойства, как и у мелких, не всегда отвечают стехиометрическому составу CaCO_3 . На поверхности крупных НВ наблюдаются поры — следы выхода газообразной фазы (CO_2) — либо новообразования — фазы, возникшие в результате вза-

имодействия частиц мрамора с легирующими элементами швов (рис. 2, *б*).

Микрорентгеноспектральным анализом установлено наличие в составе включений кальция и кремния, а в некоторых — хрома, марганца, что указывает на взаимодействие мрамора с металлом. Этот фактор отмечен и при изучении на электронном микроскопе УЭМВ-100К локально выделенных частиц, экстрагированных на углеродную реплику. Установлено, что мелкие частицы CaCO_3 претерпевают полное, а более крупные — частичное превращение, образуя при этом соответственно пленочную и округлую (глобулярную) формы. Пленочные новообразования рассредоточены по границам зерен металла, они аморфные (стекловидные) и не соответствуют стехиометрическому составу. Данные избыточные фазы ухудшают качество металла и способствуют развитию коррозии.

Довольно часто в составе пленочных и глобулярных НВ встречаются сульфиды, которые иногда выделяются на поверхности частиц мрамора с образованием оксисульфидов. Таким образом, наплавленный металл электрода-эталона в значительной степени загрязнен мелкими и дисперсными включениями, имеющими неблагоприятную пленочную и остроугольную формы. Минералогические фазы в сварных швах электродов с массовой долей шлама 54 % в покрытии (рис. 2, *г–е*) имеют преимущественно округлую форму и заметно меньшие размеры (1,0...1,5, отдельные — 3...5 мкм). По мере замещения мрамора шламом наблюдается уменьшение общего количества НВ. Кроме того, заметно снижается содержание пленочных включений, а в металле образцов серий № 4, 5 они не обнаружены. Не установлено какого-либо взаимодействия частиц шлама с металлом, что подтверждают данные микрорентгеноспектрального анализа; практически отсутствуют сульфиды. Следует подчеркнуть, что в результате интенсивного взаимодействия частиц шлама и мрамора образуются новые силикаты $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и алюмосиликаты $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$, а также фазы нестехиометрического состава изометрической, а не пленочной формы, как в случае с мрамором. В металле образцов серии № 5 к натриевым силикатам и алюмосиликатам добавляются тугоплавкие магнийсодержащие силикаты $\text{CaO} \cdot \text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ и $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, которые в данном случае преобладают [7]. Количественный анализ включений по ГОСТ 1778–70 (табл. 2) показал, что индекс загрязненности металла образцов серии № 6 снизился на 22 % по сравнению с таковым для образцов серии № 1. Одновременно уменьшились размер и количество неметаллических фаз (до 16 %), что благоприятствует улучшению физико-химических показателей сварных швов [7, 8].

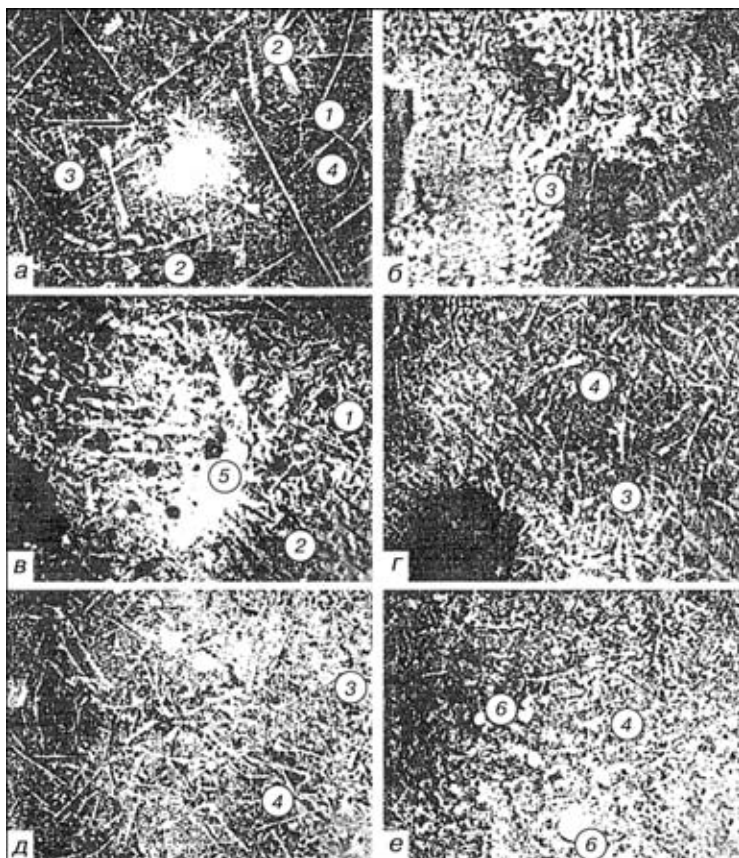


Рис. 3. Микроструктура сварочного шлама электродов фтористо-кальциевого типа, $\times 210$: *a* — середина шлаковой корки; *б* — граница раздела шлак–металл; *в–д* — сложные оксифториды; *е* — корольки металла на границе металл–шлак; *1* — мелкие темные зерна CaF_2 ; *2* — серые призмы оксифторидов; между *1* и *2* — эвтектическая смесь; *3* — белые иголки и X-образные соединения $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ с призмами $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ на концах; *4* — эвтектика CaF_2 – $p[2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2] \cdot \text{CaF}_2$; *5* — Al; *6* — корольки металла (Fe, Cr)

Петрографические методы позволяют определить состав, микроструктуру, образование фаз, установить механизмы их превращений на границе раздела шлак – металл. Сварочный шлак электрода-эталоны (54 % CaCO₃ в покрытии) представляет собой корочку серого цвета. Прилегающая к шву поверхность эмалированная, гладкая, местами пористая, а наружная – шероховатая, черного цвета. Высокая скорость кристаллизации при сварке обуславливает получение мелкокристаллического шлака с химической и структурной неоднородностью. Он обладает комплексным составом, не имеет реликтов CaF₂ и CaCO₃, насыщен металлической фазой и минеральными новообразованиями, что обусловлено физико-химическими процессами обмена, комплексообразованием и т. д. Фазовый состав и микроструктура шлака (рис. 3) представляют собой преимущественно двойную эвтектику из дисперсного CaF₂ и длиннопризматических кристаллитов оксифторидного соединения. Его кристаллы бесцветны, анизотропны, имеют показатели преломления $n_g = 1,60$ и $n_p = 1,59$ – предположительно, это соединение типа $p[2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2]CaF_2$. Практически весь мрамор покрытия входит в состав оксифторидной фазы в виде CaO, и лишь незначительная часть оксида находится в алюминате кальция. Флюорит присутствует в свободном состоянии и соединениях. В связи с градиентом температур кристаллизации шлака в одних зонах это крупные зерна, дендриты, в других – дисперсная смесь с оксифторидом кальция и корольками металла. Гетерогенность структуры подчеркивает наличие и характер распределения игольчатых и X-образных кристаллов CaO·6Al₂O₃ (рис. 3, а, б, з, д). Имеют место и соединения кубической формы 5CaO·3Al₂O₃, которые образуют сростки с CaO·6Al₂O₃ (рис. 3, а, з) и самостоятельные скопления октаэдрических кристаллов (рис. 3, б). По всему объему шлака рассеяны дисперсные корольки металла (рис. 3, е), содержащие следы железа, хрома и никеля.

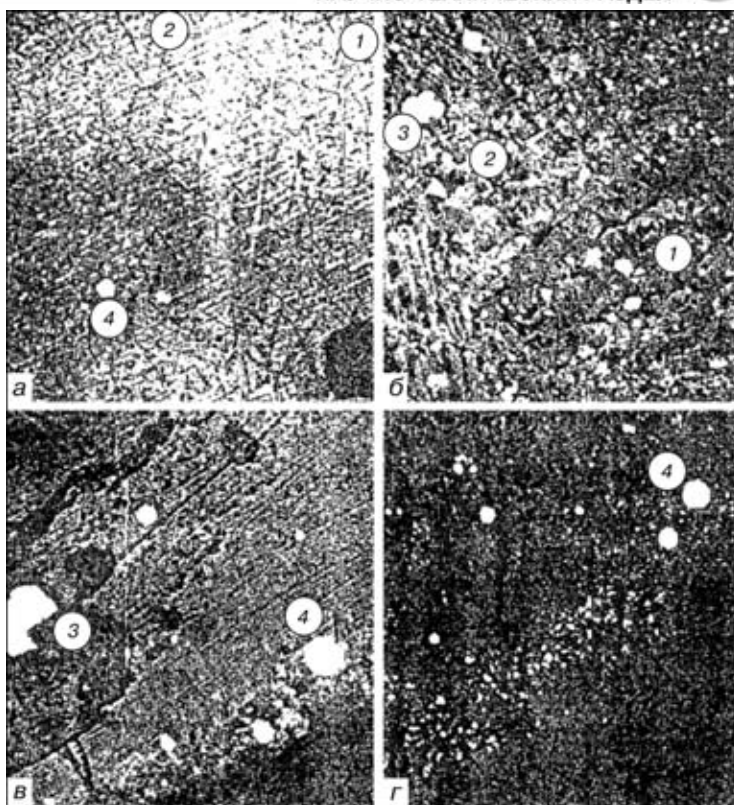


Рис. 4. Микроструктура сварочного шлака электродов со шлаком (а, в – 44 %; б, з – 54 % шлама), X210: 1 – основное серое поле – двойная эвтектика оксифторида кальция с CaF₂; 2 – более темные вкрапления и X-образные дендриты – CaF₂; 3 – более светлые (белые) образования прямоугольной формы – шпинель; 4 – круглые – корольки металла; в, з – зона раздела металл – шлак; правый нижний угол – сварной шов

На основании полученных результатов и предшествующих исследований оксифторидных сплавов систем CaF₂-Al₂O₃, CaF₂-Al, CaF₂-SiO₂ [9, 10] механизм химических и фазовых превращений в шлаке можно представить следующим образом:

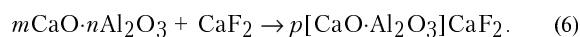
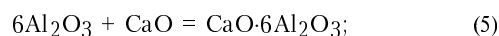
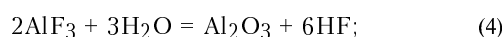
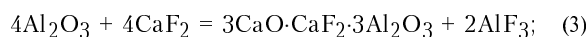
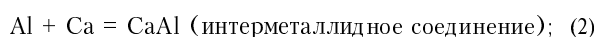
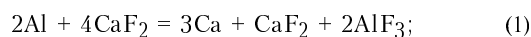


Таблица 3. Коррозионно-электрохимические характеристики наплавленного металла и сварных соединений

№ серии образца	Потенциалы коррозии (30 % NaOH, 140 °С)			Стойкость против МКК		Потери при испытании в растворе, г/(м ² ·ч)		
	E _{корр} , В	E _{ПО} , мВ	E _{РП} , мВ	E _{корр} ^{ст} , В	Метод АМ (ГОСТ 6032-89)	65 % HNO ₃ (t _{кпн})	40 % NaOH (150 °С)	5 % HCl (t _{кпн})
1	-1,03	-26	+294	-0,23	Стойкие	0,4507	0,9192	43,09
2	-0,93	-46	+214	-0,22	Нестойкие	0,4912	0,9884	44,13
3	-0,96	-223	+247	-0,24	»	0,5008	0,9750	46,28
4	-0,80	-174	+36	-0,27	»	0,5425	1,1597	46,60
5	-0,80	-10	+160	-0,34	Стойкие	0,4229	0,8759	45,37
6	-0,92	-64	+284	-0,36	»	0,4275	0,9037	42,85

Примечания. 1. Количество образцов в каждой серии равно 5 шт. 2. Величины E_{корр}, E_{ПО}, E_{РП}, E_{корр}^{ст} – соответственно потенциалы коррозии установившейся, образования и репассивации питтингов, зарождения МКК. 3. Длительность испытаний составила 144 ч (циклами по 24 ч) в 40 % NaOH и 65 % HNO₃; 48 ч (циклами по 24 ч) в 5 % HCl; 48 ч (циклами по 8 ч) по методу АМ.

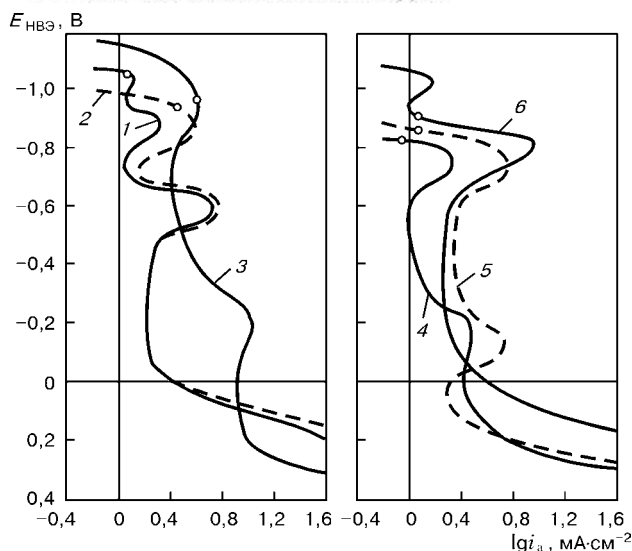
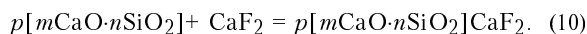
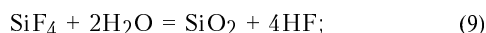
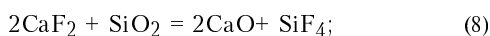


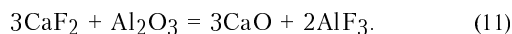
Рис. 5. Анодные потенциодинамические поляризационные кривые наплавленного металла (30 % NaOH, 140 °С, $dE/dt = 1 \text{ мВ}\cdot\text{с}^{-1}$); номера кривых соответствуют номеру серии образцов (см. табл. 1)

Реакция по уравнению (5) протекает до полного связывания оксидов алюминия и кальция в устойчивые соединения $\text{CaO}\cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ и $5\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$. Поведение кремния аналогично алюминию — в этом случае имеет место окисление до субоксидов и образование тетрафторидов:



Тройные оксифторидные соединения взаимодействуют между собой с образованием четверного комплекса $p[\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{SiO}_2]\text{CaF}_2$. Данные, полученные на микрорентгеноспектральной установке MS-46, подтверждают наличие в последнем кальция, алюминия и кремния (коэффициенты при оксидах не определены).

Изучение серии образцов шлаков, образующихся при использовании электродов со шламосодержащими покрытиями, показало, что в процессе сварки шлам усвоился полностью (реликты не наблюдаются). Фазовый состав и характер микроструктуры шлака в основном такие же, как у исходного шлака, полученного после сварки электродом-эталоном (рис. 4). Обращает внимание тот факт, что в случаях применения вторичного сырья с высоким содержанием оксида алюминия во всех вариантах (от 14 до 54 % шлама) в составе шлаков отсутствует гексаалюминат кальция. По всей вероятности, оксид алюминия интенсивнее, чем непосредственно алюминий, взаимодействует с фторидом кальция, образуя газообразное соединение:



Различные примеси в шламе и оксиды магния, алюминия, марганца и железа образуют в нем шпинели сложного состава $(\text{Mg}, \text{Al}, \dots)\text{O}\cdot(\text{Al}, \text{Mn}, \text{FeO})_2\text{O}_3$, количество и размер которых возрастают

по мере увеличения добавок исследуемого компонента (рис. 4, а, б). При использовании покрытий электродов с массовой долей шлама 14, 24 и 34 % образуются шлаки, сходные по составу и микроструктуре. В этих случаях корольки металла (5 мкм) рассредоточены по объему шлаковой корочки. Дальнейшее увеличение добавок шлама до 44 и 54 % вызывает неполное усвоение металлических составляющих электродных покрытий; дисперсные (3...5 мкм) и отдельные крупные (≤ 80 мкм) корольки располагаются у зоны раздела шлак – металл (рис. 4, в, з).

С целью определения физико-химических свойств, сопоставления роли мрамора и шлама проведен комплекс испытаний наплавленного металла. Результаты электрохимических исследований и оценки физико-механических свойств представлены на рис. 5 и в табл. 3. Анодные потенциодинамические кривые 1 и 2 металлов, наплавленных эталонным электродом и с добавкой 14 % шлама в покрытие, практически идентичны. Они отражают анодный процесс растворения сталей типа 18–10 в растворах гидроксида натрия и указывают на образование пассивных оксидных пленок на основе железа и легирующих элементов. По мере роста количества шлама (30; 40 %) вид анодных кривых существенно изменяется (образцы серий № 3...5). При этом расширяется область пассивации, исчезают двойные пики активного растворения. На образцах при потенциалах $-(0,15\dots 0,20)$ В возрастает плотность анодного тока, что обусловлено проявлением склонности металла к МКК. Вид кривой для образцов серии № 6 (54 % шлама в покрытие электрода) такой же, как у образцов серии № 1. Отмечен рост плотности тока в области потенциала Фляде и пассивного состояния по сравнению с наплавленным металлом образцов серии № 1. Общим для исследованных сталей является их коррозионное разрушение в области потенциалов активного растворения $-(0,80\dots 1,03)$ В. Данные гравиметрических коррозионных испытаний коррелируют с результатами электрохимических исследований (табл. 3). Коррозионно-электрохимические свойства образцов серий № 1, 6, наплавленных электродами с мрамором и шламом, обусловлены повышением качества металла, отсутствием пленочных включений, морфологией, характером распределения избыточных фаз и улучшением термодинамической стабильности границ зерен.

Образцы всех серий испытывали на склонность к МКК потенциостатическим методом в растворе 10 % $\text{H}_2\text{SO}_4 + 0,025$ г/л KCNS. Установлено, что межкристаллитная коррозия наплавленных металлов вероятна при потенциале около $-0,75$ В, а стали имеют характерную обширную область пассивного состояния $-0,6\dots 0,2$ В, где браковочных петель анодного тока не обнаружено. Наряду с этим при определении стойкости против МКК по методу АМ (ГОСТ 6032–89) также получены аналогичные данные: все образцы, за исключением серий № 2...4, имеют удовлетворительную стойкость.

Результаты механических испытаний иллюстрируют, что при частичном либо полном замещении



Таблица 4. Физико-химические свойства наплавленного металла

№ серии образ-ца	Массовое соотношение мрамора и шлама в электродном покрытии, %	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	$KCU, 2$ кДж/м ²
1	54:0	542/610	342	26	980/970
2	40:14	540/613	338	27	1050/990
3	30:24	543/610	348	26	1080/995
4	20:34	545/609	345	26	980/980
5	10:44	549/615	342	26	985/976
6	0:54	552/615	343	27	985/990

Примечание. В числителе приведены результаты испытаний наплавленного металла, в знаменателе — металла на линии сплавления.

мрамора в электродных покрытиях показатели прочности металла швов находятся на одном уровне, а пластические свойства несколько возрастают (табл. 4). Выполненные исследования и результаты экспериментов позволяют сделать заключение о конкурентоспособности шлама теплоэнергетики мрамору, являющемуся традиционным газослакообразующим ингредиентом сварочных материалов.

The paper demonstrates the advantages of thermal power plant slime over marble, which is traditionally applied as a gas-slag forming component of welding consumables. Electrochemical investigations and gravimetric corrosion testing demonstrated the high quality of deposited chromium-nickel metal and the possibility of applying slime in electrode manufacture.

1. Солодяников В. В., Кострикин Ю. М., Тарасов А. Г. Промышленное использование минеральных осадков стоков химводоочисток // Энергетик. — 1986. — № 6. — С. 7–8.
2. Кострикин Ю. М., Дик Э. П., Корбут К. И. Возможности использования шлама после известкования // Там же. — 1977. — № 1. — С. 20–22.
3. Сморядов Б. А., Горев Н. Ф., Потехин В. Ю. Использование шлама осветлителей ХВО для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Электрич. станции. — 1982. — № 8. — С. 25–27.
4. Лесков Н. И. Электрическая сварочная дуга. — М.: Машиностроение, 1970. — 335 с.
5. Лазебнов П. П., Александров А. Г., Еришов А. В. Влияние цезия на металлургические процессы при дуговой сварке хромоникелевых сталей // Автомат. сварка. — 1988. — № 1. — С. 32–35.
6. Лазебнов П. П. Улучшение физико-химических свойств хромоникелевого наплавленного металла модифицированием // Там же. — 1998. — № 10. — С. 24–28.
7. Лазебнов П. П., Пирожкова В. П., Бялик Г. А. Возможность применения шлама в электродах для сварки хромоникелевых сталей // Там же. — 1993. — № 4. — С. 45–49.
8. Лазебнов П. П., Смирнов В. Д., Школьников Е. В. Коррозионно-электрохимические свойства хромоникелевого металла, наплавленного электродами, содержащими шлам и мрамор // Свароч. пр-во. — 1992. — № 8. — С. 31–33.
9. Литвинова Т. И., Пирожкова В. П., Петров А. К. Петрография неметаллических включений. — М.: Металлургия, 1972. — 183 с.
10. Подгаецкий В. В., Кузьменко В. Г. Сварочные шлаки. — Киев: Наук. думка, 1988. — 255 с.

Поступила в редакцию 22.08.2001

Приглашаем принять участие во Всероссийской с международным участием конференции

**«Сварка на рубеже веков»,
посвященной 100-летию со дня рождения Г. А. Николаева
20–21 января 2003 г., Москва**

Организаторы конференции:

*Министерство образования РФ, Министерство промышленности, науки технологий РФ,
Российская академия наук, МГТУ им. Н. Э. Баумана, ИЭС им. Е. О. Патона*

Тематика конференции:

- сварные конструкции
- оборудование и технология сварки
- диагностика и контроль качества сварных изделий
- подготовка и аттестация персонала

Оргкомитет конференции:

*президент — Б. Е. Патон, академик, президент НАН Украины;
председатель — И. Б. Федоров, ректор МГТУ им. Н. Э. Баумана;
ответственный секретарь — А. В. Коновалов*

Адрес: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, МГТУ им. Н. Э. Баумана.
Тел./факс: (095) 261 4257, тел.: (095) 263 6802, (095) 263 6742
E-mail: avk@bmstu.ru