

начала плавления базальтов составляет  $1160 \pm 5$  °С.

Важно, чтобы наполнитель не содержал посторонних включений, а также был достаточно измельченным, поэтому все порошки наполнителей просеивались через сито № 0063.

К взвешенным компонентам добавлялась вода до консистенции, удобной для нанесения. Покрытия наносились на предварительно разогретые до 70–75 °С образцы стали марки Ст 45. Кроме того, также были опробованы покрытия на чугуне и сталях марок Ст 3, Х18Н10Т и М2Т. Нанесение велось с помощью кисти, толщина слоя покрытия составляла 0,3–1 мм. Затем покрытия сушились в течение 15–20 минут на разогретом металле или в течение 1ч при комнатной температуре

В результате проведенных экспериментов установлено, что из изученных наполнителей покрытия с использованием гранитоидных отсеков и базальта обладают достаточным сцеплением с поверхностью стальной заготовки, отсутствием склонности к вспучиванию, поэтому они рекомендованы для использования в качестве наполнителя литейных покрытий кокилей для получения алюминиевых отливок необходимого качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Скамьянова, Т.Ю. Физико-химические основы литейных процессов / Т.Ю. Скамьянова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 97 с.
2. Валисовский, И.В. Пригар на отливах: монография. – М.: Машиностроение, 1983. – 192 с.
3. Судакас, Л.Г. Фосфатные вяжущие системы. Санкт-Петербург. – 2008. – С. 45, 105-114.

УДК 66.087

А.Ф. Минаковский, В.И. Шатило, Н.С. Дашко,  
А.А. Черник, П.Б. Кубрак, Е.В. Копач  
Белорусский государственный технологический университет

#### **КОРРОЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ЖИДКИХ NS И NKS УДОБРЕНИЙ**

Важным средством интенсификации сельскохозяйственного производства является использование минеральных удобрений. При этом у аграриев всё большим спросом пользуются жидкие минеральные удобрения, которые обладают рядом преимуществ. В производст-

ве жидких форм удобрений не предусматриваются энергоемкие стадии упарки, кристаллизации, грануляции, сушки и кондиционирования, что значительно удешевляет их производство. Жидкие удобрения не пылят, не слеживаются, легко смешиваются и не расслаиваются, отличаются свободной текучестью, по своей агрохимической эффективности равноценны твердым удобрениям, обеспечивают возможность полной механизации всех процессов внесения при обработке почвы.

В наибольших объемах производятся жидкие азотные удобрения. Основными компонентами, которых, в том числе и карбамид-аммиачной смеси (КАС), являются мочевины и нитрат аммония.

Популярность КАС обусловлена возможностью комбинирования (смешивания) с другими удобрениями, средствами защиты растений и микроэлементами.

В последнее время стало уделяться большое внимание обеспеченности сельскохозяйственных культур серой. Применение серосодержащих удобрений становится актуальным в результате роста урожайности культур, изменения структуры севооборотов, сокращения объемов внесения органических удобрений, а также снижения использования пестицидов, содержащих серу.

В настоящее время в мире выпускаются жидкие NS и NK удобрения различных марок и составов. Жидкое NS удобрение марки 24:6 получают на основе системы  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-NH}_4\text{NO}_3\text{-H}_2\text{O}$ [1], удобрение марки 15:8 – на основе системы  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ [2], а марку 15:6 – на основе системы  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-NH}_4\text{NO}_3\text{-NH}_4\text{OH-KCl-K}_2\text{CO}_3\text{-H}_2\text{O}$ [3].

В связи с этим исследования по разработке новых композиций жидких комплексных удобрений (ЖКУ) на основе мочевины, нитрата и сульфата аммония, сульфата калия, с целью создания удобрений, содержащих в своем составе помимо азота – калий и серу, являются актуальными. На основе проведенных авторами исследований по изучению растворимости при 0°C в системах  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-NH}_4\text{NO}_3\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-NH}_4\text{NO}_3\text{-K}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$  были определены оптимальные марки жидких комплексных NS и NKS удобрений: 22:7(S), 16:0:6:12(S), 21:0:3:1(S). Указанным маркам соответствуют составы растворов (масс. %):  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – 32,6,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 3,2,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 27,8,  $\text{H}_2\text{O}$  – 36,4;  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – 15,4,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 43,4,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  – 10,7,  $\text{H}_2\text{O}$  – 30,5;  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – 38,7,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 7,9,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  – 5,7,  $\text{H}_2\text{O}$  – 47,7.

Для готовых форм ЖКУ основными требованиями, наряду с высоким содержанием питательных компонентов, являются низкая тем-

пература кристаллизации, и низкая коррозионная активность по отношению к углеродистой стали, из которой изготовлены большинство емкостей и трубопроводов для их транспортировки.

Поскольку новые композиции удобрений отличаются по химическому составу от удобрений типа КАС, необходимо исследовать их коррозионную активность.

Исследование коррозионной активности ЖКУ проводили на образцах из стали марки Ст3 весовым методом.

Весовой показатель коррозии  $K_m$  (г/м<sup>2</sup>·ч) рассчитывали по формуле:

$$K_m = \Delta m / (S \cdot \tau), \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – изменение массы корродирующего металла, г;  $S$  – площадь поверхности коррозии, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – время испытаний, ч.

Глубинный показатель  $\Pi$  (мм/год), характеризующий глубину проникновения коррозионного разрушения в течение определенного времени, рассчитывали по формуле:

$$\Pi = K_m \cdot 8,76 / \rho, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность корродирующего металла, г/см<sup>3</sup>; 8,76 – коэффициент, учитывающий перевод единиц измерения.

При проведении коррозионных исследований весовым методом установлено, что весовой показатель коррозии для стальных образцов в растворе NS удобрений снижается со временем испытания с 4,52 г/м<sup>2</sup>·ч после 3 часов выдержки до 1,02 г/м<sup>2</sup>·ч после 168 ч выдержки. При более длительных испытаниях весовой показатель коррозии практически не изменяется, что связано с образованием защитной пленки на поверхности образцов, состоящей из продуктов коррозии. На поверхности образцов наблюдалось образование рыхлой пленки из продуктов коррозии стали, которая не обладала достаточной сплошностью и плотностью для механической защиты от воздействия коррозионной среды. Глубинный показатель при этом составил 5,01 мм/год для 3 часов испытаний и 1,13 мм/год для 168 часов. Коррозионная стойкость Ст3 при этом соответствует 9 баллу стойкости, что свидетельствует о высокой коррозионной активности NS удобрений.

Определено, что коррозионная активность NKS удобрений значительно ниже по сравнению с NS удобрениями. Скорость коррозии стали Ст3 в значительной степени зависит от времени выдержки образцов в среде NKS удобрений. Весовой показатель коррозии снижается более чем в 20 раз при длительном испытании образцов и составляет 5,33 г/м<sup>2</sup>·ч при трехчасовом испытании и 0,231 г/м<sup>2</sup>·ч при выдержке 168 часов. Это свидетельствует об образовании на поверхности стали плотной защитной пленки из продуктов коррозии, препятствующей

подводу агрессивной среды к металлу. При длительной выдержке стальных образцов в среде NKS удобрений стойкость стали Ст3 соответствует 6 баллу стойкости.

Таким образом, NS и NK Судобрения являются средами с высокой коррозионной активностью. При этом в среде NKS может происходить образование плотной пленки из продуктов коррозии повышающей коррозионную стойкость стали. Тем не менее, для более эффективной защиты стальных изделий от коррозии в таких средах необходимо проведение дополнительных мероприятий, например, таких как ингибиторная защита.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жидкое азотное удобрение и способ его получения: пат. 3173 Респ. Беларусь, МПК С 05 С 9/00, С 05 С 13/00 / И.П. Короткий, А.А. Лакомкин, А.А. Конон, В.В. Агеев, И.И. Котович; заявитель Гродненское производственное объединение «Азот» им. С.О. Прищипко. – № 950144; заявл. 20.03.95; опубл. 30.12.99 // Гос. Патентный комитет Респ. Беларусь. – 5 с.

2. Method for producing a fertilizer containing ammonium sulfate and urea: пат. 01/51429 WO, МПК С 05 С 1/00, С 05 С 13/00, С 05 С 3/00 / В. Horst, К. Wolfgang, L. Heinz, W. Hans-Joachim, W. Hans-Dieter; заявитель Piesteritz Stickstoff. – № 10001082.2; заявл. 13.01.2000; опубл. 12.01.2001 / Deutsches patent- und markenamnt. – 27 с.

3. Жидкое азотно-калийное удобрение: пат. 2203869 РФ, МПК С 05 С 13/00, С 05 D 1/00 / А.И. Серебряков, В.Ф. Духанин; заявитель А.И. Серебряков, В.Ф. Духанин. – № 2001129101/12; заявл. 29.10.2001; опубл. 10.05.2003 // Российское агентство по патентам и товарным знакам. – 2003. – 5 с.