

УДК 621.7

Биковський О.Г.,¹ Лаптева Г.М.,² Кидун Р.А.³

¹ д-р, техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ інженер-конструктор ДКБ «УВТ» АТ «Мотор Січ»

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГРАФІТОВИХ ЕЛЕКТРОДІВ

У сучасних дугових сталеплавильних печах (ДСП), а також в руднотермічних печах (РТП) для виготовлення електрокорунду використовують графітові електроди різних марок в залежності від матеріалу сировини. Основною їх перевагою є менший питомий опір, що дозволяє застосовувати електроди меншого діаметра в порівнянні з вугільними та самоспеченими, це полегшує конструкцію стійок, кареток електродотримачів і зменшує електричні втрати в електродах. При цьому використовують як суцільні, так і трубчасті електроди, які працюють в зоні від струмопідводу до колосника в інтервалі температур від 500 °С до 2000 °С, та від 2000 °С до 4000 °С в просторі печі [1]. В процесі експлуатації можливі механічні (обвал шихти) та термічні (перевищення струмових навантажень) руйнування. Більш суттєвим є бічне зношування, обумовлене окисленням поверхні електроду при високій температурі, яке становить 55-75 % для звичайних ДСП та 40 % для надпотужних [2]. Це пов'язано не тільки з окисленням вуглецю, а й з втратою зв'язуючого компонента, внаслідок чого радіус пор і їх кількість (пористість електроду обумовлена специфікою отримання виробу) при нагріванні збільшується, що призводить до втрати маси з бічної поверхні, тому що в першу чергу до окислення більш схильний кам'яновугільний пек, як зв'язуючий компонент [3]. Тому для запобігання окислювальних процесів треба наносити на бічну поверхню захисне покриття, яке перешкоджатиме взаємодії кисню з графітом шляхом закупорювання пор і проникненню кисню в глиб електроду. Оптимальним способом нанесення захисним дротом марки АК-5 [4]. Використання алюмінію у захисному покритті обумовлено утворенням оксидів, які мають високу температуру плавлення 2050 °С і температуру дисоціації 3500 °С. Останній показник наближений до температури випаровування графіту 3400 °С. Важливою властивістю оксиду алюмінію Al_2O_3 є висока щільність оксидної плівки і корозійна стійкість аж до температури сублімації графіту. Додаток кремнію знижує поверхневий натяг і в'язкість в алюмінієвому сплаві, що сприяє його розтіканню при нанесенні на поверхню графіту. Для оцінки розподілу температури в проміжку від електродотримача до колосника та її впливу на захисне покриття був проведений розрахунок в пакеті програмного забезпечення ANSYS WORKBENCH. Оскільки основним

джерелом нагрівання електроду є джоулеве тепло, то для аналізу було обрано два розрахункові модулі: Electric та Transient Thermal. При певних граничних умовах для електрода діаметром 300 мм і довжиною 1 200 мм при силі струму 2000 А протягом 1 год. температура електрода біля електродотримача становить 541°C, а на торці сягає 4000 °С. Ці дані приводять до висновку, що захисне покриття потрібне на всій довжині електроду. Для дослідження поведінки захисного покриття на графітову пластину марки ЕГ товщиною 7 мм, шириною 18 мм, довжиною 150 мм було нанесено плазмове покриття марки АК-5 товщиною 0,4 мм з одного боку. Цю пластину використовували як зварювальний електрод, на постійному струмі прямої полярності при $I_{зв} = 450...500$ А, $U_d = 38...40$ В протягом 5 с. Теоретичний розрахунок розподілу температурних полів показав наближені до наведених в роботі [1] результати.

Для нанесення захисного покриття використовувався метод плазмового напилення струмоведучим дротом. Даний спосіб являється оптимальним серед газотермічних способів формування покриттів. До переваг слід віднести більший К.К.Д., кращу міцність зчеплення та економічність. Напилення проводилось за наступними параметрами: $I_n = 170$ А; $U_d = 65$ В; $d_e = 1,2$ мм; $Q_{Ag} = 30$ л/хв; $Q_{повітря} = 16,5$ м³ /год.; $a = 100$ мм, де a – відстань від електроду до поверхні, що напилюється; кількість нанесених шарів – 3. Після нанесення кожного шару виконувалася пошарова зачистка металевою швидко обертовою щіткою поверхні напиленого шару для збільшення когезійної міцності [4]. Згідно [4] на Запорізькому абразивному комбінаті були напилені циліндричні графітові електроди діаметром 300 мм руднотермічної печі, в результаті чого термін їхньої експлуатації підвищився в 4–5 разів. Згідно з наведеним вище можна зробити наступний висновок. При капілярному просочуванні збільшується площа взаємодії захисного покриття з графітом, а в умовах експлуатації внаслідок нагрівання збільшується пористість графіту, це сприяє подальшому розтіканню розплаву захисного покриття і перешкоджанню окислення графіту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Храпко С. А. Производство стали в ДСП: конспект лекций /С. А. Храпко, Е.Л. Корзун, Ю.В. Костецкий. – Донецкий Национальный Технический Университет – 136 с.
2. Бажин В. Ю. Управление тепловыми и электрохимическими процессами в дуговых печах / В. Ю. Бажин, С. А. Мартынов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5. – С. 34-37
3. Одейчук А. Н. Моделирование окисления графита в среде кислорода при температурах 400-800о С / А. Н. Одейчук, А. И. Комир // Физика твердого конденсированного тела. – 2015. – Т.12. – №2. – С. 532-542.