Влияние разных факторов на расход графитированных электродов на ЭДП

Печенкин Александр Геннадьевич
Начальник службы эксплуатации
ООО «ТК ВИАЛ»

2024

Данный доклад, возможно, будет интересен только тем металлургам, которых интересуют вопросы снижения удельного расхода графитированных электродов.

Потребление графитированных электродов в России, по различным данным, находится на уровне 85-100 тыс. т/г. Больше половины от этого объёма производится и поставляется группой Эл6. Оставшийся объём завозится из-за рубежа. После введения международных санкций, поставки электродов, произведенных на заводах «топовых» компаний-производителей, прекратились. Основной объём импорта электрода стал поставляться из КНР. Возникли проблемы и с поставками высококачественного сырья для производства электродов и ниппелей к ним. Всё это стало следствием возникновения одной из главных проблем - обеспечение стабильности качества электродов в длительном периоде времени. Если до 2022 года металлурги в основном «использовали» электроды, то теперь на работу электродов требуется обращать пристальное внимание. Отклонения от правил эксплуатации электродов чаще стали приводить к возникновению отклонений от нормального ведения режима металлургических процессов. Влияние т.н. «человеческого фактора» на режим эксплуатации электродов значительно увеличилось.

Расход электрода можно разделить на т.н:

- постоянный
- непостоянный

К постоянному расходу относят боковое окисление и торцевой расход за счёт сублимации углерода. На степень бокового расхода, в той или иной степени, влияют:

- Величины токовой нагрузки (средней за плавку и «пиковой»);
- Длительность плавки от выпуска до выпуска (состоит из времени нахождения агрегата под током, внутриплавочных и межплавочных простоев);
- Наличие неорганизованных подсосов воздуха во внутрипечное пространство;
- Качество электродов (в первую очередь объёмная плотность и удельное электрическое сопротивление);
- Наличие/отсутствие водного орошения электродов;
- Настройка работы системы удаления печных газов;
- Наличие, количество, настройка устройств для вдувания в агрегат природного газа, кислорода и углеродистых смесей;
- Длина используемых электродов.

На степень торцевого расхода, влияют:

1. Время работы агрегата под током;
2. Величины токовой нагрузки (средней за плавку и «пиковой»);
3. Длина дуги;
4. Вдувание природного газа, кислорода и углеродистых смесей;
5. Попадание шлака на электрод;
6. Погружение электрода в расплав («макание»).

К непостоянному расходу относят потерю рабочего конца и обломы электрода. На потерю рабочего торца электрода влияют:

- Превышение допустимой плотности тока;
- Качество используемого лома и порядок его загрузки в корзину или печь;
- Высокий температурный коэффициент линейного расширения графитированного электрода;
- Термоудар из-за неправильной настройки газовых и кислородных горелок;
- Неправильный подбор между электродом и ниппелем по физико-механическим свойствам;
- Недостаточное усилие свинчивания электродов;
- Неправильное чередование фаз (направление электромагнитного поля).

На появление поломок электродов влияют:

1. Качество используемого лома и порядок его загрузки в корзину или печь;
2. Превышение допустимой плотности тока при «пиковых» токовых нагрузках;
3. Состояние механического и гидравлического оборудования агрегата;
4. Низкие показатели механической прочности на изгиб электрода или ниппеля;
5. Термоудар из-за неправильной настройки газовых и кислородных горелок;
6. Недостаточное, либо превышенное усилие свинчивания электродов;
7. Неправильное чередование фаз (направление электромагнитного поля).

Для понимания процессов, происходящих с графитированными электродами в ходе их работы, предлагается применять следующую информацию:

Анализ воздействия различных факторов на эксплуатацию графитированных электродов

Эксплуатационные причины	Соединения (стык)		Высокое окисление		Трещинообразование			Облом				
	Ослабление/ Развинчивание	Перегрев	Ниже электрододержателя	Выше электрододержателя	Гнездо	Тело	Рабочий конец	Ниппель	Гнездо	Выпадание	Проскальзывание электрода	Потеря рабочего конца
Неправильное обращение с электродом/ ниппелем	*	*			*			*	*	*	*	
Неиспользование защитных колпаков на электродах				*	*					*		
Плохо обслуживаемый транспортировочный ниппель ("фальшниппель") и инструмент для свинчивания электродов	*	*			*			*	*	*		*
Повреждение ниппельного гнезда/резьбы из-за неисправности транспортировочного ниппеля ("фальшниппеля")	*	*	*					*	*	*		*
Повреждение резьбы ниппеля	*	*						*	*	*		*
Слабое соединение (недокручивание)	*	*	*		*			*	*	*		*
Зажим электрода в соединении	*				*			*	*	*		
Открытое ниппельное гнездо сверху	*				*			*	*	*		
Грязная контактная поверхность электрода/ниппеля	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
Выбивание пламени через электродное отверстие (через экономайзер)			*	*						*		*
Попадание под электрод неэлектропроводных материалов								*	*	*		*
Попадание промасленной шихты			*				*					*
Обвал шихты								*	*	*		*
Неравномерная загрузка сырья отностельно центра печи								*	*	*		*
Загрузка крупногабаритного лома в верхний слой								*	*	*		*
Проблемы с перепуском электродов								*	*	*	*	*
Использование электродов разных марок/производителей в одной "свече"	*	*			*			*	*	*	*	*
Погружение электродов в расплав ("макание")							*					*
Неправильное вспенивание шлака			*				*					*
Неправильная настройка кислородо-топливных горелок			*			*	*					*
Нарушение стехиометрии кислородо-топливной смеси			*			*	*					*
Прерывистый режим работы печи или кратковременные включения	*	*	*		*	*	*	*		*		*
Длительные межплавочные и внутриплавочные простои			*									

	Соединения (стык)		Окисление		Трещинообразование			Облом				
	Ослабление	Перегрев	Ниже держателя	Выше держателя	Гнездо	Тело	Рабочий конец	Ниппель	Ниппельное гнездо	Выпадание	Проскальзывание	Потеря рабочего конца
Потеря вертикальности электродной колонны	*							*	*	*	*	
Неправильное расположение электродных отверстий в своде								*	*	*		
Смещение свода								*	*	*		
Сильная вибрация стойки и рукава электрододержателя								*	*	*		*
Вибрация свода								*	*	*		
Вибрация колонны	*	*						*	*	*	*	*
Высокая скорость наклона печи								*	*	*		
Неисправность распылителей охлаждающей воды на электроды	*		*	*						*		
Недостаточное охлаждение электрододержателей		*		*						*		
Превышение скорости/усилия зажима электрода					*			*	*	*		
Недостаточное усилие зажима электрода								*	*		*	*
Плохое управление вертикальной колонной (нап-р гидравлическое)					*		*	*	*	*		*
Чрезмерная мощность системы газопылеудаления			*	*			*					*

Электрические причины	Соединения (стык)		Окисление		Трещинообразование			Облом				
	Ослабление	Перегрев	Ниже держателя	Выше держателя	Гнездо	Тело	Рабочий конец	Ниппель	Ниппельное гнездо	Выпадание	Проскальзывание	Потеря рабочего конца
Превышение мощности на вводе						*	*					*
Превышение по вторичной токовой нагрузке/ работа на короткой дуге	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*
Превышение по вторичному напряжению					*	*	*	*	*			*
Низкий коэфф-т мощности						*	*	*	*			*
Разбалансировка/перекос фаз по токовой нагрузке		*		*	*	*	*	*	*	*		*
Плохое регулирование электродов								*	*			*
Неправильный выбор диаметра электрода			*					*				*
Неправильное чередование фаз	*	*							*	*		*
Недостаточная площадь контакта			*	*								

Несколько примеров влияния «человеческого фактора»

Плохая очистка/обдув ниппельного гнезда электрода
перед наращиванием. На рис. 1 и 2 показаны последствия.

Рис. 1

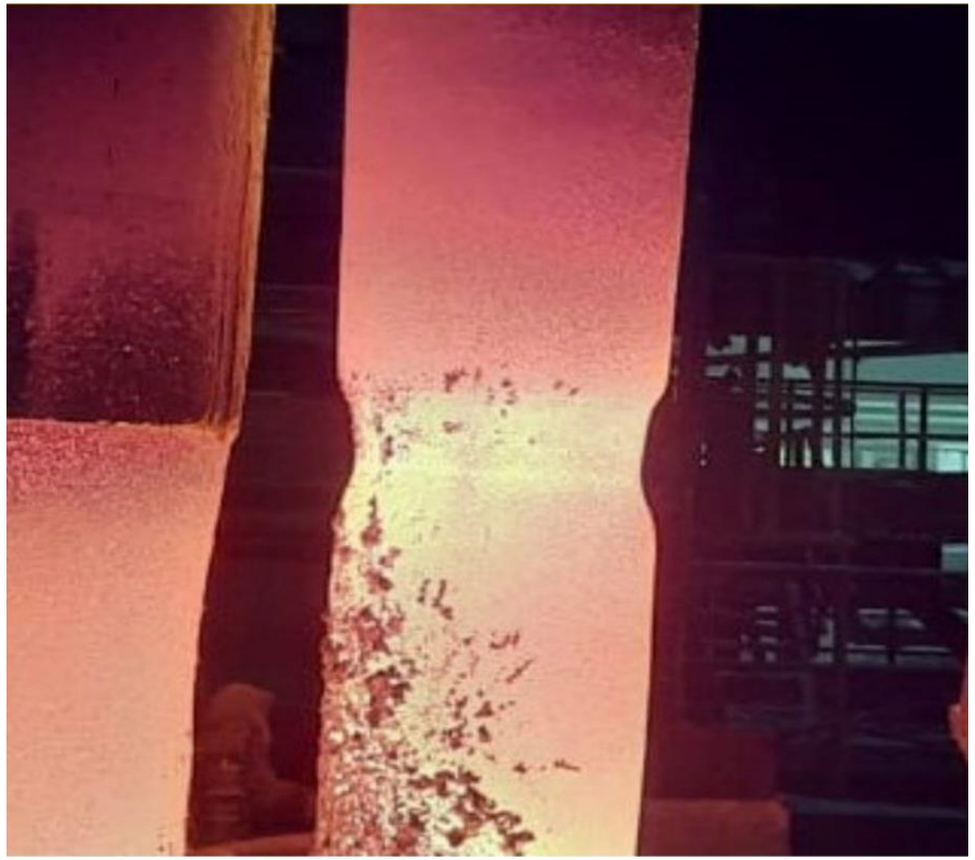

Рис. 2

Несколько примеров влияния «человеческого фактора»

Использование стального транспортировочного ниппеля (фальшниппеля) с механическими повреждениями на нитках резьбы. На рис. 3 и 4 показаны последствия.

Рис. 3

Рис. 4

Несколько примеров влияния «человеческого фактора»

Использование стального транспортировочного ниппеля
на электродах крупного (более 450 мм) диаметра.
На рис. 5 и 6 показаны последствия.

Рис. 5

Рис. 6

Несколько примеров влияния «человеческого фактора»

Слабое соединение (недокручивание).
На рис. 7 и 8 показаны последствия.

Рис. 7

Рис. 8

Несколько примеров влияния «человеческого фактора»

Неправильный подбор марки электрода или превышение максимально допустимого уровня токовой нагрузки.
На рис. 9 и 10 показаны последствия.

Рис. 9

Рис. 10

Несколько примеров влияния «человеческого фактора»

Потеря вертикальности электродной колонны.

Рис. 11

В заключении хочется сказать, что компания «ВИАЛ»:

Обладает большими возможностями в оказании технической поддержки при эксплуатации графитированных электродов на электродуговых металлургических агрегатах. и готовы к сотрудничеству со всеми потребителями.

Успешно сотрудничает по этим вопросам со многими потребителями электродной продукции.

Готова к сотрудничеству со всеми потребителями.

Спасибо за внимание!