

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ NO_x ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Зверев Л.О., Белоусов В.Н.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, г.Санкт-Петербург

Ключевые слова: оксид азота NO_x, топливо, горелка, факел, пиролиз, эмиссия.

Аннотация. Тепловые электростанции и котельные, потребляющие твёрдое, жидкое и газообразное топливо, выбрасывают в атмосферу продукты сгорания. Наиболее токсичными являются оксиды азота, поэтому проблема снижения их концентрации в уходящих газах энергетических котлов была и остаётся актуальной. В данной статье, на базе последних исследований и разработок, предлагается решение проблемы снижения выбросов оксидов азота при сжигании твердого топлива. Обсуждается вопрос контроля выбросов NO_x в топливоиспользующих установках [1].

METHODS FOR REDUCING NO_x EMISSIONS FROM SOLID FUEL COMBUSTION

Zverev L.O., Belousov V.N.

Higher School of Technology and Energy SPbGUPTD, St.Petersburg

Keywords: nitrogen oxide NO_x, fuel, burner, torch, pyrolysis, emission.

Abstract. Thermal power plants and boiler houses that consume solid, liquid and gaseous fuels emit combustion products into the atmosphere. The most toxic are nitrogen oxides, so the problem of reducing their concentration in the exhaust gases of power boilers has been and remains urgent. This article, based on the latest research and development, proposes a solution to the problem of reducing nitrogen oxide emissions from solid fuel combustion. The issue of NO_x emission control in fuel-using installations is discussed.

При сжигании твёрдого топлива оксид образуется по двум механизмам: термическому и топливному. Скорость образования термических оксидов азота существенна лишь при температурах в зоне активного горения выше 1200°C, поэтому термические оксиды азота играют существенную роль в первую очередь в топках с жидким шлакоудалением, а в топках с твёрдым шлакоудалением -при наличии высокотемпературных зон [2].

В данной статье рассмотрим высокотемпературное восстановление NO_x внутри факела. На рисунке 1 представлено качественное протекание процессов смешения, воспламенения и горения в околоторелочной области горелки с высокотемпературным восстановлением оксидов азота в факеле.

Во избежание высоких концентраций кислорода доля первичного воздуха должна быть минимальной, а концентрация топлива в топливно-воздушной смеси, должна быть максимальной. Для достижения этой цели могут использоваться горелки с регулируемой долей первичного воздуха. Благодаря этому на выходе из горелки устанавливается восстановительная атмосфера, в которой топливо подвергается пиролизу [3].

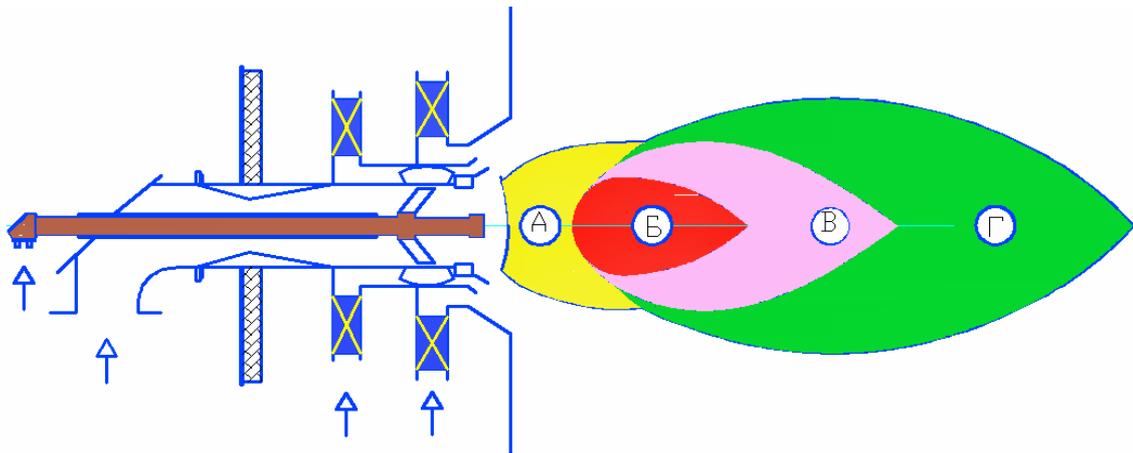


Рис. 1. Качественное отображение зон горения на выходе из горелки

Сам факел можно условно разделить на четыре области:

А – зона выхода летучих,

Б – зона образования углеводородных радикалов,

В – зона восстановления оксидов азота,

Г – зона догорания (окислительная зона).

Для высокотемпературного пиролиза необходим соответствующий уровень температур. Для этого часть воздуха может подаваться по центральному осевому каналу. В результате, связанный азот топлива переходит в азотсодержащие летучие вещества: в бурых углях в основном в NH_3 , а в каменных – в HCN (зоны А и Б – рис.1). Азот, оставшийся после выхода летучих в коксе, частично переходит в оксид NO . Аммиак NH_3 переходит в радикалы NH_2 и NH , что в конечном итоге при наличии свободного кислорода приводит к образованию NO . Цианистый водород HCN в результате окисления образует оксид азота NO , который при наличии избыточного кислорода может окислиться до диоксида NO_2 .

Оставшиеся после пиролиза частицы кокса в результате гетерогенного реагирования в восстановительной атмосфере также могут взаимодействовать с образовавшимся ранее оксидом азота, в результате чего NO восстанавливается до молекулярного азота N_2 . Время пребывания реагирующих компонентов в зоне с восстановительной атмосферой должно быть достаточным для того, чтобы азот, оставшийся в коксе после процесса пиролиза, перешёл в молекулярный азот в процессе горения (в зоне В). Фазовое превращение азота в зоне активного горения (зона Г), где в окислительной атмосфере происходит догорание продуктов химического недожога и кокса, неизбежно приведёт к образованию оксидов азота [4].

Зона горения обогащённой смеси (зоны Б и В) должна занимать как можно больший объём, поэтому воздух, необходимый для обеспечения полноты сгорания топлива (вторичный и третичный воздух) должен подмешиваться к факелу на более поздней стадии. Для достижения этой цели вторичный воздух закручивается (как правило, с достижением сверхкритического параметра крутки), при этом канал вторичного воздуха отдалён к периферии и разделён на два отдельно регулируемых потока – вторичный и третичный воздух, что увеличивает объём факела. Реализация всех вышеперечисленных аспектов

позволяет снизить эмиссию NO_x до концентраций, предписанных постулатами Киотского протокола [5].

Список литературы

1. Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 144 с.
2. Тринченко А.А. Снижение выбросов NO_x при ступенчатом сжигании топлива // Ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2011. №2 (123). С. 104-109.
3. Котлер В.Р., Баторшин В.Ф. Выбор и обоснование удельных выбросов оксидов азота на угольных котлах // Электрические станции. 2016. №12 (1025). С. 27-31.
4. Белоусов В.Н., Сергеев В.В. Топливо и теория горения: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2014. – 108 с.
5. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Ч.1. Топливо: учебное пособие. – СПб.: Издательство СПбГТУРП, 2011. – 84 с.

Сведения об авторах:

Зверев Леонид Олегович – студент, ВШТЭ СПбГУПТД, Санкт-Петербург;

Белоусов Владимир Николаевич – к.т.н., доцент, ВШТЭ СПбГУПТД, Санкт-Петербург.