

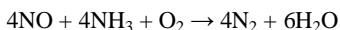
**СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ  $\text{NO}_x$  В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ**

Оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) возникают в результате многих процессов горения. Они влияют на образование так называемых «кислотных дождей» и образование озона летом (летнего смога). Поэтому выбросы  $\text{NO}_x$  должны иметь строгие ограничения. Для существующих установок сжигания отходов выбросы  $\text{NO}_x$  ограничиваются до  $<200 \text{ мг/Нм}^3$  (среднесуточное, рассчитанное как  $\text{NO}_2$ ). Для того, чтобы придерживаться этих пределов на мусоросжигательных заводах производится эффективная очистка дымовых газов, специальные процедуры удаления  $\text{NO}_x$ , такие как селективное каталитическое восстановление или селективное некаталитическое восстановление, это необходимо для того, чтобы снижение оксидов азота происходило в неочищенном газе. Оба процесса удаления  $\text{NO}_x$  требуют добавления восстановителей, таких как аммиак или карбамид (мочевина). Эти методы очистки дымовых газов требуют значительных инвестиций и высоких эксплуатационных расходов. Эффективным способом сокращения выбросов загрязняющих веществ является модификация процесса горения, которая обеспечивает существенные преимущества, поскольку она не требует дорогих вторичных процессов для очистки дымовых газов. Из-за относительно низких температур в этих процессах сгорания, тепловая генерация  $\text{NO}_x$  из атмосферного азота играет лишь незначительную роль, при этом оксиды азота образуются, главным образом из азота, содержащегося в топливе. В печи, оборудованной колосниковой решеткой, твердое топливо перемещается по колосникам, которые разделены на несколько зон и сгорает при контролируемой подаче первичного воздуха по отдельным зонам. Сгоревшие зольные остатки, образующиеся в конце решетки могут быть использованы в качестве недорогого строительного материала, например, в дорожном строительстве. Тем не менее, требуется выполнение некоторых из предварительных условий для обеспечения низкого остаточного содержания углерода (остаточное содержание углерода должно быть  $<1\%$ ) и низкое содержание других загрязняющих веществ.

В идеализированной схеме сжигание твердого топлива подразделяется на следующие последовательные подпроцессы: сушка, пиролиз и выгорание фиксированного углерода. Передняя часть решетки в основном используется для сушки. Кислород подается, но в этой области первичный воздух не расходуется. На следующем этапе пиролиза, большие объемы летучих углеводородов освобождены из слоя топлива, углеводороды сжигаются полностью или частично. Когда кислород поставляется в основную зону горения, углеводород потребляется полностью, значительные объемы углеводородов остаются в дымовых газах и превращаются частично в  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и частицы сажи в процессе реакции газификации. Эти дымовые газы имеют высокую теплотворную способность.

Потребление воздуха снижает температуру слоя топлива, в результате чего кинетика остаточных превращений углерода происходит относительно медленно. Повышение температуры в золе в конце решетки приводит к ускорению выгорания углерода, при условии наличия достаточного количества кислорода, что обеспечивает низкое остаточное содержание углерода в удаленной золе. Параллельно с процессом пиролиза, азот содержащийся в топливе, преобразуется в основном в  $\text{NH}_3$  (аммиак) и, в меньшей степени, в  $\text{HCN}$  (синильную кислоту) и азотсодержащие углеводороды. Примеси топлива, азотсодержащие соединения азота частично окисляются до  $\text{NO}$ , в зависимости от локальной концентрации  $\text{O}_2$  и температуры в слое топлива. При недостатке кислорода (в основном в зоне сгорания), значительное количество  $\text{NH}_3$  остается в дымовых газах, уходящих из слоя топлива. Содержание соединений азота в остаточной золе является относительно низким. Объем и распределение первичного воздуха и перемещение топлива по решетке, оказывают значительное влияние на сгорание топлива в слое, кроме того, влияет также температура, концентрация  $\text{O}_2$ , калорийность топлива, и соотношение  $\text{NH}_3/\text{NO}$  в дымовых газовых потоках.

Высококалорийные дымовые газы, не содержащие  $\text{NH}_3$ , уходящие из основной зоны горения должны сгорать как можно полнее во второй зоне горения при добавлении в топку вторичного воздуха. В этой зоне сгорания дымовых газов, комплекс реакций в конечном счете, приводит к образованию  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , и/или  $\text{N}_2$ :



Тщательное смешивание всех дымовых газовых потоков, исходящих из зоны слоя топлива до вступления дымовых газов в зону сгорания, и одновременное управление распределением температуры в камере сгорания и в зоне сгорания дымовых газов с помощью контролируемого газа/струи воды позволили уменьшить концентрацию  $\text{NO}$  до  $60 \text{ мг/м}^3$  (в пересчете на  $\text{NO}_2$ ). Газ или свободная струя воды могут подаваться в два сопла. Положительным побочным эффектом простого метода сокращения  $\text{NO}_x$  является одновременное значительное улучшение качества золошлаковых отходов. Перемешивание дымовых газов над зонами слоя топлива четко повышает температуру сжигания в колосниковой решетке. Как следствие, концентрации остаточного углерода, хлоридов и диоксинов в золе значительно снижаются, что повышает шансы на её утилизацию. Оценка экономической эффективности сокращения  $\text{NO}_x$  для отходов мусоросжигательного завода (100.000 т/емкость) указывает на прибыль 3-5% от общего объема инвестиций, и ок. 2-3 евро/т по текущим эксплуатационным расходам. Значительное улучшение качества золошлаковых отходов позволяет одновременно увеличить удельную производительность установки и, таким образом, сократить эксплуатационные расходы порядка нескольких евро/тонну отходов.

Научный руководитель – д-р. техн. наук, проф. Высоцкий С. П.