

УДК 662.61.747

Потапов Б.Б. - к.т.н., профессор, НМетАУ, Украина

Пинчук В.А. - к.т.н., ассистент, НМетАУ, Украина

ВЛИЯНИЕ ПОДОГРЕВА ОКИСЛИТЕЛЯ НА ПОЛУЧЕНИЕ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА ИЗ УГЛЯ

Исследовано влияние температуры подогрева окислителя на температурный уровень процесса газификации и состав генераторного газа. Получены показатели процесса газификации при различных видах и температуре окислителя.

Введение

Дефицит природного газа и нефти приводят к необходимости пересмотреть структуру энергетического баланса Украины. Уголь является единственным топливно-энергетическим ресурсом, которым Украина располагает в достаточных объемах. В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция ухудшения качества добываемого угля, в основном по увеличению его зольности. Необходимы более совершенные методы использования высокозольного угля, чем просто его сжигание, связанное с необходимостью использования дополнительных видов топлива и экологическими проблемами. Для решения проблем эффективного использования необходима разработка и освоение эффективных и экологически чистых технологий его переработки на основе термической подготовки такого угля.

Постановка задачи

В последнее время возрос интерес к термическим методам переработки угля, в частности к его газификации для получения энергетического и технологического газа разнообразного состава.

Для проектирования газогенераторов, работающих на высокозольном угле, необходимо установить соотношения между технологическими параметрами процесса газификации (температура в реакторе, состав и количество окислителя) и содержанием восстановительных и окислительных компонентов в газе.

Исследования процессов термической переработки проводились с помощью термодинамической модели, в основу которой положен принцип максимума энтропии в предельно равновесном состоянии, и позволяющей найти концентрации компонентов и значение всех

параметров многокомпонентной гетерогенной системы [1]. Проведены исследования газификации угля, относящегося к Донецкому угольному бассейну (Павлоградское угольное месторождение). Зольность добываемого угля составляет 42 %, максимальная влага 5,5-7,1 %, сера общая 1,3-2 %, выход летучих 39,6-41,1 %.

Результаты исследований

Одним из наиболее существенных режимных параметров, влияющих на температуру в реакторе, а, следовательно, на состав образующегося газа, является содержание кислорода в окислителе. Так для воздушной газификации исследуемого угля теплота сгорания газа составляет в среднем 3,5-5,9 МДж/м³, а при кислородной газификации 8,5-11,8 МДж/м³. Выход генераторного газа при воздушной газификации составляет 2,1-2,7 м³/кг угля, а при кислородной 1,1-1,2 м³/кг угля. [2, 3]. Полученный генераторный газ в зависимости от теплоты сгорания и используемой технологии может использоваться как топливный газ, как восстановительный в металлургическом производстве, при организации парогазовых циклов, а также как химическое сырье.

С ростом содержания кислорода в окислителе повышается температурный уровень процесса и, подбирая соотношение окислителя и топлива, можно обеспечить необходимую температуру продуктов газификации и их состав. Влияние вида и количества окислителя на температуру в реакторе и состав газа представлены на рис. 1.

В случае газификации угля с высокой зольностью газ предпочтительно получать в газогенераторах с жидким шлакоудалением. Для плавления минеральных компонентов топлива и организации хорошего жидкого шлакоудаления необходимо поддерживать температуру в реакторе газификации на уровне 1973-2073 К.

Исследованиями установлено, что при воздушной газификации осуществление таких температурных режимов не возможно. На воздушном дутье возможен уровень температур 1600 К. При этом доля восстановительных компонентов генераторного газа (СО+Н₂) составляет 28 %, а окислительных СО₂+Н₂О –12 %. При кислородной газификации температурный уровень 1973-2073 К обеспечивается при коэффициенте расхода окислителя 0,4-0,42 (0,35-0,36 м³/кг угля). В этом случае доля восстановительных компонентов генераторного газа (СО+Н₂) составляет 82-86 %, а окислительных СО₂+Н₂О – 14-16 %.

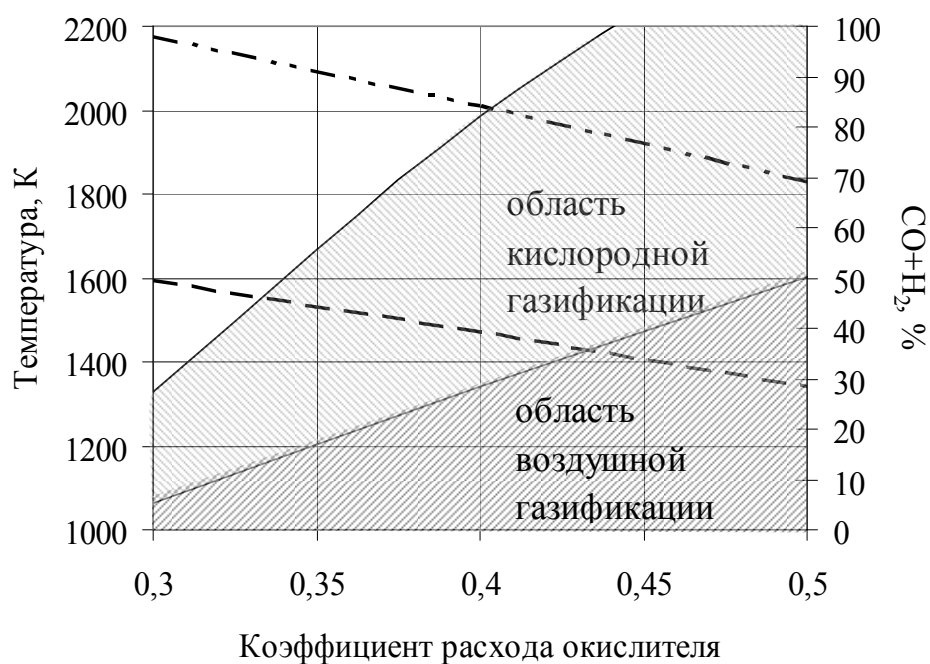


Рис. 1. Влияние вида и количества окислителя на температуру в реакторе и состав генераторного газа

Температура в реакторе при воздушной газификации может быть повышена за счет подогрева окислителя. Кроме того, при использовании подогрева окислителя перед процессом возможен вариант уменьшения его количества. Подогрев дутья обычно осуществляется путем использования физического тепла уходящих газов в различных теплообменниках.

Проведено исследование влияния температуры окислителя на процесс газификации угля. Температура окислителя изменялась от 373 К до 1273 К. На рис. 2 представлены результаты исследования влияния температуры подогрева воздуха на температурный уровень процесса газификации.

Как видно из полученных данных, при коэффициентах расхода окислителя более 0,3 подогрев воздуха приводит к повышению температуры процесса в среднем на 250 -450 К в зависимости от величины подогрева. При подогреве воздуха до 1273 К коэффициент расхода окислителя составляет 0,46-0,48 при температуре в реакторе 1973-2073 К, при подогреве воздуха до 873 К коэффициент расхода окислителя составляет более 0,5 для поддержания той же температуры в реакторе. Таким образом, подогрев воздуха позволяет использовать

его в качестве окислителя для высокотемпературной газификации низкосортных углей.

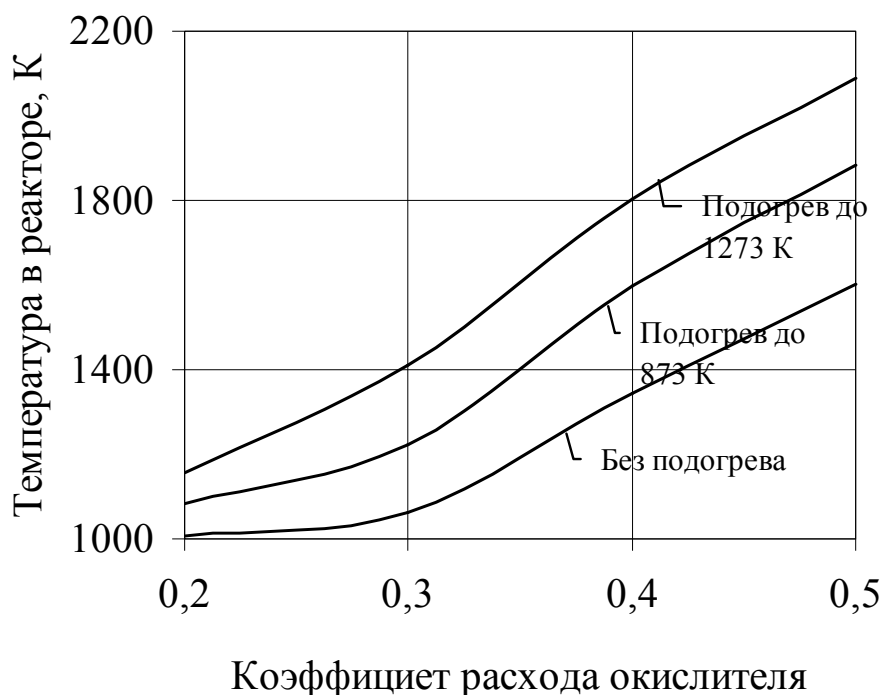


Рис.2 .Влияние температуры подогрева воздуха на температурный уровень процесса газификации

Результаты исследования влияния температуры подогрева воздуха на состав получаемого генераторного газа показали, что повышение температуры подогрева воздуха приводит к увеличению содержания СО в генераторном газе. При коэффициентах расхода окислителя до 0,3 содержание СО в газе увеличивается на 20-25 % по сравнению с режимом без подогрева окислителя. При коэффициентах расхода окислителя 0,4-0,5 подогрев воздуха приводит к увеличению содержания СО в газе в среднем на 2,5-3,5 %.

При коэффициентах расхода окислителя 0,2-0,35 подогрев воздуха приводит к увеличению содержания в H_2 в газе на 4,5-5 % по сравнению с режимом без подогрева воздуха. При коэффициентах расхода окислителя 0,35-0,5 подогрев воздуха приводит к уменьшению содержания в H_2 в газе на 5,5-6,3 %.

При подогреве воздуха содержание CO_2 в газе уменьшается на 20-27 % всем исследуемом диапазоне расхода окислителя 0,2-0,5. Подогрев воздуха приводит к увеличению содержания в H_2O в газе на 7-10 % по сравнению с режимом без подогрева воздуха на всем исследуемом диапазоне расхода окислителя.

Таким образом, при подогреве воздуха системе топливо-окислитель сообщается большое количество теплоты, что приводит к смещению равновесия по реакции $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ влево. Т. е. подогрев окислителя приводит к увеличению содержания CO и H_2O и уменьшению H_2 и CO_2 .

При использовании в качестве окислителя кислорода подогрев не оказывает такого существенного влияния на температурный уровень процесса как при подогреве воздуха. Подогрев кислорода приводит к повышению температуры процесса в среднем на 85-140 К в зависимости от величины подогрева. Состав генераторного газа при использовании подогретого кислородного дутья изменяется незначительно по сравнению с использованием кислорода без подогрева (изменение состава составляет 0,5-1,5 % для различных компонентов в зависимости от температуры подогрева).

Подогрев окислителя при газификации не оказывает существенного влияния на теплоту сгорания и на выход получаемого генераторного газа.

При газификации предпочтительными режимами являются такие, при которых весь углерод прореагировал с окислителем и продукты газификации находятся в равновесии с твердым углеродом (его количество в равновесии стремится к нулю, т. е. в равновесных условиях весь углерод должен быть превращен в газообразные продукты).

При подогреве воздуха до 1273 К рациональным является коэффициент расхода окислителя 0,46-0,48 (1,88-1,97 м³ воздуха/кг угля), обеспечивающий температуру в реакторе 1973-2073 К. Состав получаемого генераторного газа следующий, %: CO =24-26, H_2 =8-10, CO_2 =3,5-4,5, H_2O =5,5-6,5. Теплота сгорания генераторного газа составляет 4-4,5 МДж/м³ газа. При использовании в качестве окислителя кислорода с температурой с температурой 1273 К рациональным является коэффициент расхода окислителя 0,37-0,38 (0,32-0,33 м³ кислорода/кг угля), а с температурой 873 К – 0,38-0,4 (0,33-0,34 м³ кислорода/кг угля). Теплота сгорания генераторного газа составляет 10-11 МДж/м³ газа.

Показатели процесса высокотемпературной газификации (1973-2073 К) при различных видах окислителя представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели процесса газификации при различных видах окислителя

Тип газификации	Расход угля, кг	Расход кислорода, м ³
-----------------	-----------------	----------------------------------

	на 1 м ³ газа	на 1 ГДж газе	на 1 кг угля	на 1 м ³ газа	на 1 ГДж газе
	Подогрев окислителя до 1273 К				
Воздушная газификация	0,38- 0,39	95-107	-	-	-
Воздушная газификация (обогащение 50 % O ₂)	0,64- 0,66	91-105	0,22- 0,26	0,14- 0,17	20-27
Воздушная газификация (обогащение 75 % O ₂)	0,79-0,8	87,8-91	0,26- 0,27	0,21- 0,22	24,7- 25,3
Кислородная газификация	0,88- 0,89	79,1-88	0,32- 0,33	0,28- 0,29	25,4- 29,0

Из полученных данных видно, что наименьший расход угля на 1 м³ газа наблюдается при воздушной газификации, причем при подогреве воздуха до 1273 К расход угля на 1,5-3 % ниже, чем при подогреве до 873 К. Но при этом наибольший расход угля на 1 ГДж при воздушной газификации. Использование подогрева окислителя до 1273 К позволяет на 7-15 % сократить его потребление по сравнению с режимами газификации без предварительного подогрева окислителя. Полученные результаты исследований могут использоваться при разработке режимных характеристик процесса газификации для получения газа заданного состава.