

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ТОПЛИВА В ВИДЕ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ САЖИ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ

Самбаева Д.А., Молдобаев М.Б.

Институт горного дела и горных технологий им. академика У.Асаналиева, г.Бишкек, Кыргызская Республика

В статье изложены основные проблемы сжигания топлива в виде водотопливных эмульсий и снижение концентрации сажи в газовой фазе на их основе.

The article presents major problems in the form of fuel combustion and reduce water-fuel emulsions of the soot concentration in the gas phase on the basis of their.

В настоящее время во многих мазутных хозяйствах промышленных котельных установок образуется значительное количество сточных вод, загрязненных жидким топливом. Действующие очистные сооружения в них не обеспечивают улавливание мазута и очистку большого количества подтоварных вод. В отдельные периоды эксплуатации в горелочные устройства могут поступать сильно обводненные массы мазута или даже отдельные порции подтоварной воды. Поэтому для достижения устойчивой работы топок при сжигании высокообводненных жидких топлив и отходов необходимо воды, содержащиеся в них слоями распределить по всей массе равномерно, т.е. предотвратить смесь топлива и воды со случайным распределением последней. Вода здесь выполняет роль уникальной по доступности и эффективности присадки, позволяющей помимо утилизации ее обеспечить желаемое радикальное снижение

выбросов вредных продуктов сгорания топлива, в том числе аморфного углерода, т.е. сажи.

С учетом изложенных выше обстоятельств нами был изучен процесс модифицирования топлива в виде водотопливных эмульсий с целью снижения концентрации сажи в газовой фазе. Сущность данного подхода заключается в следующем: с учетом исходной воды в мазуте в нее дополнительно добавляли до 20% H_2O и за счет создания кавитационного эффекта в роторно-пульсационном аппарате получали полидисперсные водотопливные эмульсии (ВТЭ). Далее смесь была направлена в зону горения и наступал процесс взрыва ВТЭ. Поскольку температура кипения воды составляет $100^\circ C$, а мазута $300^\circ C$, то вода, находящаяся внутри органической жидкости способствовала вторичному диспергированию ВТЭ и дала наибольшую поверхность контакта капель ВТЭ с окислителем. В результате достигнуто снижение концентрации сажи до 70% в газовой фазе.

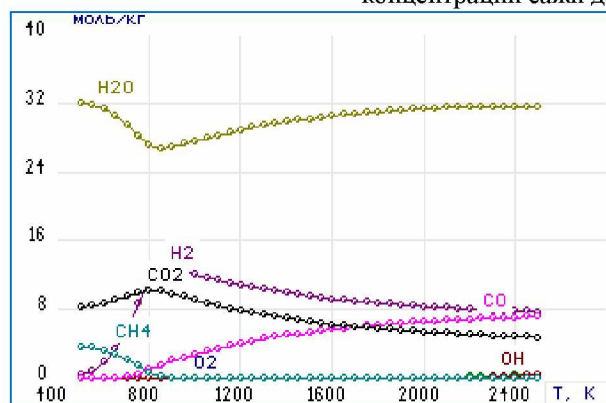


Рис. 1. Равновесные составы и концентрации компонентов, образующихся в системе $C-H_2O-O_2$: C-11,894; H-79,298; O-48,578 (1:5:1) при $P=0,1$ МПа

Экспериментальное определение содержания техногенной сажи в газовой фазе проводилось гравиметрическим методом, т.е. отсасывая определенный объем дымовых газов через фильтрующий патрубок мультифункционального газоанализатора Visit 01-L/LR. Прибор в экспериментах также был использован для определения физико-химических параметров (t_r , t_b , ρ_r , ΔQ , $t_{r,p}$) и содержания

отдельных компонентов в дымовых газах котельной. Для измерения содержания твердых частиц (сажи) в газоанализаторе встроен отдельный зонд, что и предотвращает попадания случайных загрязнений в корпус датчика. Соответственно, прибор позволил определить фоновую и рабочую концентрацию определяемых компонентов в основном потоке дымовых газов. Наряду с концентрацией газа осуществлено

непосредственное измерение температуры дымовых газов.

С целью определения равновесных составов и концентраций компонентов, образующихся в системе сажа-вода-кислород (С-

H₂O-O₂) (1:5:1) при P=0,1 МПа (рис.1, табл. 1 и 2) при соотношении: С-11,894; Н-79,298; О-48,578 проводились расчеты при максимуме энтропии системы.

Таблица 1

Изменение свойств системы: С-H₂O-O₂ (1:5:1) при P=0,1 МПа, T=500-2500К, μ=50,49 моль/кг, MMq=19,85 г/моль, Rq=419,81 Дж/(кг·К), z=0

T, К	V·10 ² , м ³ /кг	S, кДж/(кг·К)	I, кДж/кг	U, кДж/кг	C _p ·10 ⁴ , кДж/(кг·К)	Mu·10 ⁵ , Па·с	Lt·10 ⁵ , Вт/(м·К)	Pr·10 ³
500	184,06	9,651	-10951,6	-11025,9	19737,7	1,9	21503,9	174,59
750	303,63	11,012	-10082	-10264,9	52642,6	2,86	171658	87,66
1000	428,50	12,02	-9227,3	-9528,05	23616,2	3,67	13892,1	623,44
1250	535,68	12,55	-8637,2	-9045,12	23681,6	4,36	16735,4	617,33
1500	642,82	12,98	-8041,34	-8556,39	24025,2	5,01	19596,1	613,89
1750	750	13,36	-7433,89	-8056,12	24624,9	5,61	22469,8	615,04
2000	857,48	13,69	-6805,06	-7534,71	25866,6	6,18	25329,3	631,53
2250	966,53	14,01	-6122,53	-6960,99	29373,8	6,73	37237,2	530,75
2500	1082,01	14,37	-5276,68	-6229,66	40353,2	7,25	72604,7	402,97

Таблица 2

Равновесные составы и концентрации компонентов (моль/кг), образующихся в системе: С-H₂O-O₂ (1:5:1) при P=0,1 МПа, T=500-2000 К

Состав	Температура, К						
	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
O	1,93E-22	1,93E-22	1,61E-18	3,38E-13	1,2E-09	4,47E-07	3,72E-05
O ₂	1,93E-22	1,93E-22	2,04E-18	4,62E-13	1,8E-09	6,94E-07	0,00006
H	2,63E-20	6,5E-12	5,67E-08	1,13E-05	0,00039	0,004959	0,033702
H ₂	0,323968	8,65747	12,0696	10,546	9,50139	8,79832	8,30675
OH	1,93E-22	3,56E-15	2,86E-10	3,2E-07	3,5E-05	0,001012	0,012587
HO ₂	1,93E-22	1,93E-22	1,43E-21	3,5E-16	1,4E-12	5,58E-10	4,91E-08
H ₂ O	32,058	28,1409	27,5743	29,103	30,1474	30,8477	31,3192
H ₂ O ₂	1,93E-22	1,93E-22	1,57E-17	1,03E-13	3,7E-11	2,62E-09	6,35E-08
C	1,93E-22	1,93E-22	1,93E-22	1,93E-22	5,0E-20	4,12E-17	6,24E-15
CO	0,000608	0,499904	2,77897	4,31272	5,35724	6,05851	6,54166
CO ₂	8,2597	9,96859	9,11233	7,58113	6,53662	5,83534	5,35219
C ₂ O	1,93E-22	1,93E-22	1,39E-21	1,78E-18	1,8E-16	4,68E-15	5,29E-14
CH	1,93E-22	1,93E-22	1,93E-22	8,61E-22	1,4E-18	2,66E-16	1,35E-14
CH ₂	1,93E-22	1,93E-22	3,42E-19	1,51E-16	7,7E-15	1,23E-13	9,61E-13
CH ₃	2,83E-18	1,57E-11	2,2E-10	2,4E-10	2,2E-10	2,04E-10	1,88E-10
CH ₄	3,63356	1,42536	0,002553	0,000011	2,5E-07	1,74E-08	2,32E-09
C ₂ H ₂	2,43E-22	1,09E-13	1,34E-12	6,12E-13	2,9E-13	1,67E-13	1,07E-13
C ₂ H ₄	3,17E-12	1,57E-08	1,5E-10	6,74E-13	1,4E-14	9,13E-16	1,12E-16
C ₂ H ₆	1,57E-06	2,34E-06	9,59E-11	1,19E-14	2,3E-17	2,66E-19	9,21E-21
C ₃ H ₈	7,31E-12	1,92E-11	1,28E-17	1,93E-22	1,9E-22	1,93E-22	1,93E-22
CHO	1,93E-22	3,67E-14	9,57E-11	5,08E-09	6,6E-08	4E-07	1,53E-06
CHO ₂	3,28E-21	3,33E-14	4,44E-11	2,49E-09	3,5E-08	2,31E-07	9,46E-07
CH ₂ O	4,07E-12	6,24E-08	3,69E-07	4,35E-07	4,4E-07	4,43E-07	4,39E-07
CH ₂ O ₂	1,41E-08	9,96E-07	1,81E-06	1,7E-06	1,5E-06	1,53E-06	1,51E-06
CH ₃ O	1,93E-22	1,28E-19	9,92E-17	1,87E-15	1,2E-14	4,54E-14	1,23E-13
C ₂ H ₄ O ₂	9,14E-11	6,98E-10	4,96E-12	4,76E-14	1,9E-15	1,96E-16	3,54E-17

Полученные данные показали, что продукты горения топлива содержат углеводороды с низким молекулярным весом, в том числе ацетилен C₂H₂; основные конечные

продукты сжигания следующие: CH₄, CO₂, H₂O, CO, H, H₂, C(c), C; в газовой фазе имеются углеводородные частицы и радикалы в виде: O, O₂, OH, HO₂, H₂O₂, C₂O, C₃O₂, CH, CH₂, CH₃, C₂H,

$C_2H_2, C_2H_3, C_2H_4, C_2H_5, C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, C_6H_6, CNO, CNO_2, CH_2O, CH_2O_2, CH_3O, CH_4O, C_2H_4O_2, C_3H_6O, C_4H_8O, C_2H_4O$ (табл.2).

Термодинамические расчеты (табл.1) равновесного состава продуктов сгорания свидетельствуют о возможности появления конденсированного углерода и уменьшения его содержания в газовой фазе с увеличением воды в системе: $C-H_2O-O_2$, что и подтверждаются результатами экспериментальных исследований. Проведенные исследования позволили установить, что при сжигании водотопливных эмульсий роль промежуточных ароматических соединений в сажеобразовании незначительна, определяющим является ацетиленовый механизм образования и роста радикалов-зародышей. Здесь отмечено, что в зоне пламени, предшествующих началу сажевыделения, действительно обнаруживаются ацетилен и его высшие производные. Термический пиролиз ацетилена в пламени происходит со значительным образованием вначале винилацетилена C_4H_4 , затем диацетилена C_4H_2 и полиацетиленов.

Содержание этих соединений по мере развития процесса сажеобразования являются промежуточными продуктами, при полимеризации и дегидрогенизации которых образуется сажа. Более богаты водородом частицы сажи на ранних стадиях образования и роста в пламени (рис.1). Следует также отметить, что частицы сажи обладают радикальными свойствами, которые характерны, прежде всего, для частиц, образованных на более ранних стадиях процесса сажеобразования.

Таким образом, в основе анализа процессов, протекающих при горении топлива, и приводящих к выделению сажи лежит протекание химической реакции: образования сажи из углеводородов и ее выгорания при взаимодействии с диоксидом углерода и водяным паром, содержащимися в продуктах сгорания (газификация сажи). Данное положение подтверждено значениями термодинамических параметров при $I < 0, U < 0$ (табл.2) при всех значениях изменения температуры, давления и соотношений взаимодействующих потоков.