

<https://doi.org/10.3176/oil.1995.1.05>

ВЛИЯНИЕ СЕГРЕГАЦИИ СЛАНЦА ПРИ ЕГО ЗАГРУЗКЕ В ГЕНЕРАТОРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА

INFLUENCE OF SEGREGATION OF OIL SHALE AT ITS CHARGING TO RETORT ON RETORTING EFFICIENCY

В. М. ЕФИМОВ
И. В. ПУЛЕМЁТОВ
С. К. ДОЙЛОВ

V. YEFIMOV
J. PULEMYOTOV
S. DOILOV

Научно-исследовательский
институт сланцев
Кохтла-Ярве, Эстония

Oil Shale Research Institute
Kohtla-Järve, Estonia

Segregation of oil shale particles according to their size during shale charging to retorts with cross flow of heat carrier has a considerable effect on dissociation of the carbonates present in the mineral portion of oil shale.

In order to increase the yield of oil it is necessary at shale charging to direct the majority of large particles towards the hotter side and the majority of smaller particles towards the cooler side of the retorting chamber. This measure minimizes dissociation of carbonates and consequently special consumption of air for the process.

Из практики известно, что выход смолы при переработке сланца в генераторах во многом зависит от удельного расхода воздуха на процесс — чем он ниже, тем выше выход смолы [1]. При переработке сланца-кукерсита в генераторах с поперечным потоком теплоносителя (ППТ) на режиме без газификации полукокса удельный расход воздуха на процесс изменяется в довольно широких пределах.

Как видно из табл. 1, при переработке в генераторах РАС* «Кивитер» сланца с удельной теплотой сгорания по бомбе Q'_6 13,5–13,8 МДж/кг расход воздуха в расчете на сланец изменяется в пределах 330–400 м³/т. Удельные расходы воздуха на процесс около 300 м³/т в данном случае явно недостаточны для полного извлечения смолы из сланца, так как в выгружаемом полукоксе, по данным его перегонки в реторте Фишера, содержится еще много смолы — 4,5–5,0 МДж/кг.

То же самое относится и к генераторам сланцеперерабатывающего завода (СПЗ) «Сланцы» в Ленинградской области (Россия), где перерабатывается сланец с Q'_6 12,0–12,5 МДж/кг. Здесь следует иметь в виду, что на

* Государственное акционерное общество.

Таблица 1. Основные технологические параметры переработки сланца в генераторах с поперечным потоком теплоносителя на режиме без газификации полукокса

Table 1. Basic Operating Conditions of Processing Oil Shale at Retorts with Cross Flow of Heat Carrier Gas without Semicoke Gasification

Период испытания	Пропускная способность по сланцу, т/сут	Температура, °С		Удельный расход на процесс, м ³ /т			Содержание смолы в полукоксе, %
		теплоносителя	в газотводах	воздуха	газа	суммарный	
РАС «Кивитер»							
Удельная теплота сгорания перерабатываемого сланца по бомбе Q_d 13,5–13,8 МДж/кг							
200-тонные генераторы ГГС-5, генератор № 7 [2]							
22–28.03.1962	142	743	223	314	616	930	4,71
30.03–5.04.1962	110	729	223	297	614	911	4,42
18–24.03.1962	155	695	227	300	633	933	4,98
07–13.03.1963	140	838	283	324	733	1057	1,67
29.01–4.02.1964	158	993	235	384	620	1004	2,40
05–13.03.1965	172	960	228	344	739	1083	0,90
10–17.02.1971	171	988	228	377	598	975	1,30
1000-тонный генератор ГГС-5							
с включенными в работу боковыми топочными устройствами							
1981–1993	900–1000	800–850	200–300	320–340	750–800	1070–1140	0,6–1,2
с выключенными боковыми топочными устройствами							
1981–1993	900–1000	800–850	200–300	340–360	750–800	1090–1160	2,0–3,0
1000-тонные генераторы ГГС-6							
с включенными в работу боковыми топочными устройствами							
1987–1991	900–1000	850–950	200–300	360–370	600–650	960–1020	1,0–1,5
1992–1993	900–1000	850–950	200–300	380–400	600–650	980–1050	1,0–1,5

Таблица 1. Основные технологические параметры переработки сланца в генераторах с поперечным потоком теплоносителя на режиме без газификации полукокса (окончание)

Table 1. Basic Operating Conditions of Processing Oil Shale at Retorts with Cross Flow of Heat Carrier Gas without Semicoke Gasification (the end)

Период испытания	Пропускная способность по сланцу, т/сут	Температура, °С		Удельный расход на процесс, м ³ /т			Содержание смоли в полукоксе, %
		теплоносителя	в газоотводах	воздуха	газа	суммарный	
РАС «Эсти Кивийли» 200-тонные генераторы:							
1975-1985	180-200	840-860	140-160	220-230	90-100	—	0,5-0,8
Удельная теплота сгорания перерабатываемого сланца по бомбе Q_d' 9,5-10,5 МДж/кг							
1990-1993	150-160	840-860	200-220	330-350	70-80	—	2,5-3,5
Удельная теплота сгорания перерабатываемого сланца по бомбе Q_d' 13,8-14,2 МДж/кг							
Сланцеперерабатывающий завод «Сланцы» 200-тонные генераторы							
1985-1993	150-170	800-850	190-210	300-350	600-620	900-970	2,5-3,0
Удельная теплота сгорания перерабатываемого сланца по бомбе Q_d' 12,0-12,5 МДж/кг							

*Замеряется расход обратного, поступающего только на охлаждение выгружаемого полукокса.

Таблица 2. Основные технологические параметры переработки сланца в генераторах с кольцевой камерой полукоксования и двумя топочными устройствами для приготовления теплоносителя [4, 5]
 Table 2. Basic Operating Conditions of Processing Oil Shale at Retorts with a Circular Retorting Chamber and Two Burners for Preparation of Gaseous Heat Carrier [4, 5]

Период испытания	Пропускная способность по сланцу, т/сут	Температура, °С		Удельный расход на процесс, м ³ /т		Содержание смолы в полукоксе, %
		теплоносителя	в газоотводах	воздуха	газа	
03-05.1985	240	775	160	250	400	0,4
РАС «Кивитер» (Q^d 13,5-13,8 МДж/кг) ГГС-5, генератор № 8						
03-07.1987	230	850	165	225	500	0,4
РАС «Ээсти Кивилли» (Q^d 9,5-10,5 МДж/кг)						
01-11.1986	235	850	167	232	425	1,3
11.1987	156	830	162	252	380	1,0
01-03.1988	165	830	148	220	365	0,9
Сланцеперерабатывающий завод «Сланцы» (Q^d 12,0-12,5 МДж/кг) Генератор № 6						
6.03-5.07.1989	271	830	153	231	313	0,3
28-29.08.1986	262	755	165	230	203	0,2
10.1986	243	800	170	259	523	0,5
04.1989-08.1990	240	835	142	253	432	—
12.05-5.07.1989	239	828	155	259	381	0,7
13.04.1989-2.05.1990	237	835	149	265	428	—
08-11.1986	235	784	180	256	438	0,5
16-19.07.1989	223	847	146	288	509	1,2
08.1986	205	820	156	346	431	—
Генератор № 17						
6.03-5.07.1989	271	830	153	231	313	0,3
28-29.08.1986	262	755	165	230	203	0,2
10.1986	243	800	170	259	523	0,5
04.1989-08.1990	240	835	142	253	432	—
12.05-5.07.1989	239	828	155	259	381	0,7
13.04.1989-2.05.1990	237	835	149	265	428	—
08-11.1986	235	784	180	256	438	0,5
16-19.07.1989	223	847	146	288	509	1,2
08.1986	205	820	156	346	431	—

этих агрегатах дутьевые головки демонтированы, и в нижнюю часть агрегатов ничего не подается. Это ухудшает равномерность распределения теплоносителя в слое камеры полукоксования, что и обуславливает довольно низкие расходы воздуха на процесс — явно недостаточные для полного извлечения смолы из сланца.

В то же время при переработке малообогащенного сланца (Q'_6 9,5—10,5 МДж/кг) на генераторах РАС «Ээсти Кивиыли» удельный расход воздуха на процесс длительное время был низким (220—230 м³/т) и при этом обеспечивал вполне удовлетворительное извлечение летучих продуктов при полукоксовании сланца. Генераторы с поперечным потоком теплоносителя РАС «Кивитер» и РАС «Ээсти Кивиыли» имеют сходное конструктивное оформление за исключением того, что на генераторах РАС «Ээсти Кивиыли» имеется дополнительное топочное устройство для нагрева слоя с холодной стороны камеры полукоксования [3].

Однако эта особенность конструкции генераторов РАС «Ээсти Кивиыли» не могла способствовать снижению удельного расхода воздуха на процесс. При переводе установки этого предприятия на переработку обогащенного технологического сланца удельный расход воздуха на процесс вновь возрос до 330—350 м³/т, то есть до уровня, достигнутого на генераторах РАС «Кивитер». Следовательно, низкие удельные расходы воздуха на генераторах РАС «Ээсти Кивиыли» были обусловлены в первую очередь переработкой малообогащенного сланца.

Большое различие в удельных расходах воздуха на процесс (от 220 до 400 м³/т) длительное время не находило удовлетворительного объяснения. Еще больше вопросов возникло, когда на предприятиях некоторые генераторы с ППТ были реконструированы по типу генераторов с кольцевой камерой полукоксования. Из табл. 2 видно, что при такой реконструкции на генераторах РАС «Кивитер» и СПЗ «Сланцы» удельный расход воздуха на процесс понизился очень существенно — до уровня 240—260 м³/т. При этом температура парогазовой смеси в газоотводах уменьшилась с 200—220 до 140—160 °С. Эти изменения мы объясняли более благоприятными условиями для равномерного распределения теплоносителя и эффективного теплообмена в слое, чем на обычных генераторах с ППТ [4]. Хотя такого объяснения для столь существенного уменьшения удельного расхода воздуха на процесс, очевидно, все же недостаточно.

В то же время при реконструкции одного из генераторов РАС «Ээсти Кивиыли» по типу генераторов с кольцевой камерой полукоксования в удельном расходе воздуха на процесс никаких изменений не произошло. Он сохранился, как и прежде, на уровне 210—230 м³/т.

Для того, чтобы разобраться в причинах приведенных выше особенностей переработки сланца в генераторах с ППТ, мы исследовали состав выгружаемого из них полукокса с различными пределами крупости. При этом, для определения степени диссоциации карбонатов (β , %) в различных классах полукокса, мы предложили использовать соотношение содержащегося в нем диоксида углерода и золы прокаливания [6]:

$$\beta = 100 - 244(\text{CO}_2)_M^d / A^d.$$

Таблица 3. Техническая характеристика полукокса с различными пределами крупности
 Table 3. Technical Characteristics of Semicoke of Different Size

Пределы крупности класса, мм	Выход класса, %	Рабочая влага, %	Содержание на сухое вещество, %			горючих*	S ^d	Содержание смолы в полукоксе, %	Степень диссоциации карбонатов, %
			(CO ₂) ^d	A ^d	C ^d				
РАС «Кивитер»									
ГГС-6, генератор № 1, 2.0-2.9.03.1990									
Суммарная проба	100,0	—	18,8	71,6	9,4	9,6	1,90	0,70	36,0
0-25	59,3	37,5	14,9	74,6	10,9	10,5	2,18	1,33	51,3
>25	40,7	25,5	25,2	67,9	7,0	6,9	1,27	0,20	9,5
ГГС-6, генератор № 2, 2.1-30.10.1987									
Суммарная проба	100,0	—	20,1	72,9	—	7,0	—	0,10	32,7
0-25	58,2	—	16,3	74,9	—	8,8	—	Нет	46,9
>25	41,8	—	25,3	70,0	—	4,7	—	0,20	11,8
ГГС-5, 1000-тонный генератор									
Суммарная проба	100,0	—	17,5	74,7	7,5	7,8	—	—	41,3
0-25	65,1	—	13,7	76,9	9,0	9,4	—	—	56,5
>25	35,9	—	25,8	69,8	4,4	4,4	—	—	9,8
РАС «Эсти Кививили»									
Генераторная установка, 27.03 и 9.04.1992									
Суммарная проба	100,0	31,0	17,5	68,3	10,1	14,2	1,92	2,22	37,5
0-25	63,0	36,2	14,4	70,3	11,6	15,6	2,18	2,62	50,0
>25	37,0	21,6	22,8	65,0	7,5	12,2	1,47	1,53	14,4

Таблица 3. Техническая характеристика полукокса с различными пределами крупности (окончание)
Table 3. Technical Characteristics of Semicoke of Different Size (the end)

Пределы крупности класса, мм	Выход класса, %	Рабочая влага, %	Содержание на сухое вещество, %			Содержание смолы в полукоксе, %	Степень диссоциации карбонатов, %	
			(CO ₂) _M ^d	A ^d	C ^d			горючих
Сланцеработывающий завод «Сланцы»								
Генераторный цех, 20-21.01.1982								
Суммарная проба	100,0	33,8	16,6	71,2	10,5	12,2	1,58	43,1
0-25	67,0	40,0	12,9	73,6	11,5	13,5	1,85	57,2
>25	33,0	21,3	25,1	65,7	8,2	9,2	1,03	6,8
Генераторный цех, 10-12.04.1990								
Суммарная проба	100,0	32,6	17,0	70,9	9,6	12,1	1,38	41,5
0-25	53,3	39,0	11,1	75,0	11,2	13,9	1,56	63,9
>25	46,7	23,6	24,3	66,9	7,9	8,8	1,00	11,4
Генератор № 6 с кольцевой камерой полукоксования, 13.05.1992								
Суммарная проба	100,0	-	15,7	67,9	-	16,4	-	43,6
0-25	70,0	-	13,4	67,6	-	19,0	-	51,6
>25	30,0	-	21,2	68,5	10,2	10,3	-	24,5
Генератор № 6 с кольцевой камерой полукоксования, 2.06.1992								
Суммарная проба	100,0	-	15,2	69,0	15,9	15,8	-	46,3
0-25	76,0	-	13,2	69,2	-	17,6	-	53,5
>25	24,0	-	21,5	68,0	-	10,5	-	22,9

* Определены по разности 100 - (CO₂)_M^d - A^d.

Таблица 4. Характеристика полукокса с различными пределами крупности, отбранного на генераторе № 7 с поперечным потоком теплоносителя из нижней части камеры полукоксования с её горячей стороны (ГТС-5, 23.09.1981)
 Table 4. Characteristics of Semicoke of Different Size Collected from the Hotter Side of Lower Part of the Retorting Chamber of Retort Nr. 7 with Cross Flow of Heat Carrier Gas (GGS-5, 23.09.81)

Показатель	Пределы крупности фракции, мм							Суммарная проба	
	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-2,5	2,5-5,6	5,6-10,0	10,0-20,0		>20,0
Выход фракции, %	8,3	5,0	5,2	8,3	8,9	8,2	13,8	42,3	100,0
Содержание на сухое вещество, %:									
диоксида углерода (CO ₂) ^d	3,7	7,2	8,6	7,1	6,1	4,5	3,8	3,5	4,6
зола прокаливания A ^d	89,1	88,4	89,8	89,8	93,9	92,9	96,5	97,8	94,4
углерода C ^d	6,8	9,2	8,4	7,5	7,0	6,8	4,2	3,3	5,2
серы общей S ^d	1,76	3,61	5,02	4,58	3,82	3,20	3,65	3,07	3,31
в том числе:									
сульфатной	0,47	0,64	0,68	0,60	0,56	0,77	0,35	0,31	0,45
пиритной	0,20	0,27	0,28	0,27	0,21	0,16	0,12	0,14	0,17
сульфидной общей	1,0	2,49	3,61	3,5	3,0	0,12	3,06	2,51	2,61
сульфидной водорастворимой	0,47	1,29	1,98	1,9	1,55	1,14	2,13	1,9	1,69
органической (по разности)	0,09	0,21	0,45	0,21	0,05	0,15	0,12	0,11	0,08
Химический состав зольной части, %:									
SiO ₂	36,4	30,6	27,8	28,4	31,0	32,9	28,6	19,3	25,9
CaO	33,9	33,9	36,7	36,4	36,4	36,0	41,8	51,8	43,3
MgO	4,62	3,85	4,36	4,36	4,62	4,5	4,74	4,88	4,66
Fe ₂ O ₃	5,88	7,34	7,34	7,34	6,86	5,39	4,41	3,92	5,17
Al ₂ O ₃	8,58	7,3	6,67	6,98	7,63	8,58	7,63	4,77	6,46
Na ₂ O	0,04	0,06	0,1	0,02	0,06	0,1	0,0	0,08	0,06
K ₂ O	4,9	3,56	3,76	2,91	3,65	4,38	3,19	2,17	3,06
SO ₃	5,32	10,8	14,1	12,8	10,4	7,71	7,98	5,88	7,92
Всего	99,64	97,41	100,83	99,21	100,62	99,56	98,35	92,80	96,53
Степень диссоциации карбонатов, %	90,0	80,0	76,6	80,7	84,2	88,2	90,4	91,3	88,1

Таблица 5. Зависимость характеристик полукоков РАС «Ээсти Кивийли» от качества технологического сланца
 Table 5. Characteristics of Semicokes of RAS "Eesti Kivioli" Depending on the Properties of Feed Oil Shale

Показатель	Период испытания							
	23.05- 3.06.1974	26.03- 2.04.1979	11- 20.10.1979	11- 27.06.1983	13- 20.11.1986	14- 15.03.1989	12- 18.09.1989	27.03 и 9.04.1992
Влага рабочая, % Удельная теплота сгорания по бомбе Q_6 , МДж/кг	8,0	7,9	8,0	9,9	10,0	10,0	10,0	8,9
	9,96	9,92	9,84	9,88	11,20	14,99	12,64	13,69
Пропускная способность по сланцу, т/сут Удельный расход воздуха, м ³ /сут	174	178	179	197	224	180	153	157
	240	220	225	220	240	310	312	345
Содержание на сухое вещество, %: диоксида углерода (CO ₂) ^d зоны прокаливания A ^d углерода C ^d серы общей S ^d в том числе водоастворимой Содержание смолы T ^{ак} , % Степень диссоциации карбонатов, % Удельная теплота сгорания по бомбе Q_6 , МДж/кг	Технологический режим							
	Полукокс							
	22,8	25,8	23,7	22,9	19,4	16,6	17,6	17,5
	68,3	69,0	70,8	70,3	68,9	69,5	68,1	68,3
	7,3	5,2	4,2	6,3	11,6	12,1	12,3	10,1
	2,01	1,45	2,02	2,32	2,30	2,14	2,42	1,92
	—	0,01	0,01	—	0,12	0,07	0,10	—
	1,3	0,5	0,7	0,7	2,9	4,3	1,8	2,2
	25,8	26,2	25,6	27,0	35,5	40,2	40,7	37,5
	2,32	—	—	—	—	5,23	4,14	4,37

Оказалось, что степень диссоциации карбонатов минеральной части сланца при его переработке в генераторах во многом зависит от крупности кусков самого материала — в крупных кусках полукокса карбонаты диссоциируются мало, а в мелких кусках этот процесс протекает очень интенсивно: 8–14 и 50–60 % соответственно (табл. 3).

При поступлении крупных кусков сланца на горячую сторону камеры полукоксования (то есть с той стороны, где в камеру полукоксования вводится теплоноситель), что имеет место на генераторах с кольцевой камерой полукоксования, карбонаты диссоциируются не более чем на 25–30 %. В случае, если на горячей стороне камеры полукоксования движутся мелкие куски сланца, степень диссоциации карбонатов в них достигает 70–80 % [7] и даже 90 % (табл. 4). При этих определениях пробы полукокса отбирали с горячей стороны камеры полукоксования из её нижней части.

Исходя из результатов исследования, для оценки характера сегрегации сланца при его загрузке в генераторы мы предложили использовать степень диссоциации карбонатов в крупных кусках полукокса. Чем выше этот показатель (максимальное его значение 25–30 %), тем крупные куски сланца при загрузке в генератор расположены ближе к горячей стороне камеры полукоксования, и наоборот — при удалении крупных кусков сланца от горячей стороны камеры полукоксования степень диссоциации карбонатов в крупных кусках опускается до 8–14 % и ниже. Но в последнем случае к горячей стороне камеры полукоксования будут ближе расположены мелкие куски сланца, и степень диссоциации карбонатов при этом возрастет. Вследствие такой сегрегации сланца неизбежно увеличится удельный расход воздуха на процесс и уменьшится выход смолы.

Отсюда практический вывод: чтобы уменьшить удельный расход воздуха на процесс и, как следствие, увеличить выход смолы, при загрузке в генераторы крупные куски сланца необходимо направлять на горячую сторону камеры полукоксования, поскольку в крупных кусках сланца диссоциация карбонатов минимальная и не превышает 35–30 %.

Именно такой характер сегрегации сланца в силу особенностей конструктивного оформления имеет место в генераторах с кольцевой камерой полукоксования. По-видимому, при переработке обогащенного сланца именно это решающим образом способствует возможности снизить удельные расходы воздуха до низкого уровня — 240–260 м³/т. При таких расходах воздуха выход смолы на генераторах с кольцевой камерой полукоксования должен составлять около 85 % от выхода смолы по Фишеру.

Небольшой глубиной разложения карбонатов удовлетворительно объясняется и особенность переработки малообогащенного сланца в генераторах с ППТ и в генераторе с кольцевой камерой полукоксования РАС «Ээсти Кивийли». Как было показано выше, в обоих случаях удельный расход воздуха на процесс был практически одинаковым и находился на уровне 210–230 м³/т. Это объясняется тем, что в случае переработки в генераторах с ППТ малообогащенного сланца, благодаря наличию в загрузке большого количества крупных кусков (из-за малого

содержания органической массы крупные куски имеют большую термомеханическую прочность), они при нагревании измельчаются мало и поэтому диссоциация карбонатов в них весьма незначительна (табл. 5). По этой причине заметных изменений — уменьшения диссоциации карбонатов минеральной части сланца при переходе на полукоксование в кольцевой камере не происходит (в обоих случаях на горячей стороне камеры полукоксования находятся крупные куски сланца).

Преимущества генераторов с кольцевой камерой полукоксования при переработке малообогатенного сланца проявляются в том, что в этом случае возможно равномерное распределение теплоносителя в слое, имеются хорошие условия для теплообмена и другие характерные для этой конструкции агрегата особенности [4].

При переводе же генераторов РАС «Ээсти Кивийли» на переработку обогатенного сланца картина существенно изменилась: имея пониженную термомеханическую прочность, сланец измельчается, и вследствие этого возрастает как глубина разложения карбонатов, так и удельный расход воздуха на процесс. Таким образом при переработке в генераторах с кольцевой камерой полукоксования обогатенного сланца наряду с характерными для этой конструкции особенностями эффективность переработки в них сланца существенно возрастает еще и благодаря тому, что заметно уменьшается расход воздуха на процесс — вследствие того, что крупные куски сланца концентрируются преимущественно на горячей стороне камеры полукоксования.

Таблица 6. Общая оценка степени диссоциации карбонатов минеральной части сланца при его загрузке в генераторы различной конструкции
Table 6. An Estimation of Dissociation Degree of the Carbonates Present in the Mineral Portion of Oil Shale at Its Charging to Retorts of Different Design

Пределы крупности проб полукокса, мм	Степень диссоциации карбонатов, %	Характерно для следующих установок
При направлении мелких кусков сланца в центральную часть камеры полукоксования (в среднюю по ходу движения теплоносителя)		
0–25	50–60	ГГС-6, генераторы РАС «Ээсти Кивийли» и СПЗ «Сланцы»
>25	8–14	
При направлении мелких кусков сланца в камере полукоксования преимущественно на горячую сторону		
0–25	80–90	ГГС-5, 200-тонные генераторы
При направлении крупных кусков сланца в камере полукоксования преимущественно на горячую сторону		
>25	25–30	СПЗ «Сланцы», генераторы с кольцевой камерой полукоксования

Таким образом, удельный расход воздуха на процесс во многом определяется характером сегрегации сланца при его загрузке в генераторы. На генераторах с ППТ, по сравнению с другими конструкциями, на этот параметр можно довольно легко влиять с помощью несложных технических решений (например, устанавливая в промежуточных загрузочных коробках наклонные поверхности или изменяя расположение загрузочных устройств над камерами полукоксования и т. д.) [8]. В этом направлении, которое представляется нам весьма эффективным, сделано еще очень мало.

Чтобы приблизительно оценить характер сегрегации сланца при его загрузке в генераторы, целесообразно ориентироваться на показатели, приведенные в табл. 6. С точки зрения достижения наиболее высокого выхода смолы наилучшие условия, как уже отмечалось выше, обеспечиваются только на генераторах с кольцевой камерой полукоксования, когда крупные куски сланца при загрузке направляются преимущественно на горячую сторону камеры полукоксования. Поэтому на других конструкциях генераторов возможности изменить характер сегрегации сланца представляют собой заметные резервы для увеличения выхода смолы.

Выводы

1. Установлено, что в случае генераторов с поперечным потоком теплоносителя при загрузке сланца-кукерсита в центральную часть камер полукоксования (по ходу движения теплоносителя) для крупных кусков сланца (свыше 25 мм) степень диссоциации карбонатов находится на уровне 8–14 %, а для мелких (0–25 мм) — на уровне 50–60 %. Когда крупные куски сланца перемещаются на горячую сторону камер полукоксования, диссоциация карбонатов достигает своего максимума — 25–30 %. В случае же, когда на горячую сторону камер полукоксования поступает мелкий сланец, степень диссоциации карбонатов достигает 80–90 %. Следовательно, при загрузке сланца в генераторы с поперечным потоком теплоносителя его сегрегация по крупности кусков существенно влияет на диссоциацию карбонатов при полукоксовании сланца. По степени диссоциации карбонатов в крупных кусках полукокса можно судить о том, каков характер сегрегации загружаемого в генератор сланца.

2. Для того, чтобы максимально увеличить выход смолы, загружая сланец в генераторы, необходимо крупные его куски направлять в основном на горячую, а мелкие — на холодную сторону камер полукоксования. При этом обеспечивается минимальное разложение карбонатов и, как следствие, наименьший удельный расход воздуха на процесс. Желательно, чтобы часть крупных кусков загружаемого сланца удавалось направить и к торцевым (боковым) стенкам камер полукоксования, где при переработке сланца в генераторах как правило имеют место негативные последствия, связанные с его битуминизацией и прилипанием материала к боковым стенкам.

3. При переработке сланца в генераторах удельный расход воздуха на процесс изменяется в широких пределах — от 220 до 400 м³/т, что во многом определяется характером сегрегации сланца при его загрузке в генераторы и качеством технологического сырья.

3.1. Направлять основное количество крупных кусков на горячую сторону камер полукоксования проще всего на генераторах с кольцевой камерой. Именно эта их особенность решающим образом способствовала тому, что при переработке в них обогащенного сланца удельный расход воздуха на процесс снижался с 360–380 до 240–260 м³/т.

В случае остальных конструкций генераторов с поперечным потоком теплоносителя, характер сегрегации сланца при загрузке далек от оптимального, и поэтому эти генераторы имеют за счет изменения указанного параметра значительные резервы, позволяющие увеличить выход смолы.

3.2. При переработке в генераторах малообогащенного сланца, который имеет сравнительно высокую термомеханическую плотность, крупные куски исходного сланца практически не измельчаются и поэтому степень диссоциации карбонатов минеральной части сланца, независимо от конструктивного оформления агрегата, остается довольно низкой и характерной для крупных кусков сланца (25–30 %).

4. В случае генераторов с поперечным потоком теплоносителя, по сравнению с другими конструкциями генераторов, управлять сегрегацией сланца, загружаемого в генераторы, сравнительно легко (например, можно устанавливать в промежуточных загрузочных коробках наклонные плоскости или изменять расположение загрузочных устройств над камерами полукоксования). Это направление совершенствования генераторов весьма эффективно, однако до сих пор практически не реализовано.

INFLUENCE OF SEGREGATION OF OIL SHALE AT ITS CHARGING TO RETORT ON RETORTING EFFICIENCY

V. YEFIMOV, J. PULEMYOTOV, S. DOILOV

Summary

The yield of oil at retorting shale-kukersite in vertical retorts (generators) depends greatly on special consumption of air for the process - the lower the better. However, during retorting special consumption of air for the process considerably changes - from 220-230 to 380-400 м³/t (Tables 1 and 2).

It is found that at charging oil shale to retort with cross flow of heat carrier gas (from periphery of the retorting chamber towards its centre) dissociation degree of carbonates is 8-14 % for large particles (exceeding 25 mm) and 50-60 % for smaller particles (Table 3). At translocation of large shale particles to the hotter side of the retorting chamber the dissociation degree of carbonates is of its maximum value - 25-30 %. In case of smaller particles the value increases to 80-90 % (Table 4). Therefore, segregation of oil shale particles according to their size during shale charging to a retort with cross flow of heat carrier has a considerable effect on the dissociation of the carbonates present in the mineral portion of oil shale at retorting process. It is possible to estimate the character of segregation of the feed shale by the dissociation degree of carbonates of semicoke large particles.

In order to increase the yield of oil it is necessary to direct at shale charging the majority of large particles towards the hotter side and the majority of smaller particles towards the cooler side of the retorting chamber. This leads to a reduced dissociation of carbonates as well as lowers special consumption of air for the process.

The most favourable conditions for directing the basic amount of large shale particles to the hotter side of retorting chamber exist in retorts with a circular processing chamber. Just this feature of the design enables to reduce special consumption of air for the process from 360-380 to 240-260 m³/t at retorting enriched oil shale. In other types of retorts with cross flow of heat carrier the character of segregation of oil shale at its charging is far from optimal. So, changing the above-mentioned parameter of the latter is an additional reserve for increasing the yield of oil (Tables 5 and 6).

On retorting slightly enriched oil shale with relatively high thermomechanical strength, the large particles of the initial material do not crush, practically. Therefore the dissociation degree of the carbonates present in oil shale stays on a quite low level - 25-30 % irrespective of the design of the unit (Table 5).

In retorts with cross flow of heat carrier, in comparison with retorts of other types, it is comparatively easy to control segregation of oil shale at its charging (for example, using inclined planes in some charging cone or translocating the placement of charging device above retorting chambers).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов В. М., Кундель Х. А., Дойлов С. К. Влияние вторичных пиролитических процессов на выход и свойства продуктов термической деструкции горючего сланца // Горючие сланцы. 1990. Т. 7, № 3-4. С. 275-285.
2. Ефимов В. М., Пийк Э. Э., Лёэпер Р. А., Жураковский Ю. П. Особенности температурного режима переработки сланца-кукерсита в генераторах // Там же. 1993. Т. 10, № 2-3. С. 195-204.
3. Ефимов В. М., Раад Х. Э., Дойлов С. К., Шаганов Ю. В. Об опыте переработки в газогенераторах кускового сланца с пониженной теплотой сгорания // Химия тв. топлива. 1983. № 3. С. 123-127.
4. Yefimov V., Rooks J., Nazinin N., Vakulov K. Experience of improving retort technology for processing large particle kukersite // Oil Shale. 1993. V. 10, No. 1. P. 3-14.
5. Yefimov V., Nazinin N., Piik E., Looper R. Oil shale generators with circular retorting chamber // Ibid. 1991. V. 8, No. 1. P. 50-59.

6. Ефимов В. М., Лёпер Р. А., Дойлов С. К., Цыплаков П. Н. Влияние качества сланца-кукерита на диссоциацию карбонатов его минеральной части при переработке в генераторах // Горючие сланцы. 1992. Т. 9, № 2. С. 159–173.
7. Рокс И. Х., Ефимов В. М. О некоторых закономерностях газообразования в газогенераторах с поперечным потоком теплоносителя // Процессы переработки и продукты термического разложения горючих сланцев // Тр. НИИсланцев. 1975. Вып. 20. С. 59–66.
8. Ефимов В. М., Пийк Э. Э., Лёпер Р. А., Петая Л. И. Сегрегация сланца в генераторах с поперечным потоком теплоносителя // Горючие сланцы. 1989. Т. 6, № 2. С. 202–205.

Поступила в редакцию 9.08.1994

Received August 9, 1994