한국환경분석학회지 제8권 (제4호) 00~00, 2005
J. of the Korean Society for Environmental Analysis

유동층 운전 조건에 따른 잣나무 톱밥의 열분해 생성물 수율변화

양현재 · 김남찬*† · 엄민섭*
(주) SH엔지니어링, 광운대학교 환경공학과*

Yield Variations in Pyrolysis of Pinus Koraiensis Sawdust at Various Fluidized Bed Operating Parameters

Hyun-Jae Yang, Nam-Chan Kim*†, and Min-Seop Eom*

SH Engineering Co., Younghwa Building, 205-5, Nonhyon-Dong, Kangnam-Gu, Seoul, Korea
Department of Env. Eng., Kwangwoon University, 447-1, Wolgye-Dong, Nowon-Gu, Seoul, Korea

Fluidized bed process is one of the various pyrolysis techniques. It is very suitable to promote generation of various pyrolytic products because of high heat transfer rate and mixing effect. Research on various operating parameters is very important to optimize the pyrolysis process. Therefore, this study was performed to observe yield variation of pyrolytic products at different operating parameters in a fluidized bed reactor. From the experimental results, optimum conditions was obtained as follows; U0/Umf : 4.0, L/D ratio : 2.0, feeding rate : 2.0 g/min, and bed particle size: 40 um.

Key words : Fluidized bed process, Operating Parameter, Pyrolysis. Product Yield

1. 서 론

환경규제가 엄격해지면서 목재와 같은 바이오매스의 열분해는 연료 및 다양한 화학원료물질의 회수가 가능하여 환경 친화적 폐기물 처리기술로서 정착될 것으로 기대되고 있어 경쟁력을 확보하기 위해서라도 기술 개발에 적극적인 지원과 투자가 필요한 시점이다.[1)]

본 연구에서는 반응기 내의 입자가 거의 균일하게 혼합되고 입자와 유체의 접촉이 우수한 장점이 있어 많은 연구가 이루어지고 있는 유동층 열분해에서 운전조건에 따른 열분해 생성물의 수율변화를 관찰하고 최적의 운전조건을 도출하고자 한다.

2. 실험방법

2.1. 시료

본 연구에 사용된 pinus koraiensis의 톱밥은 Table 1에서 보는 바와 같이 수분 7.25%, 휘발분은 82.39%, 고정탄소 10.03%, 회분 0.33%를 나타내었으며, 원소분석 결과 C 52.42%, H 6.93%, N 0.13%, S 0.01%, O 40.51%의 조성을 보였다. 또한 실험을 위해 110~120°C에서 48시간 건조했으며, 입도는 250~850 μm 사이의 크기를 사용하였다.

2.2. 실험장치 및 방법

본 연구에 사용된 유동층 열분해 장치를 Fig. 1에 도시하였다. 유동층 반응기는 스텐레스강 (SUS-304)를 이용하여 내경 7.62 cm, 높이 80 cm로 제작되었으며 하부에는 sinterred 타입의 분사판과 예열기를 설치하였다. 시료는 DC motor controller로 조절되는 screw feeder에 의해 주입되었고, 반응기 외부의 heat jacket과 예열기는 PID-controller로 조절하였다. 가스공급장치 (MFC: MGF-Series, Rich Field)를 사용하여 유동화 기체인 질소를 공급하였으며 열분해오일의 회수를 위해 콘덴서와 전기집진기를 설치하였다.

유동층 운전조건에 따른 열분해 생성물의 수율변화를 관찰하기 위해 온도 400°C에서 Uo/Umf 2.0~6.0, L/D 1.0~3.0, 시료 투입률 2.0~5.0 g/min

†To whom correspondence should be addressed.

Table 1. Proximate analysis and Elemental analysis of agricultural wastes

	Proximate analysis (wt%)				Elemental analysis (wt%)				
	Moisture	V. M.	Ash	Fixed carbon	C	H	N	S	O
Pinus Kora.	7.25	82.39	0.33	10.03	52.42	6.93	0.13	0.01	40.51
Larix leptolepis	6.27	78.11	0.58	15.04	44.83	5.98	0.24	0.02	48.39
Pine nut shell	8.69	77.52	0.53	13.26	49.4	6.90	0.33	0.03	43.34
Gingko shell	6.8	79.29	0.45	13.46	48.6	7.01	0.39	0.03	43.97
Peach chip	3.07	78.52	0.17	18.24	47.60	6.10	0.80	0.001	45.50
Persimmon chip	1.95	80.41	0.55	17.09	46.85	6.22	1.18	0.03	45.72
Chest nut chip	1.91	77.20	0.33	20.56	47.10	5.81	0.90	0.01	46.18

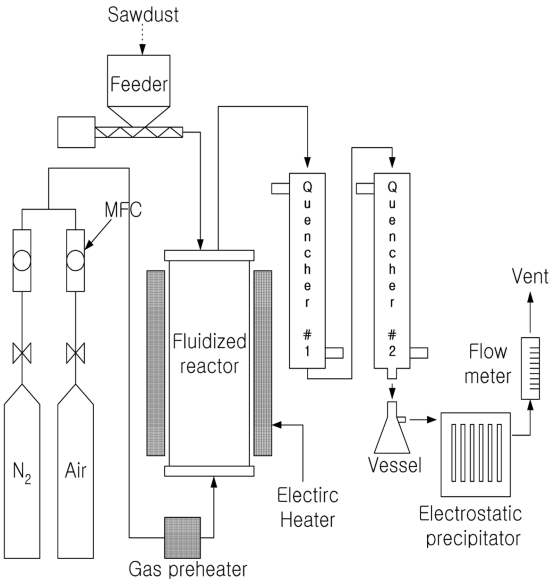

Fig. 1. Schematic diagram of bubbling fluidized bed reactor system.

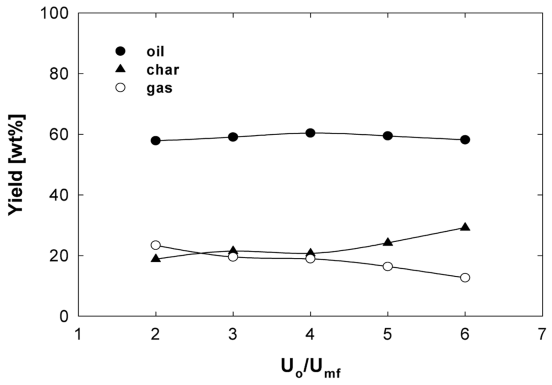

Fig. 2. Effect of Uo/Umf on the product yields (Uo/Umf: 2.0~6.0, L/D: 2.0, 2.0 g/min, 40 μm, 400°C).

및 유동사 입자 크기 40~128 μm 조건에서 실험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Uo/Umf에 따른 생성물의 영향

Uo/Umf 변화에 따른 생성물의 수율변화를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 가스유속이 Uo/Umf = 4.0 이상으로 증가하게 되면 차르의 생성량이 다소 증가하며 오일 수율이 약간 감소하는 경향을 나타내었으나 예상했던 것 보다 수율상의 변화가 크지 않았다. 그러나 생성된 오일의 성상을 보면 Uo/Umf = 2.0의 경우 tar와 같은 고점도 오일의 생성이 감소하고 수분을 함유한 오일상이 증가하였으나 Uo/Umf = 6.0에 이르면 가스체류시간의 감소로 tar 생성이 늘어나고 콘덴서에 응축된 수분함유 오일상이 다소 감소함이 확인되었다[2].

3.2. L/D에 따른 생성물의 영향

Fig. 3에서 보는 바와 같이 L/D 1.0에서 L/D 2.0에 비해 오일수율이 12% 감소하였다. 이것은 bed height가 낮아지면서 bed material의 양이 감소하였고 그 결과 실제로는 시료 투입률을 증가시킨 것과 같은 효과를 보인 것으로 판단된다.

3.3. 투입률에 따른 생성물의 영향

실험결과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 2.0 g/min에서 최고 효율을 나타내었다. 투입률이 2.5배 증가함에 따라 오일수율은 7% 감소하였다. 이것은 투입률이 증가함에 따라 과도하게 투입된 톱밥이 반응기내에서 적정 온도 유지를 방해하며 그 결과 bed내에서 미 반응된 톱밥의 경우 slow pyrolysis가 일어났기 때문으로 판단된다. 가스성분의 수율이 투입률 증가에 따라 3.5% 증가한 것도 이러한 사실을 뒷받침한다.

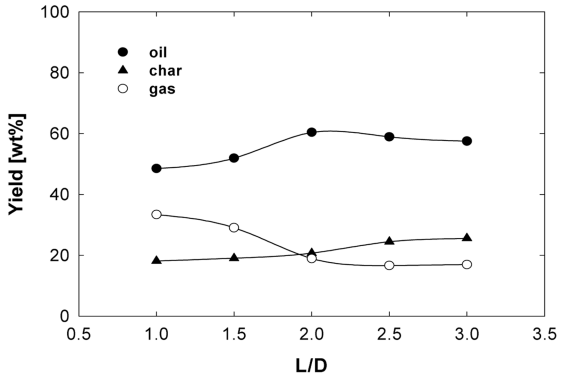

Fig. 3. Effect of L/D on the product yields (Uo/Umf: 4.0, L/D: 1.0~4.0, 2.0 g/min, 40 μm, 400°C).

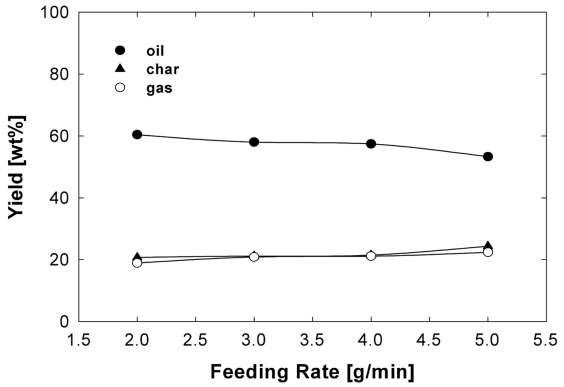

Fig. 4. Effect of feed rate on the product yields (Uo/Umf: 4.0 L/D: 2.0, 2.0~5.0 g/min, 40 μm, 400°C).

3.4. 유동사 입자 크기에 따른 생성물의 영향

Fig. 5에서 보는 바와 같이 열분해 오일과 같은 액체 생성물의 수율에는 크게 영향을 미치지 않았으나 입자 크기와 가스수율에는 상대적으로 영향이 있는 것으로 나타났다. 열분해 오일의 수율 자체는 크게 차이가 없

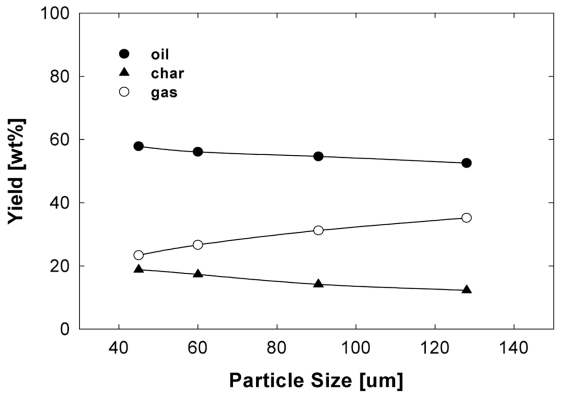

Fig. 5. Effect of sand size on the product yields (Uo/Umf: 4.0, L/D: 2.0, 2.0 g/min, 40~128 μm, 400°C).

으나 오일의 조성을 변화시키는데 상당한 영향3)을 주는 것으로 판단되었다.

4. 결 론

각각의 유동층 운전조건에 따른 열분해 생성물의 수율변화는 예상보다 크지 않았으나 조성의 차이가 존재하였다. 본 연구에서 최적의 유동층 열분해 운전조건은 U0/Umf : 4.0, L/D : 2.0, 투입률 2.0 g/min 및 유동사의 크기 40 um로 도출되었다.

참고문헌

1. 김승도, *화학세계*, **1999**, 39(7), 37-40.
2. Maria D. Guillen and Maria L. Ibargoitia, *J. Agric. Food Chem*, **1998**, 46(4), 1276-1285.
3. S. P. R. Katikaneni, J. D. Adjaye and N. N. Bakhshi, *Can. J. Chem. Eng.*, **1995**, 73 484.