

바이오매스 변환을 위한 Dual 유동층 가스화공정의 개발

2. 국내외 관련기술의 현황(계속)

다. 일본 및 중국의 연구 그룹

일본 IHI의 Xu et al.(2006)은 다양한 조합의 dual 유동층 반응기에서 바이오매스 가스화를 시도하였다. 그들은 기포유동층에서 바이오매스의 열분해와 가스화가 진행되고 pneumatic transported riser (PTR)에서 바이오매스 최의 연소가 일어나며 순환하는 고체가 연소기에서 가스화기로 열을 전달하는 순환유동층의 형태의 반응기를 제작하였다 (Fig. 1-4 (a)) 이들의 연구에서 주목할 점은 riser와 gasifier간의 intermixing을 방지하기 위하여 가스화기는 특별히 고안된 bed 구조를 갖고 있는데, 이 구조를 'reactor siphon'이라 부른다. Reactor siphon은 연료의 열분해와 가스화 반응이 가스화기에서 일어나도록 하면서, bed를 통한 입자의 흐름을 조절하는 역할을 한다. Fig. 1-4(b)에서 보는 reactor siphon은 riser seal과 downcomer seal을 분리해 두 seal 사이의 공간이 생기도록 한다. 이 공간은 하나의 reactor로써 반응물 feed와 반응된 배기가스를 배출하는 공간으로 작용한다. 보통의 기포유동층 반응기는 (비산되는 입자만 제외한다면) bed로 유입되는 입자가 완벽한 전환이 일어날 때까지 충분히 긴 체류시간을 갖게 되는 반면, siphon의 경우에는 고체를 순환시켜야 하기 때문에 전체적인 반응은 제한적인 체류시간을 갖게 된다. 따라서 적절한 체류시간을 가지면서 전체적인 고체의 흐름이 원활하도록 조절해야 한다. 건조된 커피분말을 사용한 가스화 조업 결과를 Table 1-3에 나타내었다. 일본 Tsukuba에 위치한 AIST와 동경공업대학의 Suzuki와 Namioka는 CFB 가스화기와 BFB 연소기로 이루어진 DFBG의 실험에 관한 결과를 발표하였는데 [Suzuki et al., 2005a; 2005b] 이 결과를 Table 1-3에 정리하였다. 홋카이도 대학교의 Hayashi et al.(2006)은 dual 유동층 가스화기에서 “저 등급 고체연료”에 관한 흥미로운 이론적 연구를 발표하였다. 마지막으로 EBARA사에서 바이오매스 (RDF나 폐기물) 가스화 관련 기술이 개발되고 있는데, EBARA사의 내부순환유동층 가스화기(ICFB)는 dual 유동층 가스화기와 다른 것 같지만, 실제로는 개념이 유사하다.

중국의 경우 베이징의 Institute of Process Engineering에서 1990년 초에 100kg/h 용량을 가지는 dual 유동층 가스화기를 설치하여 조업한 적이 있다. 대련의 Dalian University of Technology에서 Xu et al. (2006)은 ECCMB라 불리는 lab-scale (1kg/h)의 DFB 바이오매스 가스화 시설을 운전하고 그 결과를 발표하였다. 흥미롭게 가스화기는 이동층 (moving bed)으로 조업되었으며 실험 결과는 Table 1-3에서 볼 수 있다. 한편 항주 Zhejiang University의 Fang, Cen 등 (2005)은 1MW급 DFB-based 가스화 시설을 우선은 석탄으로 운전해오고 있다. 역시 북경의 Institute of Engineering Thermophysics의 연구자들은 근래에 DFB에 근거한 가스화기를 특허를 확보한 바 있다[Lu et al., 2006].

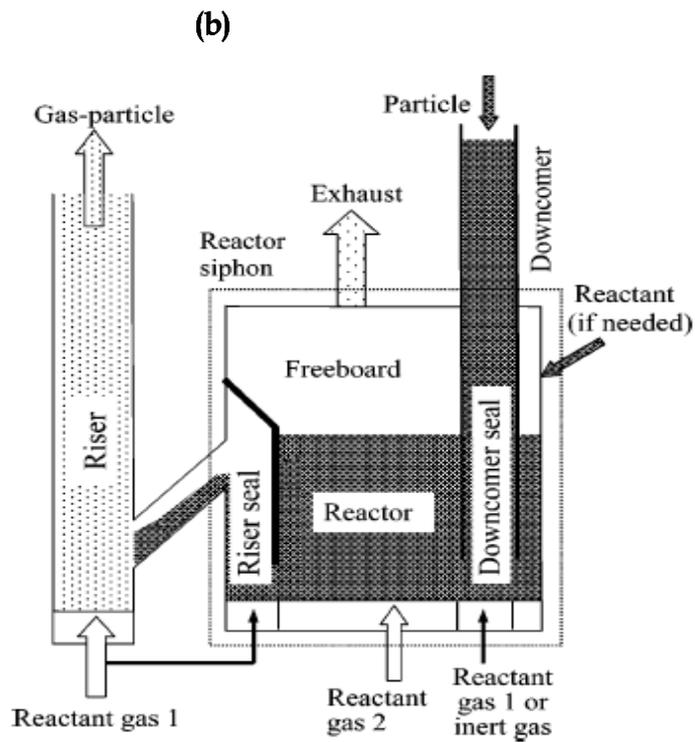
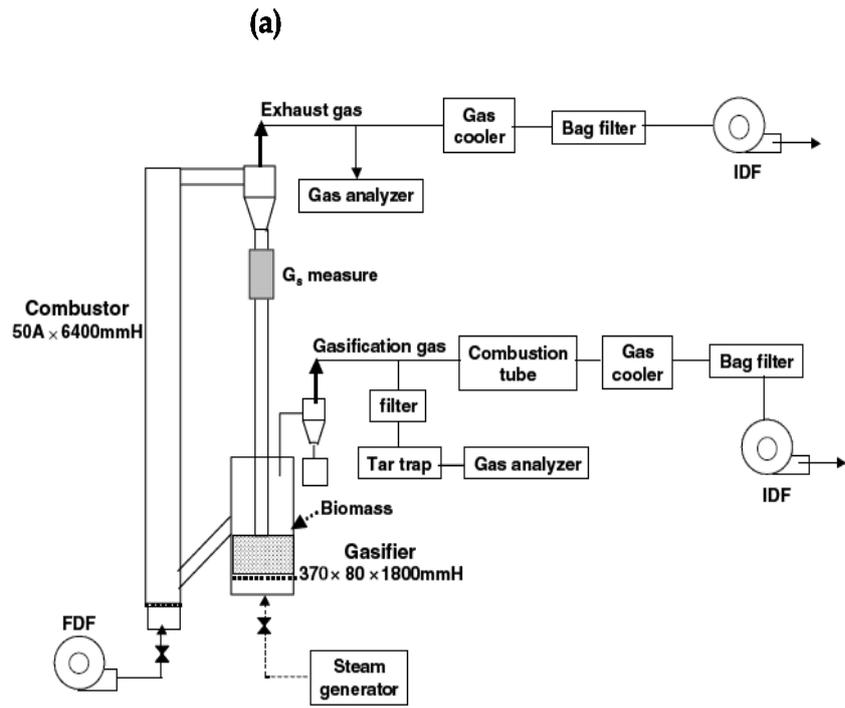


Fig. 1-4 Schematic of (a) pilot dual fluidized bed gasifier and (b) reactor siphon

Table 1–3. DFB–Based Gasifiers in Japan and China

| parameter | Xu et al. | Suzuki and workers | Wei and co-workers | Fang et al. |
|---|---|--|--|---------------------------|
| location of the authors | Yokohama, Japan | Ibaraki, Japan | Dalian, PRC | Hangzhou, PRC |
| Gasifier | | | | |
| gasification agent | steam | steam | steam | steam, fuel (recycle) gas |
| feedstock | dried coffee grounds | cedar, oak sawdust | pine sawdust | coal |
| capacity (kg _{a.r.} /h) | 2.8–5.0 | 0.1 | 1.0 | 200 |
| internal diameter (at the bottom zone) (cm) | 8 × 37 | 2 | 2.8 | 30 |
| throughput (kg/(h m ²)) | 121 | | | |
| effective (internal) total height (m) | 0.98 + 0.70 | 2 | 0.1–0.5 | 7.2 |
| temperature (°C) | 792 | 600 ~800 | 650–800 | 750 |
| pressure (at the top of the gasifier) | atmospheric | atmospheric | 0.1 MPa | –1000 to 1000 Pa |
| Regenerator/Combustor | | | | |
| type | riser (HVFB) | BFB | riser | CFB |
| internal diameter (cm) | 5.27 | 12 | 2.8 | 85 |
| total height (m) | 6.4 | 1.5 | 3.0 | 11.2 |
| temperature (°C) | 810 | 900–950 | 850–900 | 950 |
| pressure (at the top of the regenerator) | atmospheric | atmospheric | 1.012 MPa | –100 Pa to 100 Pa |
| sorbent or catalyst or in-bed or in-sy stem circulating material, C | sand | γ-alumina | olivine, limestone/olivine (50/50) | limestone |
| circulation, cycling or recycle ratio, C/F [(kg C/h)/(kg feedstock _{a.r.} /h)] | ? | 55 | 5–30 | 10–20 |
| Results | | | | |
| tar content (g/Nm ³) ^b | 24–30 | | 0.7 ^c –3.1 | |
| LHV gas (MJ/Nm ³) ^b | 15.8 (HHV) | 16 (at 973 K) | 10.2 ^c –13.4 | 14.9 |
| carbon conversion (%) | 70 | 35 (at 973 K) | 60.8–82.0 ^c | 30 |
| H ₂ content (vol %) ^b | 11.5 | 45.1 | 38.1–53.3 ^c 63.3–73.6 ^d | 45.1 |
| remarks | tests were made with a very low gasifier throughput | external heating (laboratory -scale setup) | | |

^aa.r. = as received. ^bDry basis. ^cAt 800 °C; bed height = 0.5 m. ^dAt 800 °C; bed height = 0.3 m.