

3. 유럽

가. 독일

1) 기술수준 및 R&D 동향

독일에서 연구되어온 주요석탄 액화 공정은 3가지로서 Kohleoel 공정 (그림 8), Pyrosol 공정 그리고 high pressure hydrogenation 공정이 있다.

첫째로, Kohleoel 공정은 기본적으로 Bergius-Pier 공정을 개선한 것으로 독일의 대표적인 공정이라 할 수 있다. 고온 (477℃) 및 고압 (300 기압)의 반응조건을 요하며, 촉매는 값이 싼 철이 함유된 진흙 (red mud) 을 슬러리 촉매로 사용한다. 이 공정은 Bottrup에서 200톤/일 규모로 1981년부터 1987년까지 가동되었으며, 이 기간동안에 기상 고정층 수소화 반응기를 두 번째 단위 공정에 설치함으로써 품질이 우수한 경질유분을 얻고자 하였다. 이 공정은 1987년에 시험 완료된 후로 석유의 진공 잔사를 처리하기 위한 목적으로 가동되고 있다.

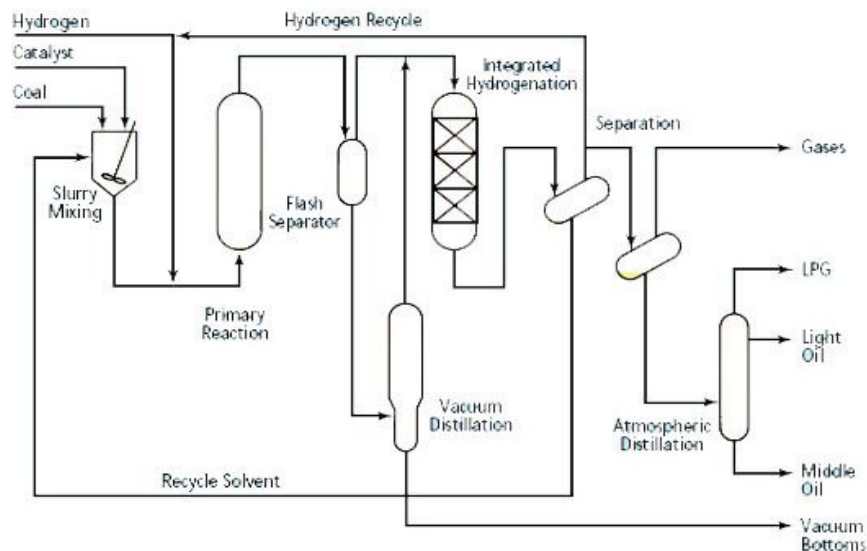


그림 1. Kohleoel 액화 공정도

둘째로, Pyrosol 공정은 1985년에 6톤/일 규모로 Saarbergwerke AG에서 개발한 2단 공정으로서 첫단에서 Kohleoel 공정과 마찬가지로 철성분의 함유량이 높은 진흙을 촉매로 이용하여서 200기압하에서 석탄을 분해시킨 후 두번째 단에서는 분리된 수소화 잔사를 수소 분위기하에서 코우킹시키게 되는 공정이다. 이 때 코우킹 반응에서 일부 생성된 증류유는 석탄 액화 용매로 사용된다. 이 공정의 주요한 특징은 수소 소모량이 약 4% 정도로 낮음에도 불구하고 약 57%의 액화유를 생산할 수 있다는 점이다.

마지막으로, high pressure hydrogenation 공정은 기존의 석탄 액화 공정이 조업조건을 완화 방향으로 진전되는 것과는 달리 680-1500기압의 고압 및 510℃의 고온반응조건을 이용하며, 이때 사용되는 촉매는 진흙을 이용한다. 이와 같은 극심한 반응조건에 따른 높은 반응속도 및 짧은 반응시간을 이용하는 것이 이 공정의 주요핵심이라 할 수 있다. Salzgitter AG에 의하여 착안된 이 공정은 1984년 2톤/일 규모의 연속시험 공정이 가동되었으며, 최대 오일 수율은 약 59%정도이며 수소 소모량은 약 6% 정도가 된다고 알려져 있다.

나. 영국

1) 기술수준 및 R&D 동향

영국 British Coal Corporation이 1973년에서 1995년까지 개발한 Liquid Solvent Extraction (LSE) 석탄액화공정은 2.5톤/일 규모의 파일럿공정으로 4년간 연구개발이 수행되었다. 그 결과를 바탕으로 65톤/일 규모의 데모설비의 상세 설계를 하였으나, 건설계획은 아직 없다.

이 공정은 1달에서 저압 열액화 반응에 의한 용매 추출 공정(digester)과 2단에서의 중질 액화유성분의 고정층 수소화 분해 반응 공정(hydrocracker), 그리고 재순환 용매의 수소공여능력 보강을 위한 수소화 반응 공정으로 특징지을 수 있다. 용매 추출 공정에 있어서의 반응조건은 400-460℃이며 수소화 분해 반응기는 200기압, 465℃이며 수소화 분해

반응기는 200기압, 465℃정도가 된다.

이 공정의 중요한 특징은 digester에서 배출되는 액화유와 미반응 잔사를 분리하기 위하여 기존의 여과장치를 사용한다는 것이며 이는 증류공정을 단순화시킬 수 있으며 촉매의 비활성화 현상을 최소화 할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한 hydrocracker에서는 가솔린과 경유 이외에 피치성분이 부산물로 생성되는데 이를 이용하여 코우커에서 전극코우크가 부산물로 생산 된다.

V. 해외 주요 국가의 시장동향 분석

1. 미주

가. 미국

상용화 석탄직접액화 사업에 대해 세계적으로 최대 석유소비국 미국이 가장 적극적이다. 상용화는 남아공에 뒤졌지만 미국은 이 분야 최고의 기술을 자랑하고 있다. 미국은 석탄액화 사업 활성화를 위해 지난 2005년 에너지법안 (EPACT 2005)을 제정했으며 석탄 가스화 사업자에 세금혜택과 용자 등을 지원하고 있다.

미국은 알려진 곳만 7개 주에서 석탄액화 사업을 벌이고 있다. 주로 대규모 탄전지대가 있는 주들이 나서고 있다. 와이오밍 주는 DKRW 에너지사가 오는 2010년 하루 3만 배럴 규모의 인조석유를 생산할 계획으로 27억 달러 규모의 프로젝트를 진행 중이다. 애리조나 주는 헤드워터사 (Headwater)와 호피 트라이브 (Hopi Tribe)사 간의 협력 양해각서 (MOU) 체결을 통해 하루 1만 배럴 가량의 인조 석유를 생산할 방침이다. 또한 노스다코타주 역시 헤드워터사와 그레이트 리버 (Great River) 에너지사 및 석탄회사등 3자가 MOU를 체결, 하루 1만-5만 배럴 규모를 생산하는 사업을 진행 중이며 오하이오 주는 Baad 에너지사가 Shell 사의 가스화 및 액화공정을 이용, 하루 3만5000배럴 규모의 생산 공장 건설을 추진하고 있다.

이밖에 미국은 세계 석탄매장량의 11%를 보유한 것으로 알려진 몬태나주와 미시시피 주, 펜실베이니아 주 등에서 각각 석탄액화사업을 추진하는 등 동시다발적으로 석탄액화공장 건설을 진행하고 있다. 펜실베이니아 주립대의 프랭크 클레멘테 교수는 미국의 석탄액화와 관련 "석탄액화는 수송용 에너지 확보의 유일한 대안"이라면서 "미 전역에서 석탄액화에 나설 경우 하루 2500만 배럴의 원유를 확보할 수 있을 것"이라고 발표하기도 했다.

또한 미 공군은 최근 석탄에서 추출한 액화석유로 B-52기를 운행하는

실험을 성공적으로 마쳤다고 보고 되었으며, 미 국방부는 2016년까지 전투기 등의 운항에 필요한 연료의 절반을 액화석유등의 대체에너지로 충당할 계획이다. 미 국방부의 이 같은 계획은 석유를 무기로 사용하려는 중동국가들의 정치적 압력이나 테러 및 전쟁 등의 이유로 중동산 석유수입이 끊길 수 있고, 자연재해나 테러에 의해 미국 내의 정유시설이 파괴될 수 있다고 판단하여 수입이 많은 석유의존도를 줄여 안정적인 운항을 가능토록 하기 위해서다.

통계에 따르면 중동의 석유매장량은 6850억 배럴로, 미국의 석유 매장량 220억 배럴에 비해 30배 이상 많다. 그러나 미 국방부는 석탄 매장량이 풍부한 미국에서 석탄을 액화석유로 전환하는 기술을 상용화할 경우 9640억 배럴의 석유를 생산할 수 있을 것으로 추정하고 있다. 또한 석탄에서 석유를 추출할 경우 파운드당 발산되는 에너지가 원유보다 많아 더 깨끗한 연료를 생산할 수 있고, 운송비를 줄일 수 있는 등 장점이 많다는 주장이다.

2. 아시아

가. 일본

일본은 석탄 직접액화공정에 대한 개발로서 NEDOL 공정 (1983-2000년, 18년간)과 BCL (Brown Coal Liquefaction) 공정 (1981-2002년, 21년간)을 추진하여 왔다. 일본은 18년간 개발한 NEDOL 석탄직접액화공정을 만주와 내몽골 지역에 상용 플랜트 건설을 추진하고 있으나, 내몽골 지역 프로젝트는 미국 HTI 사가 수주하여 건설 중에 있고 만주 쪽에서도 지난 10여년 이상 공을 들여오고 있으나 실제 상용 플랜트 프로젝트로는 연계가 안되고 있다. NEDOL 공정에서는 고온고압에서 석탄슬러리를 철촉매하에서 용매로부터 수소공여 반응을 시켜 액화유를 합성하는 반응이 핵심이다.

BCL 공정개발은 50톤/일급 파일롯 설비를 호주에 건설하여 실증하였다. 현재 일본정부는 석탄액화에 대한 대형 설비실증 기술개발 투자를 본

격적으로는 하지 않고, 일본 내 여러 대학에 기반연구를 꾸준히 지원하여 핵심 원천기술의 발전이 이루어지도록 지원하고 있다.

나. 중국

중국은 정부가 나서 석탄액화를 주도하고 있다. 최근 긴축에도 불구하고 경제가 고공비행을 하면서 석유 수급에 비상이 걸렸기 때문이다. 후진 타오 주석을 비롯한 중국 지도부가 아프리카와 중남미를 돌며 자원외교를 주도하는 것도 이런 맥락에서다. 중국은 장기적으로 240억 달러를 투입, 하루 100만 배럴의 합성석유를 생산할 것이라는 계획을 내놓기도 했다. 이는 중국 전체 소비량 (700만 배럴)의 10분의 1 수준이다.

중국 최대의석탄생산업체로, 석탄직접액화사업을 선도하고 있는 Shenhua그룹은 우선 2009년까지 3개 생산라인을 가동하기로 하고 2007년 말 1호 라인의 시험생산에, 2008년 중 상업생산에 각각 들어가 연 345만 톤의 석탄을 100만 톤의 정제 액체연료로 변환시킬 계획이다. 2009년에 2, 3호 라인이 가동에 들어가면 생산량은 연간 320만 톤으로 늘어난다. Shenhua그룹은 3개의 생산라인 건설에 245억 위안 (약 2조 9400억원)을 투입한다.

Shenhua그룹의 왕핀강 (王品剛) 부총재는 "2010년 이후 생산시설을 추가로 마련해 연 600만 톤의 액체연료 생산능력을 갖추게 될 것"이라고 밝히고 이에 따라 앞으로 원유 수입이 크게 줄어들 것"이라고 전망했다.

지난해 중국의 석유 소비는 전년도보다 9.3% 늘어난 3억4600만 톤이었다. 이 가운데 수입이 절반에 가까운 1억6300만 톤으로 전년 대비 19.6% 증가했다. 석탄은 지난해 23억2500만 톤을 생산했으며, 올해 24억8000만 톤을 캐낼 예정이다. 중국은 세계 최대 석탄 생산국으로, 확인 매장량이 1조 톤에 이르며 현재 에너지의 70%를 석탄에 의존하고 있다. 이에 따라 석탄을 액체로 바꿀 경우 엄청난 '석유 대체 효과'를 가져올 전망이다.

3. 오세아니아

가. 호주

호주는 에너지 전문회사인 링크 (Linc)사가 땅속에서 석탄을 가스화하는 기술과 석탄액화 기술을 조합, 하루 1만7000배럴 규모의 석탄액화유를 생산하는 기술을 추진하고 있다.

나. 뉴질랜드

뉴질랜드는 자국에서 가장 큰 석탄회사인 솔리드 에너지 뉴질랜드사가 6억8000만 달러를 투입하여 석탄액화사업과 관련된 타당성 조사를 수행 중이다. 뉴질랜드는 자국내 저급 석탄을 활용한다는 방침이다.