

## 극저온 공기분리플랜트 기술

박 성 제	한국기계연구원 극한에너지기계연구실 책임연구원	e-mail : sjpark@kimm.re.kr
홍 용 주	한국기계연구원 극한에너지기계연구실 책임연구원	e-mail : yjhong@kimm.re.kr
고 준 석	한국기계연구원 극한에너지기계연구실 선임연구원	e-mail : jsko@kimm.re.kr
김 효 봉	한국기계연구원 극한에너지기계연구실 책임기술원	e-mail : hyobong@kimm.re.kr
염 한 길	한국기계연구원 극한에너지기계연구실 책임연구원	e-mail : hkyeom@kimm.re.kr
인 세 환	한국기계연구원 극한에너지기계연구실 선임연구원	e-mail : insh@kimm.re.kr

이 글에서는 최근 수요가 증가하고 있는 질소, 산소 등의 산업용 가스 생산, 분리용 극저온 공기 분리플랜트 기술에 대해서 소개하고자 한다.

## 공기분리플랜트 개요

산업용 가스는 산소, 질소, 수소 등의 가스를 의미하며, 반도체/디스플레이/우주항공 등 첨단산업뿐만 아니라 철강/의료/에너지 산업 등 전산업 분야에 걸쳐 널리 활용되고 있으며 매년 두 자리 수의 성장률을 보이고 있는 유망산업이다.

질소, 산소 등의 산업용 가스는 공기분리장치(ASU: Air Separation Unit)를 통해 생산되고, 전 세계적으로 약 4,000여 플랜트가 가동 중에 있으며, 미국의 경우 250~300Ton/Day(t/d)급 플랜트가 평균적이다.

공기분리장치는 규모가 매우 큰 플랜트로부터 산소, 질소, 아르곤과 희귀가스인 네온, 크립톤, 제논 등을 공급하는 산업의 중추적인 요소이다. 공기분리장치는 일반적으로 공기의 극저온 분리 방식 또는 비냉각 방식인 흡착과 멤브레인에 의한 분리 방식이 사용된다.

공기분리기술은 1800년대 말에 최초로 개발되어 산업용 가스 공급을 위해 분리생산기술이 발전되어 왔다.

최초로 산소가 이용된 분야는 철을 절단하기 위해 아

세틸렌과 함께 사용된 것이다. 그리고 2차대전 이후에 산소는 제철공정, 화학공정 및 다른 제조공정에서의 수요가 급증하여 극저온 공기분리장치의 이용이 증가하고, 효율이 향상되었다.

최근에는 미국, 유럽 및 일본에서의 산소 수요는 아시아에서의 수요 증가에 비해 정체 상태에 있다. 특히 중국은 제철 능력이 약 200만 톤/년에 근접하고 있으며, 인도와 남아시아에서의 질소, 아르곤, 산소의 수요가 폭발적인 증가를 보여주고 있어 공기분리장치의 설계 및 건설이 활발히 이루어지고 있다. 이 지역에서의 지난 7~8년 사이의 극저온 공기분리장치 수요는 나머지 세계 수요를 넘어서고 있으며, 이와 함께 대용량의 산소 생산 장치의 필요성이 증가되어 최근에는 약 5,000t/d 급의 공기분리장치의 설계와 건설이 진행되고 있다. 이러한 대용량의 산소 생산 공정은 발전, 자동차 연료와 화학공정에서의 비용 절감에 지대한 역할을 한다.

25년 전에 단지 꿈이었던 IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle) 발전플랜트는 에너지 비용의 감소와 발전플랜트에서의 환경오염물질 발생 저감을 위한 유

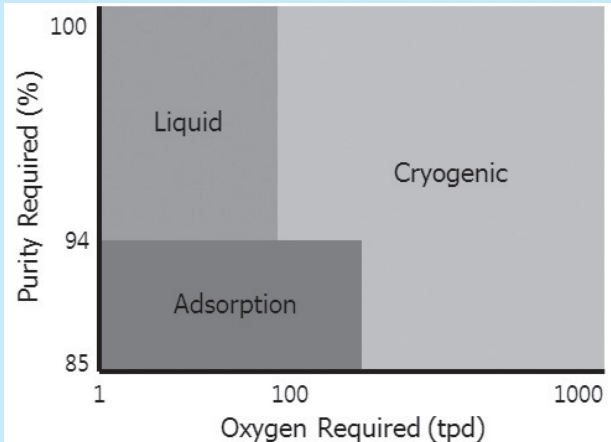


그림 1 용량별 공기분리기술

망한 기술로 각광을 받고 있으며, 대량의 산소를 이용하고 있다. 그리고 GTL(Gas To Liquid)과 탄소기반 연료 생산 공정은 원유와 천연가스의 고갈 및 생산 비용 증가로 대안으로서 현실이 되고 있다.

1995년까지만 해도 1,800t/d(총 규모 3,600t/d)의 산소생산 공기분리장치가 가장 큰 규모였지만, 3,500t/d(총 규모 39,000t/d)의 공기분리장치를 이용하는 Sasol의 석탄가스화 플랜트의 건설로 대용량화가 가속되었다. 최근에는 남아프리카, 카타르, 나이지리아 등에서 개발되고 있는 GTL공정용 공기분리장치가 총 규모 70,000t/d에 이르고 있다.

따라서 이 글에서는 대용량 극저온 공기분리장치의 기술 주도 기업 및 시장규모를 조사하고, 향후 우리나라에서의 대처방안을 제시하고자 한다.

### 극저온 공기분리플랜트

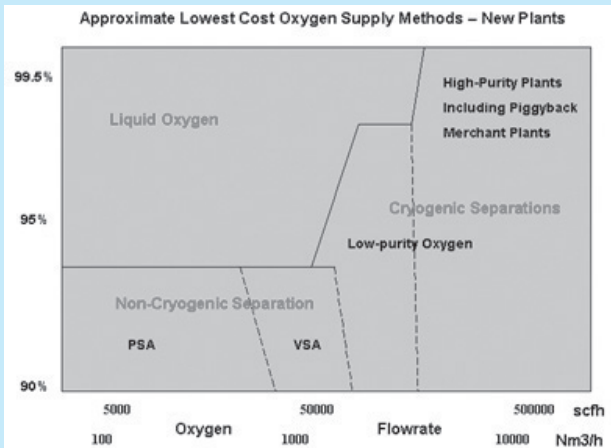


그림 2 공기분리플랜트 용량에 따른 방식 경제성[From Nishi Corp.(2006)]

공기분리기술은 비냉각방식과 극저온 냉각방식으로 분류되고, 비냉각방식은 멤브레인 또는 PSA 방식이 주로 사용되며, 소용량에 적합하고, 극저온 냉각방식은 100t/d 이상의 중대용량에 적합하다. 특히 대형 극저온 냉동사이클을 적용한 수 천 톤/일급의 대용량 공기분리기술은 흡착 또는 막분리 공정에 비해 경제성 측면에서 적합하여, 고순도/대용량 공기분리플랜트의 주류를 형성하고 있다.

통상의 다중 칼럼(multi-column) 극저온 증류 공정을 이용하는 공기분리장치는 압축공기로부터 고순도의 산소를 생산한다. 극저온 기술은 비교적 낮은 추가 부담으로 유용한 부산물인 고순도의 질소뿐만 아니라 액체 아르곤, 액체산소와 액체 질소 등도 생산할 수 있다.

극저온 공기분리플랜트는 압축 및 예비 정제된 원료 공기를 액화점 근처까지 냉각한 후, 극저온 분별증류를 통해 산소, 질소, 아르곤 등과 같은 산업용 가스를 생산하는 공정이며, 공기를 냉각하여 혼합가스를 순수 가스로 분리하여 가스 상태의 제품을 생산하기 위한 극저온 분별증류 시스템과 가스 상태의 순수가스를 액화하여 액화가스를 생산할 수 있는 액화시스템으로 구성된다.

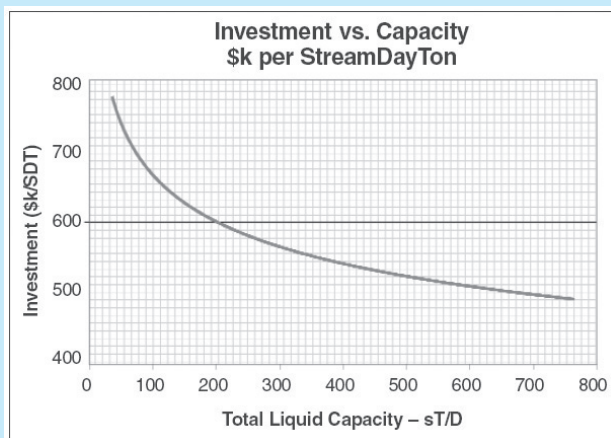


그림 3 공기분리플랜트 용량에 따른 생산 단가[From Nishi Corp.(2006)]

산업용 가스의 시장구조는 대부분 가스의 액화, 분리, 저장, 이송 및 유지보수를 같은 회사에서 관리하는 구조로 되어 있으며, 극저온 냉각 및 분별 증류기술을 가지고 있는 회사가 주도하고 있다.

산업용 가스의 시장산업은 세계적으로 Linde, Air Liquide, Air Products, Praxair 등 4대 메이저 업체의 시장점유율이 70%를 상회하며 한국시장 역시 이들의 자회사와 합작법인이 주도하고 있고, 산업용 가스는 유통방식에 따라 마진구조가 다르며 온사이트(On-site, Pipe Line), 벌크(액체가스)배송, 실린더 운반 등의 세 가지 유통방식이 주로 이용되고 있다.

극저온 공기분리플랜트 시장을 전 세계적으로 독과점하고 있는 주요 가스회사의 경쟁 현황은 다음과 같다.

- Linde(독일) : 세계시장의 약 19.3%를 점유하고 있으며, 2006년에 영국의 BOC 그룹을 인수하여 세계 최대의 가스제조회사가 되었고, 가스액화기술에 대해서는 Linde cycle이 있을 정도로 역사가 깊은 업체로써 산업용 가스 대부분의 응용분야에 가스제조 및 극저온 냉각/액화 설비를 공급하고 있다.
- Air Liquide(프랑스) : 세계시장의 약 19%를 점유하고 있으며, 철강, 화학공정, 전자, 의료 및 식품공정 등의 대부분의 분야에 자체 가스제조 및 극저온 냉각/액화 설비를 공급하고 있다.
- Air Products and Chemical(미국) : 세계시장의 약 16.3%를 점유하고 있으며, 산업용 가스 대부분의 응용분야에 공급하고 있지만, 특히 수소가스의 제조 및 액화기술은 세계 1위를 차지하고 있다.
- Praxair(미국) : 세계시장의 약 14.3%를 점유하고 있으며, 위의 세 개 업체에 비해 경쟁력이 있는 분

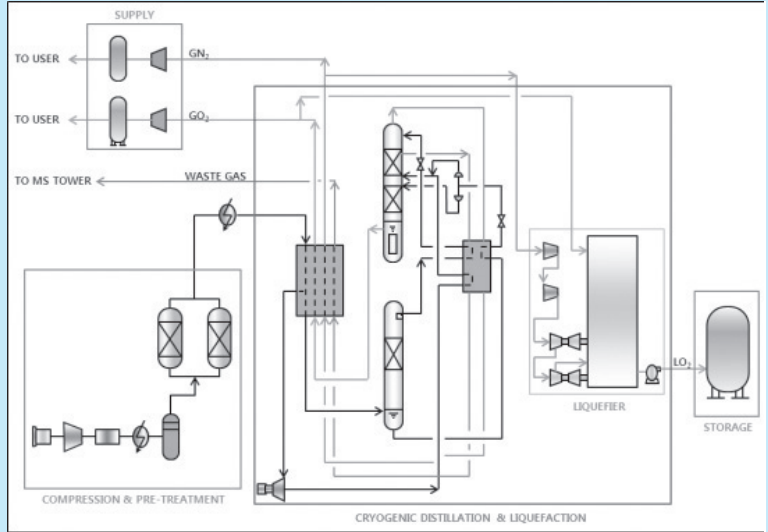


그림 4 극저온 공기플랜트 공정 개략도

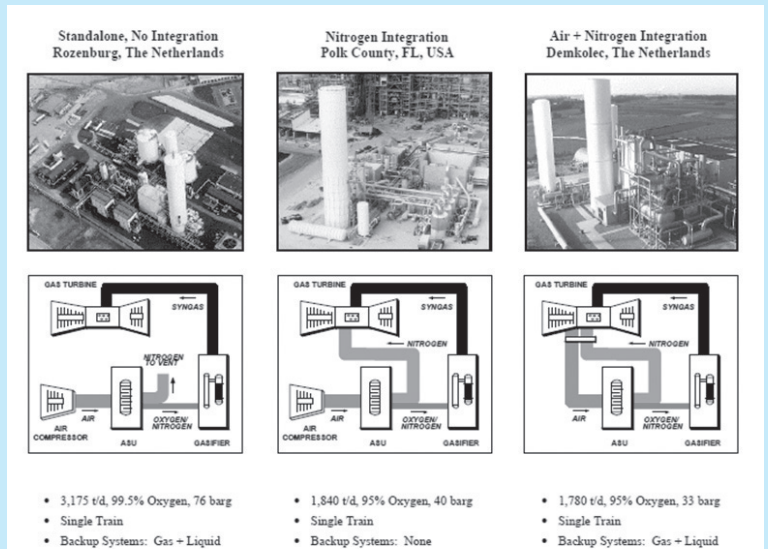


그림 5 극저온 공기분리플랜트 기술

야에 진출하고 있으며, 특히 중국과 인도 시장 확대에 주력하고 있다.

- 그 외 주요업체로는 Taiyo Nippon Sanso(일본)가 아시아, 미국 및 러시아 시장에 주력하고 있고, Messer(독일)는 중남미 시장에 주력하고 있다.
- 산업용 가스의 세계시장 규모는 2009년 기준으로 약 360억 달러이며, 2014년 기준으로 530억 달러, 2019년 기준으로 약 750억 달러로 예상되며, 연 8%의 성장이

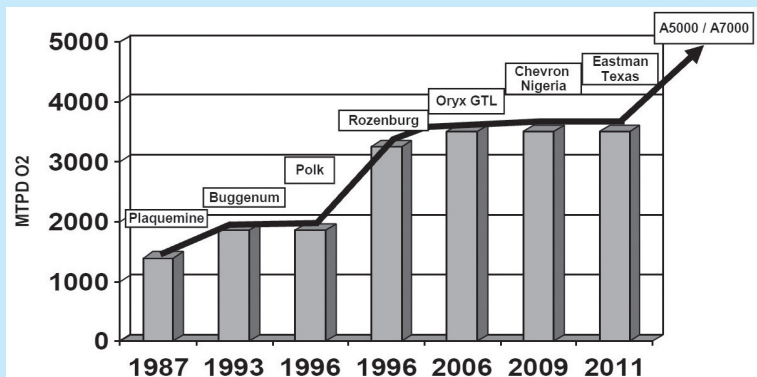


그림 6 공기분리플랜트의 개발 동향[출처 : Air products(미)]

예상된다.

특히, 공기분리플랜트의 신규 수요로 산소 소비가 폭발적으로 증가될 것으로 예측되며, 이는 순산소 연소, 산소부화연소, IGCC, GTL 등 대규모로 산소를 소비하는 신규 기술이 개발되어 이에 필요한 공기분리플랜트 수요도 함께 증가할 것으로 예상된다. 2009년 미국전력연구원(EPRI) 보고서는 2009년 미국 전력산업의 산소 시장점유율이 4% 이내이나, 2040년 약 60%까지 증가할 것으로 예측하고 있다.

공기분리를 통해 얻을 수 있는 질소, 산소 등의 산업용가스를 위한 공기분리플랜트는 전 세계적으로 약 4,000여 플랜트가 가동 중에 있으며, 현재 미국의 경우 250~300t/d 급 플랜트가 평균적이나, IGCC, GTL 플랜트의 도입 등 시장 환경의 변화에 따라 5,000t/d 이상 급의 대용량 공기분리플랜트의 개발이 진행되고 있다.

국내에서는 1960년대 중반 가스메이저들이 등장하기 전부터 국가경제개발계획의 일환으로 충주 비료공장, 포항제철소, 울산 석유화학단지 등에서 공기분리플랜트의 도입이 추진되면서 본격적인 산업용가스 산업이 개화되었다.

당시 설치된 공기분리플랜트는 50~300 m<sup>3</sup>/h 규모의

소형 플랜트로 일부 섬유업체와 전자, 조선소, 철강, 화학 산업 등의 분야에서 주로 사용되었으며 도입된 수량은 약 15기 가량에 불과 하였다.

국내 산업용 극저온 공기분리플랜트는 주로 외국 선진기업인 Air Liquide, Air Products, Linde, Praxair 등의 4대 기업을 통해 건설되었으며, 에어프로덕츠코리아(이하 APK), 대성산업가스(이하 DIG), 프렉스에어코리아(이하 PKC), 린데코리아(이하 LDK) 등 주로 외국 선진기업들의 투자에 의존하고 있다.

국내 자체 개발현황은 대성산업가스(주)에서 질소 생산 및 산소 생산용 ASU의 기술개발에 성공하여 중소규모(1,000 ~ 6,000Nm<sup>3</sup>/h)의 질소 생산용 공기분리플랜트 및 소규모(1,000Nm<sup>3</sup>/h 이하) 산소 생산용 공기분리플랜트의 상용화에 성공하였으나, 지속적인 기술개발을 통해 공정의 다양화, 대형화, 고효율화를 이루고 있는 선진 업체와는 큰 기술 격차를 보이고 있다.

선진 기업에서는 극저온 공기분리 공정 및 증류탑의 최적화 기술개발에 집중하고 있으며, 주요 개발기술의 보호를 위해 논문, 특허 발표 및 기술 이전도 꺼리고 있는 실정이다.

이와 같이 높은 기술 장벽에 의한 시장진입의 어려움과 연간 8%의 고성장을 이어나갈 것으로 예상되는 고부가가치 시장임을 고려해 볼 때, 극저온 분별증류 및 액화시스템에 대해 국내기업의 경쟁력 확보를 위한 적극적인 R&D 투자가 선행되어야 하고, 제조 산업의 대형화 및 발전시스템으로의 응용 확대에 따라 극저온 공기분리플랜트의 대용량화 개발과 함께 운전비용 절감을 위한 에너지효율 향상 기술에 대한 개발이 하루 빨리 진행되어야 할 것으로 판단된다.