

日本精油工場의 에너지管理技術 ⑤

製造工程의 高効率化

—大韓石油協會 弘報室—

I. 머리말

최 근의 重質油 수요감퇴와 輕質油의 수요증대는 上압증류장치의 처리량감소 및 上압증류장치를 포함한 거의 全장치의 운전過酷度의 상승을 가져와 倂연적으로 단위처리량當 정제비증가를 초래하고 있다. 따라서 製功程의 효율을 높이고 정제코스트의 절감을 도모하는 노력은 현재 대단히 중요한 일임과 동시에 앞으로도 계속 커다란 노력을 해야만 할 분야이다.

輕質油수요증대의 구체적인 대응방안으로서, 原油中에서 輕質油溜分의 생산을 확대하는 한편 上壓油를 분해하여 輕質油溜分으로 전환하고 있는데, 원유의 重質溜分중에는 유황, 질소外에 금속분, 아스팔텐을 다량으로 함유하고 있어 촉매를 사용한 정제장치에서의 대폭적인 운전과속도의 상승을 초래한다. 또한, 水素化정제장치에 있어서는 수소화반응을 촉진시키기 때문에 수소소비량이 더욱 증가한다.

따라서 여기서는, 分離工程 가운데에서는 에너지사용량이 가장 많은 上壓油증류탑 등의 증류공정상의 효율상승의 방법, 촉매를 사용한 정제장치에 있어서의 촉매에 관한 개량 및 앞으로 高品質 輕質油製功에 있어서 더욱 중요하게 될 水素의 오프가스로부터의 회수방법 및 연소용 공기를 산소富化시킬 氣分離에 관하여 최근의 개발과 실용화의 일

부를 概說하고자 한다.

이들은 비교적 소규모의 개조로서 대응가능한 것이다. 거액의 설비투자를 필요로 하는 上壓油의 품질상승방법에 관해서는 다른 참고자료를 참조하기 바란다.

II. 증류공정의 高効率化

증류는 相變化를 수반하기 때문에 가장 에너지를 필요로 하는 分離方法이라고 일컬어지고 있지만, 시스템으로서서는 단순하고 또 응용범위가 넓기 때문에 앞으로도 分離操作의 중심이 될 것은 거의 틀림이 없다고 생각된다. 그 경우 어떻게 효율이 좋은 分離를 행해 갈 것인가는 증류탑자체의 성능, 氣液平衡에 수반하는 相變化의 아주 자세한 조정 및 相變化의 熱의 유효이용에 달려 있다. 이 증류공정의 효율상승수단으로서 최근 다음과 같은 實用化가 추진되고 있다.

1. 증류탑내의 改造

트레이를 충전물로 변경함으로써 탑내 압력손실을 저하시켜 省에너지를 도모한다. 또는 처리능력을 증대시킨다. 특히 효과가 큰 것은 減壓증류탑이고 그릿치·그릿드, 카스캐드·미니링, 풀·링, 인터록스·메탈 등이 종래의 트레이를 대신해서 사용되고 있다.

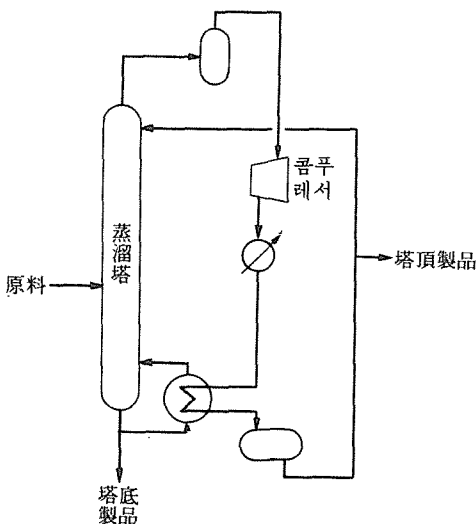
2. 컴퓨터·콘트롤과 프로세스·모니터

· 디지털計裝機器의 발전과 더불어 컴퓨터에 의한 증류제어가 실용화의 단계에 와 있다. 예를 들면, 常壓 증류장치에 있어서 各 溜出油의 양과 성상을 일정하게 유지하면서 오버플래시량, 톱 및 사이드·리플렉스량을 조정하여 운전코스트가 최소로 될 조건을 찾아내기 시작할 最適化제어가 그 例이다. 최적화프로그램은 각 장치의 특이성을 고려하여 작성되지만, 운전중에 적절히 매뉴얼·인푸트로서 微調整해 갈 시스템이 많은 상태이다. 또한 증류탑의 운전상태를 항상 감시할 수단으로서 溜出油의 증류성상, 인화점, 유동점 등의 프로세스·모니터를 설치시켜, 단독으로 또는 컴퓨터에 의한 최적화제어와의 組合으로 증류탑의 微調整을 행하는 곳이 증가하고 있다. 상압증류탑과 같이 처리량이 많은 프로세스에서는 최적화를 위한 미조정에 의한 省에너지효과는 대단히 크다.

3. 히트·펌프와 多重效用시스템

沸點에 근접한 물질의 분리(예를 들면 프로판과 프로필렌의 분리)의 경우는 증류탑의 塔頂과 塔底의 온도차가 적기 때문에 塔頂 증기를 압축가열하여 塔저부의 리보일러用 열원으로 사용가능하다. 이 압축식 히트·펌프는 <그림-1>에서 나타낸 바와 같

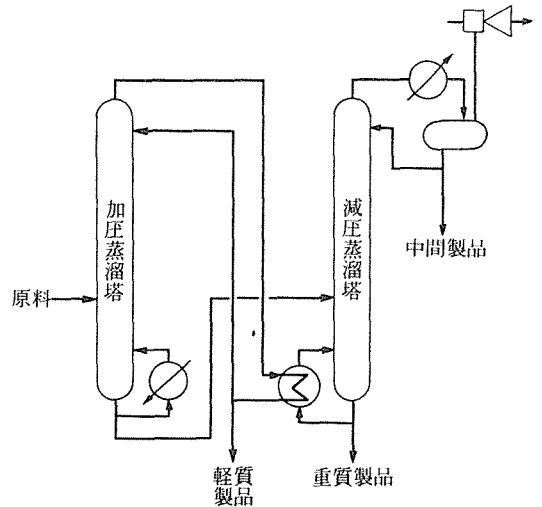
<그림-1> 히트펌프시스템



이, 리보일러用 熱源과 塔頂 증기의 응축용 냉각매체를 系外에서 구할 필요가 없어, 대체로 말해 塔頂 증기의 압축동력과 그 動力分의 열 제거가 운전코스트가 된다. 따라서 리보일러用 열원으로서 사용가능한 流体가 공장내에서 餘剩기미가 있는 경우를 제외하고는 히트·펌프·시스템은 커다란 省에너지·시스템이 된다. 또한 塔頂 증기의 응축이 불필요하기 때문에 最適塔壓의 결정은 각 성분의 분리효율과 건설코스트만으로부터 행하는 것이 가능하다는 이점이 있다.

이제 하나의 塔頂 증기의 潛熱이용방법으로서 <그림-2>와 같이 다른 低溫 증류탑 리보일러用 열원으로 사용할 多重效用시스템이 있다. 이들은 어느 것이나 省에너지의 매력은 크지만, 적용분야가 한정된 점, 또한 특히 多重效用시스템의 경우는 一塔의 조건변동이 곧 다른 塔에 영향을 주는 복잡성을 지니고 있는 것에 주의할 필요가 있다.

<그림-2> 多重效用시스템



III. 촉매에 의한 改良

원유의 처리량감소와 경질화지향은 重質油의 컨버전을 더욱 더 필요로 해왔고 그 주된 대책으로서의 촉매에 의한 分解, 脫黃, 改質 등의 반응프로세스의 중요성은 앞으로 더욱 높아지게 될 것으로 생각된다. 촉매에 요구되는 기능으로서 高活性, 선

택성, 안정성, 強度 등이 있지만, 이것들은 이 중 어떤 것을 목적으로 하는 제품을 적극적으로 마일드한 조건하에서 장기간에 걸쳐 최대수율로 얻는다고 하는 것이고 쓸에너지에의 기여도 큰 것이 된다.

접촉분해장치(FCC)에 있어서 原料의 重質化에 대해서는, 美國에서는 이전부터 잔사유처리를 數多히 경험하고 있지만, 日本에서는 VGO의 중질화가 먼저 진행되고 최근에 이르러 잔사유를 혼합하여 처리하는 상태이다. 잔사유中에는 Ni, V 등의 금속분, 아스팔텐이 많기 때문에 금속에 강하고, 또한 코크스의 생성을 억제하는 촉매가 연구되고 있다.

접촉개질장치에서는 근년에 개발된 촉매連續再生프로세스가, 특히 신설시에, 중요한 위치를 차지하고 있다고 생각되지만, 종래의 固定床타입에서는 보다 안정성이 우수한 촉매의 검토가 진행되었고 더우기 水素/탄화수소比의 저하, 반응탑의 低壓化를 지향하여 갈 것으로 생각된다.

脫黃裝置에 관해 최근 가장 변화가 큰 것은 間接탈황장치(VGO HDS)와 같은 것이며, 원료유의 중질화, 어느 정도의 분해형촉매를 충전시킨 마일드한 수소화분해운전 등이 실행에 옮겨지고 있다. 既設장치의 반응탑을 사용하여 금속을 많이 함유한 중질원료유의 처리, 탈황(분해)을 상승 등의 과속운전 또는 增處理운전을 실시한다고 하는 경우 한정된 반응탑 용적내에 어떻게 많은 高活性촉매를 충전시키느냐 하는 것이 하나의 키포인트이다. 이것의 改良으로서, 더욱 脫黃活性이 높은 것은 물론 耐금속성이 강한 촉매, 안정성이 높아 低壓에서도 劣化하기 어려운 촉매, 하이드로 크랙킹性能을 갖추고 있는 것이 選擇水素化에 의해 수소소비량이 적은 촉매 등의 개발을 앞으로도 추진해갈 필요가 있다. 현재 실용화되고 있는 방법으로서 다음과 같은 것이 열거되고 있다.

1. 촉매의 最密充填

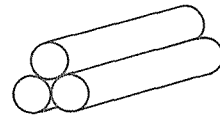
棒狀촉매의 긴 쪽 방향이 수평으로 되게 충전하는 방법인데 10% 전후의 충전중량의 증가가 도모된다. 이것은 실질적으로 반응탑을 사이즈업시킨 것과 동일하고 또한 반응탑내에서의 氣液分散이 균일하게 되어 偏流를 일어나기 어렵게 한다. 다만,

반응탑의 압력손실이 상승하기 때문에 주의를 요한다.

2. 촉매形狀의 고안

종래의 球狀은 표면적이 적고 棒狀은 強度가 낮기 때문에 이들의 결점을 보완하는 것으로 트라이로브狀의 촉매가 시판되고 있다.

〈그림-3〉 트라이로브狀 촉매



3. 活性을 가진 촉매서포트

종래 활성이 없는 불을 사용해온 반응탑의 서포트部에 활성을 가진 서포트를 사용해서 반응탑의 유효용적을 늘리는 방법이다.

유황회수촉매에 대해서는 알루미늄이 주류를 차지하고 있지만 이것은 산소의 존재하에서 알루미늄·살페트를 생성하여 활성이 낮은 점이 알려져 있다. 그러나 최근에는 활성저하가 거의 없다고 알려진, 알루미늄을 포함하지 않는 특수금속이 실용화돼 왔다.

기타 주로 VGO HDS 촉매에 대하여, 종래처럼 한번 쓰고 버리는 것이 아니고, 기름덩이로부터 뽑아낸 후 再生專門工場에서 재생을 행하는 오프사이드再生이 시작되고 있다. 앞으로 운전과속도가 상승함으로써 촉매수명의 단축이 예상되지만, 주로 카본이 퇴적함으로써 失活된 촉매는 오프사이드再生에 의해 신촉매의 95~98% 정도까지 활성이 회복될 것이고, 장치내에서의 재생이 환경상 선다운 계획상의 영향이 큰 것도 아울러 고려된다면 오프사이드再生의 이용은 증가해 갈 것으로 생각된다.

IV. 가스分離와 水素회수·酸素富化의 反應

종래의 가스分離는 주로 저온·고압하에서의 沸

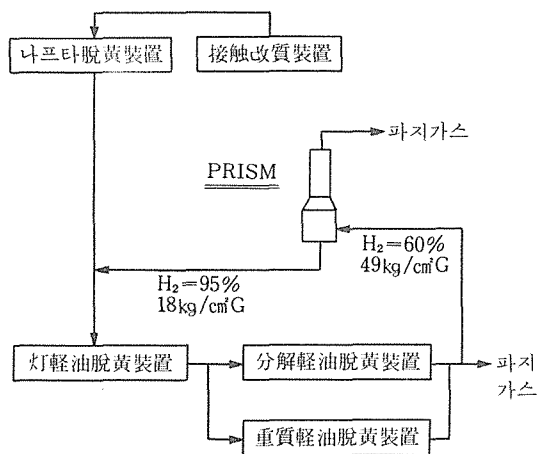
點差를 이용한 深冷분리 및 저온증류가 사용되었고, 수소농축이나 공기분리에 적용돼 왔다. 그러나 이들 분리방법은 설비가 복잡하여 운전관리면에서도 다대한 노력을 요한다.

최근 새로운 가스분리방법으로 選擇透過膜을 이용하거나 選擇吸着劑를 이용한 시스템이 개발되었고, 수소의 회수·정제나 연소용공기의 산소富化 등에 실용화되고 있다. 이들은 어느 것이나 原料가스와 製品가스의 압력차를 만들고 差壓에너지로 효율이 양호한 가스를 분리하는 비교적 간단한 시스템이다.

정유공장의 水素수요량은 重質油의 수소화처리와 熱分解 및 接觸分解로부터 생성된 輕質油의 수소화처리 등에 의해 앞으로 더욱 증가되어 갈 것으로 생각되지만, 수소화정제코스트 중 메이크업 水素코스트가 전체에서 차지하는 비율은 대단히 크다. 따라서 종래 자가연료로 해왔던 비교적 수소를 많이 함유한 오프가스로부터 효율적으로 수소를 회수할 수 있다면 메리트는 대단히 클 것으로 예상된다.

몬산트社에서는 <그림-4>와 같이, 수소화처리 장치로부터 廢가스를 中空糸型의 선택투과막(PRISM)으로 처리하여 고순도수소를 회수함으로써 수소화반응탑의 수소分壓을 충분히 유지할 수 있는 농도까지 수소순도를 높여 원래의 수소화처리 장치의 메이크업水素로서 재사용하는 방법을 제시하고 있다. 이 경우 수소가 선택적으로 막을 투과하므로

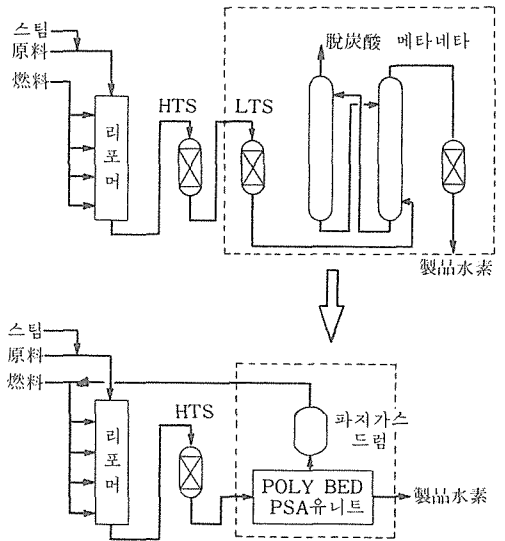
(그림-4) PRISM의 適用例



제품수소는 原料가스에 비해 상당히 低壓이 된다.

또한 선택흡착제를 사용한 수소회수방법으로 실용화되고 있는 시스템으로서 PSA (Pressure Swing Absorption)가 있다. 이것은 받치식에 수소 이외의 가스를 흡착함으로써 수소를 분리하지만, 다수의 흡착드럼을 나란히 설치하는 Polybed PSA에 의해 연속처리가 가능하게 된다. 이 경우 수소 이외의 가스가 低壓이 되지만, 수소제조장치에의 적용으로서 HTS 반응탑 下流에 PSA를 설치함으로써 LTS, 脫炭酸, 메타네시온의 각 색슨이 不要하게 되고 더우기 PSA로부터 분리된 수소 이외의 저압 가스를 리포머의 연료로 이용할 수 있는 이점이 있기 때문에 수소제조장치에 짜넣는 일이 진행되고 있는 것 같다(<그림-5>).

(그림-5) 水素製造裝置에의 PSA의 適用例



또한, 연소용 공기의 산소富化에 대하여는 省에너지의 전지에서 火災온도의 상승, 廢가스量의 감소라고 하는 연소효율상승에 크게 기여할 것은 확실하고 현재 정력적으로 연구가 진행되고 있다. 석유정제의 가열로에서는 火災온도상승에 수반하여 가열로재료의 체크가 필요하게 될 경우도 있어 기존설비에의 적용에는 얼마간 문제가 있다고 생각되지만, 연소효율개선 뿐만 아니라 FCC의 에어블로

와의 보틀넥解消 등의 효과도 있기 때문에 앞으로 발전을 기대해 보고 싶은 분야이다.

V. 맺는말

제조공정의 고효율화라고 하는 제목에 대하여 작은 항목의 나열에 그친 감이 있지만, 저성장하의 現

在는 물론 앞으로도 예상되는 원유처리량저하 및 제품수요구성의 겹으로부터 볼 때, 지나치게 큰 투자를 행하는 대신 효율적인 개선을 목표로 해 가는 것은 중요하며 소비자와 생산자가 밀접한 검토를 행하여 新分野에 도전해 갈 필요가 있다고 생각된다. *

(日本「石油と石油化學」: 시리즈完)

□ 焦点 □

84년도 에너지센서스

지난 83년중 우리나라의 에너지 총사용량은 4천4백43만6천6백40톤(석유환산)으로 80년의 3천9백59만7천4백톤에 비해 12.2%가 늘어났다.

동력자원부가 한국동력자원연구소에 의뢰, 조사한 「84년도 에너지센서스」 결과에 따르면, 83년중 국내부분의 에너지원별 사용량은 석유류가 44.3%인 1천9백69만5천6백톤으로 지난 80년의 46.9%보다 2.6포인트가 줄었고, 석탄류는 1천7백39만1천6백톤으로 전체의 39.2%를 차지, 80년에 비해 6.2%포인트가 늘어났으며, 전력은 8% (80년대비 1.1%포인트 증가),薪炭은 6% (80년대비 5.9%포인트 감소), 가스류 2.5% (80년대비 1.2

%포인트 증가) 등으로 나타났다.

이를 수요부문별로 보면, ① 산업부문이 2천63만8천TOE로 국내에너지 총소비의 46.4%를 차지하였으며, ② 수송부문은 6백18만7천TOE로 13.9%, ③ 가정·상업부문은 1천6백78만8천TOE로 37.8%, ④ 공공 및 기타부문은 82만2천TOE로 1.9%를 각각 차지하고 있다.

에너지源別 소비구조

(單位: 천TOE)

에너지源	사용량	구성비(%)
石炭類	17,391.6	39.2
무연탄	308.3	0.7
유연탄	6,069.1	13.7
연탄	10,917.1	24.6
마세크탄	83.4	0.2
갈탄	13.7	0.0
石油類	19,695.6	44.3
휘발유	577.4	1.3
燈油	1,215.4	2.7
輕油	6,848.4	15.4
重油	850.9	1.9
B-C油	6,889.2	15.5
제트연료油	394.6	0.9
나프타	2,919.8	6.6
가스類	1,113.7	2.5
프로판	437.0	1.0
부탄	635.0	1.4
도시가스	41.6	0.1
電力	3,570.5	8.0
薪炭	2,665.4	6.0
計	44,436.6	100.0

需要部門別 소비구조

(單位: 천TOE)

수요부문	에너지 사용량	구성비(%)	비고
産業部門	20,638.3	46.4	*최종 소비기준
-농림수산업	2,303.8	5.2	
-광업	109.3	0.2	
-제조업	17,770.4	40.1	
-건설업	454.8	1.0	
輸送部門	6,187.7	13.9	
-운수업부문	4,430.6	10.0	
-자가용부문	1,757.0	4.0	
家庭·商業部門	16,788.0	37.8	
-상업	3,438.1	7.7	
-가정	13,349.9	30.0	
공공 및 기타	822.7	1.9	
總 에너지	44,436.6	100.0	