

低硫黃 燃料油 製品 生産



孟 元 起
(京仁에너지理事·仁川工場長)

머 리 말

7월 1일부터 低硫黃 製品을 생산공급 함으로써 국민생활환경개선에 조금이나마 도움을 줄 수 있게 됨을 精油産業投軍의 一員으로서 뜻깊게 생각한다. 低硫黃製品의 생산은 高硫黃製品을 脱硫시켜 低硫黃化하는 방법과 低硫黃原油를 導入 精製하여 생산하는 方法이 있다. 이번에 종전의 硫黃含量보다 각각 60% 정도가 낮아진 低硫黃 製品(例서울地域 1.6% B-C油, 0.4% 輕油)을 生産 供給하게 된 것은 우선 低硫黃原油를 인도네시아, 에콰도르, 말레이시아 等地로 부터 導入 精製함으로써 가능하였다. 本考에서는 주로 低硫黃原油 精製에 관한 문제점들을 考察하려고 하며 重質油脱黃方法에 관해서는 간단한 소개로 대하고자 한다.

2. 低硫黃 原油 精製

低硫黃 製品의 안정적인고 장기적인 생산, 공급을 보장하기 위해서는 脱黃方法에 의한 생산이 바람직하나, 막대한 투자費用과 최소한 3년정도의 長期間에 걸친 設備工事が 필요하다. 정부에서 계획하고 있는 低硫黃 製品의 最初供給時期에 맞추기 위해서는 우선 低硫黃 原油를 도입 정제함으로써 低硫黃 製品 공급시기를 단축시킬 수 있었다.

가. 低硫黃 原油의 特性

일반적으로 低硫黃 原油는 인도네시아, 말레이시아, 에콰도르, 나이지리아, 中東 등에서 산출되고 있으며, 中東產 原油에 비해 硫黃含量이 상당히 적

으며, 物理的 特性이 原油의 종류에 따라 相異하다. 中東產 原油의 流動點은 약 $-30^{\circ}\text{C} \sim -35^{\circ}\text{C}$ 정도이나 低硫黃 原油의 流動點은 $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 정도이다. 中東產 原油의 왁스分 含量은 거의 없으나, 대부분의 低硫黃 原油의 왁스分 含量은 20%~30% 정도가 된다. 低硫黃 原油 중에서도 Handil이나 Minas 原油의 流動點은 35°C 정도까지 높으나, Oriente나 Forcados 原油의 流動點은 $-10^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 정도이다. 이와같이 低硫黃 原油를 流動點에 의해 분류해 보면 低流動點 原油로는 Champion, Attaka 등이 있고 高流動點 原油로서 流動點이 -7°C 이상인 것은 Handil, Minas等 대부분의 低硫黃 原油가 여기에 속하며, -7°C 이하인 것으로는 Oriente 原油 등이 있다. (表 1과 2 참조)

高流動點 原油와 低流動點 原油를 混合하면 혼합된 原油의 流動點은 表 3에 나타난 바와 같다.

앞에서 설명한 바와같이, 低硫黃 原油는 低流動點 原油와 高流動點 原油로 구분할 수 있는데, 低流動點 原油는 中東產 原油와 비슷하여 既存施設의 개조, 補完과 現製品規格의 完化등이 필요치 않다. 그러나 대부분의 低硫黃 原油는 왁스分이 많아 高流動點 特性을 가지고 있기 때문에 輸送過程, 荷投過程, 貯藏過程, 精製 및 제품취급, 사용에 있어 많은 문제가 있다. 대체로 中東產 原油는 輸送時 겨울철에도 Heating이 필요 없으나 低硫黃 原油는 産油國으로부터 탱커 輸送時 Heating이 필요하며 최소한 流動點보다 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 정도 높게 유지해야 한다. 또한 原油의 荷役過程에서도 Unloading Arm, Unloading Pipe line, Crude transfer pu-

□ 特 輯 : 低硫黃油 와 脫公害

mp등, 하역시설 등에 加熱施設(Steam Tracing, Electric Tracing, Hot oil Circulation)을 설비하여

流動點 以上으로 온도를 유지해야 하며 특히 荷役 配管이 海低配管인 경우에는 加熱設備 보완이 상당

〈表 1〉 低硫黃原油의 特性

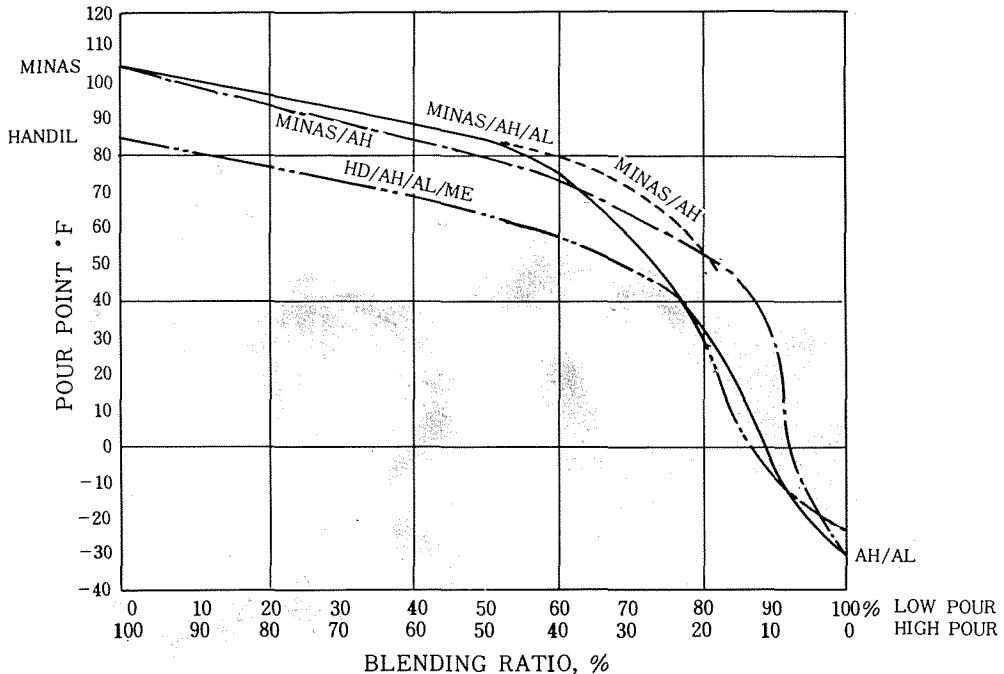
原 油	Handil	Minas	Tapis	Oriente	Forcados	大 慶
特 性	인도네시아	인도네시아	말레이시아	에콰도르	나이제리아	中 共
비 중, @15°/4℃	0.871	0.855	0.800	0.876	0.871	0.860
유황분, wt%	0.07	0.12	0.05	0.95	0.18	0.03
유동점, ℃	30~35	35	- 7	- 10	- 15	15~30
점 도, CS@38℃	6	8	7	13	11	37
왁 스, wt%	약 20	약 20				25~30

〈表 2〉 低硫黃原油의 分類

産油国	高 流 動 點 原 油		低流動點原油
	- 7 ℃ 이상	- 7 ℃ ~ - 15 ℃	- 15 ℃ 이하
인도네시아	Handil, Udang Minas, Cinta	Walio	Champion, Attaka Bekapai, Klamono
말레이시아	Tapis, Miri		
에콰도르		Oriente	
나이제리아		Bonny Forcados	
中 共	勝利, 大慶		
U A E		Mubarek	

註 : Gas and Journal. Apr. - June. 1976.

〈表 3〉 POUR POINT BLEND



히 문제시 되고 있다. 貯藏過程에서도 保温施設이나 加熱설비가 되어 있지않은 기존 原油탱크는 여름철에도 流動점이상으로 온도를 유지시키기 위한 상당한 施設補完이 필요하다. 뿐만아니라 Floating Roof의 원활한 上下移動을 위해 내부벽면에 부착되는 固型왁스를 제거 시키는 Wax Scrapper 같은 것을 설치해야 한다. 저장탱크의 Drain, Sewer System Plugging을 방지하기 위해 새로 加溫施設과 油水分離 설비를 보완하여야 한다. 原油의 溫度가 流動点 가까이 까지 냉각됐을때 粘度가 급격히 높아지므로 송유펌프의 過負荷현상으로 송유 능력에 상당한 제한을 준다. 원유저장탱크에서 유니트로 送油하는 설비(送油管, 送油펌프등)도 계속 Heating함으로써 送油가 중단됐을때 送油管內에서 固型化 되는 일이 없도록 하여야 한다.

나. 低硫黃 製品의 特性

왁스분이 많은 原油를 常圧精製하면 왁스는 대부분 塔低溜分으로 떨어지고 일부 中間溜分에도 함유된다. 그러므로 輕油와 B-C油의 流動점이 매우 높아져서 제품의 貯藏, 운송, 사용 및 취급시에 많은 주의가 요한다. 현재 일반 B-C油(S-4%)의 流動点 規格은 15°C이하로서 전술한 高流動点 低硫黃原油(Handil, Minas 등)만을 정제하여 低硫黃 B-C油(S-1.6%)를 생산할 경우, B-C油의 流動点是 45°C 정도가 되므로 현재 일반 B-C油의 流動点 規格(15°C이하)을 맞출 수가 없다. 그러나 中東產 原油와 低硫黃 原油를 適定比率로 혼합精

製하거나 중간유분(Kerosene, Diesel)을 B-C油에 Blending함으로써 流動点を 다소 낮출 수는 있으나 유통규격을 맞추기 위해서는 低硫黃B-C油의 流動点 規格의 잠정적인 緩和變更(例35°C정도)이 不可避하다.

B-A油와 LRFO油도 硫黃 1.6%를 맞추어야 할 경우, 流動点和 引火点 規格變更이 불가피하다. 輕油의 流動点 조정은 유동점 강하제 사용 또는 Kerosene溜分을 多量 Blending함으로써 어느 정도 降下效果를 기대 할 수 있으나, 근본적으로는 Catalytic Dewaxing工程을 추가설치 하여야 한다.

原油의 종류에 따라 製品의 特性도 다양하게 변하는 것을 알 수 있다. (표4 참조)

예를 들면, Oriente原油 精製에 의한 B-C油의 流動点是 비교적 25°C에 가까우나 Handil, Minas 나 大慶原油의 경우 約45°C 정도이다. 그러므로 使用者의 저장 및 연소 施設補完 및 개조가 필요하고 또한 粘度변화에 따른 燃燒運轉조건을 적절히 조정 하여야 한다. 例로서 韓電 서울화력발전소가 사용하는 인도네시아產 低硫黃燃料油(Low Sulfur Waxy Residue)의 대표적인 規格은 表5와 같다.

〈表 5〉 LSWR 規格

比 重 (15 / 4°C)	0.89~0.91
硫 黃 分 (wt. %)	0.1~0.2
硫 動 点 (°C)	43
粘 度 (CS @ 50°C)	50~60

〈표 4〉 B-C油, 輕油 規格 및 特性 比較表

〈註〉 () 는 규격이 아님

製品規格	原 油		저 유 황 원 유	
	일 반 원 유	高 硫 黃 低 流 動 点	低 硫 黃 高 流 動 点	低 硫 黃 低 流 動 点
1. B-C油	規 格	特 性	特 性	特 性
比重 @ 15°C / 4°C	(0.96~0.97)	0.91~0.94	0.96~0.97	
硫黃分, wt%	4.0이하	1.6이하	1.6이하	
流動点, °C	15이하	45~25	1.5이하	
점도, CS @ 50°C	530이하	60~150	150~250	
2. 輕 油				
비중 @ 15°C / 4°C	(0.82~0.84)	0.82~0.84	0.83~0.85	
硫黃分, wt%	1.0이하	0.4이하	0.4이하	
流動点, °C	-18이하	-18~-7	-18이하	

□ 特 輯 : 低硫黃油의 脫公害

低硫黃 B-C油 使用時 特性을 고려해보면, 大氣로 배출되는 煙道 가스中的 SOx 含有量은 약60% 감소되며, SO₂의 Dew Point가 일반 B-C油 사용시에 비해 약10℃이상 降下되므로 低溫腐蝕現象이 적감된다. 따라서 정비보수 기간의 단축과 가동을 향상의 效果가 있다. SO₂ Dew Point가 낮아지므로 배기가스 온도를 低下 시킬 수 있어 연소 효율을 증대 시킬 수 있다.

사용자의 시설보완의 필요성 여부를 검토 하기 위해 새로운 低硫黃製品을 사용해야 할 서울지역 소재 수요가의 시설현황을 참고로 점검한 결과 대부분의 貯藏槽 및 配管은 25~50m/m 두께의 Glass Wool로 保温되어 있었고, 加溫設備로서 Heating Coil과 Doublepipe Heating (Inside- B-C油, Outside-Steam) 시설을 갖추고 있었다.

대규모 수요가들의 시설들은 비교적 잘 되어 있었다. 그러나 소규모 需要家들의 경우에는 다음과 같은 관점에서 施設補完의 필요성이 나타났다. 즉 保温設備의 補完이 필요한 곳은 室內 配管, 저장조 注入口 連結部分, Drain 施設 等이고 加熱設備의 보완이 필요한 곳은 Double-Pipe配管의 Elbow 부분, 저장탱크, 配管 등이다.

新規設備를 할 경우에는 보온 설계 기준을 約65℃정도로 하는 것이 장기적인 관점에서 볼때 바람직 하다.

3. 高硫黃油의 탈황

高硫黃 原油에서 생산된 高硫黃 잔사유의 탈황은

〈표 6〉 Residue Hydrodesulfurization Process

Process	Licensor	Feed Stock	Sulfur- Level
Residfining	Exxon	12.3° API	4.19→0.3wt%
RCD Unibon	UOP	16.4	3.52→0.28
Resid HDS	Gulf	17.6	3.0 →0.3
Unicrackiag/HDS	Union	16.7	3.8 →0.3
Go- fining	Exxon	21.1	2.96→0.1
RDS and VRDS	Chevron	16.7	3.9
H- oil	Hydrocarbon Processing	8.5	1.98
Hydrocracking	BP Trading	22.6	2.9
HC Unibon	UOP	24	1.8

〈註〉 Hydrocarbon Processing Sep. 1980. P. P. 93~220

널리 알려져 있는 바와같이, 간접탈황 방법과 직접 탈황 방법으로 분류 한다. 일반적으로 수소를 첨가 觸媒床에서 탈황하게 되며 탈황율은 원유의 종류 및 운전조건에 따라 다르나, 대략 70~80% 정도 이다.

直接脫黃 방법은 常圧蒸溜塔 殘油를 直接脫黃하는 것이며 原油의 종류와 운전조건에 따라 脫黃率이 다르지만, 보통 70~80%의 脫黃이 가능하다. 예를들면 약 4%의 高硫黃 常圧殘油를 原油로 할때, 약0.1~1.0%의 低硫黃제품을 생산 할 수 있다.

間接脫黃方法은 常圧蒸溜塔 殘油를 직접 탈황하지 않고, Vacuum Unit에서 탈황촉매의 성능을 저하시키는 Sulfur, Asphalten Nitrogen 化合物및 중금속등은 Vacuum Residue로 分溜시키고 Vacuum Gas Oil을 觸媒로 水添 脫黃하는 방법이다. 脫黃工程에 관한 상세한 설명은 생략한다. 향후 重質제품류의 수요 증가와 脫石油추진에 따른 重質製品의 需要激減 傾向을 감안하여 중질유 脫黃과 중질유 分解의 복합방식이 개발되고 있으며, 이에따른 촉매의 개발 즉 촉매 수명의 연장, 脫黃效率 증대등 경제적인 工程改善이 기대된다.

일반적인 脫黃工程은〈표 6〉과 같다.

4. 低硫黃 製品生産비용의 追加 要因

低硫黃 原油를 도입 精製함으로써 발생하는 追加 비용은 각종原油의 導入与件 따라 다르고 각 精油 会社 마다 여건이 다르기 때문에 일괄적으로 記述

할 수 없으나, 일반적인 追加費用 요인을 列挙해보면,

- ① 低硫黃 原油價格은 高硫黃原油보다 일반적으로 매우 높으며,
- ② 低硫黃 原油의 高流動點 특성으로 인하여 船舶輸送시 運送費의 Heating Cost가 추가되고,
- ③ 原油의 荷投, 貯藏, 輸送, 精製, 製品의 貯藏 및 運送 과정에서 추가적인 Heating Cost 및 Operating Cost가 발생되며,
- ④ 전술한 低硫黃 原油와 製品의 취급을 위한 기존設備의 改造補完 또는 新設設備 投資에 따른 비용負擔 등이 있다.

앞으로 低硫黃 製品 사용을 전국적으로 확대할 경우 필요한 低硫黃原油의 절대적인 物量確保 문제를 해결해야 할 것이다. 따라서 장기적인 環境보존 정책에 따라 강화될 低硫黃化 계획에 대처해 나가기 위해서는 脫黃設備方法에 의존해야 할 것이다. 脫黃方法에 의한 追加비용에 관한 資料를 참고로 日本의 例를 들어 소개한다. (表 7 參照)

5. 展 望

現時點에서 우리는 低硫黃 原油 精製방법으로 低硫黃 製品를 생산하기 시작하였다. 과거에는 全体 需要 原油를 中東으로 부터 도입 하였으나 第1, 2次石油波動을 거치는 동안 적극적으로 原油導入

多邊化를 추진함으로써 低硫黃 原油供給先도 확보하게 되었고, 다행히 低硫黃 製品 供給計劃과 일치하여 순조롭게 低硫黃 製品 生産 供給이 7月 1일부터 시작 되었다. 그러나 앞으로 低硫黃製品 供給에 따르는 문제점도 없지 않다.

첫째 低硫黃 原油 物量確保 문제로서 低硫黃 製品 공급은 年次的으로 전국적으로 확대해 나갈 것이며, 이에 필요한 低硫黃 原油物量의 지속적인 증가가 예상되나 과거 原油波動의 경험을 돌이켜 볼 때 우리실정에 맞는 각종 원유의 필요한 物量을 선택적으로 確保하는 것은 기대하기 어렵다. 그러므로 低硫黃 原油에만 의존하여 低硫黃 製品 수요를 충족시키기에는 어려운 문제점이 있는 것으로 판단 된다.

둘째 製品間의 소비구조와 제품 收率간의 불균형 문제점에서 경질유제품의 增加예상에 반하여 原油의 공급은 중질화 경향이 예상되고 있어 경질유 製品의 부족현상 및 중질유의 과잉현상이 예상된다. 이러한 경향을 해소하기 위해 중질유를 分解시켜 경질유 製品 收率을 높여야 할 것이다.

低硫黃 原油의 精製와 더불어 중질유 脫黃설비 계획을 추진할 때에는 앞에서 말한 두가지 경우를 동시에 해결할 수 있도록 중질유 分解工程과 중질유 脫黃工程의 Combination 또는 복합된 工程의 선택으로 脫黃施設만의 과잉 設備投資로 시행착오를 범한 日本의 전철을 밟지 않도록 하여야 할 것이다.*

〈表 7〉 日本의 重油脫黃의 코스트

	1977	1978	1979(예측)	1982(예측)
設備規模(BPSD)	50,000	50,000	50,000	50,000
脫 黃(S-%)	3.8→0.3	3.8→0.1	3.8→0.1	3.8→0.1
總投資額(百萬元)	21,083	26,235	26,235	26,235
總 原 價(元/k1)	6,410	7,260	7,590	8,800
C重油價格(元/Kℓ)				
低 硫 黃	28,200~29,700	24,500	26,000	33,000
高 硫 黃	21,800~22,500	18,400	20,000	24,000
價格差指數 % (高硫黃指數: 100%)	129~132	133	123	127

工程法: Resid HDS 改良法

資 料: 80年代의 化學品 總覽 第一卷, P-23~26. 化學工業日報