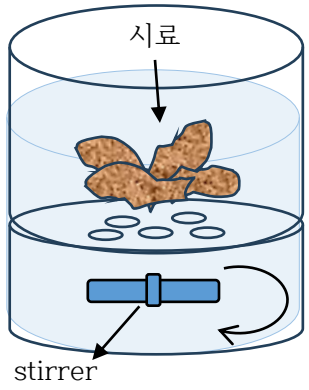


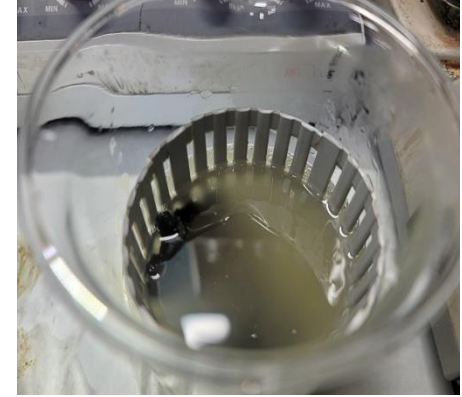
Hydrocarbon Residue Scale 용해 Test (한화토탈)



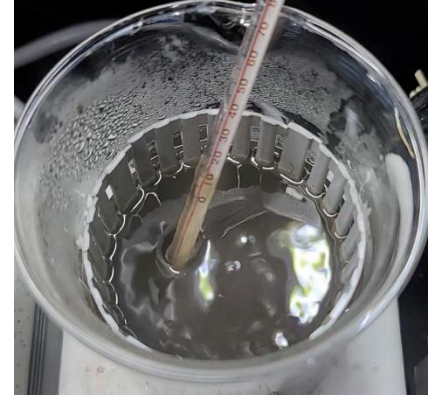
시료에 stirrer 가 직접 닿지 않게 준비



Hydrocarbon residue 10g을 beaker에 삽입



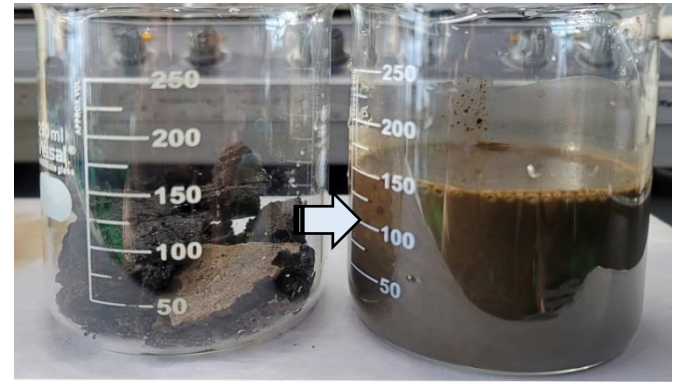
QuickClean-MXR 50% 용액 200ml dumping



75°C 에서 2시간 동안 교반하여 용해 및 분산



Hydrocarbon residue 용해 전후 image (top view)

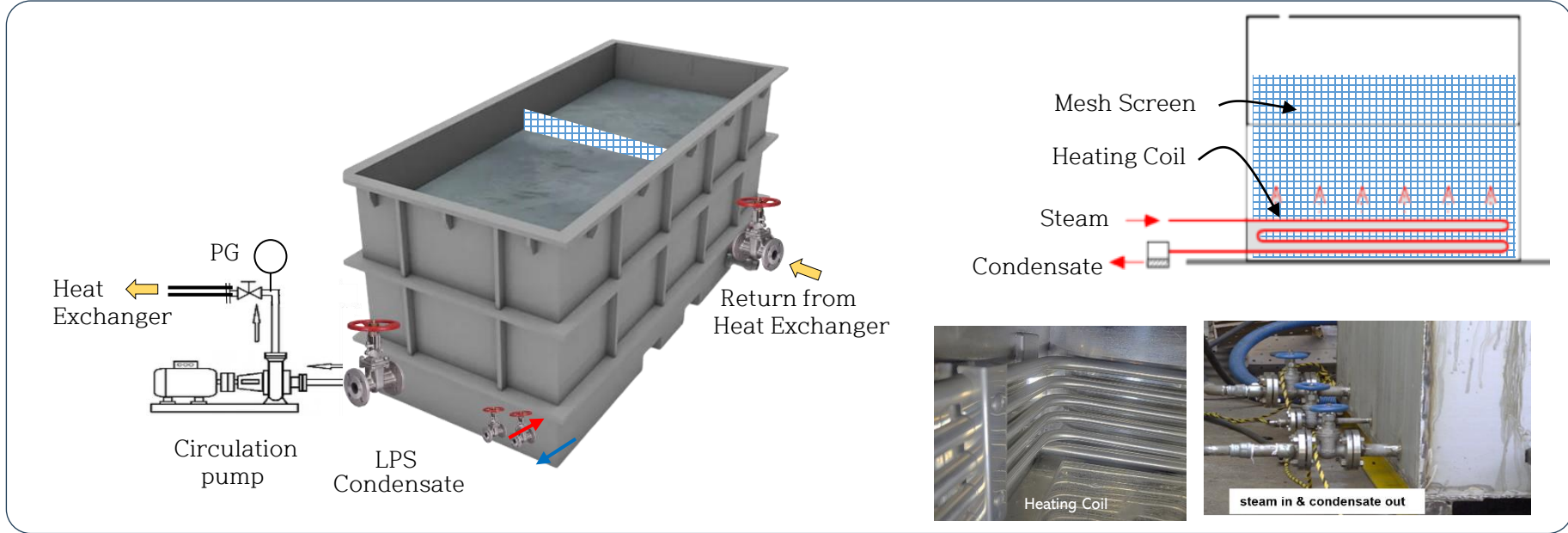


Hydrocarbon residue 용해 전후 image (side view)

Hydrocarbon residue (탄화 스케일) 은 70~80°C , 2시간 교반 조작으로 용해 및 분산된 것이 확인되었으며, 실제 Online Cleaning(OLC) 을 시행 할 경우 순환세정으로 약 8시간이 소요될 것으로 예측됨.
세정제(QuickClean-MXR) 은 정량 용해 Test 결과 MXR 1ton으로 100kg의 Hydrocarbon residue 를 용해시킬 수 있음이 확인 됨.

Online Cleaning을 위한 순환 tank 의 구성

Schematic diagram of Online Cleaning tank with utilities

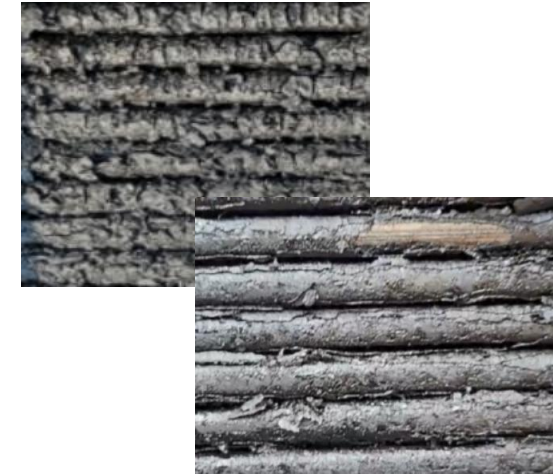
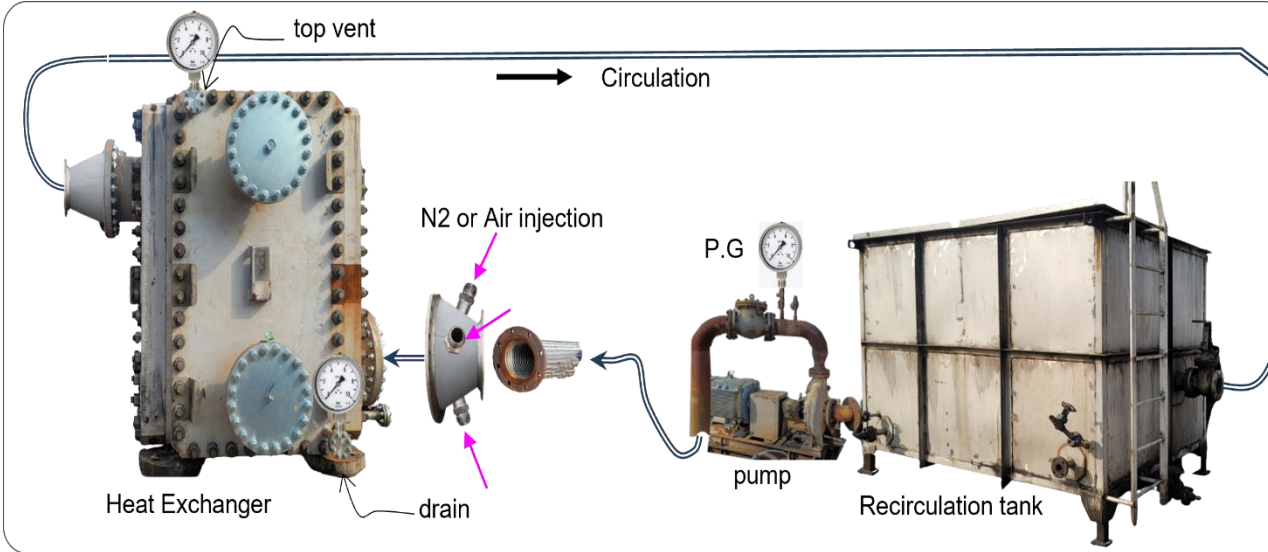


Examples of Cleaning Tank



Compabloc HE Online Cleaning route 및 세정 절차

Cleaning schematic diagram of Heat exchanger Online cleaning

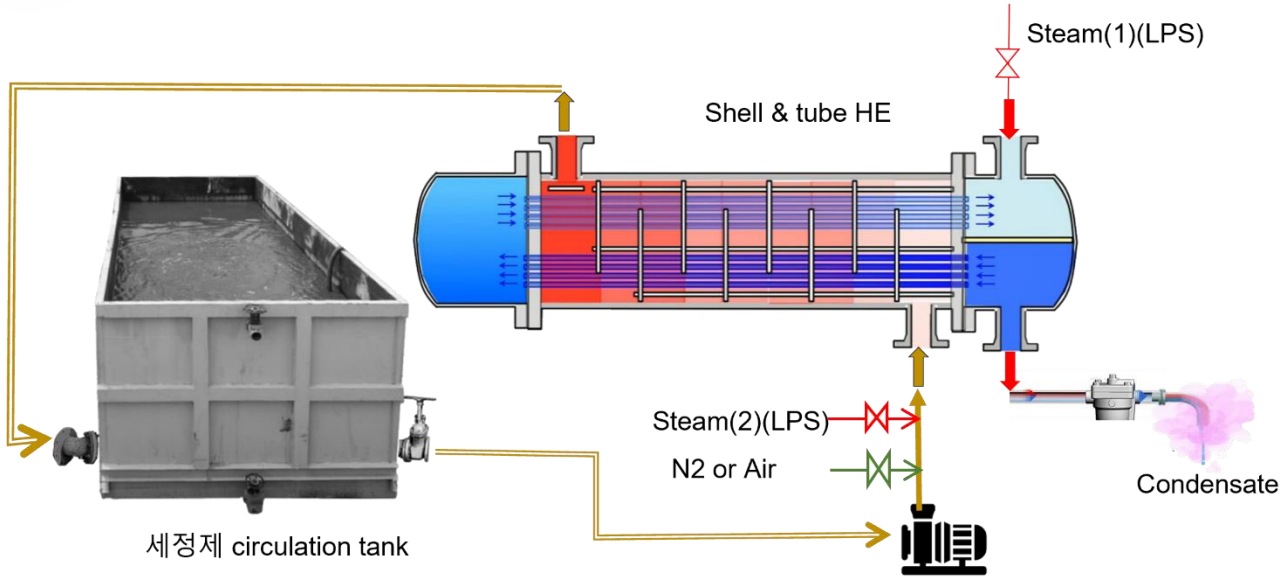


세정 대상 열교환기 Plate pack
Crude feed & AR Residue

● Cleaning Step

1. Heating Coil 이 설치된 Tank에 세정제를 채우고 tank 내부의 steam coil로 세정제를 75~85°C로 가열한다.
(반대편 top vent 에 steam을 주입하고, drain으로 응축수를 배출하여 순한 세정제를 가열 할 수도 있음)
2. 순환펌프를 가동하여 Flexible line을 통해 열교환기 거쳐 세정 탱크로 순환한다.
순환세정 시행 동안 pump discharge 및 열교환기의 In/Out 에 설치한 PG로 ΔP(차압)을 monitoring 한다.
(순환세정 중에 열교환기 Inlet 에 설치한 N2(air)주입구로 N2 를 주입하여 열교환기 내부에 turbulence flow(난류)를 형성시켜 bubble shock를 주어 전열면에 부착된 Deposits 이 효과적으로 이탈하게 하기 위함)
3. Deposits 이 용해 및 분산되면서 전열면에서 이탈됨에 따라 순환 유량이 증가되며, 열교환기 ΔP(차압)이 감소하게 된다.
순환세정탱크의 부유물 및 탁도가 현저히 증가되고 ΔP(차압)이 낮은 상태로 유지됨을 확인함으로써 세정상태를 가능하다.
4. 일정시간 (약 8~16시간) 순환세정을 시행 한 후 열교환기 내부의 세정액을 top 부분의 outlet flange을 열어 세정상태를 확인할 수 있도록 순환탱크로 drain 하고, Outlet flange를 open하여 내부의 세정상태를 확인한다.
5. 세정상태가 미흡하면, 순환 세정시간이 짧거나, 세정액이 노화되어 세정 성능이 저하된 것이 원인일 것이다.
(순환 세정을 추가로 실시하거나, 세정액을 교환하여 추가로 세정작업을 진행한다)

Shell & tube HE Online Cleaning route 및 세정 절차



1. LPS : 3.5kg/cm²g / 147.8°C
2. MPS: 10kg/cm²g / 183.33°C
3. HPS: 40kg/cm²g / 250.69°C



세정 대상 열교환기 bundle
Heavy hydrocarbon Deposition

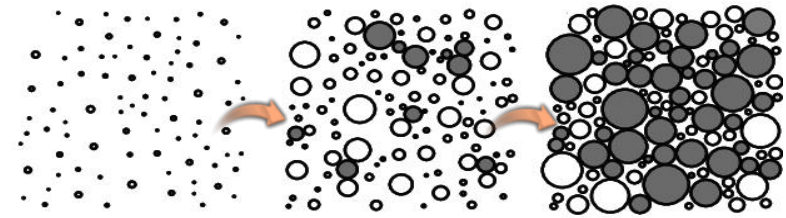
세정 작업 절차 (Heavy hydrocarbon cleaning step)

1. 순환 세정을 위한 가설 배관을 설치하고, 세정제 순환탱크에 세정제와 용수를 1:1의 비율로 채운다.
2. 순환펌프를 가동하여 shell side로 세정제를 주입하고, 열교환기의 상부로 overflow 하여 순환탱크로 return 하여 순환시킨다.
(순환 세정 중 순환탱크의 세정제에서 거품이 발생하면, 소포제를 투여한다. 예상 투여량은 세정액의 0.1%)
3. 열교환기의 tube side에 Steam(1)을 주입하고, 응축수를 tube side 하부로 배출시킨다. 튜브 외벽으로 열이 전달되어 세정제의 온도는 85~95°C에 이르게 되며, Heavy hydrocarbon의 유동점이 낮아져 세정 효과가 극대화 된다.
4. 세정대상 열교환기의 다른 형식(fin tube type)에 따라서는 순환 세정액의 승온을 위한 또 다른 방법은 세정제 순환가설배관에 작업 Steam(2)를 주입할 수 있으며, 이때, 주입된 steam 이 응축되어 세정액의 부피가 증가하는 것을 고려한다.
5. 세정액의 온도가 85°C 이상으로 순환되면, 부착물이 용해되어 세정제 순환탱크로 배출되며, 순환 세정 중 세정제 주입 가설 배관에 N2 또는 Air를 단속적 또는 일정량을 연속 주입하여 열교환기 내부에 와류를 형성시켜 tube 외벽의 부착물이 효과적으로 용해 및 유화 되도록 한다.
5. 일정시간 순환 세정 후 (예상 시간 : 약 8시간)순환을 중단하고 세정제를 일부 Drain 시킨 후 연결된 flange를 open 하여 세척 상태를 확인한다. 세정상태가 미흡하면, 일정시간 순환세정을 추가로 시행하여 세정 작업을 완료한다.

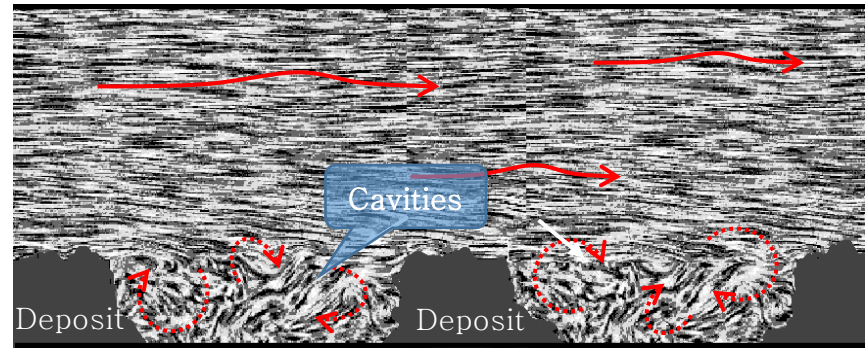
Hydrocarbon Residue Deposition Mechanism - 1

침전물 파울링(Sedimentation or deposits fouling)은 결정화 (Crystallization) 파울 이라고도 합니다. AR 및 crude feed의 경우 산화철, 유화철, 규산염, 칼슘 등과 같은 불용성 금속산화물 및 염을 함유하고 있으며, 용존염에 대한 해당 포화 온도에서 스트림은 표면에 결정이 형성됩니다. 또한 타르, 아스팔텐, 왁스 성분과 카본 등의 유기물과 복합물을 형성하여 고형화 됩니다. (그림 1)

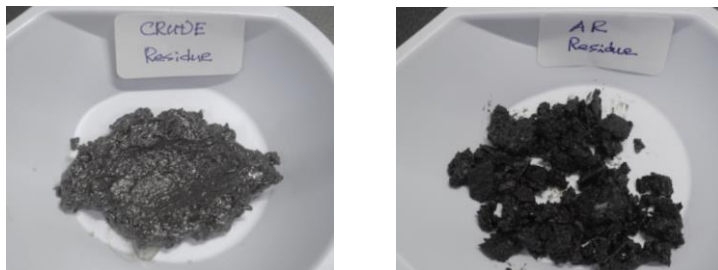
일반적으로 결정화는 스크래치와 구덩이와 같은 핵 형성 부위와 같은 특히 활성점에서 시작되며 일정 시간이 지난 후에 전체 표면을 덮습니다. 또한 deposits의 양이 증가하는 반면 증착율은 deposits의 양과 무관하지만 흐름 속도 및 표면 거칠기 증가와 같은 불용성 deposits으로 인한 표면 형상의 변화에 따라 달라집니다. 열교환기 오염의 개시 기간 또는 시간 지연은 깨끗한 열교환기가 작동한 후 얼마 동안 증착이 없이 유지되는 시간이 중요합니다. 표면에 접근하는 염 및 금속이온은 전자기력으로 인해 끌리고 표면에 부착하여 핵을 형성하고 점차적으로 오염층을 형성하는 데 시간이 지남에 따라 자랍니다. 일부 유기 화합물은 가열되거나 뜨거운 표면과 접촉 할 때 분해되어 코크스 및 타르와 같은 탄소질 침전물을 형성 할 수 있습니다. 거친 표면은 흐름 속도가 매우 낮은 구멍(pits) 이나 구덩이(cavities)의 보호 구역으로 인해 더 빠른 증착을 초래합니다. (그림 2, 3)



<그림 1> 미립자의 고형물이 덩어리 형태의 복합핵으로 변화하는 개념도



(그림 2) 유체의 흐름(side view) : 거친 구덩이 부위에서 유체 흐름은 감소되어 스케일의 형성을 가속화 함

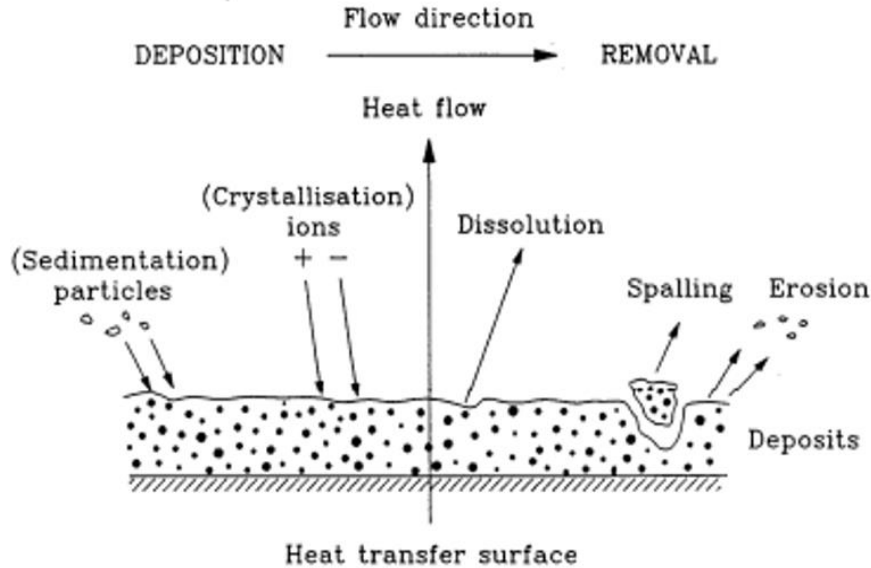


정유사의 Crude 및 AR Residue scales



(그림 3) 유체의 흐름(Top view) : 거칠어진 표면부위에서 Turbulent flow 가 형성되어 느린 유속이 되며 부착물이 증식됨

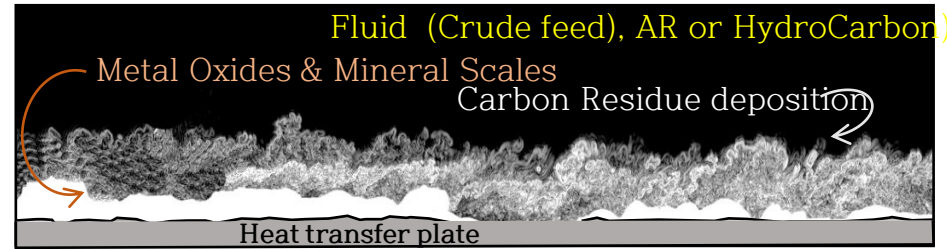
Hydrocarbon Residue Deposition Mechanism -2



<그림 4> 열교환기의 전열면에서의 퇴적물 탈 부착 거동

열교환기 전열면에서는 퇴적과 제거가 연속적으로 일어난다.

유체의 퇴적물 미립자가 전열면에 부착되어 축적되며 부착물의 두께가 과도하게 되면 ΔP 가 증가하게 되며, 난류가 강하게 형성되어 퇴적물은 부스러지고 깎여 나가고 분해되어 ΔP 는 다소 증가 감소하는 현상을 반복하게 된다. (그림 4) 그러나, 유체중에 함유되어 있는 Mineral 성분 (칼슘, 마그네슘, 규산염 등) 과 산화철 및 타르, 카본 등이 서로 엉겨 붙어 유체의 흐름에 의해 이탈되지 않는 복합물이 열교환기의 전열면 표면에 단단히 부착되게 된다. 궁극적으로 운전 기간이 지날수록 ΔP 는 천천히 증가하고 유체의 흐름을 저해하게 된다.



<그림 4> 열교환기의 전열면에 부착된 Deposits의 모식도

상압 잔사유(Bunke-C油)의 불순물의 분석 예는 vanadium (50~190mg/kg) Iron(6~32mg/kg) Nickel(about 30mg/kg) aluminum(6~30mg/kg) Silicon(6~30mg/kg)이며, V_2O_5 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Al_2O_3 , SiO_2 및 mineral salt가 함유되며, 이는 유기물과 더불어 고형화 되어 그림 4와 같이 열교환기의 전열면 표면에 부착됩니다. Crude feed에도 상당량의 이물질이 함유되어 있습니다.

결론적으로 유기 용제나, 기타 기능성 Detergent로 Soft 하게 부착한 Sediments 을 제거한다 하여도, Hard하게 부착된 Scale을 제거하지 않으면 그림 2,3 과 같은 메커니즘에 의해 Hard scale이 빠르게 증식되고, 다소 soft한 고형물의 증착이 가속화 됩니다. 더 나아가, 딱딱하게 부착된 무기물 고형물(무기물염)은 열 전달율이 심하게 저하되어 얇게 부착되어 있다 하더라도 상당한 열교환 효율 저하의 원인이 됩니다.

따라서, 공정 Fluid 에 성분에 부식성 물질이 포함 될 경우 재질의 대체가 필요하며, 세정 방법 중 물리적 손상(Wire blush 등의 사용)으로 인한 거칠어짐이 발생하지 않도록 주의 하여야 하며, 세정제 사용에 있어서도 전열면 표면에 손상이 없는 세정제를 선정하여야 합니다.

정유사 화학세정 공사 사례

