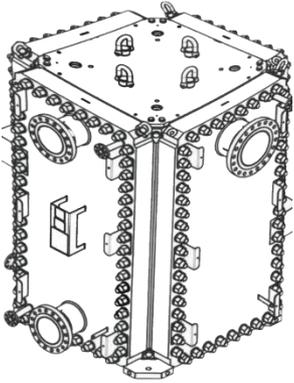


## Welded plate heat exchanger Cleaning Solution



고성능 세정제의 적용으로 폐색된 plate pack의 유, 무기질 부착물을 제거하는 기술 적용

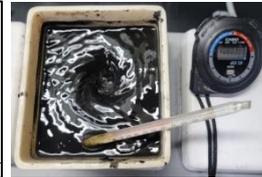
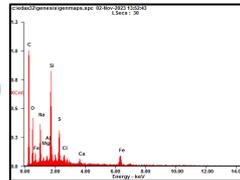
- 고분자 Hydrocarbon 의 용해 및 분산(Asphaltene , Tar , Waxy Oil )
- 유기 및 무기 복합물질의 용해 및 분산 (Metal Oxide, Mineral Scale, Silicate )
- 유기용제를 함유하지 않은 친환경 세정제 (VOCs Free)
- 장치에 대한 손상이 전혀 없는 안전한 세정제 (Corrosion Free)

Online Cleaning 의 실현가능 기술, 물리적 세척(Blushing, Hydro jetting)배제 기술 적용

- 세정 불가 열교환기의 세정 복원
- 장치의 분해 및 인출 없는 세정
- OLC로 Shut Down 없이 공정 운전
- Maintenance Cost 절감



현장 조사 및 시료채취

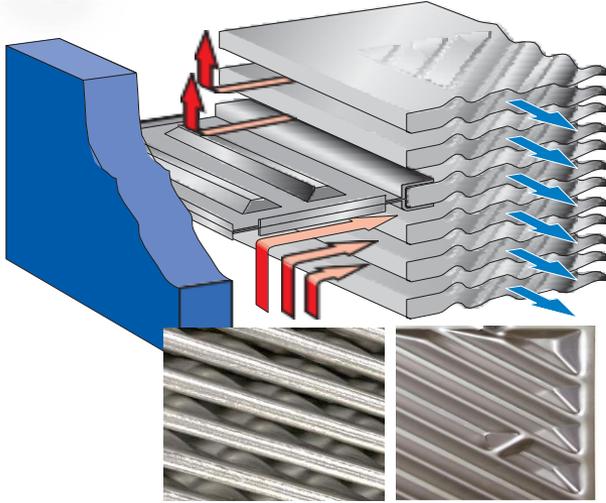


시료 분석 및 용해 test

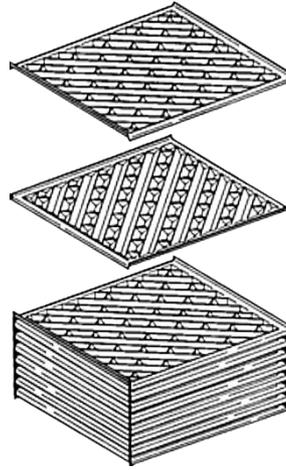


세정제 선정 및 공사 실행

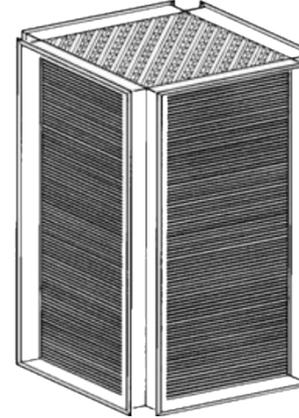
# Summary of welded plate heat exchanger



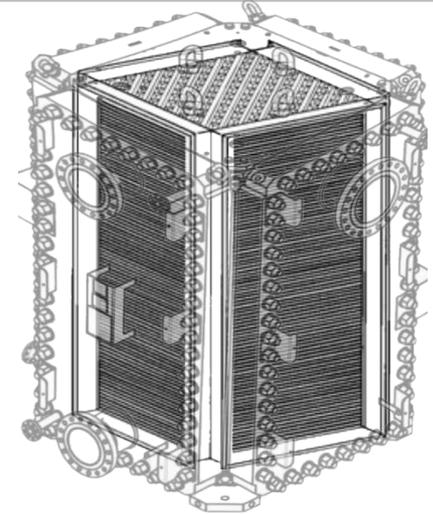
Grooved & welded plate



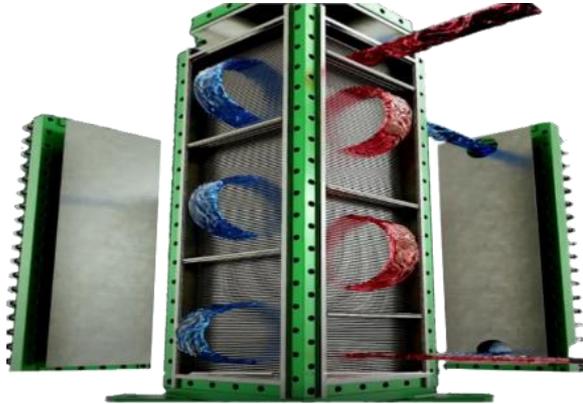
Stacking & welding of plate



Heat transfer Plate pack



Heat exchanger assembly



Flow of hot & cold media

\* Image source : Alfa-laval , Nexson

\* Welded plate 열교환기 제조사 : Alfa laval Kelvion , APV. Nexson etc.

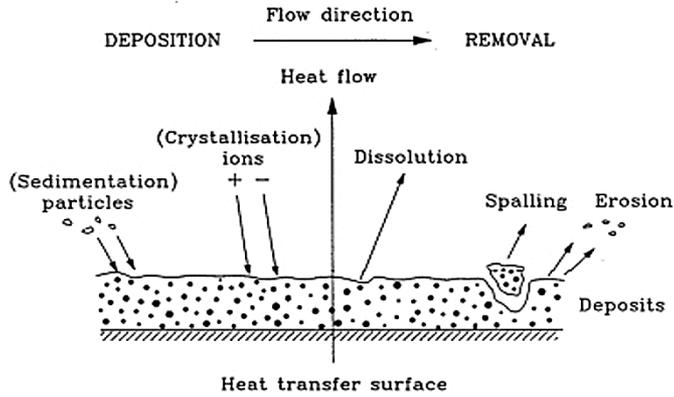
## <장점>

- 1. 컴팩트한 설계:** 용접 판형 열교환기는 일반적으로 기존 셸 앤 튜브 열교환기에 비해 더 컴팩트하므로 공간 제약이 있는 분야에 적합
- 2. 효율적인 열 전달:** 주름진 플레이트 디자인은 열 전달 표면적을 최대화하여 효율적인 열 교환 가능
- 3. 높은 열 효율:** 용접 판형 열교환기는 판 사이에 생성되는 난류로 인해 열 효율이 뛰어나 효율적인 열 전달을 촉진합니다.

## <단점>

- 1. 청소의 어려움:** 용접 판형 열교환기는 오염 가능성이 낮지만 컴팩트한 디자인과 용접 구조로 인해 청소가 어려울 수 있으며 잠재적으로 특수 세정기술 및 절차가 요구됨.
- 2. 적용 제한:** 압력 및 온도 범위가 제한되며, 용접구조로 인한 열팽창, 기계적 응력에 의한 손상으로 내구성 저하 요인
- 3. 비용:** 용접 판형 열교환기는 기존 설계에 비해 높음.
- 4. 재료 호환성:** 특정 유체 또는 부식성 환경과의 호환성은 제한될 수 있어 성능보장을 위한 재료선택 필요

# Fouled Scale on heat transfer plate

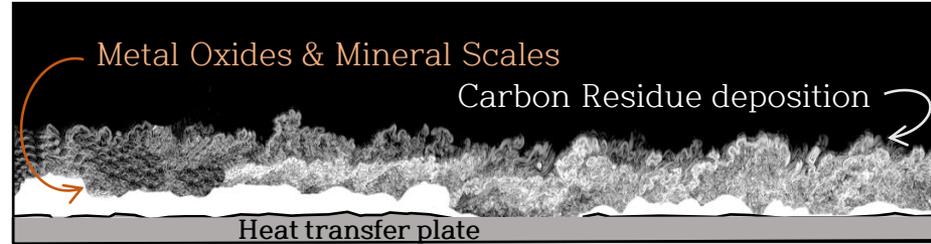


열교환기의 전열면에서의 퇴적물 탈 부착 거동



Fouled of Plate pack

Fluid (Crude feed), AR or Hydrocarbon)



<열교환기의 전열면에 부착된 Deposits의 모식도

열교환기 전열면에서는 퇴적과 제거가 연속적으로 일어난다. 유체의 퇴적물 미립자가 전열면에 부착되어 축적되며 부착물의 두께가 과도하게 되면  $\Delta P$ 가 증가하게 되며, 난류가 강하게 형성되어 퇴적물은 부스러지고 깎여 나가고 분해되어  $\Delta P$ 는 다소 증가 감소하는 현상을 반복하게 된다. 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  $\Delta P$ 는 천천히 증가하고 유체의 흐름을 저해하게 된다.

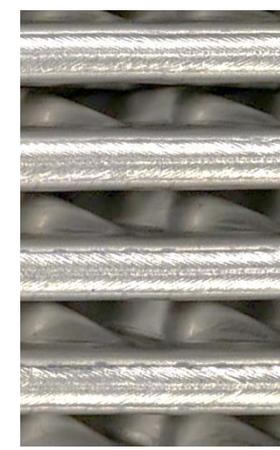
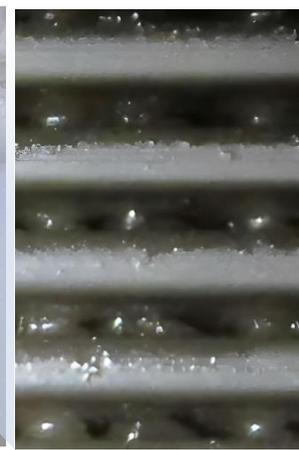


Hydrocarbon + silicate scale



Hydrocarbon + sediments scale

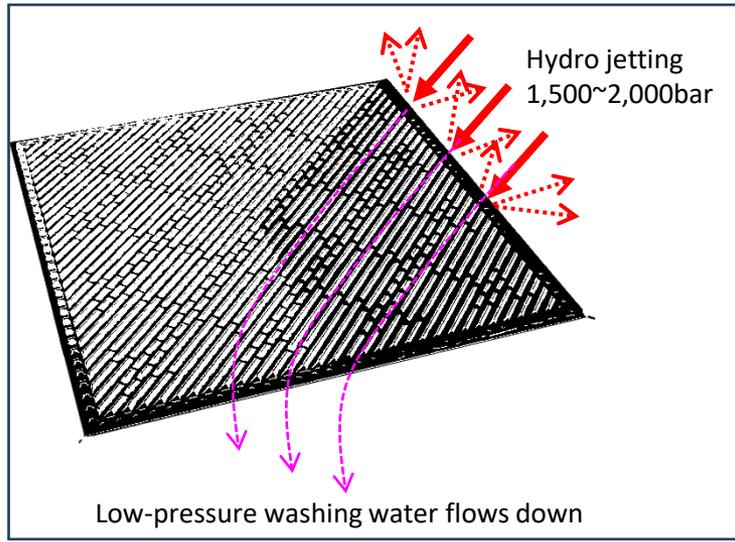
# Problems with Physical Cleaning Methods (Hydro-jetting, Blushing) Cleaning



● Fouled welded plate heat exchanger

● After cleaning by hydro-jetting  
Plate groove 에 scale 잔류 됨

● Welded plate 전열면의 groove pattern  
side view & top view



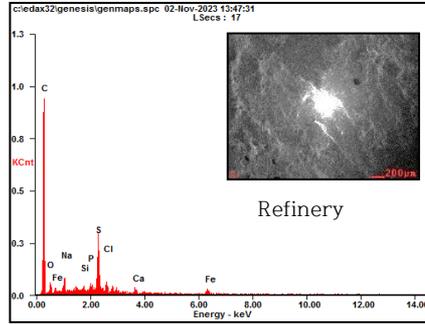
● Hydro-jetting (scale의 종류에 따라서 세척 불가능함. (welded plate HE)



● Hydro-jetting 방향을 조절하여 세척 가능함. (Shell & tube HE)  
단, asphaltene 및 tar 는 불가함

Welded plate 열교환기의 특징은 전열면의 극대화를 위해 Plate의 두께는 얇고(1.0t)간격이 좁은(5~10mm) groove 형태의 pattern으로 인하여 초 고압 세척(hydro-jetting)으로 전열판 내부의 sticky 한 scale은 밀어내기 어렵고, hard 한 Scale은 groove를 막아 세척이 곤란함.

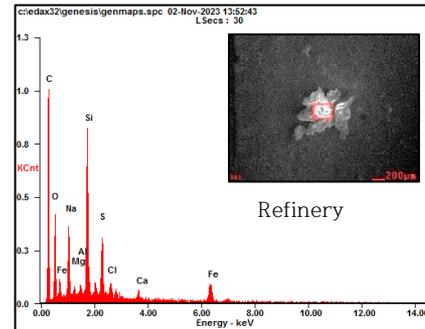
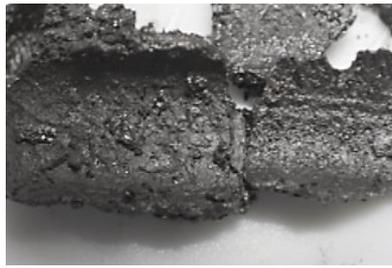
# Deposit component analysis



Element	Wt%	At%
CK	75.89	88.27
OK	4.47	3.91
NaK	1.64	1
SiK	0.67	0.33
PK	1.05	0.47
SK	8.29	3.61
ClK	1.94	0.77
CaK	1.34	0.47
FeK	4.71	1.18

Main component: Carbon, Fe2O3, FeS

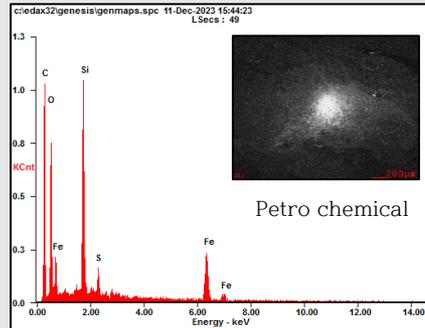
- Crude Oil deposits 은 고점도의 paste 상태로, 주성분은 Carbon, Iron Oxide, Iron sulfide임



Element	Wt%	At%
CK	52.2	69.86
OK	13.22	13.28
NaK	4.99	3.49
MgK	0.45	0.3
AlK	0.5	0.3
SiK	10.83	6.2
SK	5.08	2.55
ClK	1.5	0.68
CaK	1.01	0.4
FeK	10.22	2.94

Main component: Carbon, SiO2, Fe2O3, FeS

- AR deposits 은 부스러지는 Scale로 주성분은 Carbon, Silicate(규소질), Iron Oxide, Iron sulfide임



Element	Wt%	At%
CK	42.88	62.50
OK	19.45	21.28
SiK	12.87	08.02
SK	01.81	00.99
FeK	22.98	07.20

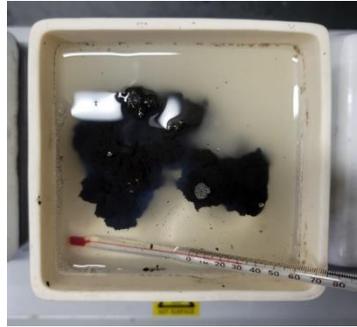
Main component: SiO2, Fe2O3, FeS, Cokes

- Petro-chemical의 residue로 주성분은 SiO2, Fe2O3, FeS, Cokes 임

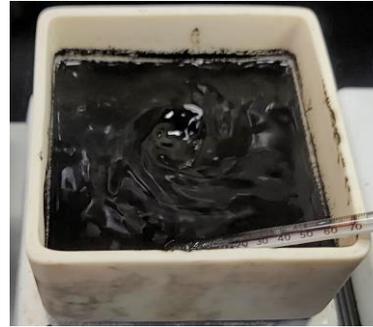
# Scale dissolution test for Online cleaning or CIP



● Crude Deposits



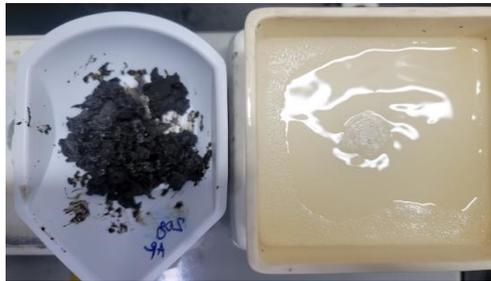
● 세정제 (MXR) 첨가



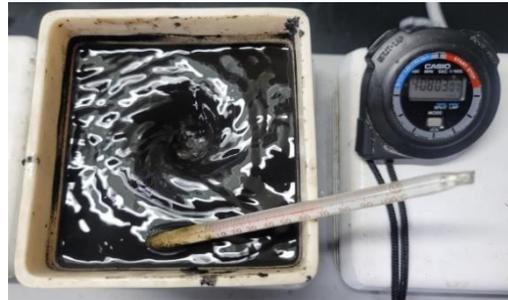
● @70°C에서 2시간 교반



● 용해 및 분산 완료



● AR Deposits



● @70°C에서 6시간 교반



● 용해 및 분산 완료



● Petro-chemical Deposits

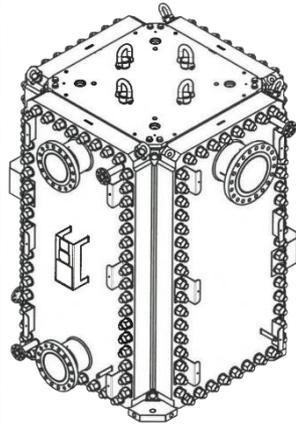


● 75°C에서 2시간 동안 교반하여 용해 및 분산



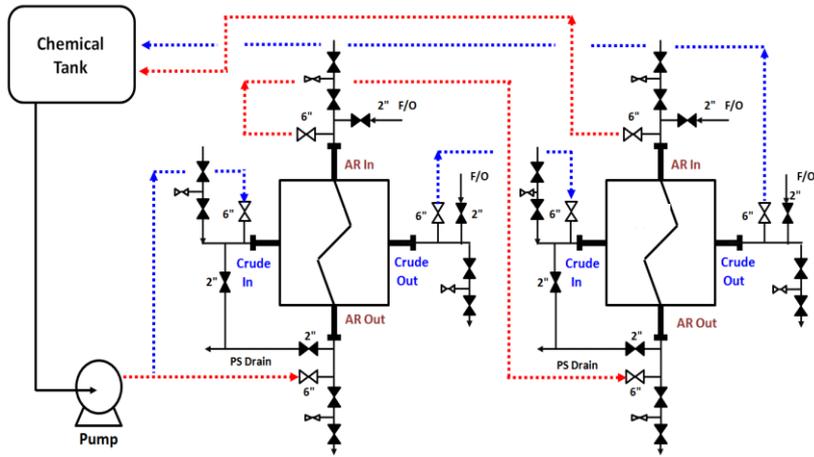
● 용해 및 분산 완료

# Refinery Compabloc heat exchanger Online Cleaning



원유 증류 장치(CDU)의 예열 트레인 열 교환기는 뜨거운 원유에서 다양한 증류 컬럼으로 열을 전달하는 중요한 구성 요소입니다. 시간이 지남에 따라 이러한 열 교환기는 아스팔텐, 왁스 및 무기질과 같은 다양한 물질의 축적으로 **fouling** 됩니다. **fouling**은 열 전달 효율을 감소시키고 에너지 소비를 증가시키며 생산량 감소 및 장비의 고장으로 이어질 수 있습니다.

온라인 청소는 열교환기의 성능을 유지하고 수명을 연장하기 위한 사전 예방적 접근 방식입니다. CDU를 shutdown하지 않고 온라인 청소를 수행할 수 있으므로 가동 중지 시간과 생산 손실을 최소화할 수 있습니다. (가열로 연료 절감 및 탄소배출저감)  
중요한 이슈는 **fouling** 물질을 효과적으로 제거할 수 있는 세척액의 선택 및 세척 방법이 요구됩니다. 에스케이피는 유, 무기 복합물질로 **fouling** 된 열교환기의 온라인 세척에 적합한 정밀화학약품(fine chemical)을 개발하여 제공합니다.



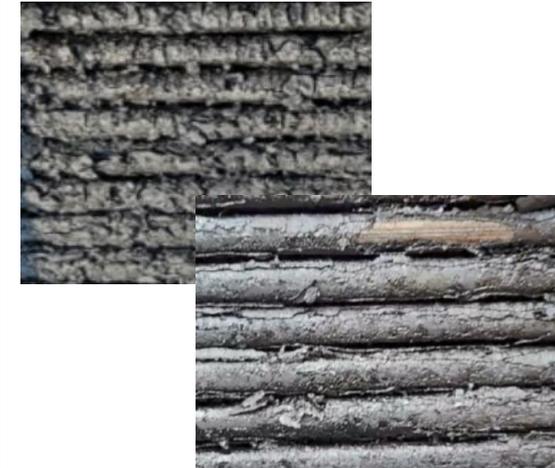
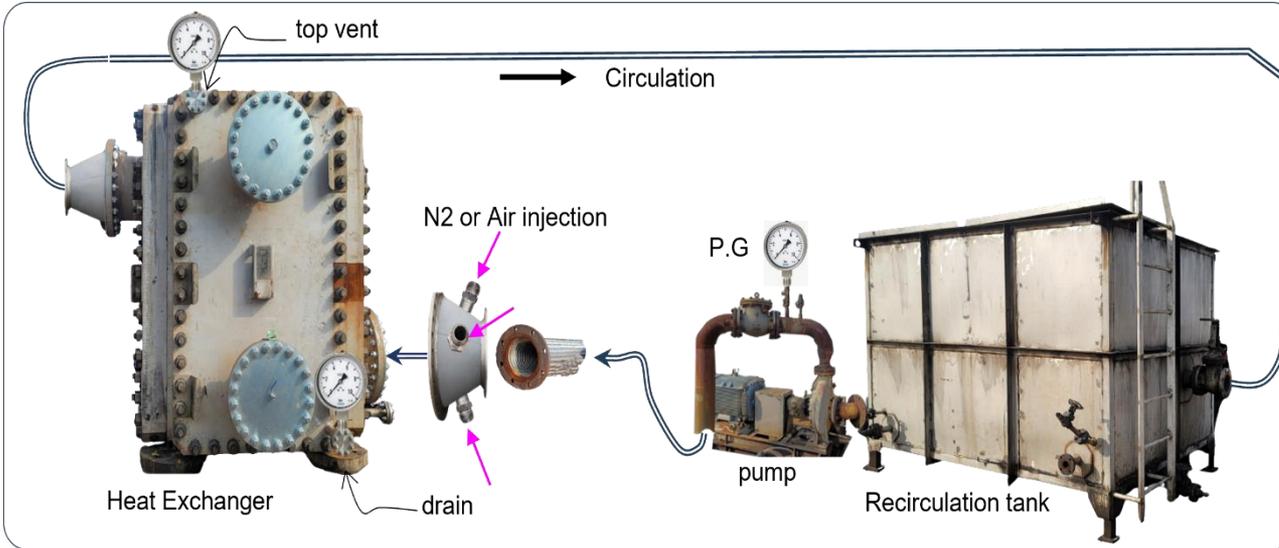
- ① Hot Side Cleaning
- ② Cold Side Cleaning

Alfa Laval Compabloc 열교환기는 작은 설치 공간에서 높은 열 효율을 가능하게 하는 콤팩트한 설계, 더 적은 부품으로 인한 낮은 유지 관리 비용, 오염 위험 감소 등 여러 가지 이점을 제공합니다. 또한 쉽게 확장 및 수정할 수 있는 모듈식 설계와 압력 강하가 낮아 에너지 소비가 적고 비용이 절감됩니다. 전반적으로 Alfa Laval Compabloc 열교환기는 다양한 열 전달 응용 분야를 위한 안정적이고 효율적이며 비용 효율적인 솔루션입니다.

그러나, Compabloc 열교환기의 온라인 세척은 고온 및 고압 응용 분야에 적용할 경우, Online 세척 후 고온 고압의 fluid를 service 할 때 기계적 구조의 한계로 인해 Leakage가 발생할 수도 있습니다. 단, cold down 후 OLC를 시행하는 경우는 Leakage 문제가 해소될 수도 있습니다.

# Compabloc HE Online Cleaning or CIP Cleaning procedure

## Cleaning schematic diagram of Heat exchanger Online cleaning



세정 대상 열교환기 fouled 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  $\Delta P$ (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  $\Delta P$ (차압)이 감소하게 된다.  
순환세정탱크의 부유물 및 탁도가 현저히 증가되고  $\Delta P$ (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)

# Cleaning chemical mechanism & Corrosion rate monitoring

● 유기물 부착물 ( Inorganic deposits )

• hydrocarbons, polymers and coke formed in process streams

● 무기물 부착물 ( Organic deposits )

• carbonates, oxides of Ca, Mg, Fe, e.g. CaCO3, Fe2O3

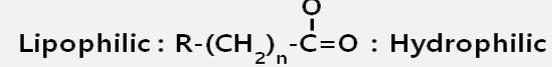
• sulphide of Fe e.g. FeS

• silicates (usually complex) e.g. Na2O·Fe2O3·4SiO2

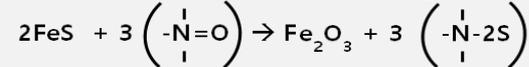
✓ Oil sediment 의 경우 유기용제 또는 Flushing oil(DSL) + 유기용제 와 같은 유용성 솔벤트는 일부의 유기물 성분의 용해는 가능하나, 유,무기 복합물의 분해 및 용해는 불가능 합니다.

<무, 유기물 부착물의 분해 반응>

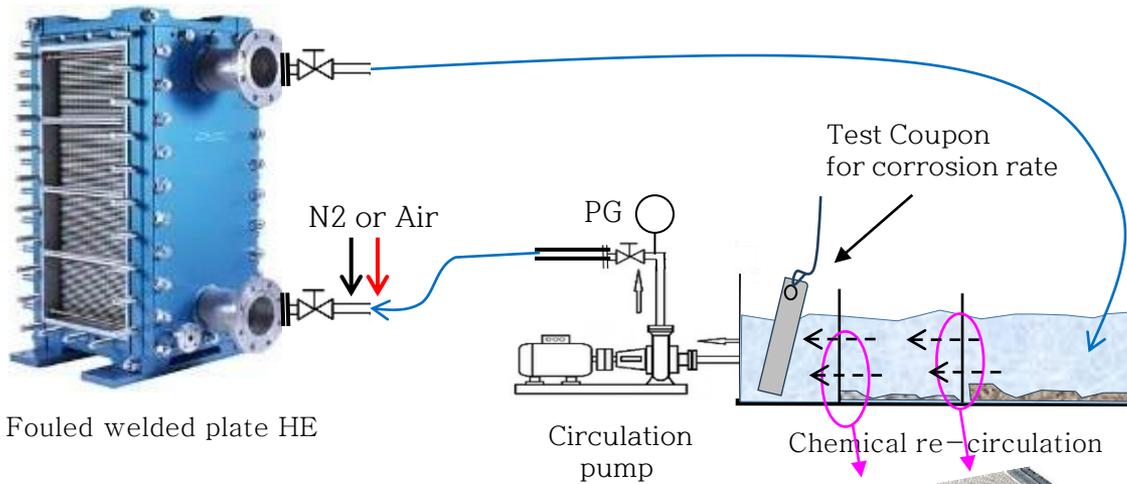
1) HC의 유화 (Residue Oil-emulsion) : 친유 → 친수



2) 유화철의 산화 (Oxidation of Pyrophoric iron sulphide (FeS))



3) 산화철의 환원 (Ferric ion reduction reactions)



\* 열교환기에서 이탈된 고형물이 장치로 재 진입 하지 않도록 설치 (option)

△SUS Mesh Screen



1. 세정 탱크에 테스트 시편 (coupon 형태)을 침적하여 일정 시간마다 정밀 전자저울로 중량을 측정한다.
2. 부식 감량 및 표면 상태를 확인하여 소재의 부식 및 손상 여부를 확인한다.

\*\* SKP의 세정제는 금속 소재를 전혀 침해하지 않음