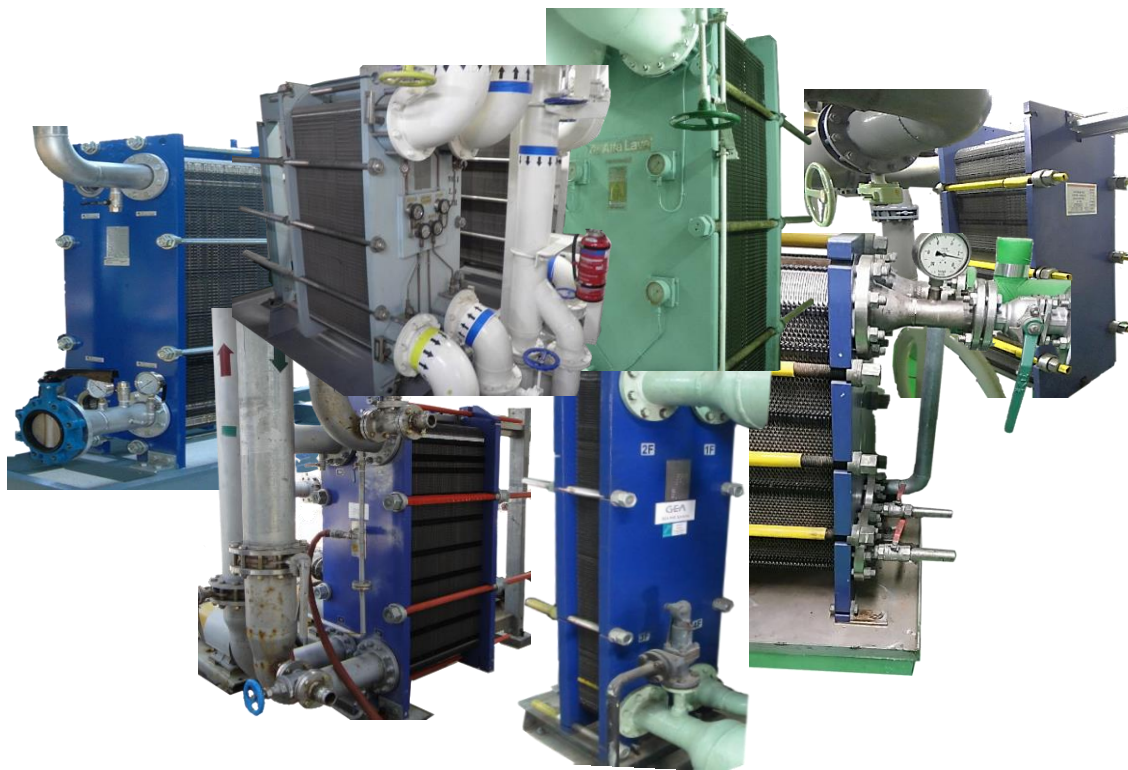


판형 열교환기는 높은 열 전달 계수를 갖고, 부피당 열전달 면적이 매우 높아 좁은 공간을 차지합니다. 주름형의 작은 유로를 가지며, 난류가 작은 유량, 특히 액체 - 액체 열 교환 및 큰 점도의 유체 열 교환에 적합합니다. 그러나, 사용압력 및 작동 온도는 가스켓 재질에 의해 제한됩니다. 사용되는 플레이트는 우수한 재료(주로 stainless steel)를 사용하여 거의 부식되지 않으나, 정기적으로 분해하여 청소해야 하고 가스켓을 교체하는 유지보수가 필요합니다.

SkpChem은 전 산업분야에 걸친 다양하게 사용하고 있는 판형 열교환기(Plat Heat exchanger)의 Fouling 물질을 무 분해 방법으로 CIP(Cleaning In Place) 효과적으로 제거할 수 있는 세정제를 개발 및 공급하고 있습니다.



### 세정 방법 및 세정제 선정시 주의 및 고려사항

**판형열교환기의 재질**은 일반적으로 스테인리스 스틸이나 티타늄으로 제작되며, 각종 가스켓으로 sealing 되어 있습니다. Fouling Material 은 산업 및 적용 분야별로 매우 다양합니다.

부착물은 무기, 유기물로 구성되며 이들의 복합 물질이 주름판인 전 열면에 축적됩니다. 이러한 부착물은 열교환 효율을 현저히 저하시킵니다.

**분해 세정 방법**은 많은 작업시간을 요구 할 뿐 아니라, 분해과정에서 손상된 가스켓을 전부 교체해야 하므로, 소모품 비용이 과다하게 청구됩니다. 또한, 작업기간으로 인하여 공정의 운전 중단 시간을 연장시키게 됩니다.

**문분해 세정 방법**은 매우 효율적으로 부착물을 제거 할 수 있으며, 장치를 분해하지 않으므로, 분해, 조립에 의한 물리적 손상의 우려가 없을 뿐만 아니라, 가스켓의 교체 비용을 절감 할 수 있습니다.

또한, 정비 기간을 대폭 단축시킬 수 있습니다.

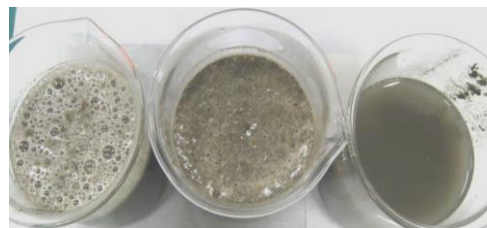
세정제의 선정에 있어서 Stainless Steel에 매우 취약한 염소이온을 함유하지 않아야 하며, 좁은 주름판 사이에서 효과적으로 작용 할 수 있는 세정제의 선택이 매우 중요한 요소입니다.

일반적인 스케일이 아닐 경우, 세정제를 적용하기에 앞서 사용할 세정제가 부착 물질을 용해하거나 분해하는 세정 효과가 있는지를 확인 하는 것이 필수 사항입니다.



판형 플레이트에 부착된 다양한 무, 유기물

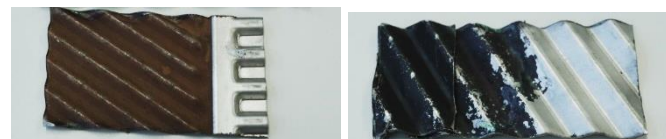
완벽한 세정을 위해 판형 플레이트의 부착물 제거를 위해 미리 시료를 채취하여 pre test를 시행하는 것이 바람직 합니다.



부착물 시료 채취하여 용해 Test

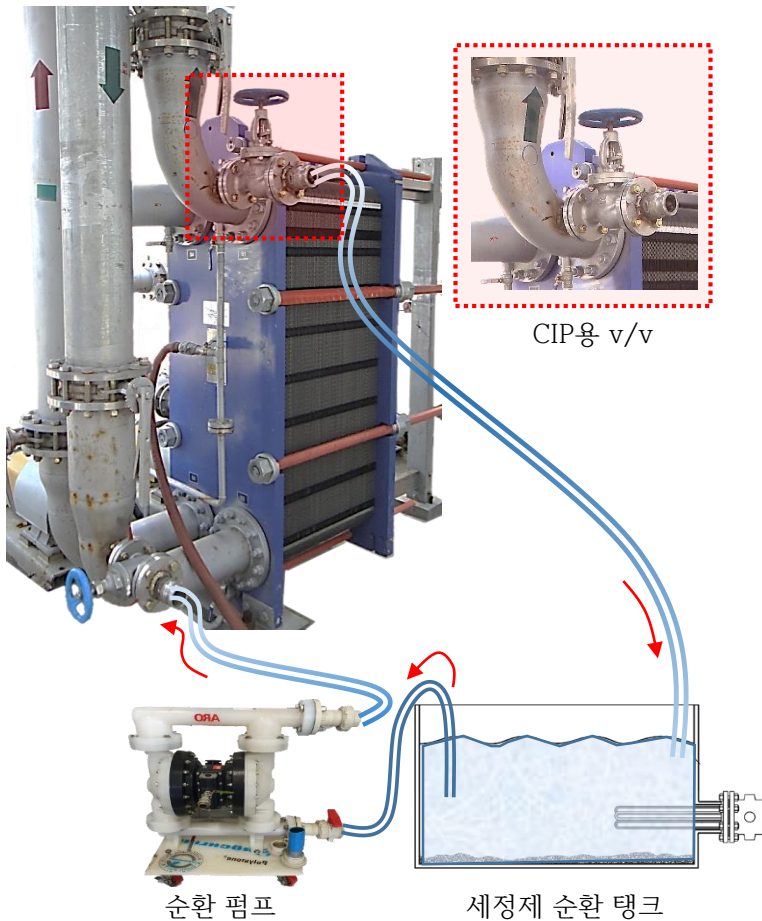


플레이트를 침적하여 Test



특정 물질이 부착된 경우 시편을 채취하여 미리 용해 되는지 테스트 필요

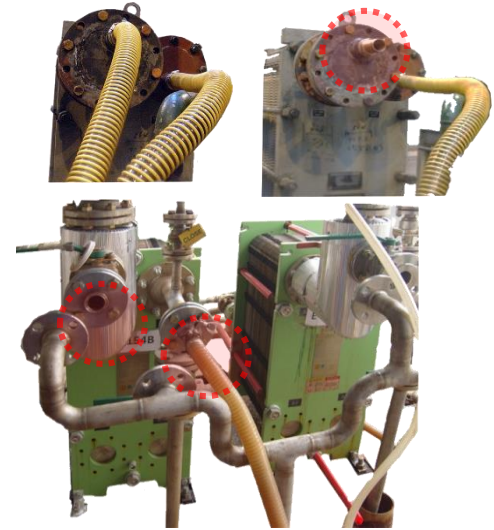




CIP(현장 장소에서의 무 분해 세정)용 밸브가 설치되어 있는 경우 매우 용이하게 순환 루프를 구성하여 순환 세정이 가능합니다. 단, CIP용 spool이 없는 경우 새로 설치하거나 배관 연결부(플랜지)를 풀어 임시 순환 Loop를 구성하여야 합니다.

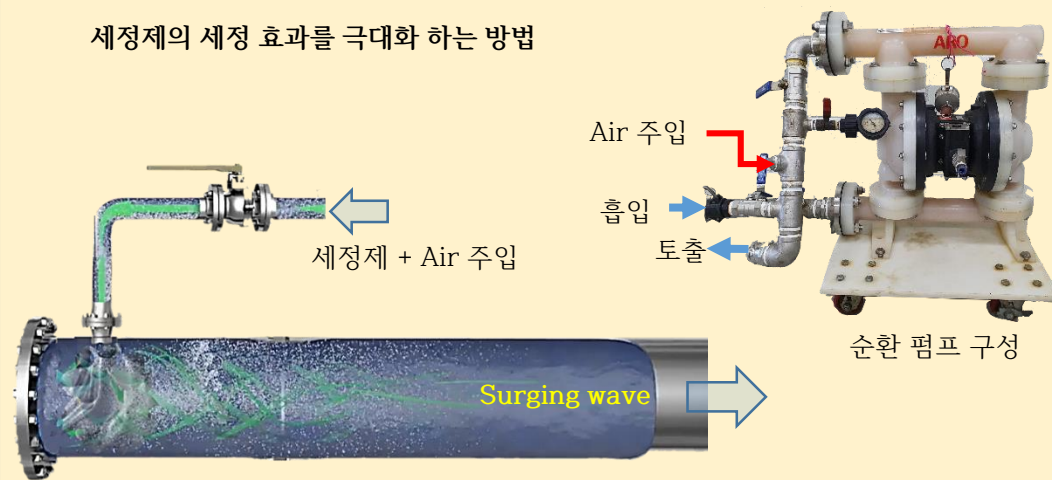


열교환기 In Out에 임시 순환 Hose를 연결하여 세정 하는 모습



CIP 용 v/v 가 없는 경우 플랜지를 분리하여 연결

### 세정제의 세정 효과를 극대화 하는 방법



- ✓ 장치 세정제 순환 라인에 Air를 연속 또는 단속적으로 주입하면 Surging wave 및 맥동(pulse) 현상으로 세정 효과가 증대됨

분해 세정 순서



분 해



침 적



부러쉬 세척

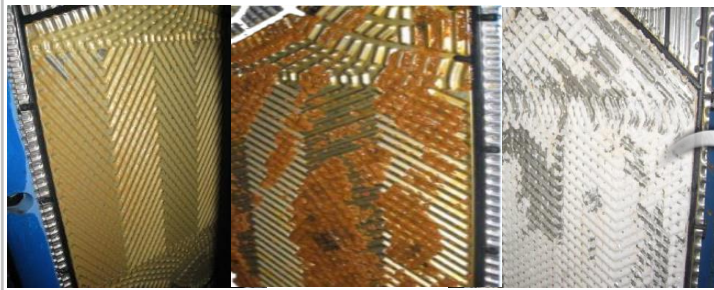


가스켓 교체

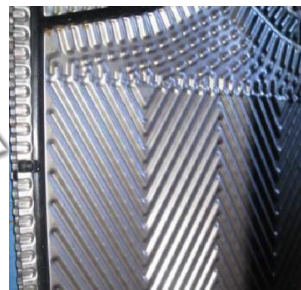


재 조립 및 수압test

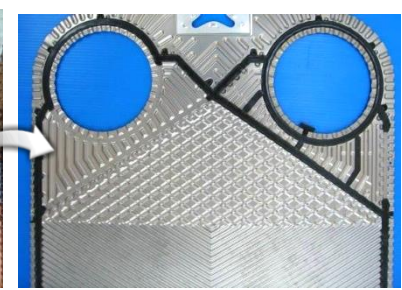
## SkpChem 세정제에 의한 세정 사례



유, 무기물 스케일 (slime, bio-Film, mud, salts etc.)



세정 전 모습



세정 후 모습



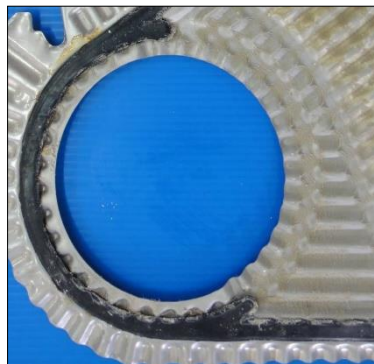
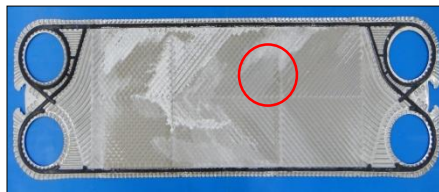
탄화 유기물 스케일 제거 전, 후 모습



열교환기 입구의 Rust 제거 전, 후 모습







냉각수 스케일



Monomer 부착물



세정 전·후 모습



세정 전·후 모습

SkpChem은 판형 열교환기의 가스켓을 손상 시키지 않습니다. 전통적인 방법은 열교환기를 분해 세정을 시행할 경우에는 가스켓의 교체로 인한 많은 비용이 발생합니다.

## 06 판형 열교환기 세정을 위한 순환 탱크 및 펌프

## 순환 세정용 탱크 (Re-circulation tanks)



가온 장치 포함 탱크



중형 가온 장치 탱크



대형 순환용 탱크

## ※ 순환 세정용 탱크 및 펌프※

세정용 수조 및 탱크는 세정 대상물의 크기 및 비용, 사용 빈도에 따라 선정합니다. 세정 대상에 따라 세정제의 온도를 올리기 위해 가온 히터를 구비할 필요도 있습니다.

순환용 펌프는 운용 측면에서 Diaphragm 펌프의 사용이 가장 바람직하며, 토출부에서 Air를 주입(연속, 또는 단속적)하는 것이 세정 효과를 증대합니다.(맥동-pulse & surging으로 난류 형성) 또한, pump는 열교환기의 크기에 따라 충분한 용량의 것을 선택하여야 합니다.

## 다이하프램 펌프(Diaphragm pumps)



중형(450L/min)



대형(700L/min)



초대형(1,500L/min)

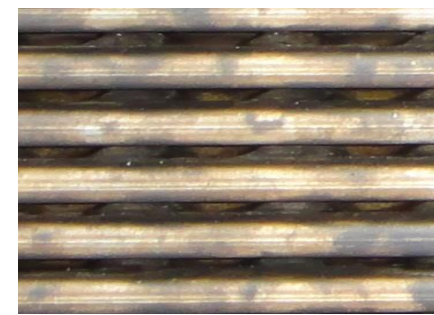
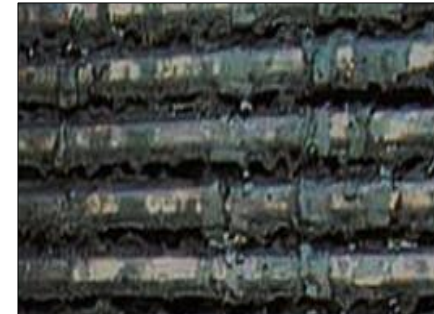


화학용 원심 펌프(700L/min)

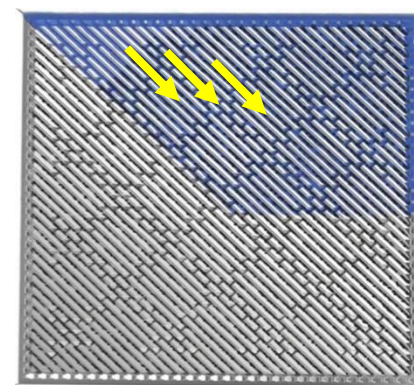
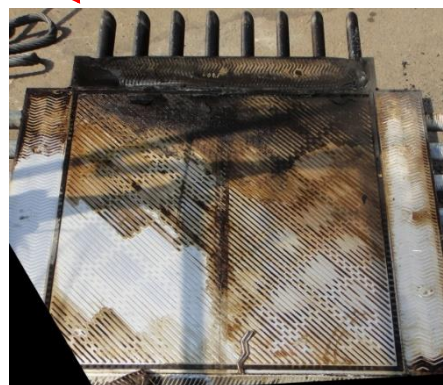
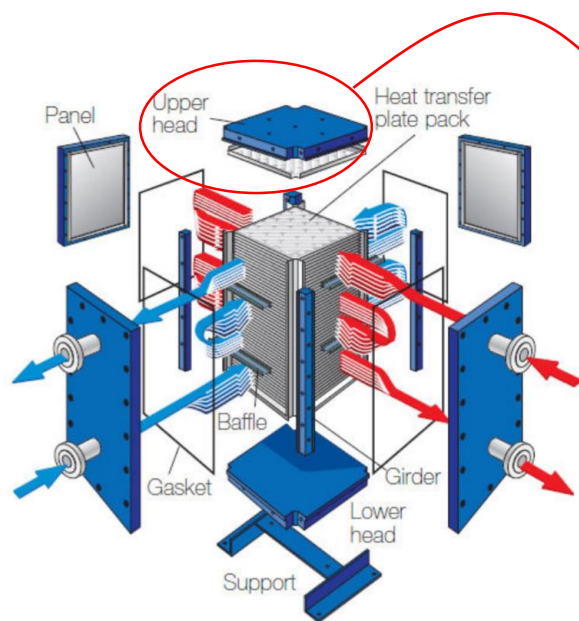




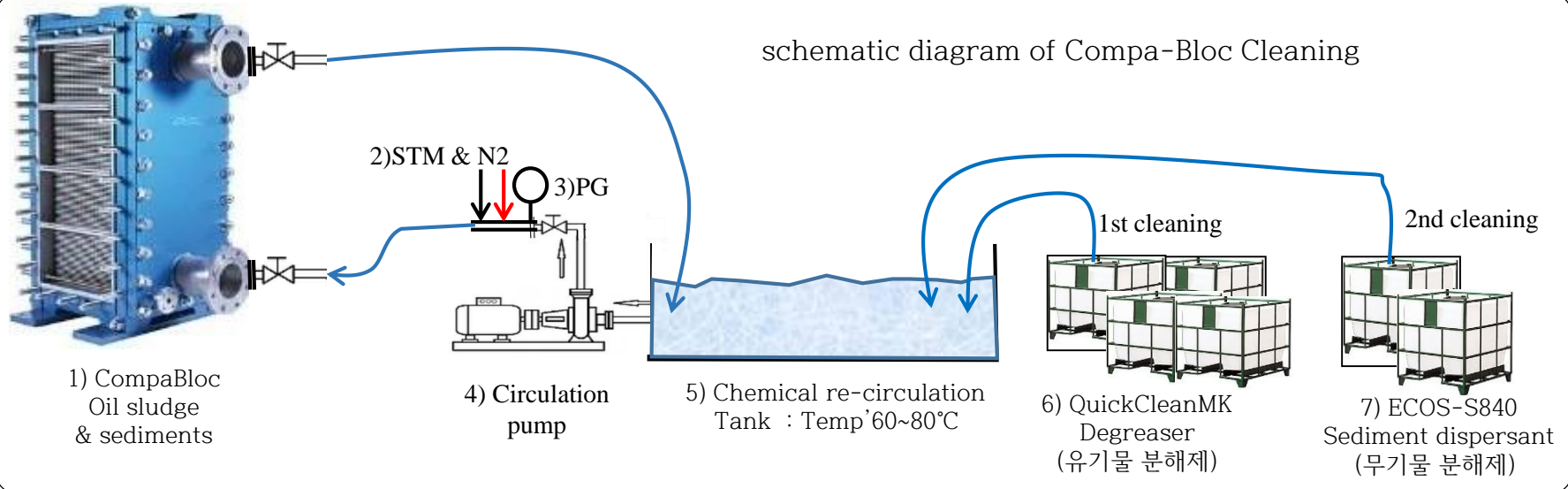
<그림 6> 부적합 detergent로 세정 후 결과 미흡으로 Deposits 이 잔류된 모습 (추가 고압 수세를 시행함)



<그림 7> baffle에 의해구분되는 passage 구역별로 Fouling 상태가 상이함이 확인됨.



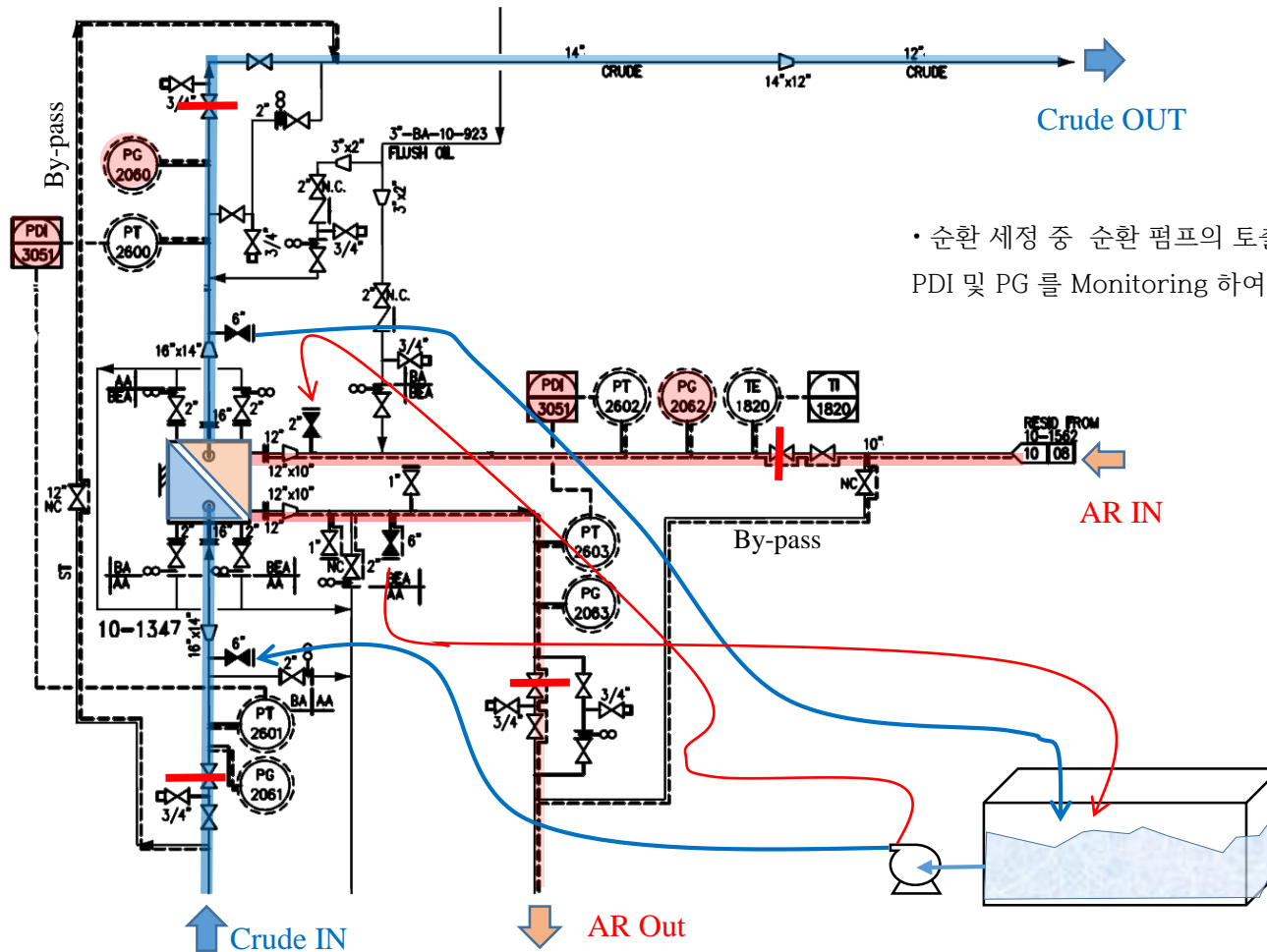
<그림 8> upper head cover 에 flow 방향에 따른 fouling 이 상이함.  
flow angle (45°방향의 corrugate groove)



#### <Cleaning Step>

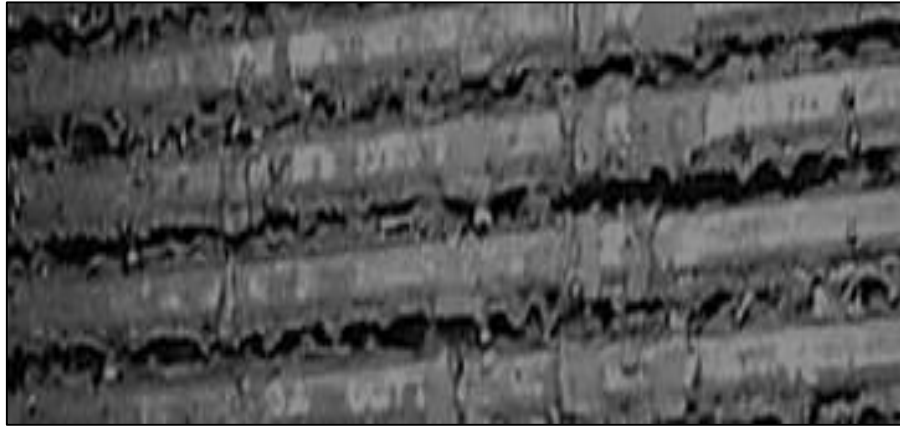
1. Compa-Bloc 을 Isolation 후 Drain 을 시행하고, N2 로 purge하여 최대한 Drain 한다.
2. Crude & AR side 측의 CIP 배관을 통하여 조성된 세정제를 주입한다. 이때 순환 라인에 N2를 주입하여 turbulent flow를 일어나게 하여 plate groove 에 세정제가 효과적으로 작용하게 하고, Steam을 주입하여 세정제를 70~90°C로 가온 한다.  
\*\* 세정제 순환 온도 : 70~90°C / 세정제 농도 QuickClean-MKX을 각각 25w/w% UW와 희석하여 사용한다.
3. Degreasing 세정제로 약 24시간 이상 순환 세정을 시행하며, Circulation pump의 토출측 압력을 monitoring하고, 통수량을 확인한다.  
또한, 순환 탱크의 세정액 sample을 채취하여 탁도 및 금속이온( $Fe^{++}$ )을 측정하여 변화가 없는 시점을 세정 완료 상태로 판단한다.  
(단, 세정제의 절대량이 부족하여 탁도 및 금속 이온의 변화가 없는 것으로 판단하는 오류가 없도록 주의)
4. Degreasing step이 완료되면, plate 표면에 잔류 되었다면, 무기물제거를 위해 ECOS-S840를 25%로 물과 희석하여상기 2항과 같은 방법으로 순환 세정을 시행한다. (온도: 25~50°C)무기물 존재의 여부는 순환 세정제의 기포가 함유되어 Return 되는 것으로 판단한다.
5. 세정이 완료되면, 세정제를 Drain 하고, Steam 또는 N2로 purge한 후 Service 한다.  
\*\* 본 cleaning procedure는 fouling 물질 및 상태에 따라 수정 될 수 있음.





- 순환 세정 중 순환 펌프의 토출 압력 및 공정에 설치되어있는 PDI 및 PG 를 Monitoring 하여 부착물의 제거 상태를 가늠한다.

그림 10. 정유공장 crude(원유) 및 AR(상압 잔사유:병커C유)의 열 교환 공정의 P&ID



세제 순환 세정 후 Crude side plate의 잔류 sludge 모습



상등액

현탁액

잔류 고형물

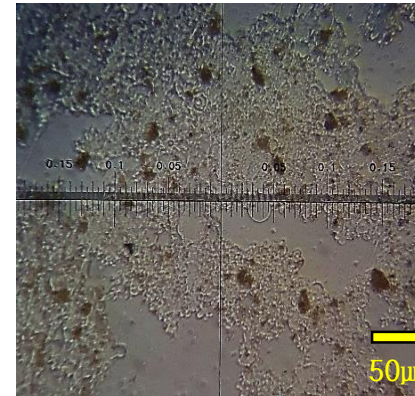
sludge를 80°C에서 4시간 동안 교반하여 용해시킨 후 12시간 동안 정제 후 상등액을 분리한 모습



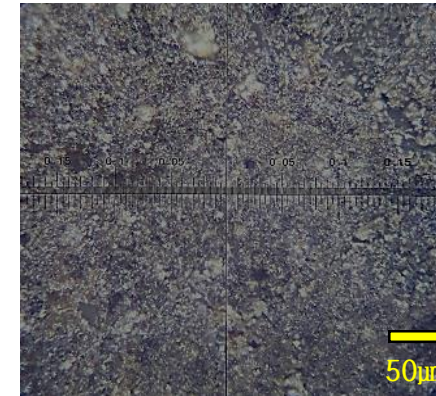
deposits 샘플 외형  
Sticky 한 Sludge



deposits 현미경 사진  
무, 유기물이 공존한 상태



현탁액 현미경 사진. 고형물이 거의 없으며 입자 크기는 약 1~2µm임



잔류 고형물은 2%미만으로 입자 크기는 약 3~4µm임

#### < 신규 세정제에 의한 열교환기 Deposits 제거 적용 가능성 TEST >

AlfaLaval 의 Crude/AR Compa-blcc에서 채취한 불용성 Deposits의 Sample로 당사(SkpChem)의 Chemical로 용해 Test를 시행하였으며, 결과는 그림 12와 같이 효과적으로 용해 됨을 확인 하였습니다.

→ 용해 Test 결과 초기 Sludge 양의 98% 이상이 용해되어 잔류 고형물이 거의 없었으며, 상등액을 제거한 현탁액을 현미경으로 확인한 결과 Suspended 미립자의 크기는 2µm 미만으로 침전되지 않고 부유 됨을 확인 하였습니다. (결정체의 성분: 투명: 규산염, 백색: 칼슘염, 흑색: 카본)



### 유기물 부착물 ( Inorganic deposits )

- hydrocarbons, polymers and coke formed in process streams

### 무기물 부착물 ( Organic deposits )

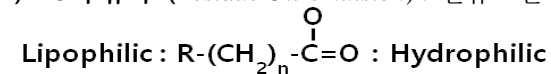
- carbonates, oxides of Ca, Mg, Fe, e.g.  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- sulphides of  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  and Mg e.g.  $\text{FeS}$
- silicates (usually complex) e.g.  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$



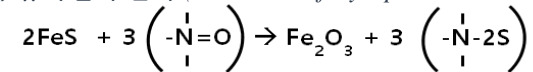
Oil sediment 의 경우 유기용제 또는 Flushing oil(Diesel )  
+ 유기용제 와 같은 유용성 솔벤트는 유기물의 용해는 가능  
하나, 무기물의 분해 및 용해는 불가능 합니다.

### <SkpChem의 무, 유기물 부착물의 분해 반응>

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



2) 유화철의 산화 (Oxidation of Pyrophoric iron sulphide ( $\text{FeS}$ ))



3) 산화철의 환원 (Ferric ion reduction reactions)

