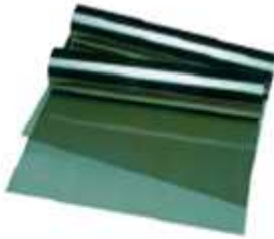


정유/석유화학/화학 공장에서의 에너지 절감 및 온실가스 감축 방안



AT-ENG(주) 고흥철

목 차

정유/석유화학/화학 산업에서의

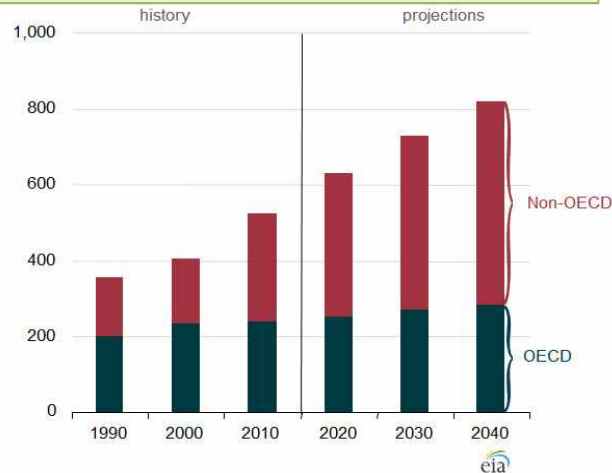
1. 에너지 사용 **현황 및 절감 필요성**
2. 에너지 절감 및 온실가스 감축 **사례**
3. 에너지 절감 및 온실가스 감축 **분야**
4. 에너지 절감 및 온실가스 감축 **기술**
5. 에너지 절감 및 온실가스 감축 **설비**

1.1 정유/석유화학/화학 산업의 에너지 사용량

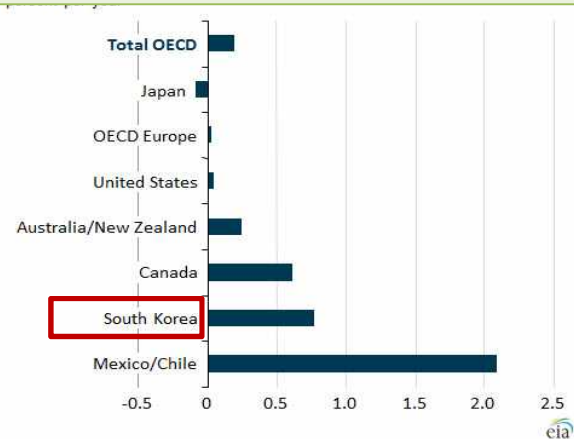
1. 현황 및 필요성

- 2040년 세계 에너지 소비는 2010년 대비 56% 증가할 것으로 예상 (연 평균 1.8% 증가)
- 현재 정유/석유화학/화학 공장이 10% 이상 에너지를 소비함

세계 에너지 소비 증가율, 1990~2040



OECD 국가들의 CO2 배출 증가율



1. 증가량의 85%는 개발 도상국이 차지
OECD 국가 중에서는
한국이 멕시코/칠레 다음임

2. 제조업이 전체의 43%를 사용
(이 중에서 정유/석유화학/화학
산업이 26%를 차지)

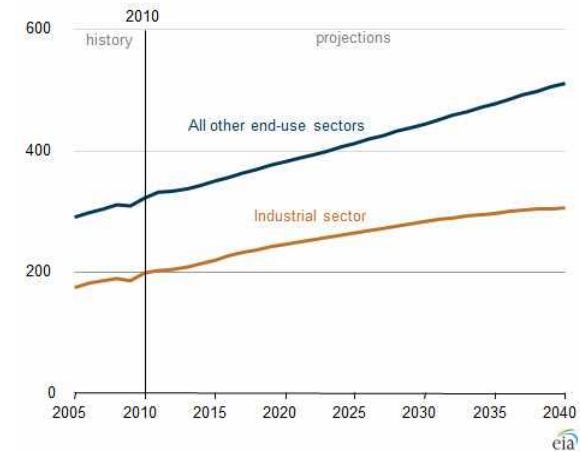
3. 멕시코/칠레: 향후 30년간 2.1%증가
(3.7% GDP 증가)

한국: 0.8% 증가 (2.2% GDP 증가)
일본: 0.1% 감소

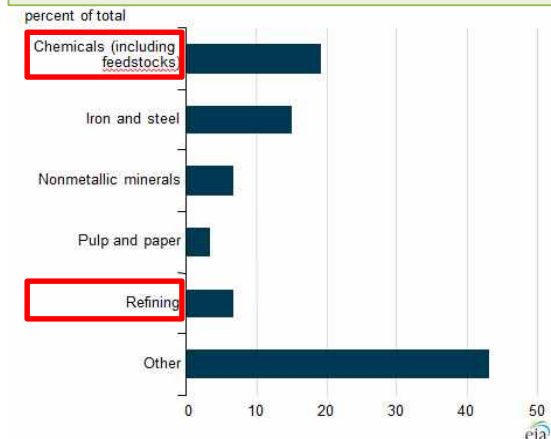
4. 석유화학/화학 19%
정유 7% (미국 9%)
석유화학은 피드(60%) 포함
Ethylene이 가장 큰 비중

* 자료 출처: U.S. Energy Information Administration

제조업 분야의 에너지 소비 증가율



주요 제조 공장의 에너지 소비



1.2 에너지 절감 및 온실가스 저감 필요성

1. 현황 및 필요성

- 화학 сек터에서 높은 에너지 비용 지불 (운전 비용의 5 ~ 50%)
- 원가 절감을 통한 이익 개선의 가장 확실한 방안
- 기후변화협약에 따른 의무 사항
- 환경 친화 기업으로서의 대외적인 이미지



2.1 해외 정유/석유화학 에너지 절감 사례

2. 절감 사례

➤ ExxonMobil의 GEMS (Global Energy Management System) (정유와 화학공장 대상)

- 전사적으로 강력하게 에너지 관리 프로그램 운영
- 200여 개의 Best Practice 아이템 도출. 15~20% 에너지 절감 항목 도출
- 10% 에너지 절감 달성 (\$7.5억/년 성과) / CO₂ 8MMtonnes 저감

➤ Martinez 정유공장 (미국 캘리포니아)

- 투자 회수 기간 2년 이내 사업, 에너지 사용에 대한 분석 및 Solomon 벤치마킹
- \$0.3억 투자 / 12% 에너지 절감 달성 (\$0.5억/년)

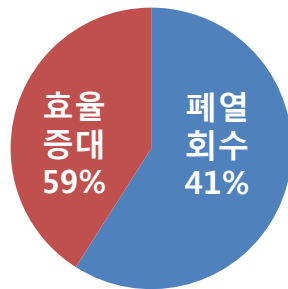
항 목	내 용	에너지 절감, MM\$/년
연소설비의 효율 개선	<ul style="list-style-type: none"> 가열로 드래프트와 산소 농도 조절 스택 가스 회수 	11.8
유틸리티 최적화	<ul style="list-style-type: none"> 터빈 스팀의 응축 최소화 보일러 효율에 따른 부하 최적화 	5.4
열교환기 효율 및 열손실 방지	<ul style="list-style-type: none"> 열교환기 클리닝 보온재 수리 및 보강 	14.3
퀀치 제거	<ul style="list-style-type: none"> 스트리핑 스팀 최소화 냉각을 위한 물 주입 최소화 	13.1
핫 피드	<ul style="list-style-type: none"> 저장 시설 확대 효과 핫 피드 공급 	4.2
기타	<ul style="list-style-type: none"> 불필요한 에너지 낭비 요소 제거 등 	3.7

2.2 국내 정유/석유화학 공장 에너지 절감 사례 (1/2)

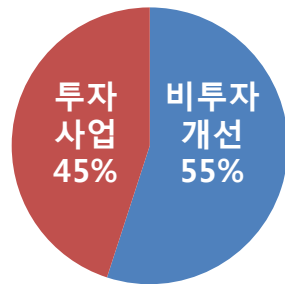
2. 절감 사례

국내 정유/석유화학 사례

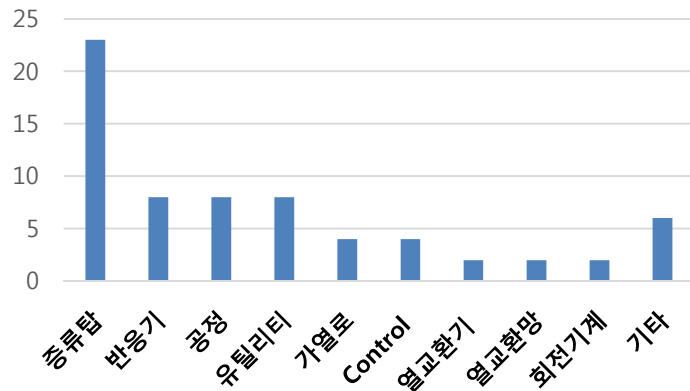
에너지 절약 형태



투자 : 비투자



에너지 절약 과제 대상



폐열 회수

운전 개선 (비투자)	19%	운전조건 조절을 통한 폐열 회수
		Hot 피드
시설 개선 (투자)	81%	제품/원료 스트림 간 열교환 - 증류탑, 반응기
		열교환망 설계 : 핀치 기술 적용
		노후 설비 교체

효율 증대

운전 개선 (비투자)	82%	APC 설치
		PID 제어 성능 관리
		- 가열로 O ₂ 제어
		- 제품 품질 제어
		공정 운전
		- 증류탑 : 환류량 감소, 압력 감소, 피드 온도개선
		- 공정 : 압력 감소, 리사이클 감소, 피드 온도개선
		- 중간 제품 유량 조절
시설 개선 (투자)	18%	손실 방지
		- 압력 상승을 통한 대기 벤트 개선
		증류탑 : 고성능 트레이 교체
		가열로 : 단열 개선, 공기 예열기 설치, 버너 교체,
		대류부 튜브 증설

2.2 국내 정유/석유화학/화학 공장 에너지 절감 사례 (2/2)

2. 절감 사례

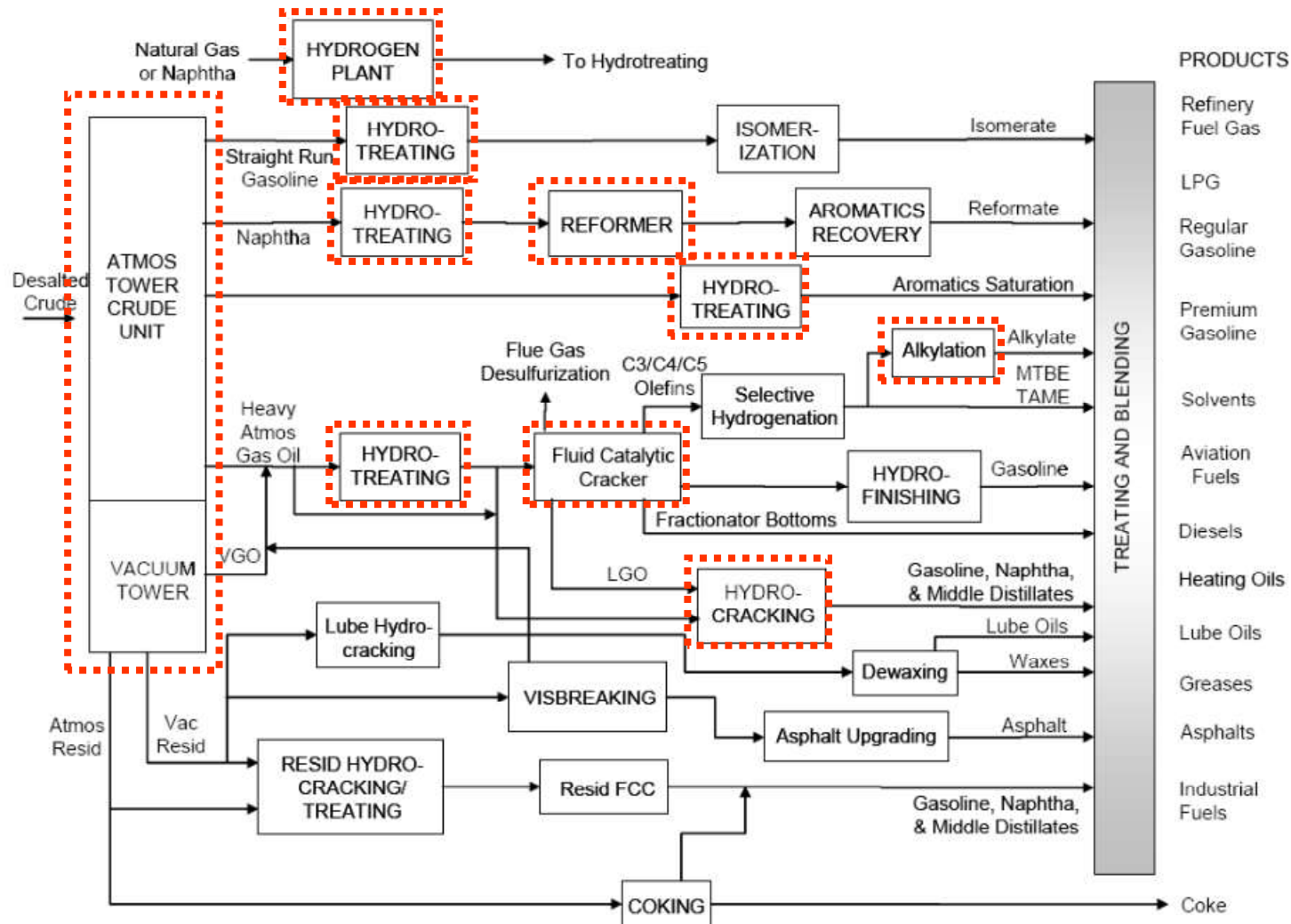
국내 정유/석유화학 사례 분석 결과 및 시사점

검토 결과	시사점
<ul style="list-style-type: none">증류탑, 가열로, 반응기 등의 단위 장치 위주	<ul style="list-style-type: none">전 공장 차원의 에너지 제어 및 최적화핀치 설계 및 공정 간 열병합 실행
<ul style="list-style-type: none">모델링/시뮬레이션/최적화 효과 기대	<ul style="list-style-type: none">실시간 공정 모델링 및 시뮬레이션APC 및 온라인 최적화 적용
<ul style="list-style-type: none">에너지 모니터링 및 관리 시스템과의 연계	<ul style="list-style-type: none">실시간 에너지 모니터링 및 가변적 KPI 설정에너지 사용 이상 진단 및 원인 분석
<ul style="list-style-type: none">비교적 단순한 기술 위주로 실행	<ul style="list-style-type: none">고성능 열교환기 및 파울링 관리스팀 스트리핑을 리보일러 타입으로 변경열병합 발전 시설 도입저준위 에너지 활용 방안
<ul style="list-style-type: none">인프라에 대한 영향 고려 필요	<ul style="list-style-type: none">DR 기법 적용DCS 안전성 및 PID 성능 관리

3.1 정유공장 에너지 절감 _ 정유공장 구성도 (1/3)

3. 절감 분야

- 정유 공장은 운전 비용의 50%를 에너지 비용으로 지불함
- 2005년 기준 20%의 절감 가능 보고 (미국 DOE 보고서)



3.1 정유공장 에너지 절감 _ 에너지 사용 현황 및 절감 잠재력 (2/3)

3. 절감 분야

- 전체적으로 절감 잠재력은 42%에 달함
- 상압 증류탑, 알킬레이션, 감압 증류탑이 잠재력이 가장 높음
- **에너지 절약 제안 (상압 증류탑, 감압 증류탑)**
 - 가열로 열효율 증대, 코킹 방지, 고효율 버너 사용, 공기 예열기 설치, 공기 흡입 틈새 개선, 단열 개선
 - 열교환기 파울링 방지 및 관리, 열교환망 핀치 기술 적용, 상압/감압 증류 공정 간의 핀치 열병합
 - 증류탑 단 설계 최적화, 증류탑 단수 최적화
 - 운전 조건 최적화
 - 전 공장 에너지 제어 및 최적화, APC 설치, 가열로 과잉 공기 제한
 - 스팀 이젝터 대신에 감압 펌프 설치

(단위, KBtu/bbl feed)

공 정	이론적 필요량	Best Practice 조합 가정	현재 평균 수준	잠재력 (현재 평균 - BP)	잠재력 %
상압 증류탑	22	50	114	64	56
알킬레이션 H ₂ SO ₄	-58	156	335	179	53
감압 증류탑	46	54	92	38	41
알킬레이션 HF	-58	152	255	103	40
수첨 탈황 공정	30	55	88	33	38
FCC 공정	40	132	209	77	36
수소 공정	67	71	111	30	27
개질 공정	79	203	269	66	24

* 자료 출처: U.S. DOE Report

3.1 정유공장 에너지 절감 _ 추가 기술 개발 (3/3)

3. 절감 분야

	단 기	중 기	장 기
실행 목표	<p>중요도 높은 단위의 조작을 통해 파울링 완화를 위한 새로운 개선 방법 제시</p> <p>파울링 정도 90%를 감지하도록 설정된 열교환기의 상태를 측정하는 기술 개발</p> <p>20% 효율을 달성하기 위한 탄화수소 멤브레인 개발</p> <p>열병합 발전 시설 설치</p>	<p>500°C 이상에서 구동하는 파울링 코팅 기술 개발</p> <p>파울링 변수 및 파울링 방지 방법 현장 확인 테스트 실시</p> <p>물질 및 열을 교환하는 교환기와 촉매 장치를 결합한 새로운 고효율 장치 도입</p> <p>낭비되는 스팀 회수하여 연료 변환 효율을 극대화</p> <p>연료 가스, 수소, 스팀 동적 모델 적용한 에너지 수지 제어</p>	<p>새로운 기술을 도입한 저에너지 멤브레인을 이용하는 분리 기술을 개발</p> <p>리액티브 증류탑 확대 적용</p> <p>전기 판매 공장으로서의 변신</p> <p>전 공장 범위의 최적화</p>
연구 목표	<p>낭비되는 열에너지를 확인하여 회수하는 혁신적인 기술을 개발</p> <p>전 공장 차원의 에너지 흐름 동적 모델 연구</p> <p>열교환기의 60% 파울링 정도를 측정하는 메커니즘을 조사 및 분류</p> <p>데이터 보정 및 최적화</p>	<p>Dividing Wall 증류탑</p> <p>파울링과 부식의 상호 작용 메커니즘 탐구</p> <p>이상 진단 및 운전자 지원 시스템</p>	<p>파울링과 같은 문제점들을 획기적으로 줄여주는 새로운 종류의 열교환기 제작</p>

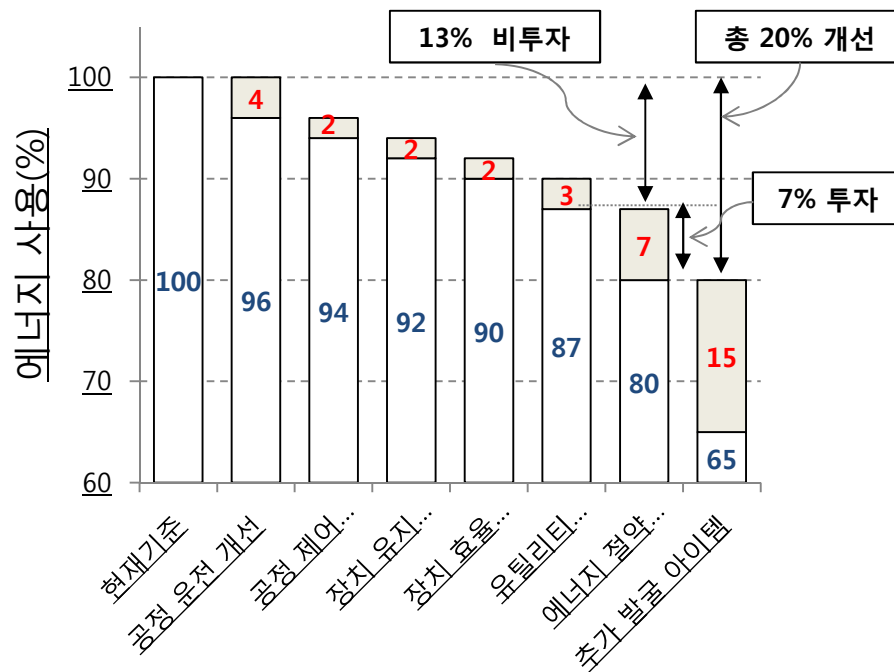
* 참조: U.S. DOE Report

3.2 에너지 절감 분야 (1/2)

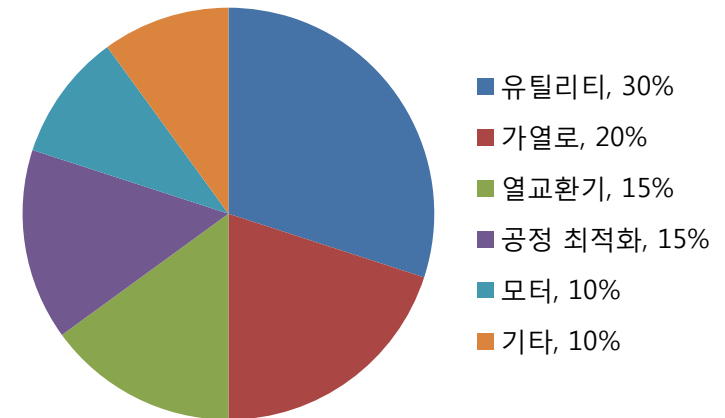
3. 절감 분야

- 에너지 절감 투자는 운전의 복잡성 또는 운전 비용의 증가를 가져오므로 에너지와 효율 간의 최적화 필요
- 전사적으로 강력한 드라이브를 걸 수 있는 에너지 절감 프로그램이 필요
- 효율적/안정적 DCS 운용 및 정확한 공정 제어가 에너지 절감 실행의 인프라로서 중요

업무 분야별 분류



장치 및 설비별 분류



* 자료 출처: U.S. DOE Report

3.2 에너지 절감 분야별 중요성 (2/2)

3. 절감 분야

분 야	에너지 절감 중요성
에너지 관리	<ul style="list-style-type: none"> - 구성원 참여를 독려하는 에너지 절감 프로그램은 경영층의 리더십에 영향 - 체계적인 관리만으로도 수기 관리 대비 연간 5~10%의 에너지 절감 효과
공정 제어	<ul style="list-style-type: none"> - 정확한 데이터, 효율적 공정 제어는 에너지 절감의 기본임 - 공정을 효율적으로 제어하는 것으로도 5~15%의 에너지 절감 효과
모터 및 드라이버	<ul style="list-style-type: none"> - 정유공장에서 펌프는 전기를 가장 많이 사용하는 장치로 전기의 59%를 사용함 - 많은 경우 초과 부하 상태에서 운전되고 있어서 단순한 변화만으로도 에너지 절약이 가능함 - 부품과 제어 시스템의 개선으로 20% 정도 전기 절감이 가능
가열로 및 보일러	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지의 60%를 사용하는 장치로 배출 가스 규제와도 직접적으로 관련됨. - 대략적으로 75~90% 효율로 운전되며, 이론적으로 가능한 효율은 92%임. 평균 10% 에너지 절감 가능
스팀 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지의 30%를 스팀 생산에 소비하므로 에너지 절감 잠재력이 큼 - 적절한 제어 및 최적화, 보온과 같은 소규모 투자로도 에너지 절감 가능
에어 컴프레서	<ul style="list-style-type: none"> - 전기 사용량의 12%를 압축 공기 생산에 사용 - 컴프레서는 최종 사용처에 도달하면서 손실이 많기 때문에 압축 공기는 값비싼 유틸리티임 - 리크와 비효율적 운전으로 에너지 손실이 자주 그리고 크게 일어나는 설비임
운전 및 공정 최적화	<ul style="list-style-type: none"> - 증류 공정, 증발기, 건조기, 냉동기, 가스 공급, 냉각탑 등 에너지 절감 기술의 지속적인 발전 - 운전 조건 개선은 비용 투자 없이도 에너지 절약 성과 가능 - IT 기술의 발달로 고급제어 및 최적화 적용을 위한 기반 확보
기타	<ul style="list-style-type: none"> - 건물 조명, 냉난방 효율화 등 모든 구성원이 일상적으로 주변에서 절약 가능

3.3 에너지 절감 체크 리스트(1/2)

3. 절감 분야

	비투자	소규모 투자	투자 사업
에너지 관리	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 정책 수립 실행 계획 수립 실행 계획 및 목표 이행도 관리 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 관리 시스템 정기적 배출량 모니터링 실시간 에너지 모니터링 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 절감 사업 예산 에너지 전담 임원/조직 실행 가능한 목표 수립 (5%)
공정 제어	<ul style="list-style-type: none"> DCS 컨트롤러의 성능 개선 메뉴얼 모드 컨트롤러 작동 	<ul style="list-style-type: none"> 제품 품질 손실 개선 측정 값의 정확성 보완 온라인 분석기, 소프트 센서 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 다소비 공정에 고급제어 고장 진단 시스템 도입 전 공장 규모의 유틸리티 고급제어
모터 및 드라이버	<ul style="list-style-type: none"> 서비스하지 않는 모터의 가동 중단 불필요한 부하 여부 조사 적정 씰링 유지 	<ul style="list-style-type: none"> 불필요한 부하 개선 (5~10% 절감) 적절한 정비 실시 (10% 절감) 임펠러 크기 조절 리크 수리 팬 시설에 고효율 벨트 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 고효율 모터 사용 (3% 절감) 적정 용량의 펌프 사용 가변 속도 드라이버 사용 (20% 감속 = 50% 전기 사용 절감) 적정 배관 크기
가열로 및 보일러	<ul style="list-style-type: none"> 공기/연료 비율 제어 스탠바이 보일러 운전 최소화 폐수처리 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 보일러 단열 보강 및 유지 보수 버너 타입 최적화 파울링 및 코킹 개선을 위한 정비 보일러 피드 Water 선처리 시설보완으로 스탠바이 보일러 운전 최소화 공기 흡입 틈새 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 자동 블로우-다운 운전 시스템 이코노마이저 시설 설치 에어 프리히터 시설 설치 댐퍼 대신에 가변 속도 팬 사용 열병합 발전 시설 설치 SCR 대비 버너 타입 최적화 보일러 피드 워터 예열
스팀 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 불 필요한 스팀 사용 억제 불필요한 중복 배관 블로킹 적절한 크기의 스팀 배관 설계 	<ul style="list-style-type: none"> 스팀 리크 수리 스팀 트랩 보강 및 수리 스팀 트랩 모니터링 시스템 적용 단열 보강(5% 절감) 및 유지 보수 응축수 회수 증발 스팀 회수 	<ul style="list-style-type: none"> 전 공장 규모의 스팀 최적화 시스템 설치 전 공장 규모의 고급제어 설치 워터 핀치 기술 적용 스팀 배분 시스템 개선

3.3 에너지 절감 체크 리스트 (2/2)

3. 절감 분야

	비투자	소규모 투자	투자 사업
에어 콤프레서	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 불필요한 콤프레서 운전 중지 ▪ 불필요한 에어 사용 중지 (장치 세척 등) ▪ 로드 최적화로 스탠바이 운전 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에어 리크 수리 ▪ 지나치게 높은 운전 압력 개선 ▪ 콤프레서 흡입 에어 온도 개선 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 압력에 따른 콤프레서 분리 설치 ▪ 적정 용량의 콤프레서 사용 ▪ 적정 크기의 배관 설치 ▪ 가변 속도 드라이브 사용
공정 최적화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 불필요한 가스 사용 억제 ▪ 불필요한 고 순도 가스 사용 억제 ▪ 냉동기 에어 퍼지 개선 ▪ 겨울철 냉동기 사용 최소화 ▪ 냉각수 온도 관리 ▪ 증류탑 운전 최적화 ▪ 계절적 압력 조정 ▪ 재비기 열량 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 처리량 감소 방안 ▪ 유틸리티 절감 방안 ▪ 고온 단열 보강 및 유지 보수 ▪ 냉동 시스템의 리크 억제 ▪ 폐열 회수 ▪ Hot 피드 ▪ 공정 촉매 개선 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대체 공정으로의 변화 가능성 ▪ 대체 장치로의 변화 가능성 ▪ 고효율 단 및 팩킹 사용 ▪ 분리 공정 구조 변경 ▪ 공정 폐가스 회수 시설 설치 ▪ 수소 핀치 기술 적용 ▪ 수소 회수 시설
열교환기	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 열교환기 파울링 모니터링 ▪ 열교환기 부식 및 마모 모니터링 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공정 차원의 핀치 기술 적용 ▪ 증류탑/반응기 피드 예열 열교환기 설치 ▪ 파울링 방지 케미컬 사용 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 전 공장 차원의 핀치 기술 적용 ▪ 고 효율 열교환기 설치 ▪ 저 파울링 열교환기 설치
빌딩	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 불필요한 라이트 소등 ▪ 불필요한 벤틸레이션 운전 중단 ▪ 에어컨 온도 유지 ▪ 보온 시스템의 정비 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 난방기 설치 위치 개선 ▪ 비효율적 전등 교체 ▪ 자동 센서로 전기 장치 가동 최소화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 단열 보강 ▪ 직사 광선 난방 ▪ 자연광 사용 증대

4.1 에너지 관리 프로그램 및 관리 시스템 (1/2)

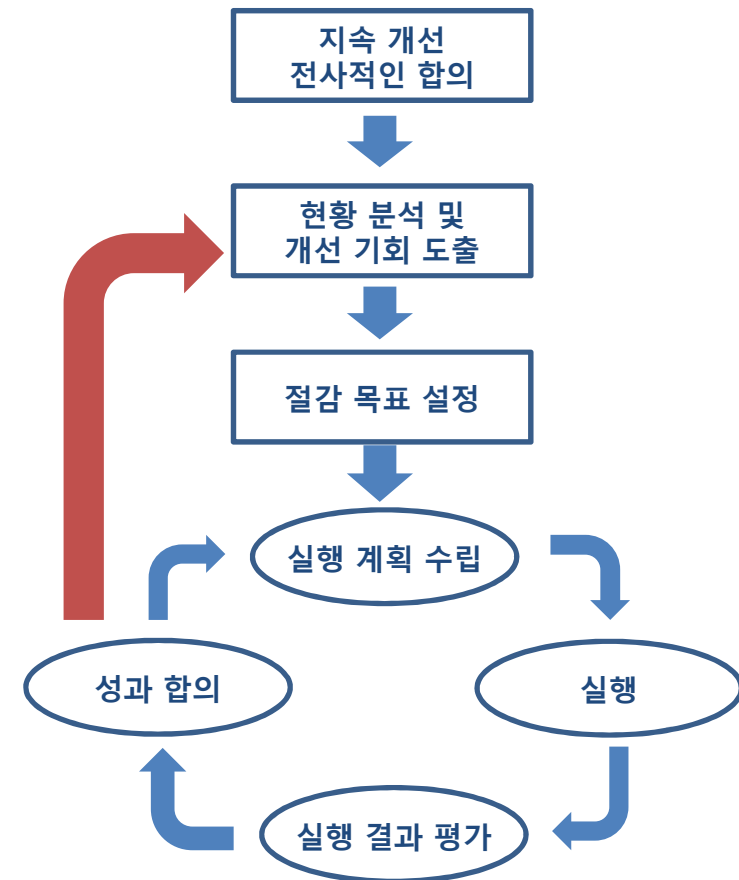
4. 절감 기술

- 급변하는 에너지 환경 변화에 대응하기 위해 강력한 에너지 관리 프로그램 필요
- 에너지 관리 프로그램이 전사적인 에너지 절약/절감 활동의 추진 동력으로 작용
- 정확하고 일관적인 에너지 사용 정보를 적시 적소에 신속하게 공유할 수 있는 관리 시스템 필요
- 에너지 정책 수립 및 감도를 위한 에너지 담당 임원과 실행 실무를 담당할 에너지 팀 운영.
- **체계적인 관리만으로도 5~10%의 에너지 절감 효과**
(수기관리 vs IT 시스템에 의한 에너지 절감 효과 비교 ISO 50001 EMS)

잘못된 사례

- **이삭 줍기 말고 크게 한 건 찾아봐!**
- **사람 뽑아서 하면 누가 못해. 현재 인력으로 해보라고!**
- **모니터링이나 관리 시스템은 껍데기야. 실제 절약할 수 있는 것을 찾아보라고!**
- **경영층의 '나는 괜찮아 의식'**

에너지 관리 전략



4.1 에너지 관리 체크 리스트 (2/2)

4. 절감 기술

	조직		모니터링		기술		운전/정비
	경영 계획 수립	인력 관리	모니터링 & 목적설정	자원 관리	평가	개발 계획 수립	절차 및 교육 계획 수립
1단계	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 사용에 대한 책임을 지는가? 에너지 사용에 대한 논의가 되고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지를 전문적으로 관리하는 인력이 존재하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 공정 내 에너지 효율에 대해 고려되고 있는가? 공정 조건에 대한 정기적인 모니터링을 실시하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 자원의 소비를 모니터링하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 사용에 대한 평가를 하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 효율적 에너지 사용에 대한 계획을 수립하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지의 효율적 이용에 대한 절차가 마련되어 있는가?
2단계	<ul style="list-style-type: none"> 오퍼레이터가 효율적인 에너지 사용을 위한 방법을 알고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 관리 업무를 맡은 인력이 업무의 10% 미만의 시간을 에너지 관리 업무에 할당 하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 효율에 대한 정기적인 평가가 이루어지고 있는가? 매년 에너지 효율 목표에 대한 계획을 세우는가? 중요한 공정 조건에 대해 모니터링 하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 전 공장 차원에서 에너지 자원 소비에 대한 모니터링을 실시 하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 오직 에너지 사용에 대한 평가가 이루어 지고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 투자 효율에 따른 기준에 의해 에너지 개선 방안을 세우고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 사용에 관련하여 오퍼레이터 교육 과정을 준비 하였는가?
3단계	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 효율 성능 평가 및 조작 재원을 마련하고 있는가? 정기적인 에너지 캠페인을 진행하는가? 주기적인 에너지 평가 회의를 열고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 관리 업무를 맡은 인력이 업무의 10% 이상의 시간을 에너지 관리 업무에 할당 하고 있는가? 에너지 관련 이슈에 대한 훈련을 진행하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 매주 공정 별 또는 전 공장 차원의 에너지 관리 목표 달성에 관한 모니터링을 실시하고 있는가? 목표 달성을 위해 공정 조건을 모니터링 하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 매주 연료, 스팀/전력 사용 효율을 모니터링 하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 비정기적인 에너지 사용 평가가 이루어지고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 투자에 따른 계산에 의한 에너지 관리 실적을 내세우고 있지 않는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 기본적인 기술에 대한 오퍼레이터 교육을 실시하고 있는가?
4단계	<ul style="list-style-type: none"> 전 에너지 소비 영역에 대한 에너지 효율 성능 조건이 고려되고 있는가? 오퍼레이터들이 성능에 대한 조언을 받고 있는가? 모든 직원이 에너지 정책에 대해 인지하고 있는가? 에너지 관리 성능 평가 회의를 적어도 한 달에 한번은 열고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 관리 업무를 맡은 인력이 업무의 30% 이상의 시간을 에너지 관리 업무에 할당 하고 있는가? 적절한 에너지 관리 훈련이 이루어지고 있는가? 에너지 관리를 위한 에너지 성능 보고가 이루어지고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 매일 공정 별 또는 전 공장 차원의 에너지 관리 목표 달성에 관한 모니터링을 실시하고 있는가? 목표 달성을 위한 공정 조건을 모니터링 하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 매일 연료, 스팀/전력 사용 효율을 모니터링 하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 정기적인 에너지 사용 평가가 이루어지고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 사용 평가에 따라 5년 후 에너지 자원 활용 계획을 수립 하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 최근 3년의 평가에 기반한 오퍼레이터 교육 과정을 실시하고 있는가?
5단계	<ul style="list-style-type: none"> 개별적 성능 평가에 따라 에너지 효율 성능 조건이 변경이 이루어지고 있는가? 전 공장 차원의 에너지 관리 목표 달성을 위한 노력을 하고 있는가? 에너지 관리 성능 평가 회의를 매주 열고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 관리 업무를 맡은 인력이 업무의 50% 이상의 시간을 에너지 관리 업무에 할당 하고 있는가? 에너지 관리 훈련이 정기적으로 이루어지고 있는가? 에너지 성능 평가가 관리 및 실행에 반영되는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 매일 공정 별 또는 전 공장 차원의 에너지 관리 목표 달성에 관한 모니터링을 실시하고 있는가? 공정 조건 개선이 이루어지고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 연료, 스팀, 스팀/전력 사용 효율을 실시간으로 모니터링 하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 적어도 5년 이내의 실현 가능한 계획을 수립하여 실행할 준비가 되어있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 사용 평가에 따라 10년 후 에너지 자원 활용 계획을 수립 하고 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 최신 기술에 관한 오퍼레이터 교육 과정이 정기적으로 이루어지고 있는가?

4.2 공정 제어 시스템 (1/2)

4. 절감 기술

- 계기, 운전 변수 모니터링, 제어 시스템 등의 인프라 성능이 에너지 절감의 기본적 요건
- 전 공장 차원의 에너지 밸런스가 가능해야 전 공장 차원의 유틸리티 최적화의 실행이 가능
- 고급제어나 온라인 최적화와 같은 고도 제어 기술을 실행하기 위한 필수 요건
- 불안정한 DCS는 공장 운전의 불안정성을 높이고 에너지 손실을 발생시킴.
- **약 5% 정도의 에너지 사용이 인프라의 성능에 달려있는 것으로 보고됨.**

	어플리케이션	에너지 절감
모니터링 및 목표 설정	<ul style="list-style-type: none">- KPI- 손실 방지- 물질 및 에너지 밸런스	4 ~ 17%
CIM	<ul style="list-style-type: none">- 전 공장 차원의 최적화- 보일러 부하 관리- 열병합 발전 시설의 전기 생산 최적화- 스팀 터빈과 전기 동력 최적화	> 2%
공정 제어	<ul style="list-style-type: none">- 고급제어- 전문가 시스템- 전 공장 차원의 유틸리티 제어	2 ~ 18%

4.2 공정 제어 시스템 (2/2)

4. 절감 기술

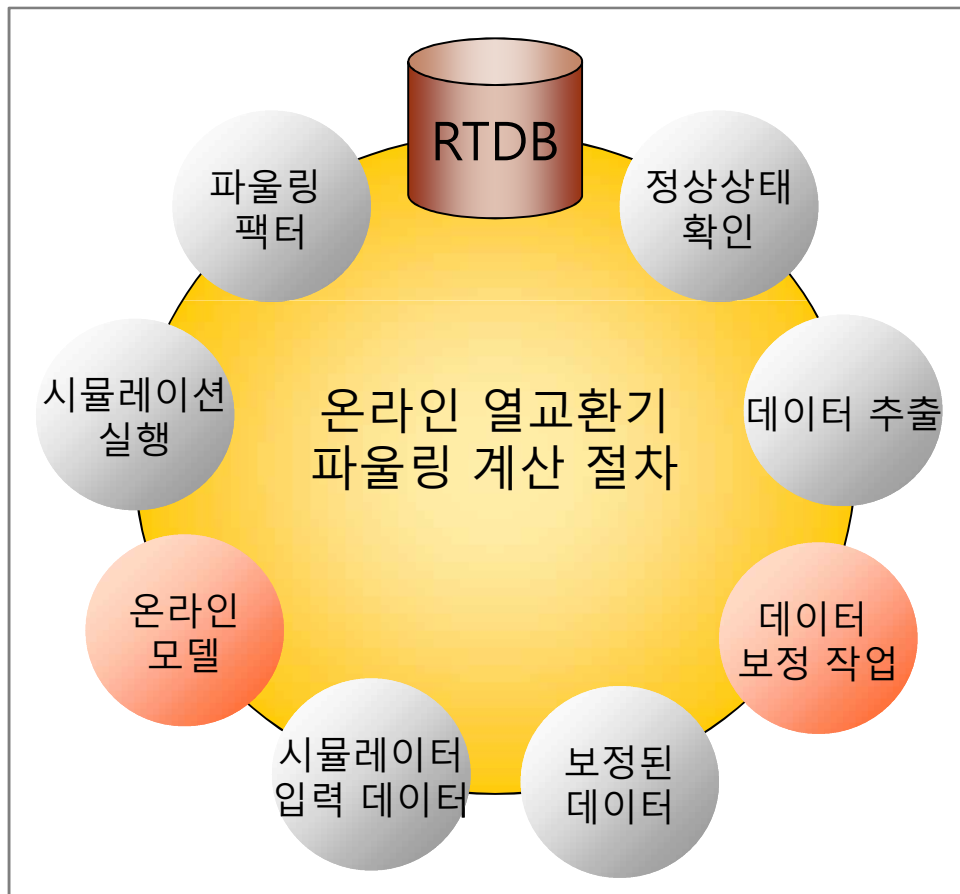
	세 부 내 용
DCS 안정성	<ul style="list-style-type: none"> DCS 보안 <ul style="list-style-type: none"> 개방형 DCS 경우 엔티 바이러스 최신 버전 유지 방화벽 설치 및 데이터 공유 등의 우회 통로 차단 / 정기적 모의 해킹 실시 USB 포트 차단 등 데이터 저장시 바이러스 검사 실시 DCS 부하 <ul style="list-style-type: none"> 정기적 DCS 부하 모니터링 및 과부하 개선 포인트 구성 최적화
DCS 제어	<ul style="list-style-type: none"> 매뉴얼 모드 개선 PID 튜닝 <ul style="list-style-type: none"> 제어 성능 관리 (각 제어기의 오차 표준편차 관리) 정기적인 튜닝 실시 (전문가 양성 또는 튜닝 지원 시스템 활용) 제어기 MV 변경 및 케이스케이드 구조 개선
알람 관리	<ul style="list-style-type: none"> 비 활성화 알람 파악 및 개선 알람 관리 <ul style="list-style-type: none"> 알람 설계 관리 (EEMUA 가이드라인 참조) 알람 발생 빈도 관리 (EEMUA 가이드라인 참조) 알람 메시지의 정확성
계기 관리	<ul style="list-style-type: none"> 계기 캘리브레이션 및 온라인 분석기 유지 보수 철저 벨브 정상 작동 유지 고장 진단 시스템 적용

4.3 온라인 시뮬레이션

4. 절감 기술

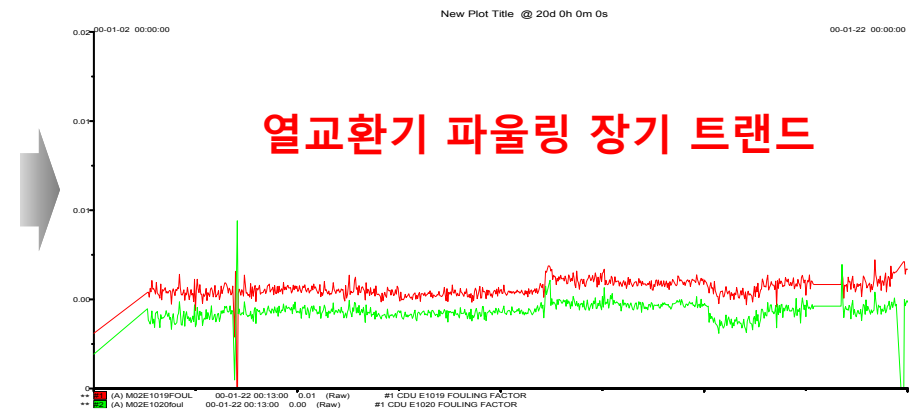
- 실시간 온라인 시뮬레이션 기법 적용으로 공정 에너지 최적화 실시
- 피드 변화 및 공정 변화에 신속하게 대응

사례 연구) 열교환기 파울링 모니터링



(단위, \$/yr)

공정	처리량, BPD	파울링 손실회수	처리량 손실회수
상압 증류	250,000	\$990,000	\$502,000
감압 증류	112,500	\$300,000	\$114,000
FCC	87,500	\$270,000	\$444,000
리포밍	50,000	\$100,000	\$37,000
코커	37,500	\$140,000	\$183,000
수첨분해	25,000	\$70,000	\$91,000
수첨탈황	175,000	\$340,000	\$61,000
합계	-	\$2,210,000	\$1,432,000



4.4 공장 이상 진단 (1/2)

4. 절감 기술

사례 연구) Compressor 이상 진단

Summary statistics:

Variable	관측 수	데이터 누락	정상 관측	Min	Max	Mean	Std. dev
에어 생산량	23	0	51	-13.483	27.349	0.246	6.911
전력사용량 (Comp)	23	0	51	-0.293	-0.001	-0.044	0.056
냉각수 유량 (Comp)	23	0	51	0.272	7.879	2.530	1.891
냉수 사용량 (A/D)	23	0	51	10.313	20.406	13.864	1.736
흡입구온도(외기)	23	0	51	4.645	11.896	8.733	1.389
토출 압력	23	0	51	826.278	941.949	874.883	18.494
헤더 압력	23	0	51	58.051	173.722	125.117	18.494

Correlation matrix (Pearson (n)):

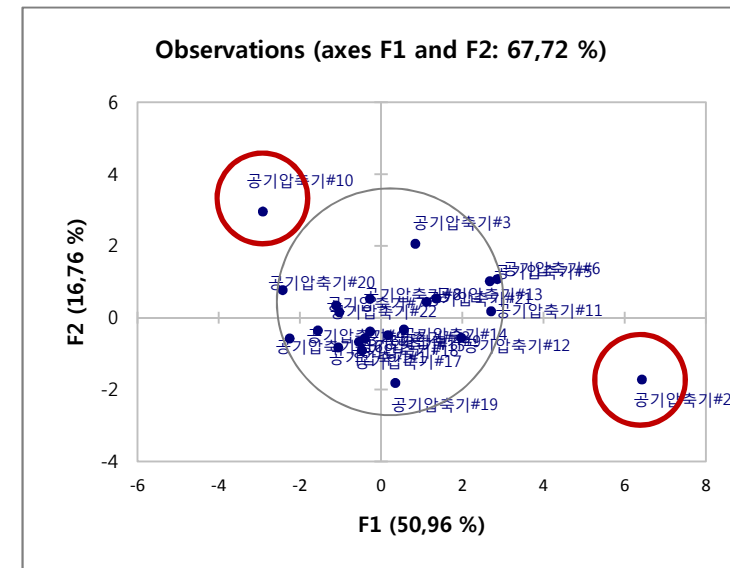
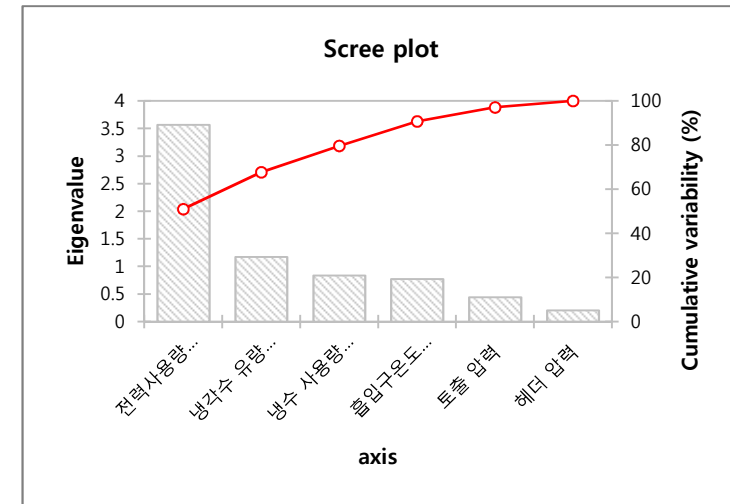
Variables	에어 생산량	전력사용량	냉각수유량	냉수사용량	흡입구온도	토출 압력	헤더 압력
에어 생산량	1	0.020	0.206	-0.060	-0.232	0.095	-0.095
전력사용량(Comp)	0.020	1	-0.133	-0.308	0.422	-0.377	0.377
냉각수 유량 (Comp)	0.206	-0.133	1	0.295	-0.412	0.204	-0.204
냉수 사용량 (A/D)	-0.060	-0.308	0.295	1	-0.506	0.640	-0.640
흡입구온도(외기)	-0.232	0.422	-0.412	-0.506	1	-0.779	0.779
토출 압력	0.095	-0.377	0.204	0.640	-0.779	1	-1.000
헤더 압력	-0.095	0.377	-0.204	-0.640	0.779	-1.000	1

Values in bold are different from 0 with a significance level $\alpha=0,05$

Principal Component Analysis:

Eigenvalues:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Eigenvalue	3.567	1.173	0.835	0.776	0.444	0.204
Variability (%)	50.964	16.756	11.932	11.091	6.342	2.914
Cumulative %	50.964	67.720	79.652	90.744	97.086	100.000

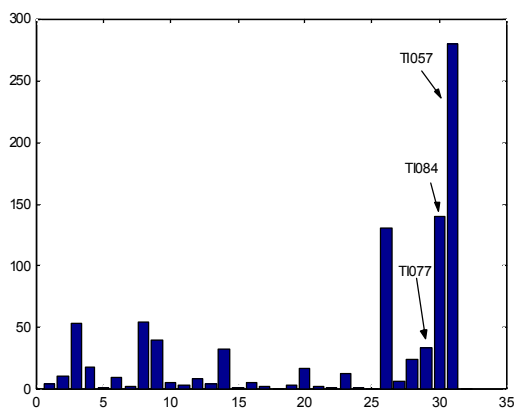
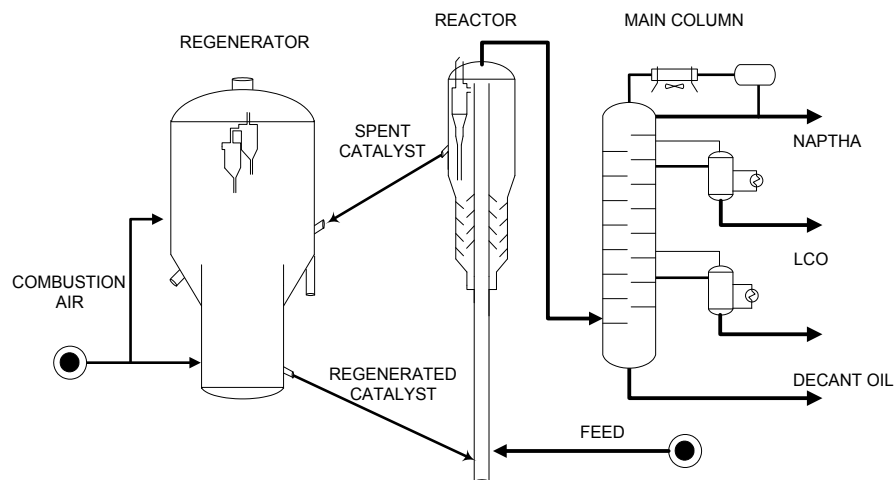


4.4 공장 이상 진단 (2/2)

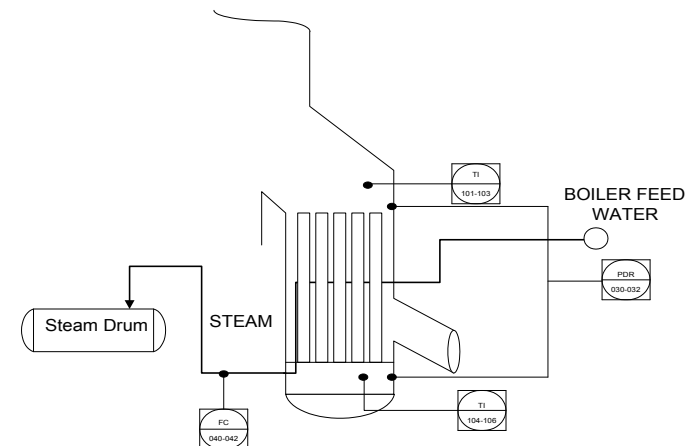
4. 절감 기술

사례 연구) FCC Cat Cooler Leak 진단

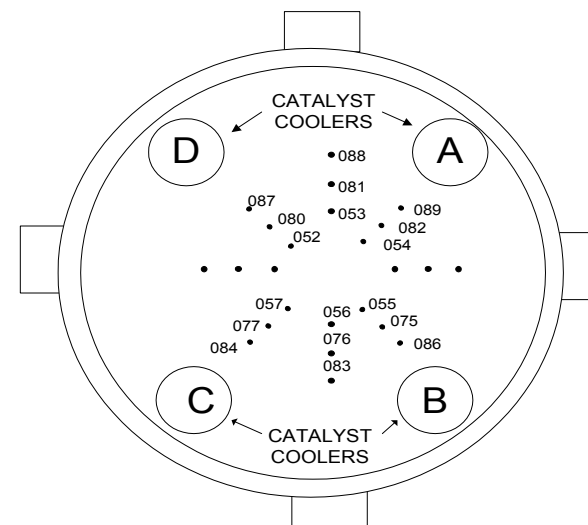
R C C SIMPLIFIED FLOW DIAGRAM



VARIABLES/SENSORS INCLUDED IN PCA MODEL CATALYST COOLER MONITORING



REGENERATOR CROSS SECTION TEMPERATURE INDICATORS INCLUDED IN PCA MODEL (CATALYST COOLER)



4.5 소프트 센서

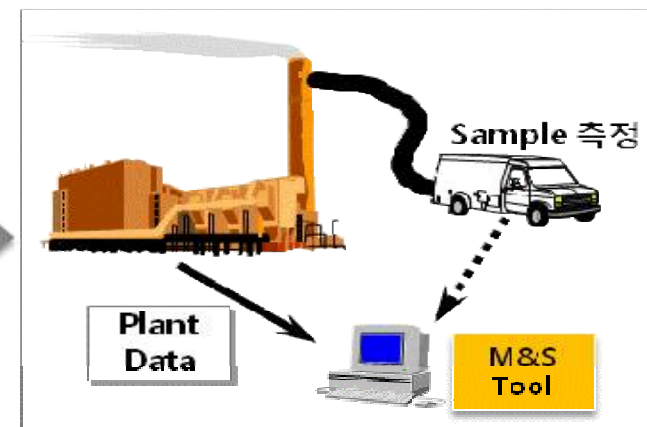
4. 절감 기술

- 폐가스 소각 및 기타 CO2 배출 스택에 소프트 센서를 설치하여 실시간 배출 농도 모니터링

온라인 분석기

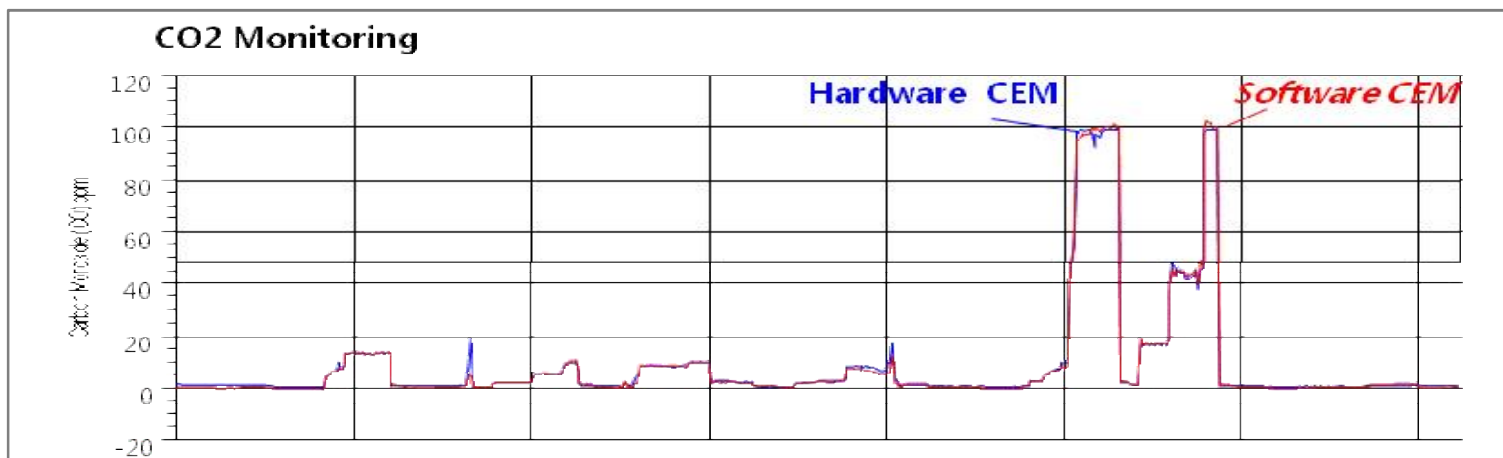


소프트 센서



참고: 미국 일부 주에서는 인정

직접 측정 모델링 결과의 비교

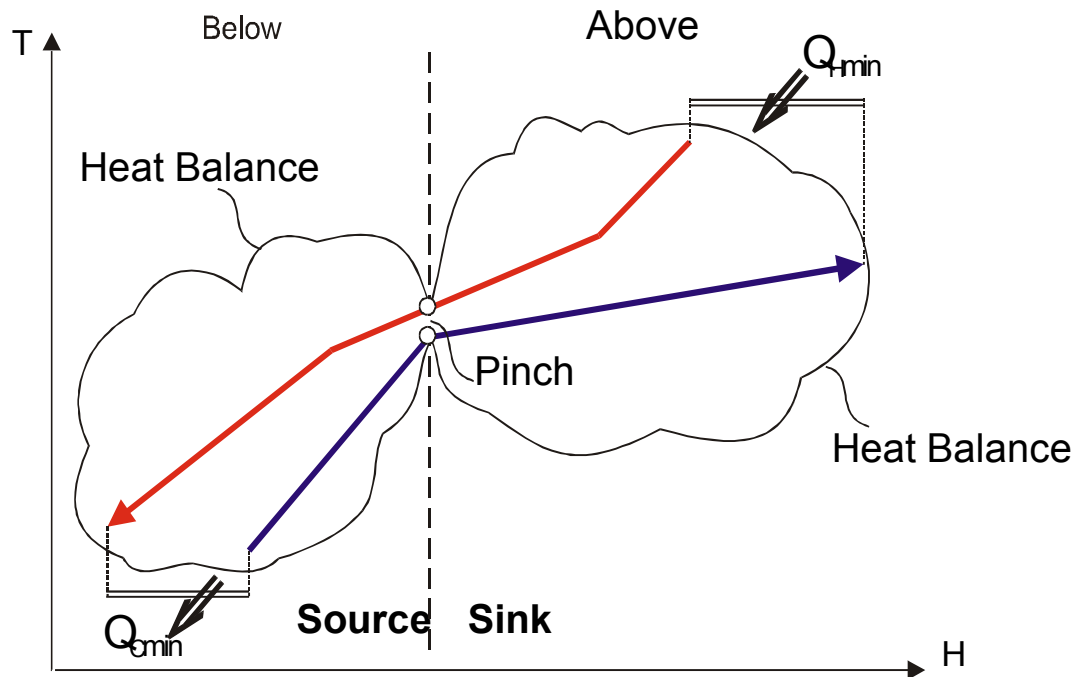


4.6 핀치 설계 기술 (1/2)

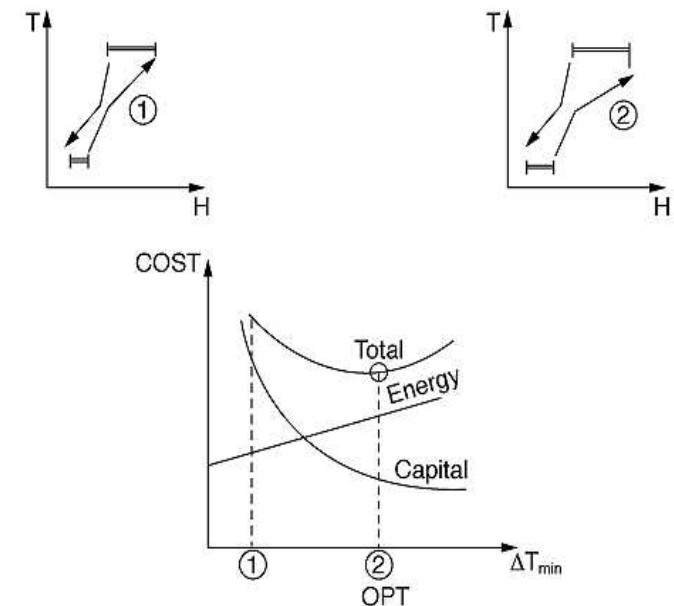
4. 절감 기술

- 1970년대 에너지 파동 기간에 영국의 Linnhoff 교수 등에 의해 개발된 기술
- 열역학에 기반을 둔 열교환망 설계 기술로 목표 제시와 합성 기법 제시
- 전 세계적으로 5,000건의 실적이 보고되었으며, 투자비 및 에너지 비용 절감 (10 ~ 30%)
- 2000년 이전에는 주로 피드 제한 요소 제거를 위해 적용되었으나, 이후로는 에너지 및 배출량 저감 목적

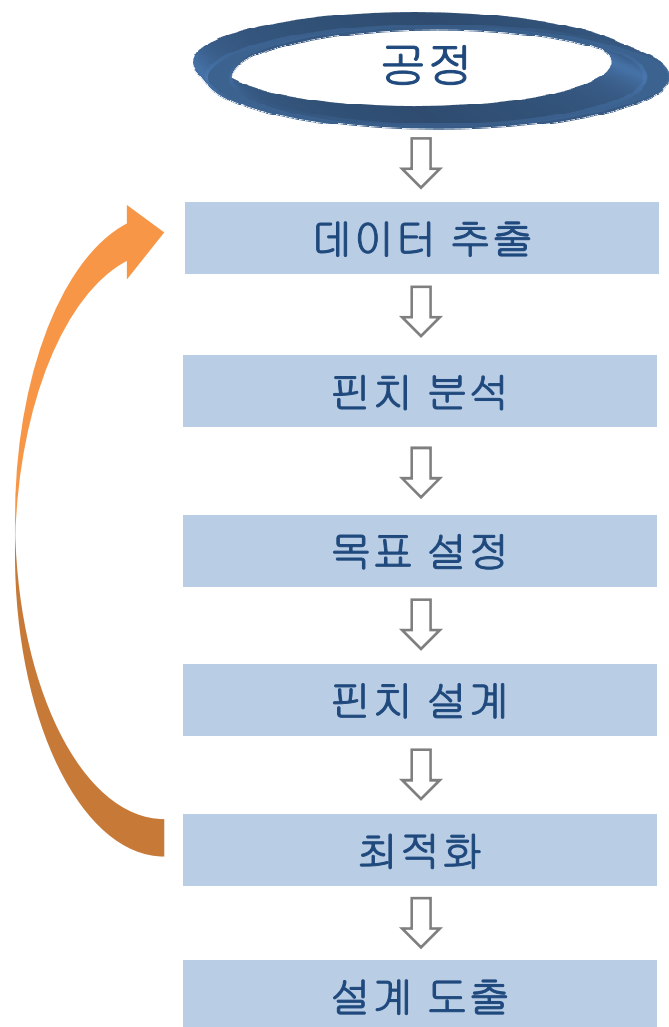
Composite Curve



핀치 온도 최적화



핀치 설계 절차



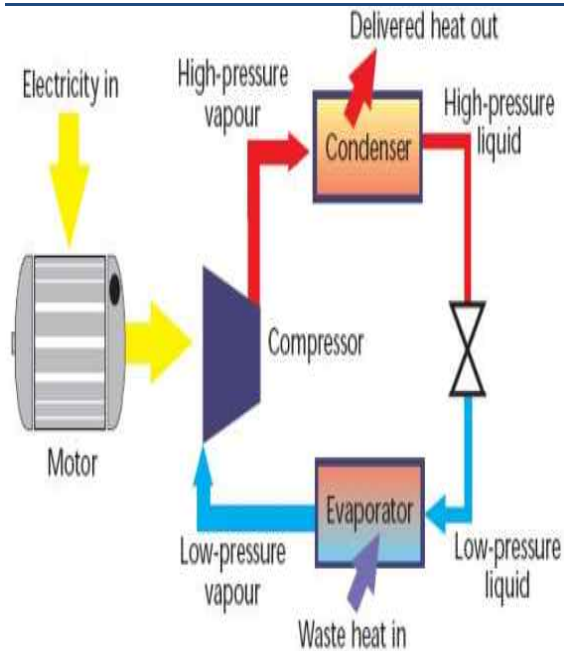
핀치 설계 기술에 대한 검토

- 핀치 기술 적용 효과가 예상되는 경우
 - 회수 가능한 고온의 열이 냉각기에 의해 버려지는 경우
 - 핀치 온도 상단에서 냉각이 이루어지고 있는 경우
 - 핀치 온도 하단에서 가열이 이루어지고 있는 경우
- 공정에 대한 이해가 우선되어야 함
 - 공정 설계의 제약 조건 파악
 - 공정의 변동성 파악
 - 운전 용이성을 염두에 둔 설계 진행
- 핀치 설계 기술은 아직은 상당 부분 Art 수준임
 - 원유 정제 공정은 핀치에서의 온도 차가 넓게 분포
 - Driving Force Plot을 사용 설계
 - 제약 조건이 많을 경우 핀치 설계 법칙의 적용 불가
- 과거 운전 용이성이 우선적으로 고려되었으나, 최근에는 운전 복잡성을 수용하는 경향임
 - 타 공정과의 인테그레이션 적용 (20~30% 절감)
- Water 핀치, 수소 핀치 기술로 확대 적용

5.1 저준위 에너지 활용 기술

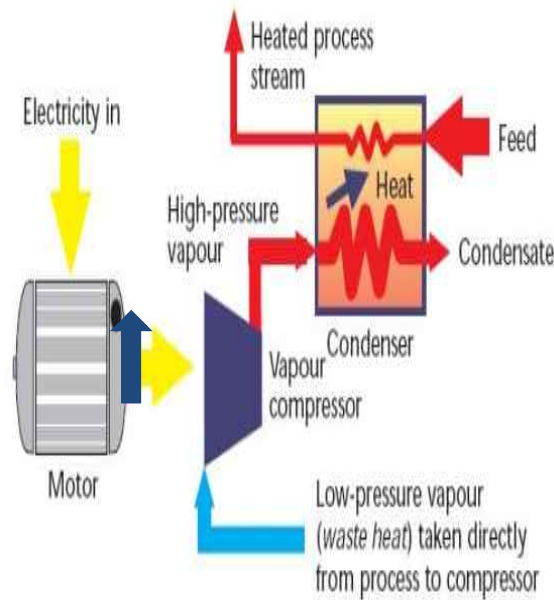
5. 절감 설비

히트 펌프



가온과 냉각을 동시에 수행하는 Heat Pump는 압축기, 팽창변, 응축기와 증발기의 열교환기로서 구성되어 산업 폐열을 회수하는 장치

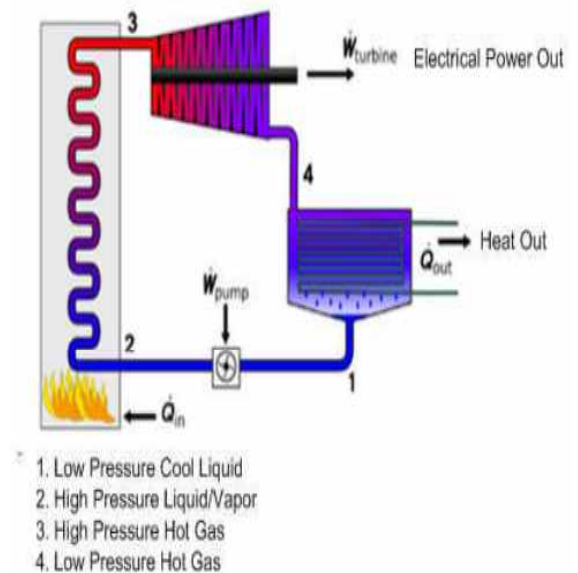
MVR / TVR



폐열에 의해 발생한 저온의 스팀을 기계적 압축(또는 고온 열공급)을 통해 생산공정의 가열 열원으로 재사용하는 장치

MVR (Mechanical Vapor Recompression)
TVR (Thermal Vapor Recompression)

MVR / TVR

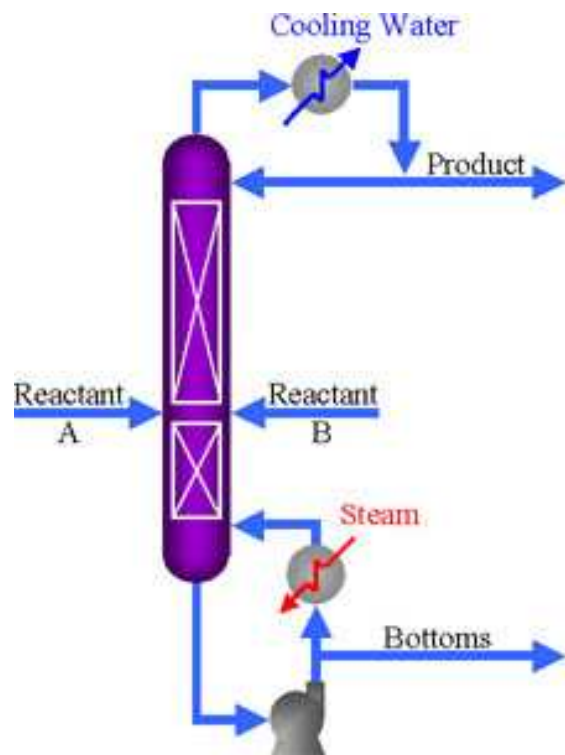


물 대신 끓는점이 낮은 유기화합물을 작동 유체로 하여 터빈을 돌려 에너지를 얻는 장치

5.2 고효율 증류탑

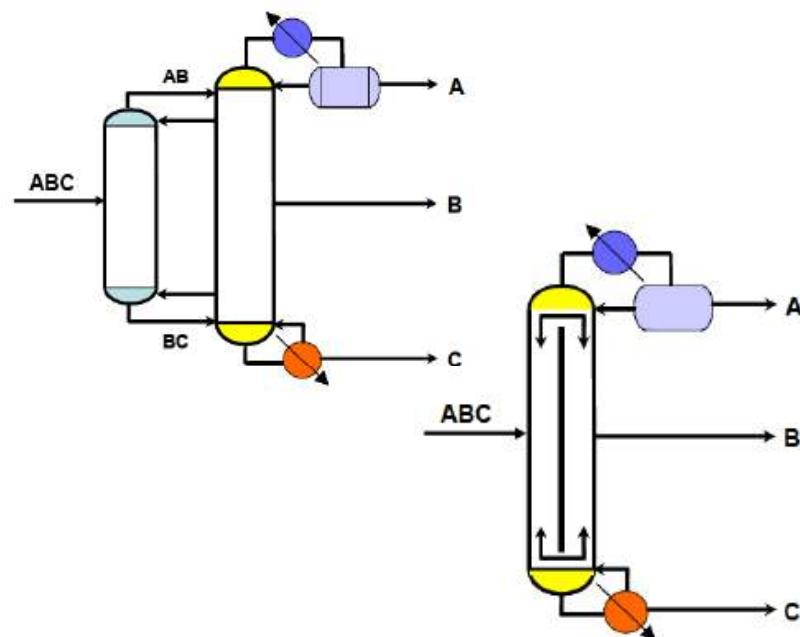
5. 절감 설비

반응 증류



반응이 진행되면서 급격하게 반응 속도가 낮아지는 경우에 반응과 분리를 동시에 실시함으로써 반응을 유지하고, 한 장치에서 반응과 분리가 이루어 지므로 에너지 및 투자비를 절감하는 설비

Dividing Wall 증류

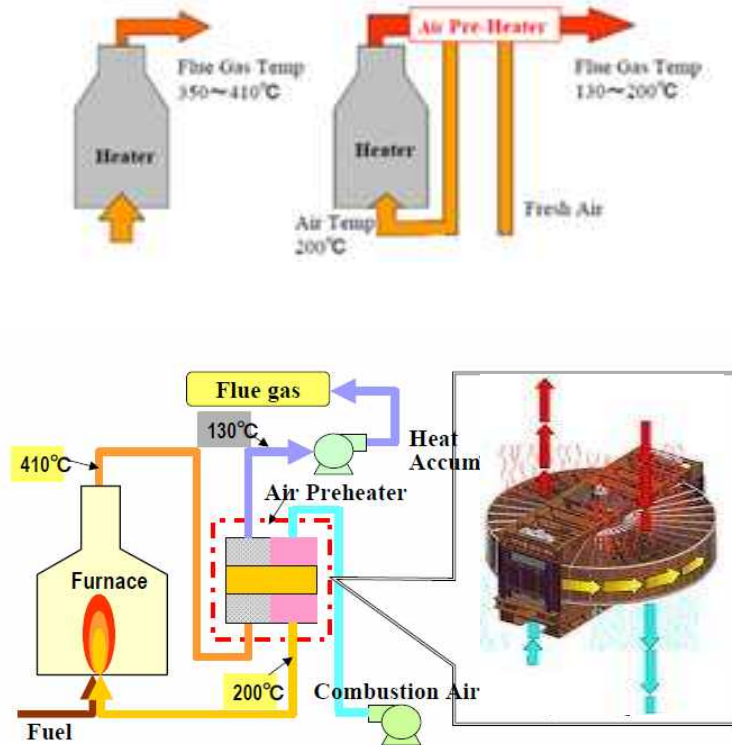


증류탑 사이에 분리벽을 삽입하여 증류탑의 구조를 변경하여 여러 단계의 공정을 간소화하고, 소비되는 에너지 및 투자비를 절감하는 설비

5.3 고효율 열교환기

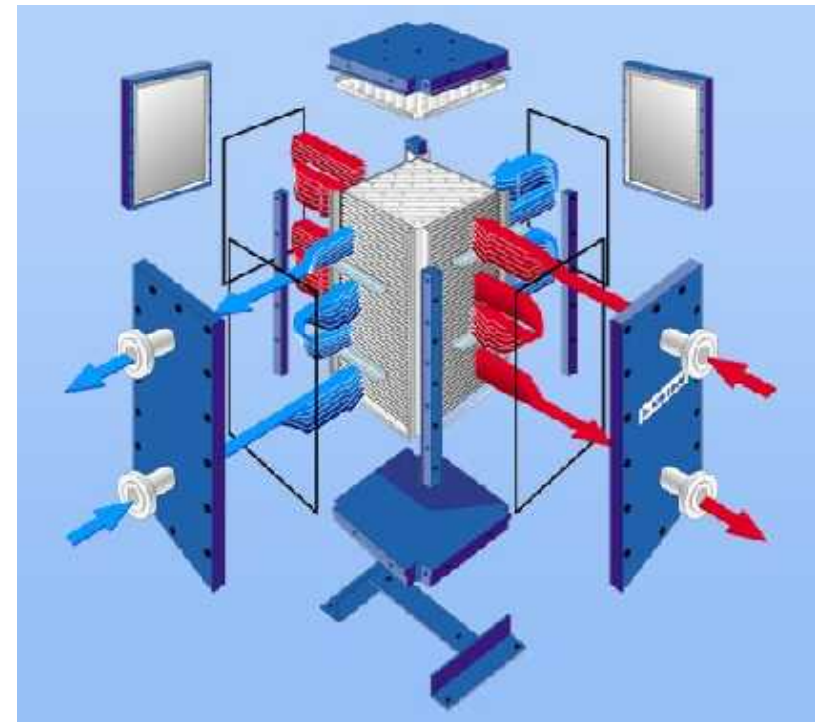
5. 절감 설비

열축적 열교환기



가열로의 고온 폐가스를 회수하기 위해 공기 예열기에서 사용하는 열교환기 대신에 열축적식 열교환기를 통해 폐열 회수를 증대하는 시설

판형 열교환기

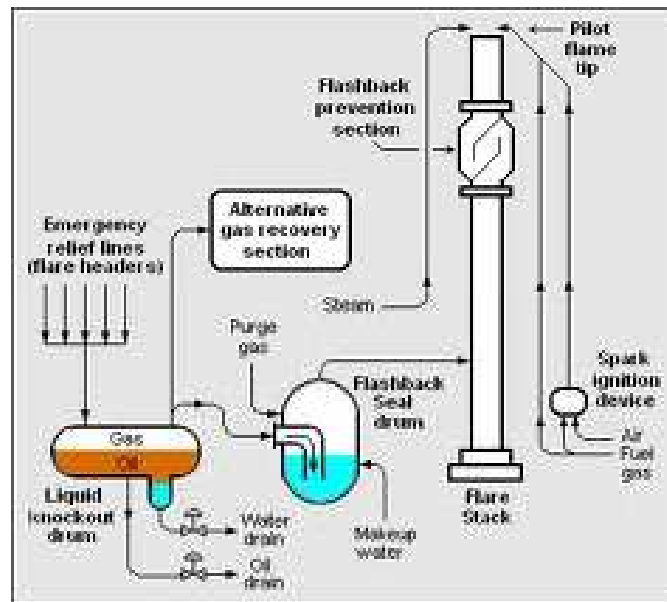


판을 사이에 두고 열교환을 이루는 열교환기로, 기존 Shell & Tube Type 열교환기에 비해 크기는 작고 열효율이 높으며 파울링이 잘 생기지 않는 장점이 있음

5.4 폐가스/수소 회수 기술

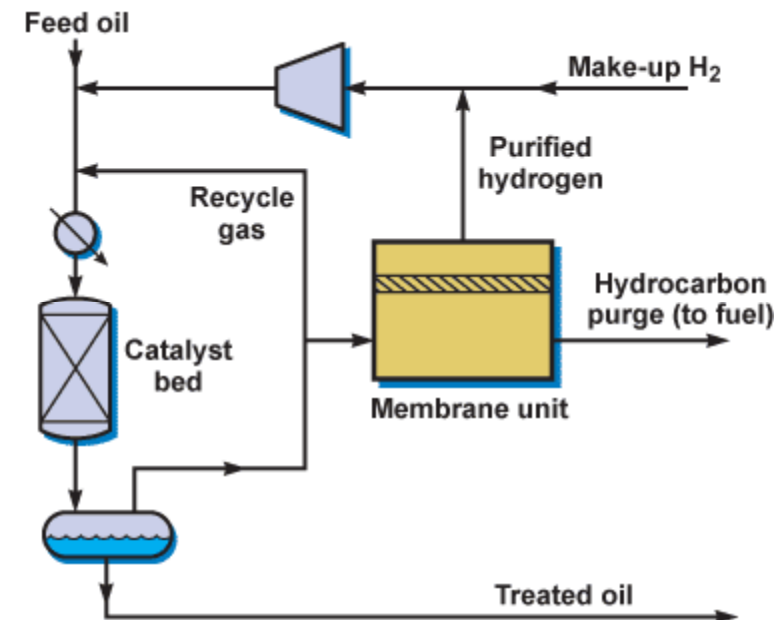
5. 절감 설비

폐가스 회수



플레어 스택에서 연소되고 있는 연소 가능한 폐가스를 콤프레서를 이용하여 압축하고, 황화수소를 처리한 후 연료 가스로 재활용하는 설비

수소 회수 기술

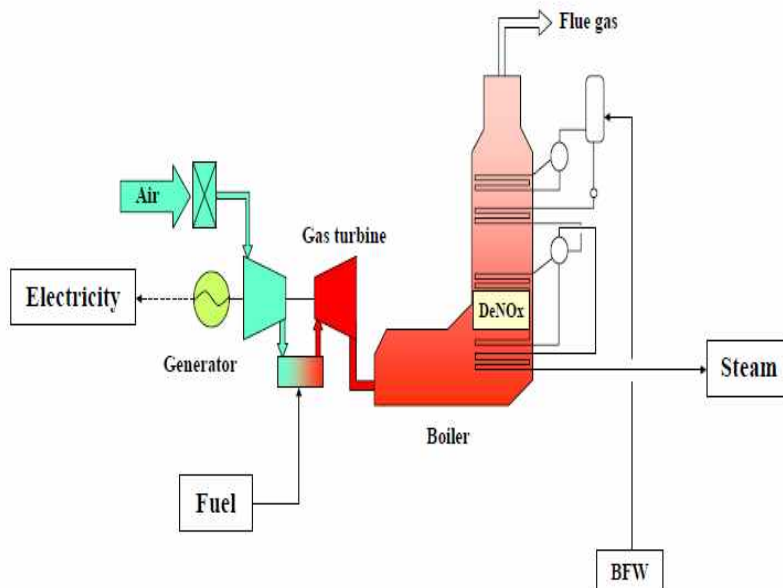


멤브레인의 선택적 투과 원리를 이용해 수소의 순도를 높여 공정에 재 투입하는 설비

5.5 열병합 발전

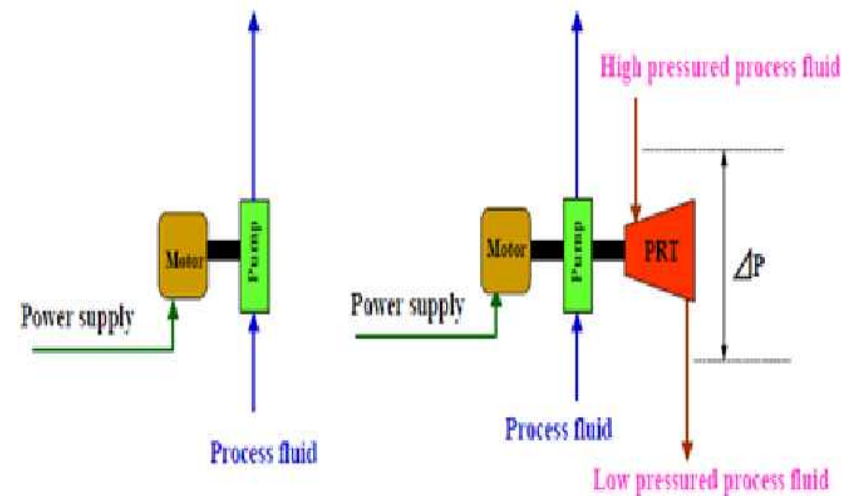
5. 절감 설비

열병합 발전



하나의 에너지원으로부터 전력과 열을 동시에 발생시키는 종합에너지 시스템(Total Energy System)으로 발전에 수반하여 발생하는 열을 회수하여 이용하므로 에너지의 효율을 높이는 설비

전기 회수 터빈 (PRT)



공정 내 고압 가스의 압력 에너지를 이용하여 전기 사용을 절감하는 설비

PRT (Power Recovery Turbine)

수고 하셨습니다