



플랜트 산업에서의 4차 산업혁명 [2회]

글 쓰는 순서

1. 플랜트 산업에서의 4차 산업혁명
2. 세이플랜트의 솔루션

박 세 영 대표

세이플랜트(주)

syPark@sayplant.com

전 회에 언급하였듯이 4차 산업혁명은 빅데이터에 입각하여 정보통신기술(ICT)로 융합하는 기술혁명이며, 그 핵심은 인공지능, 로봇공학, 사물인터넷, 양자암호, 모바일, 무인 운송수단(무인항공기, 무인자동차), 3D 프린터, 나노기술의 융합이다

플랜트 산업에서는 4차 산업에 대한 용어가 나오기 전부터 다양한 자동화 및 정보화 기술을 적용하였으며, 생산성 향상과 안전 운전에 많은 도움을 주었다.

이런 기술들은 상호 연관성이 있으므로 통합하여 시스템화하면 시너지효과가 있음에도 불구하고 대부분 단독으로 사용되고 있다. 이는 각 공정별 특성과 플랜트 전체 공정의 흐름에 대한 연구가 선행되지 않고, 각 분야 또는 부서의 단편적인 목적을 시스템에서 제공하는 기능 위주로 구현하였기 때문이다.

최근에는 플랜트에 적용된 전체 정보를 통합하여 Visualization하는 시스템도 많이 출시되고 있으나, 동일 화면에서 통합된 데이터를 한눈에 편리하게 볼 수 있는 장점도 있지만, 사용자가 신뢰하고 의사결정할 수 있는 완전한 정보의 통합이라고 보기는 어렵다.

이는 시스템의 기능 문제가 아니라 공정 특성에 따른 운전 방식과 절차, 설비 특성, 조직 구성, 플랜트 내의 Upstream, Downstream, Utility, Off-site 간의 물류 흐름에 대한 충분한 검토와 사용자와의 합의가 되지 않은 상태에서 시

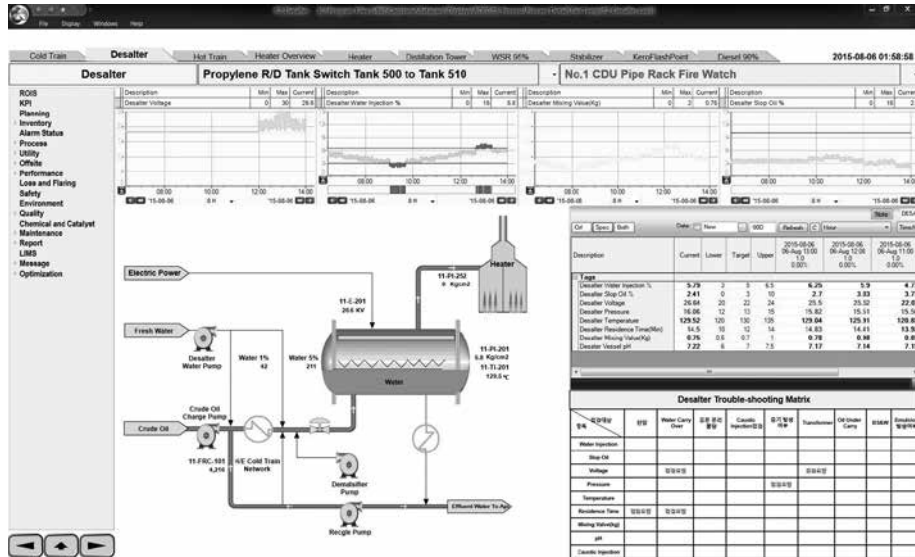


그림 1. 공정 Overview

시스템을 적용함으로써 많은 부분에서 실제 상황과 불일치한 현상이 나타나고 있기 때문이다. 사용자의 동의를 받지 못하는 시스템은 활용도가 떨어지며, 시간이 지날수록 불일치 부분이 더욱 증가함으로써 결국 사용하지 않게 된다.

따라서, 플랜트의 자동화 및 효율 향상을 위한 시스템은 공정 경험이 풍부한 시스템 전문가가 사용자 인터뷰를 통하여 안전, 환경, 설비 제한 요건의 범위 내에서 공정 운전 목표/특성/절차, 설비 특성, 연관 공정 간의 상관성 등을 충분히 검토하고, 측정과 제어가 불충분한 부분에 대하여 보완 방법을 고려하여 플랜트 전체의 운전 전에 부합하는 통합 시스템을 설계하고, 사용자와 합의 를 거친 후에 적용해야 한다.

또한, 통합 시스템을 설계하더라도 사용자가 받아들일 수 있도록 단계적으로 적용하고 충분한 교육을 통하여 활용도를 높인 후에 다음 단계로 진행하는 것이 바람직하다.

최적의 시스템은 사용자의 요구와 공정 경험으로부터

터 나오므로, 세이프플랜트의 시스템 전문가들은 사용자들의 요구사항과 공정 특성에 대한 설명을 자연스럽게 끌어내어 운전관리 시스템인 ROIS, 공정 이상관리 시스템인 iPAMS, NCC 공정 분해로 자동 교체 시스템인 eFAS에 적용하고 있으며, 지속적으로 공정 중심의 융합 지식과 실무에 대하여 Study하고 공정 전문가와 협업하고 있다.

또 전체 시스템의 목적을 명확하게 정의하고, 이에 부합하는 시스템을 설계하되, 다음과 같이 단계적으로 추진한다.

- 공장 실적 관리, Trouble-Shooting Guideline, 공장 전체의 주요 운전 Message/Alarm 공유

1. ROIS(로이스, Renovated Operation Information System) – 운전정보시스템

- 1) 운전 데이터 수집, 저장, 관리 : 플랜트의 운전 데이터를 실시간으로 수집 및 통합 관리

- 측정할 수 없으면 관리할 수 없고, 관리할 수 없으면 개선시킬 수 없다. 즉, 모든 개선은 데이터를 통하여 이를 수 있다. 따라서 관리에 필요한 모든 데이터를 수집하고, 측정이 부정확한 부분에 대해서는 데이터를 보정하며, 측정이 어려운 부분에 대해서는 소프트 센서로 데이터를 만들어서 사용한다.
- 품질관리의 세계적 권위자인 에드워드 데밍(Edwards Deming) 교수는 “측정 가능한 모든 것을 측정하라, 그리고 측정이 힘든 모든 것을 측정 가능하게 만들어라”라고 말했다.
- 또 현대 경영의 구루(Guru)로 불리는 피터 드러커(Peter F. Drucker)는 “측정할 수 없다면 관리할 수 없다”라고 언급했다.
- 데이터 보정 : 화학·정유·발전소·제철 공정은 복잡한 네트워크로 연결되어 있으며, 센서로부터 얻어지는 유량·온도·압력 등의 데이터는 무작위 오차 또는 총계 오차가 존재하므로 일반적으로 물질 및 에너지 수지식을 만족하지 않는다. 그러므로 측정값을 조절하고, 비측정값은 계산하여 물질 및 에

너지 수지 제약조건을 맞추어 주는데, 이를 데이터 보정(DR, Data Reconciliation)이라고 한다

- 총계오차 : 측정 계기의 잘못된 영점 조정, 오동작, 예기치 못한 유틸리티 등의 누출로 인하여 발생하는데 반드시 제거되어야만 하는 오차이다.
- 소프트 센서 : 실시간 측정기기의 문제(도입 및 유지 비용, 채취 및 분석 시간의 지연, 낮은 신뢰도, 잦은 고장)를 극복하기 위한 시도으로써 제품 조성과의 밀접한 관계가 있는 여러 변수들로부터 간접적으로 제품 조성을 추정한다. On-line으로 읽어들이는 운전 상황으로부터 원료의 물성을 예측하고 이를 통해 최적의 운전조건을 다시 설정하여 운전함으로써 이익을 극대화하는데 목적이 있다.

2) 플랜트 데이터 통합 : 플랜트의 관련된 모든 데이터(품질, 환경, Alarm, 운전자 변경, 연료/원료량과 원가, 생산계획, 생산량 등)를 통합하여 운전 데이터의 활용도를 높이고 비교 분석하여 공정을 개선하며, 판단이 용이한 종합적이고 신뢰성 있는 정보를 제공한다.

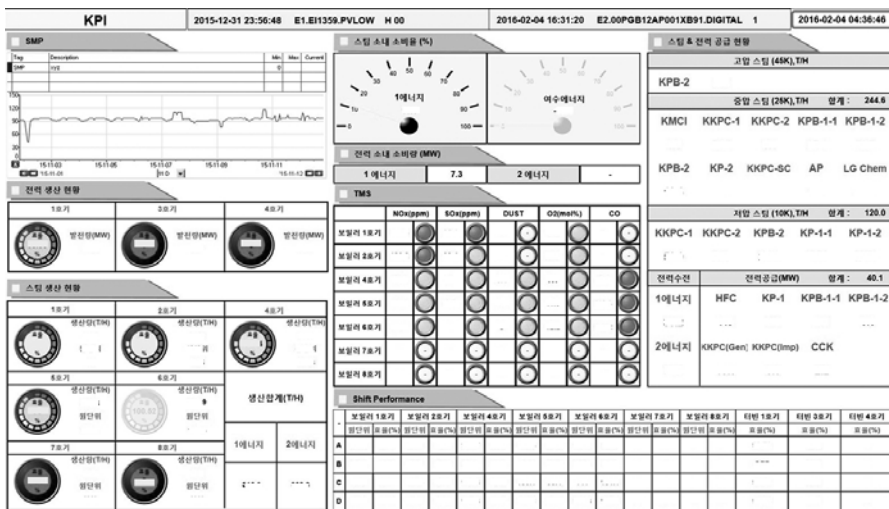


그림 2 핵심 성과 지표의 실시간 모니터링

- SMP Trend, 실시간 스팀/전력 생산, 공급 현황, 보일러 호기별 실시간 효율, 원단위, Alarm 모니터링, 전력/스팀 소내 소비율, 실시간 TMS 정보, 운전 교대조 Performance

3) 운전 효율 및 성능 관리 : Performance Monitoring

- 수집한 통합 데이터를 사용하여 공정 감시, 통계적 분석, 운전 이력 관리, 실시간 데이터 보정, Mass & Heat Balance, 최적화 기술의 융합을 통하여 공정 이상 또는 성능 저하를 조기에 발견하여 진단하고, 공정의 효율과 성능을 분석하며 효율적인 운영 방안을 제시한다.
- 물질수지(Material Balance) : 공정 중에 사용되는 주원료 및 부원료의 양과 제품이나 부산물의 양 또는 폐가스, 폐액 등으로 배출되는 손실량 간의 수치 계산을 말한다.
- 열수지(Heat Balance) : 원하는 공정조건을 충족시키기 위하여 가열, 냉각시키거나 화학반응의 결과로 반응열이 발생 또는 흡수되는 등 공정 중 물질계

의 상태변화에 따른 열 및 에너지 변화량에 대한 수치 계산을 말한다.

- 예) Steam & Electricity Balance : 스팀, 전기 생산 단가 절감, Loss 확인
- Simulator를 사용하여 최적 운전 모델과 실시간 비교로 성능 저하 요인 발견, 원단위 절감, What-If Study를 통한 문제 원인 파악 및 개선점 발견

2. iPAMS(Intelligent Plant Alarm Management System) – 지능형 Alarm 관리

1) Abnormal Situation Management(ASM) / Alarm Management System(AMS)

- 공정 운전 시 정상 상태에서는 DCS 및 자동화 기기가 사전에 설정된 값을 유지하면서 운전하나, 공정이 비정상 상태로 가면 오퍼레이터가 운전 개입할 시기임을 알려주기 위하여 설정한다.
- Alarm의 분포를 공정 이상과 정상 운전의 경계에 배치 – Alarm의 중요성 인식

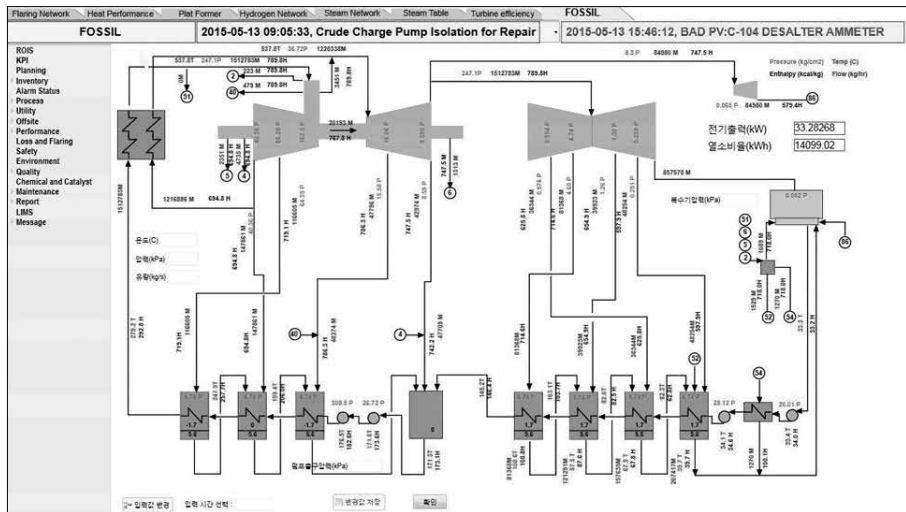


그림 3. Simulator와 Steam Table을 활용한 Performance Monitoring

- DCS의 도입으로 오퍼레이터가 감당할 수 없는 많은 Alarm이 발생하나, 이에 대응하지 못하여 공정 사고 발생하므로 Alarm 발생을 줄이면서 적중률을 높일 수 있도록 Alarm 분석 및 합리화가 필요함
- 오퍼레이터가 Alarm을 쉽게 인지하고, 효과적으로 대처할 수 있도록 운전 화면 개선
- Alarm 발생 순서, Alarm 발생의 개연성을 운전자가 쉽게 파악할 수 있는 화면 개발
- Alarm에 대한 Cause Tree 구현 및 이력관리로 문제 발생 시 대응 속도를 향상하고, 이력 데이터의 통계적 분석으로 Alarm 발생을 예측함
- 원인 파악이 어렵고, 반응 속도가 빠른 공정은 초고속 데이터 관리로 문제 원인 파악
- 운전 절차의 Best Performance 관리로 최적의 SOP 및 운전 상태 유지
- Alarm / OP Move / PV / OP / SP의 상관성 분석, Time Shift(Dead Time 보상 또는 이전 Process의 영향 분석), Multi Trend의 시간 동조, UCL/LCL, USL/LSL 자동계산, Cause Tree 등록, LogBook에 기록, Alarm 설정 적합성 판정, Control Loop Stiction, Saturation 판정

2) 공정 운전 및 제어 교육

- 교육기관과 현업에서는 공정 운전에 대한 교육을 많이 하고 있지만, 가상의 공장을 사용하여 이론과 실무를 병행하는 교육은 흔하지 않다. 그 이유는 교육기관에서는 고가의 실습 장비를 구비하기가 쉽지 않고, 또 실무를 강의할 강사를 구하기가 힘들기 때문이고, 현업에서는 Start-up용으로 OTS (Operator Training Simulator)를 구비하고 있지만 정상 운전용 실습 장비와는 거리가 있고, 실습과 이론을 겸비한 강사를 구하기 어렵기 때문이다.
- 따라서, OTS와 VFO(Virtual Field Operation)뿐 아니라 공정 제어에 필요한 실습 장비를 구비하고, 실무 경험이 있는 전문 강사를 보유한 교육기관에서 교육을 받는 것이 더욱 효과적이다.
- 운전 및 장치에 대한 원리 및 실습 과정에서는 이상 상황에 대한 논리적, 최적의 대응 능력을 향상할 수 있다.
- 원리의 이해와 실습으로 기억이 오래가며, 절차에 없는 응급 사태에 순발력 있게 조치
- 운전 지침에 대한 정확한 이해 및 해결 능력 향상
- 순환 근무에 빠른 적응(어떤 공정에도 적용 가능)

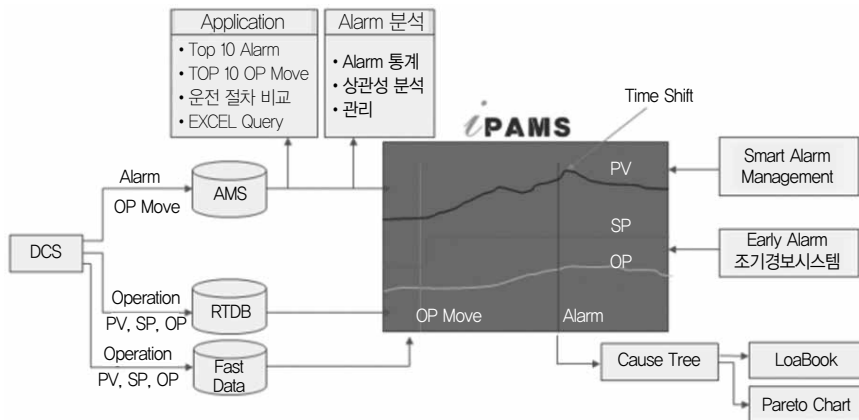


그림 4. iPAMS Overview

- 에너지 절감 및 생산성 향상
- 계기, 설계, 생산기술, 생산관리 부서에서도 공정 및 장치의 동작 원리를 이해함으로써 업무를 이해하고, 생산부서와의 소통에 많은 도움이 된다.
- 운전부서의 요구 사항을 정확하게 이해 및 원만한 소통
- 공정 원리와 운전 상황을 고려한 계기 선정, 문제 원인 파악 및 해결
- 현장 상황(설비, 운전, 유지보수)을 고려한 설계
- 문제 발견, 원인 파악, 해결, 공정 개선 능력 향상
- 실적 및 비용 데이터의 오차에 대한 감지 및 이해
- 공정제어 과정에서는 PID, 선진 제어 Algorithm, 공정 특성별 제어 전략을 이론과 실습을 통하여 익힘으로써 생산량 증가, 품질 향상, 에너지 및 유틸리티 절감, 안전(필수, 제약 조건)의 효과를 얻을 수 있다.
- OTS 및 공정제어 이론 및 문제 풀이를 위한 CBT (Computer Based Training), Loop Tuning 전용 Tool인 PiTops와 Simulator인 SIMCET으로 단위 공정 Loop Tuning 및 실습
- 공정 특성에 따른 적합 Algorithm 선정
- 공정 동특성, Feed-In/Out의 영향 이해
- Disturbance 및 Noise 처리

3) 운전 이상 예측(Early Alarm)

- 이전 Alarm의 경향 분석과 변수별로 가장 적합한 Alarm 감지 방법을 찾아서 공정 이상이 발생하기 전에 예측하여 사전 조치함으로써 공정을 안정적으로 운전하기 위한 기법으로, High / Low Limit 뿐 아니라 다양한 통계적 기법 및 소프트웨어를 적용한다.
- 운전 변수들의 측정 범위, 특성, 조성 변화에 따른 변화에 대한 Study
- 운전 변수별로 Alarm 감지에 가장 적합한 방법을 적용한다.
- Simulator 모델을 사용한 이상 분석
- Rule Base의 전문가 시스템
- 스팀 튜브의 수시 손상으로 인해 불시 운전 정지 발생
- PCA를 적용하여 사전에 파손 부위와 손상 정도를 파악하여 정비 기간을 단축

4) Loop Tuning 및 Advanced Process Control

- Loop Tuning이 잘되면 외란 및 운전조건 변화에 안정적인 운전 상태를 유지함으로써 Alarm 발생을 줄일 수가 있고, 공정을 안정적으로 운전할 수 있으며, Manual Loop를 줄임으로써 오퍼레이터의 운전 부담을 줄일 수 있다.

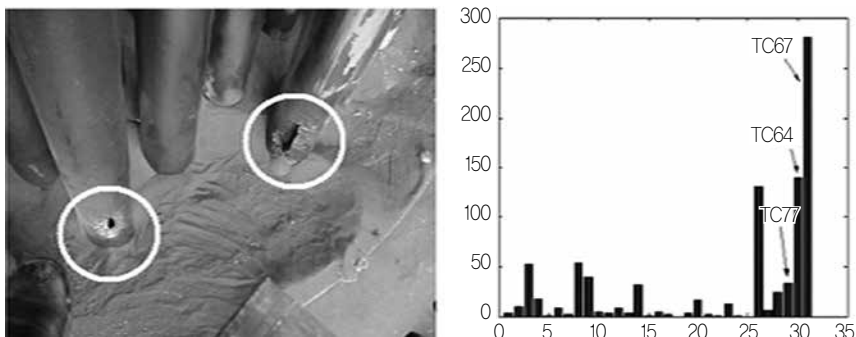


그림 5. 주성분 분석을 통한 FCC Cat Cooler 누설 감지

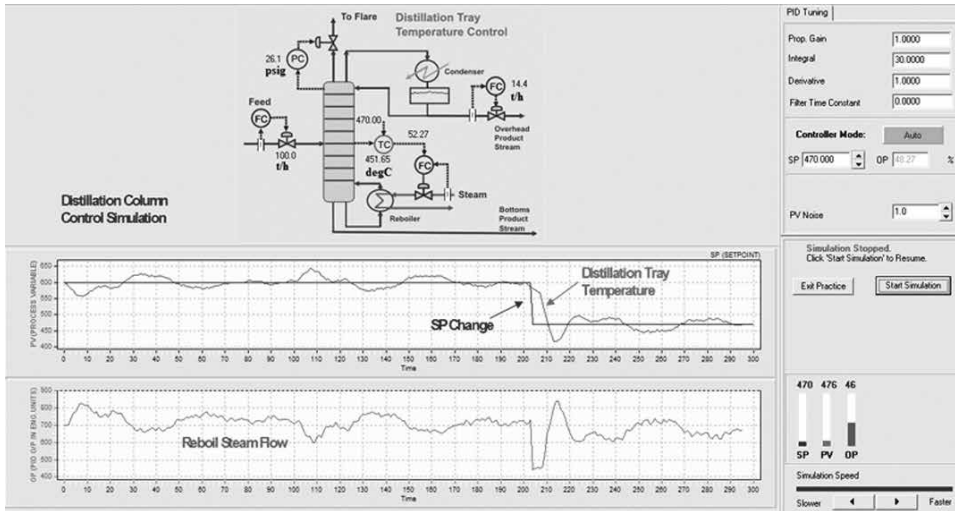


그림 6. Loop Tuning용 Simulator

- 안정적 운영을 위하여 PID Loop Tuning과 다변수 예측 제어인 MPC(Model Predictive Control)를 적용하며, 타 공정에서의 경험에 의한 Loop 개선 작업이 필요하다.
- Loop Tuning 과정에서 센서 및 밸브의 부정확 또는 누락으로 Tuning 및 APC 적용이 어려운 경우도 있으므로, 일반적으로 플랜트 보수 기간 전에 Loop Tuning을 하고, 보수 기간에 계기의 부정확 또는 부족한 부분을 보완한다.

3.eFAS(이파스, Enhances NCC Furnace Automatic Switching) – NCC 분해로 운전 절차의 자동화

- 납사 분해 공정(NCC)은 원유를 정제하여 생산된 납사(Naphtha)를 주원료로 고온(Cracking Heater)에서 열분해를 통해 작은 분자량의 유분을 얻는 공정으로 열분해(Cracking) – 급냉(Quenching) – 압축(Compressing) – 침냉(Cold Box) – 정제(Separation) 공정으로 분류할 수 있으며, 에틸렌과 프로

필렌을 생산하는 주요 공정이다.

- 나프타 분해공정은 800°C 이상의 고온에서 수증기 존재 하에 진행되는데, 열분해 튜브 내에 생성되는 Coke를 제거하기 위하여 평균 1달마다(Furnace type에 따라 15일~60일) 반응을 중지하고, Decoking을 하여야 한다.
- eFAS는 표준 운전 절차(SOP)에 따라 Switching 및 Decoking을 자동으로 수행하는 시스템으로, 효율적인 운전과 생산성 증가를 도모하고 COT 변동 폭 및 Flow의 불안정을 감소함으로써 Down Stream 및 전체 프로세스에 대한 안정적인 운영을 목적으로 하며, 운전 부하 경감 및 오류 방지, 가용성 향상(생산량 증가), 에너지 절감의 효과가 있다.
- Furnace Switch – Feed In 및 Feed Out의 자동 수행
- Furnace Automatic Decoking – 오퍼레이터 부하 감소 및 안정적 운영을 위한 Decoking 자동화
- Furnace Operation Mode Change(Load Distribution) – Furnace Switch 시 전체 생산량 유지를 위

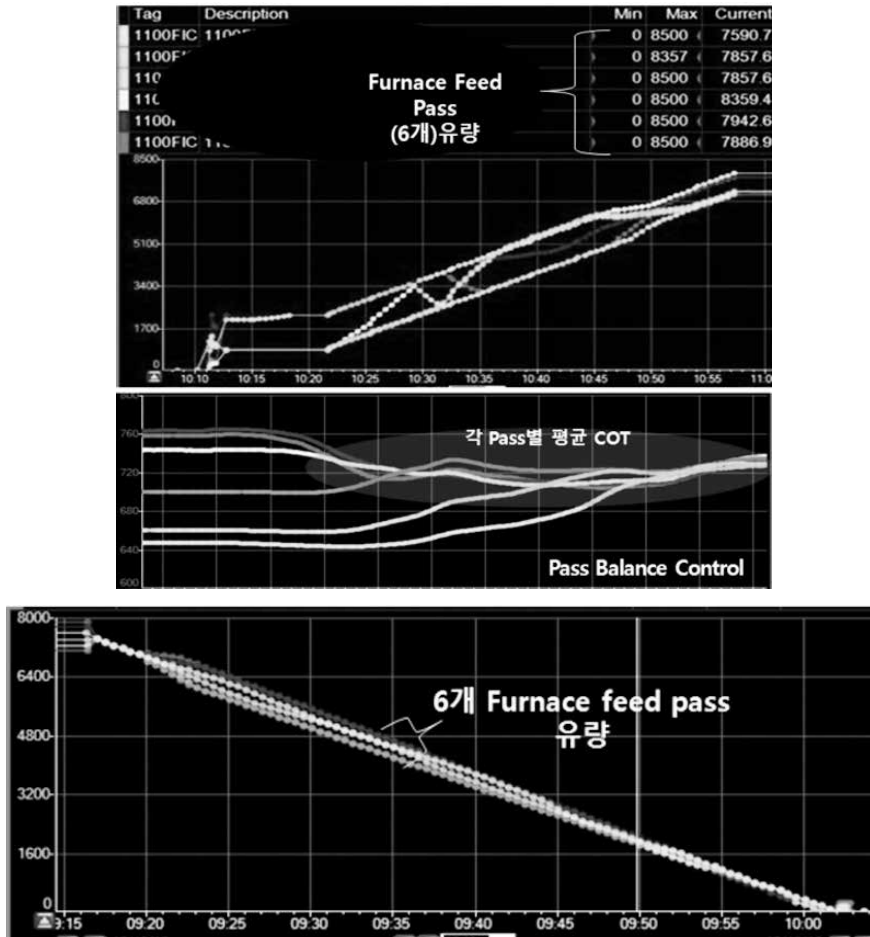


그림 7. Furnace Switch 적용 결과

한 각 Furnace별 처리량 조정

- COT Increase/Decrease - Feed In 혹은 필요시 설정한 COT Target으로 COT를 조절
- Furnace RCOT Advanced Control(Switching 및 Decoking 기간 중 COT의 안정화를 위하여 MPC (Model Predictive Control) 적용 - Switch 시 COT 온도 불안정 방지

세이프플랜트는 시스템 중심이 아닌 사용자의 요구사항

중심으로 자동화 및 정보화를 진행하며, 플랜트 전체에 적용할 수 있도록 설계하지만 사용자의 요구사항을 정확하게 이끌어내고, 적응하는 과정에서 사용자와 시스템 전문가의 새로운 아이디어를 적용할 수 있도록 단계적으로 진행하고 있다.

또한, 각 단계마다 충분한 교육을 통하여 사용자가 시스템 사용법을 충분히 습득하게 함으로써 개인의 아이디어를 시스템에 직접 적용하고, 다음 단계의 설계에 요구사항을 충분히 반영할 수 있도록 지원하고 있다.