

원천적으로 더 안전한 원칙

2026년 2월호



그림 1. ISD* 적용하기 전 반응기 시료채취 모습

알킬화(Alkylation)는 알킬기가 다른 분자로 이동하는 화학반응입니다. 한 공장의 촉매 알킬화 반응기는 세 가지 화합물(오르토, 메타, 파라 이성질체)을 생산하고 있었습니다. 제품 조성은 반드시 모니터링해야 하는 핵심 품질 사양이었습니다. 반응기 출구에서 하루 두 번(교대당 1회) 시료를 채취했으며, 시료는 고온이고 유해물질을 포함하고 있었습니다. 이 시료 채취 과정에서 응급처치가 필요한 사건이 발생한 바 있습니다.

엔지니어들은 해당 시료의 통계적 품질관리 데이터를 검토했습니다. 결과는 일관적이었고, 원료 품질과 반응기 온도·압력이 유지되는 경우 변동이 크지 않았습니다. 사업장은 이 작업에 원천적으로 더 안전한 설계(Inherently Safer Design, 이하 ISD)를 적용했습니다. 반응기 시료 채취는 하루 두 번에서 주 1회로 줄였습니다(ISD - 최소화). 또한 공정 이상 발생 시, 원료 품질 변화 시, 또는 촉매 교체 시에는 추가로 시료를 채취하도록 운영 기준을 마련했습니다. 그 결과 폐기물과 비용이 감소했고, 시료 채취 및 분석 작업자의 유해물질 노출도 최소화되었습니다. 동시에 제품 품질은 저하되지 않았습니다.



알고 계셨나요?

ISD 전략은 다음과 같습니다:

- 최소화/제거(Minimize/Eliminate)—위험물질 또는 위험 작업을 제거합니다. 위험물질 또는 에너지의 보유량을 줄입니다.
- 대체(Substitute)—위험물질 또는 공정을, 위험을 저감하거나 배제하는 대체 물질/대체 공정으로 바꿉니다.
- 완화(Moderate)—위험한 물질을 더 덜 위험한 형태로 사용하거나, 보다 완화된 조건에서 사용합니다.
- 단순화(Simplify)—불필요한 복잡성을 제거하도록 공정, 설비, 절차를 설계합니다.
- ISD는 설계 단계에만 해당하지 않습니다. ISD 원칙은 화학공정의 전 생애주기에 걸쳐 적용할 수 있습니다. 파일럿 플랜트 단계부터 상업 생산 단계까지, 언제든지 공정 또는 절차를 단순화할 수 있고, 위험물질을 제거하거나 더 안전한 물질로 대체할 수 있습니다.

무엇을 할 수 있나요?

- 공정위험성평가(PHA), 사고 조사, 가동전 안전점검, 작업안전분석(JSA), 사업장 안전 점검 등 위험요소와 보호대책을 도출하는 활동에 참여할 때에는, 보호대책을 즉시 추가하는 것보다 먼저 ISD 원칙을 적용하여 위험을 제거하거나 저감할 수 있는 기회가 있는지 찾아보십시오
- 도출된 ISD 적용 방안은 시행 전에 반드시 사업장의 변경관리(MOC) 절차에 따라 검토되도록 하십시오. 위험을 제거하거나 저감하기 위한 변경이라도, 새로운 위험을 도입하거나 기존 위험의 규모를 증가시킬 가능성이 있습니다.
- 참고: Ganeshmani N. Inherently safer design: Success stories. *Process Saf Prog.* 2025; 1-7. doi:10.1002/prs.70007

위험을 관리하는 것 보다 원천적으로 위험요소를 제거하는 것이 더 안전합니다!