

DfEHS 운영설계 방안 및 통합프로그램 구축 필요성에 관한 연구

한수진 * 강경식 **

1. 서 론

1.1. 연구배경

지난 20여년 동안의 반도체 산업 및 최근 세계시장을 선도하는 LCD산업은 환경개선을 위한 기술개발에 많은 노력을 기울여 왔다. 특히 화학물질, 용수, 에너지 및 폐기물 등의 감소를 통한 환경 친화적인 노력은 눈에 띄게 증가되었으나, 현장 직원 및 근로자들에 대한 안전 및 보건에 대한 노력은 상대적으로 덜 고려되어 왔던 것이 사실이다. 따라서 이들을 통합하여 관리해야 하는 통합 EHS (환경·보건·안전)관리에 대한 요구가 빠르게 증가하고 있다. 특히, 과거 사후관리에 중점을 두었던 EHS관리의 한계가 드러남에 따라 사전예방적 차원의 EHS 디자인(Design for EHS)에 대한 요구가 증가하고 있다.

따라서 반도체/LCD 산업계는 지속적 개선 (Continuous Improvement)을 통한 장기적 관점에서 비용 효율적 접근과 ESH성과라는 두 가지 주요 이슈에 대해 특히 관심을 보이고 있다. 이를 위해 첫째 정부의 EHS규제 및 인센티브, 둘째 모든 의사결정에서 비용 및 상대적 위험성 (Risk) 개선의 실체, 그리고 마지막으로 국제환경 및 시장중심의 요구사항 등이 핵심적인 외부 요소 (Driving Force)로 파악된다. 따라서 이러한 국내·외 외부 여건에서 반도체/LCD 산업전반에 걸친 비용절감, 비용관리, 생산관리 등을 “EHS 디자인(Design for EHS) 운영방안설계 (Road Map) 개발 및 통합관리시스템 구축”을 통해 반도체/LCD 기업에서의 통합적 EHS 관리를 구현하여 세계시장을 지속적으로 주도하는데 기여하고자 한다.

1.2. 연구범위

반도체/LCD 산업을 대상으로 EHS 디자인 (Design for EHS)을 구현하기 위해 시스템적 접근과 다중요소 등을 고려하여 투입-산출 (Input-Output)모델을 활용하고자 한다. 그 구체적 영역은 반도체/LCD 생산의 대표공정을 대상으로 하고, 투입 (Input)항의 화학물질, 에너지, 용수, 근로자 보호계획 및 실행 (인간공학 포함), 비상대응 전략 등과 산출 (Output)항의 실내·외 대기 배출물, 폐기물의 재사용·재활용, 폐수 및 근로자의 상해질병, 지역공동체 협력 등을 범위로 한다.

유해화학물질 감소 및 대체, 에너지 및 용수 절감, 근로자 보호 및 인간공학 측면에 의한 질병예방, 배출물 감소 등을 생산 초기단계에서부터 통합적으로 관리하기 위한 EHS 디자인 (Design for EHS)은

* 명지대학교 산업공학과

** 명지대학교 산업시스템 공학부 교수

다음과 같은 세가지 범위를 가지고 있다.

첫째, 화학물질, 에너지 및 용수의 매스 밸런스 (Mass Balance)

둘째, 리스크 평가 및 분석

셋째, 비용효과분석

첫 번째 범위인 화학물질, 에너지 및 용수의 매스 밸런스 (Mass Balance)는 화학물질 및 대기 배출 감소, 폐기물의 저감·재사용·재활용 및 효율적 처리 시스템 구축 등에 대한 파악을 위한 것이다.

두 번째 범위인 리스크 평가 및 분석은 유해 화학 물질, 설비, 장비, 근무환경, 인간공학 등에 대한 평가에 의한 년차별 상대적 리스크를 체크하는 등 종합적 분석이 가능토록 하는 것이다.

세 번째 범위인 비용효과분석은 원·부자재, 장비 및 설비의 구매·사용·관리·폐기, 환경설비, 오염물질 처리기술, 채무, 근무장소변경, 업무변경, 보호구사용, 인간공학실험, 교육·훈련 등에 대한 비용과 효과 등에 대한 분석을 포함한다.

2. 국내외 현황/추세

2.1. 국외현황

(1) 환경·보건·안전(EHS) 관련 정책의 변화

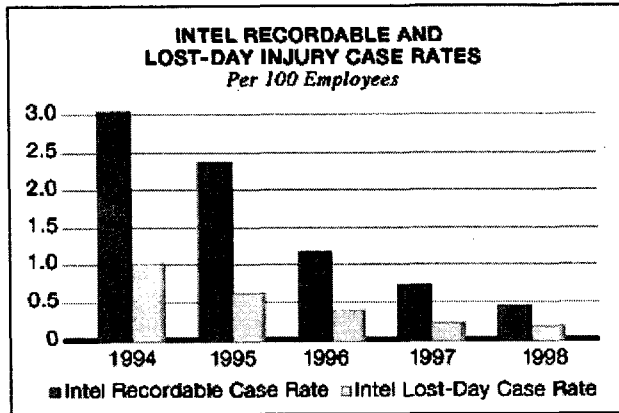
- 기존의 정부의 직접규제방식에서 시장원리에 근거한 제품중심으로 그 초점이 전환되고 있으며, 유럽연합의 통합제품정책(IPP: Integrated Product Policy)은 대표적인 예로 전 세계시장에서 유럽의 경쟁력을 증가시키고, 생산과정에서 야기되는 환경, 보건 및 안전 분야의 사회적 문제점에 대한 개선효과를 동시에 달성하고자 하는 정책의 일환으로 EHS(Environmental, Health and Safety) 정책 개발을 현재 활발히 진행 중이다.

○ 전기전자 제품 및 기기의 폐기물처리지침(WEEE: Waste of Electrical and Electronics Equipment)은 폐기물의 재사용, 감량화 및 재활용을 위한 산업계와 정부의 통합적인 추진방향을 의미하는 것으로 선진국을 중심으로 빠르게 전개되고 있으며 국내 산업계에서도 제품의 수출전략에 필수적인 것으로 여겨지고 있는 실정이다.

- 현재 환경을 중심으로 한 DfE(Design for Environment)는 다양하게 개발되어 진행되고 있지만 DfE를 포함한 DfEHS(Design for Environmental, Health and Safety)는 미국 반도체 산업계가 중심이 되어 개발한 시스템이 유일한 것이다.

- 반도체/LCD산업의 지속가능발전이라는 궁극적 목표를 달성하기 위해 근로자, 지역 주민 및 소비자의 건강과 안전을 우선 고려하며 환경친화적인 청정생산 체계 구축을 위하여 제조공정 및 제품개발 준비단계에서 환경·보건·안전 담당자를 참여시켜 환경·보건·안전 현안 문제점을 충분히 고려하는 DfEHS(환경·보건·안전 설계) 시스템을 도입하여 사업을 추진하고 있다.
- DfEHS의 기본 틀은 우선 환경, 보건, 안전 각 분야의 관심사항을 개별 관리하는 것이 아니라, 각 분야의 현안문제를 규합하여 공통사안으로 하여 관리함으로써 지체됨이 없이 저비용으로 해결하는데 있다.
- 미국 EPA도 최근 반도체산업의 공정별 환경오염 인자에 대한 특별 조사를 수행함으로써 반도체산업의 환경적측면의 장기 발전방안을 마련하고 있다.
- 미국 반도체제조기술을 개발하고 있는 SEMATECH Inc.은 환경·보건·안전(EHS) 분야의 공통사안으로 다음 4개항을 들고 있다.
 1. 화학물질·소재·장비 관련 기술
 2. 자원보존 기술
 3. 기후변화저감 기술
 4. 근무환경보호 기술
- SEMATECH(Semiconductor Manufacturing Technology) Inc는 AMD, Motorola, Agere System, Hewlett-Packard, Infineon Technologies, IBM, Intel, Philips, TSMC, IT Microelectronics, and Texas Instruments 등 12 개의 회원사를 두고 DfEHS관련 기술 개발 및 교육훈련을 수행하는 등 반도체산업의 발전을 위하여 많은 노력과 연구결과를 발표하고 있음.
- SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International;세계반도체산업협회)는 36개국(Austria, Belarus, Belgium, Canada, China, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Hong Kong, Hungary, India, Israel, Italy, Japan, Republic of Korea, Liechtenstein, Luxembourg, Malaysia, Netherlands, Norway, Philippines, Russian Federation, Singapore, Sweden, Switzerland, Taiwan, Ukraine, United Kingdom, United States)의 회원국과 각국별 많은 회원사를 두고 있음.
- 미국의 Intel 사는 1994년 이후 DfEHS기술을 도입 운영함으로써 환경·보건·안전 분야의 관련 사안에서 많은 성과를 얻고 있다.

다음 그림은 인텔사의 상해에 의한 근무손실일수의 연도별 저감을 나타내고 있다.



- Intel사의 성공사례에서 보여주듯이 기업의 경쟁력과 DfEHS와의 연계에 의한 세계 최대 초일류기업으로서의 확고한 자리를 지키고 있는 것은 제품의 설계단계에서부터 생산 → 유통 → 소비 → 폐기 등에 이르기까지의 모든 사회적 부담을 줄이기 위하여 초기 기획 단계에서 DfEHS 시스템을 최대로 활용함으로써 가능하였다고 본다.

2.2. 국내현황

- 국내 반도체업계를 포함한 전 산업계에서도 아직 DfEHS에 대한 접근은 시도된 적이 없다.
- 대기업을 중심으로 DfE(에코디자인)를 시범적으로 적용하고 있으며 D/B 및 S/W 툴이 개발되고 있으나 선진국과 비교할 때 초보적인 단계에 있다.
- 국내에서도 제품의 품질향상과 생산과정에서 발생하는 환경, 보건 및 안전 문제를 해결함으로써, 지속가능 제품개발을 위한 새로운 관리기법에 대한 요구가 증가하고 있다.
- 특히 최근 PL법의 확산에 따라 제품에 대한 기업의 책임 증가와 이에 따른 제품에 의한 유·무형의 손실을 최소화하기 위하여 DfEHS의 필요성을 인식하고 있다.
- 삼성반도체(2002년도 세계 2위) 및 하이닉스(2002년도 세계 17위)가 세계무대에서 초 일류기업으로서 활발히 활동하고 있으나 DfEHS 관련기술은 아직 확보되지 않은 상태로 추측된다.

- 아래 표는 DfEHS 분야에서 다양하게 활용되고 있는 관련 소프트웨어와 주요 기능들을 비교·정리한 것임.

구분	이름	출처	주요기능
통합비교·기존시스템과의 호환	EIME	Ecobalance	법규, 위해성, 재사용/재활용가능성, 사후관리를 최적화하기 위한 대안분석 및 개선평가 수행
	Darmstadt	Darmstadt	3D system, Object-oriented system, Assessment system, Life cycle modeller 기능
LCA 기반형	EcoScan	TNO	제품의 환경성을 비교 NOH 120 Eco indicators, EcoScan DB, Idemat Eco-indicator 포함
	Eco-it	Pre Consultant	EcoScan과 거의 비슷한 기능 보유
대안 분석	LEEDS	Tu Delft	제품개발초기에 여러 설계전략간의 우선순위 결정
	DORT	CPAS	환경, 경제, 안전, 보건을 고려한 디자인 옵션 선택지원
물질선택	Ecotox	US EPA	특정 화학물질을 스크리닝, 환경관리자가 활용할 수 있음
	IDEMAT	Tu Delft	물질 및 공정에 대한 물리적, 화학적, 전과 정적 환경성정보 제공
재활용/분해	AMETIDE	Univ. California	재활용성, 서비스능력, 조립능력 등을 고려한 분해방법 제시
	BDI range	DFMA, UK	DFAssembly, DFManufacturing, DFservice, DFEnvironment 4가지 도구로 구성
법규/정보	EPD	EORM	전자제품 제조시 해로운 물질 사용규제에 대한 International D/B 구축
	RITS	EORM	유럽과 태평양지역 국가들의 환경, 안전, 보건에 대한 법적 규제 추적 및 해석제공
교육	Ecoquest	Tu Delft	전자산업에 적용가능한 교육용 소프트웨어

- 지난 20여 년 동안 반도체산업은 환경, 보건, 안전 각각 분야별로 관리기술 개발에 많은 시간과 노력을 하여왔다.
- 통합 환경·보건·안전(EHS) 현안과제에 대한 개념이 정립되지 않아 필요 이상의 노력과 비용이 지출되고 있다는 시각이 있다.
- 환경·보건·안전(EHS)활동에 대한 국내 산업계의 시각은 궁극적으로 '지속적인 비용지출의 원천'이라는 부정적인 시각이 지배적이었다.
- 또한 1990년대에 들어 정부의 법규수준이 선진국화를 위한 높은 수준으로 설정

되어 강제 집행함으로써 어쩔 수없이 국내 산업계에서는 많은 비용을 들여 이를 따르는 피동적인 자세를 취하고 있다.

- 특히 화학물질, 용수, 에너지 및 폐기물 등의 저감을 통한 환경 친화적인 노력은 눈에 띄게 증가되었으나, 산업 현장의 사무직원, 현장근로자, 지역주민들의 건강, 보건 및 안전에 대한 투자와 노력은 상대적으로 덜 고려되어왔다.
- 산업계는 근로자, 주민, 나아가 국민의 알권리의 한 축인 산업현장의 환경·보건·안전의 상황을 상대적으로 낮게 고려함으로써 노동조합과 지역공동체와의 갈등이 심화되고 있다.

3. DfEHS 정의, 필요성, 역할, 목표 및 내용

3.1. DfEHS의 정의

- 기업의 사업장 입지선정 및 건설 단계부터 제품의 설계, 제조, 사용 및 최종 폐기에 이르기까지 기업 활동과 직·간접적으로 관련된 화학물질, 소재, 장비관리, 자원보전, 근무환경보호, 지역환경보호, 기후변화저감 등 환경-보건-안전 분야의 발전저해 영향 인자와 비용을 계량화와 최소화 관리기술에 의하여 기업은 이윤의 극대화를 실현하게 됨에 따라서 국제무대에서 경쟁우위를 확보하는 기술관리시스템이다.

3.2. DfEHS 필요성

- 환경·보건·안전(EHS) 분야의 핵심 문제를 관리해결에 의한 생산관리, 제품개발, 품질관리 및 생산성향상을 위한 핵심 관리기술인 통합 환경·보건·안전(EHS)관리 기법에 대한 요구가 빠르게 증가하고 있다.
- 과거 사후관리에 중점을 두었던 환경·보건·안전 관리의 한계가 드러남에 따라 사전 예방적 차원의 기술인 DfEHS(Design for EHS)에 대한 요구가 증가하고 있다.
- 기존의 환경설계 시스템인 환경디자인(DfE)이나 안전설계 시스템인 안전디자인(DfS)과 같이 환경·보건·안전 관련 사항 중 어느 하나만을 중심으로 하는 단순 설계시스템으로는 제조물책임법시대의 소비자의 품질요구, 근로자 및 시민의 건강 확보 요구와 시장 욕구를 충족시키는 데 한계가 있다.
- 기업의 경쟁력 제고 및 전략적 차원에서 비용효율성 증대 및 우수한 환경·안전·보건

분야의 성과성취, 나아가 안전제품의 생산에 의한 사회적 비용의 절감과 다양한 이해관계자의 욕구를 충족시켜야 하는 등 당면 문제 해결에 직면하고 있다.

- 다시 말하면 입지선정 단계부터, 건축물의 설계, 설비설계, 기술개발, 인력 관리, 생산 과정에 투입되는 모든 원부자재, 생산과정에서 발생하는 물리화학생물학적 유해인자 등의 환경·보건·안전 문제를 최우선 고려함으로서 임직원의 건강권 확보에 의한 근무의욕 향상, 의견통합, 단결과 애사심의 증폭 등에 의한 생산비용 절감, 청정제품에 사용 편의성과 안전성의 가미를 통하여 소비자의 신뢰도 향상에 의한 제품구매촉진과 아울러 생산성증진을 이룩함으로서 균형적이면서도 최적화된 기업으로서의 국제적 우위를 달성시킬 수 있는 전략적 통합설계시스템이다.

4. DfEHS 역할, 목표 및 내용

4.1. DfEHS 역할

- 통합제품/공정설계(Integrated Product/Process Design, IPD) 시스템의 구축을 통해서 통합화된 환경·보건·안전 설계시스템을 바탕으로 하여 연구개발, 설계공학, 제조, 판매 등 각 부서 사이의 대화 장벽의 제거와 불요불급한 결재과정의 단축을 가능하게 하며,
- IPD 시스템은 제품의 제조와 공급과 관련된 제반 과정과 제품디자인을 통합한 시스템으로 제품개발단계에서의 품질, 제조비용, 판매계획, 사용자 욕구 등과 더불어 제품수명주기(Product Life Cycle) 과정에서의 제반 요소를 제품개발 담당자로 하여금 고려하도록 하며,
- 시스템은 기존의 몇몇 부서를 참여시킨 개발팀을 활용하여 창안한 제품디자인을 엔지니어링 부서와 EHS 부서에 보내 제조상의 애로점과 환경·보건·안전 분야의 고려사항에 대한 관리상의 문제점을 각각 검토토록 하는 전통적인 방법을 탈피하고 제품설계 초기단계부터 엔지니어링 부서와 EHS 부서를 참여케 함으로서 부서간의 위화감 제거는 물론 시간과 공간의 효율적 활용과 비용을 최소화하며,
- 하나의 통합된 개념의 환경·보건·안전(EHS) 문제의 접근은 원재료, 제조과정과 소각로 등 공해방지시설 등에서 발생하는 유해(hazard)인자에 대한 통합 EHS 리스크 평가와 함께 에너지 및 용수 등 자원절약, 물질수지 및 폐기물 등에 대한 종합적 평가, 온실가스의 단계적 발생저감, 근무환경 개선 등을 통한 근로자의 상해로부터의 해방 등과 관련된 통합비용의 체계적 관리에 의한 원가절감과 생산성 향상에 크게 일조 할 수 있는 기반을 마련한다.

4.2. DfEHS의 목표

- 제품의 품질 유지, 지속적 향상 및 EHS 사회적 비용 최소화
- 공정개발 및 개선과 장비 및 설비의 설치 단계에서 지체(Delay) 현상을 최소화
- EHS관련 표준 및 규제를 적극적으로 이행함으로써 국제적 무역 장벽의 조기 대처
- 기업과 제품의 EHS 성과 제고
- 제품의 품질유지와 향상을 위한 생산공정 및 구조 개선으로 생산성 증가 및 비용절감
- 기업의 이미지 제고와 EHS 사안에 대한 능동적 대처에 의한 리더쉽 제고

4.3. DfEHS의 내용

DfEHS는 크게 8가지 분야를 가지고 있는데 그 내용은 아래와 같다.

- 매스벨런스
- EHS 관련 통합 리스크 평가
- 비용구조개선
- 유해 화학물질 사용의 대체/저감 및 발생최소화
- 폐기물 재이용, 발생감축 및 재활용의 제고
- 에너지 및 용수 등 자원의 사용 저감 및 재활용
- 기후변화저감을 위한 온실가스 발생 최소화
- 근로자 보호 및 인간공학적 대처방안 제시

- 위 8가지 영역 가운데, 첫 3가지 분야는 DfEHS의 본질(Intrinsic) 사안으로서, 매스 벨런스, EHS 리스크 평가 및 비용구조개선 사항은 DfEHS Roadmap 개발과 이의 이행에 있어서 필수적으로 고려되어야 할 사항으로서 청정제품 생산공정 및 디자인에 반드시 포함되어야 할 부분이다.

- 나머지 5개 분야는 각 설비별 투입(Input)-산출(Output)에 관한 것으로 교육 및 훈련 비중이 크다.

- DfEHS 시스템 개발시 우선순위 상위 10위 고려
2001년 유럽의 환경정책센터에서 세계 10개 지역에서 새로운 정책이나 규제에 직면한 기업을 상대로 12-24개월간 조사하여 발표한 Global EHS Priorities Top 10의 내용은 다음과 같다.

Top 10 EHS Priorities for 2002

1. Emergency Planning and Control of Major Accident Hazards
2. Transparency in Corporate Dealings Affecting the Environment and Corporate Social Responsibility (CSR)
3. Climate Change
4. Extended Producer Responsibility/Product Stewardship
5. Elimination of "Problem" Chemicals
6. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)
7. Emissions and other Reporting Obligations
8. Workplace Exposures to Chemicals and Noise
9. Transport of Dangerous Goods
10. Stress, Bullying at Work, Ergonomics

위에서 보면 안전분야를 제1위로 시작하여 사회, 환경보건, 기후변화는 물론 근로자의 건강과 보건문제(8, 10)를 많이 다루고 있어 선진국의 경영주가 근로자와 인근 주민은 물론 사회전반에 걸쳐 폭넓은 배려를 하고 있음을 알 수 있다. 적어도 위 10개항중 산업에 적합한 사항은 EHS 프로그램 개발시 반드시 포함되도록 하여야 한다.

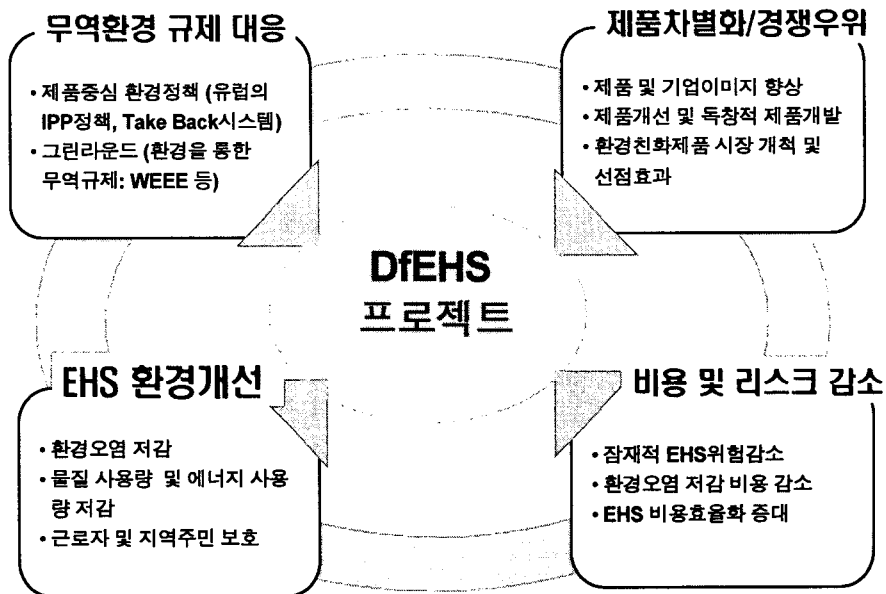
5. 결론(기대효과 측면)

5.1. 기술/경제/사회적 측면 효과

- 기술적 측면
 - DfEHS(환경·보건·안전 설계)기술을 통한 우수제품 및 설비 개발을 위한 설계방안 및 프로그램 확보
 - 국가적 통합EHS(환경·보건·안전) 개선을 위한 기초 기술방안 확보
 - 선진국의 무역장벽에 대응할 수 있는 제품 생산 체계의 확보

- 경제적 측면
 - DfEHS 관련 기술 개발 및 전문인력 양성 비용의 절감
 - 정부, 기업 등의 환경, 보건, 안전 개별연구 또는 중복연구 방지에 의한 비용절감
 - DfEHS의 실현으로 기업 및 국가의 비용절감 효과
 - DfEHS 기법에 의한 청정제품생산에 의한 기업의 국내외적 신뢰도 향상
- 사회적 측면
 - 선진국과의 동등한 국제무역 관계 유지
 - 국가 청정생산 체계 구축에 의한 지속발전 기여
 - 세계 일류 청정제품의 생산 및 지속발전 기여에 따른 국민 자긍심 제고
 - 모든 산업시스템에 DfEHS(환경·보건·안전설계) 실현으로 정부에 대한 국민의 신뢰성 회복 및 국가 신뢰도 향상
 - 정부/지자체의 규제로부터 벗어나 기업체의 자발적 환경·보건·안전 실천/참여 유도
 - DfEHS 체계 구축에 의한 환경 보건 안전 분야의 사회적 불안 해소
 - 지구환경 및 자원 보전에 대한 국제적 압력에 대한 능동적 참여
 - 환경·보건·안전에 대한 국민의식 전환 유도

[DfEHS의 파급 및 기대효과]



5.2. 청정제품/장비 생산체제 구축방안 확립

- DfEHS(환경·보건·안전 디자인)의 시스템적인 통합과 기술적인 측면에서의 통합에 의하여 반도체산업 현장에 통합 DfEHS 적용을 가능하게 함으로써, 체계적인 청정제품/장비 생산체제가 구축될 수 있다.
- 즉, 환경 및 산업안전 관련 법규이행을 위하여 환경문제를 해결하기 위해 별도의 공해방지 설비를 설치하여 관리하는 측면과 보건·안전에 관한 문제를 해결하기 위해 설치하는 안전·보건 시설은 서로 상반된 측면을 이행하고 있다. 즉 작업환경을 개선하기 위한 환기 설비 시설은 환경법적인 측면에서 볼 때는 오히려 공해를 유발하는 설비가 될 수도 있다.
- 따라서 이들 간의 서로 상이한 측면을 고려하지 않으면 효율적인 청정생산체제가 구축될 수 없을 것이다. 이러한 사안들을 충분히 고려한 통합적 DfEHS 시스템 구축은 기업의 환경·보건·안전의 통합적인 관리시스템의 구축으로 이어지며 제품설계단계에서 환경·보건·안전 관련 문제점들을 사전에 충분히 고려함으로써 청정생산체제를 이룩할 수 있다.
- 제품설계 초기단계에서의 DfEHS 시스템 적용은 기업의 측면에서는 비용을 절감할 수 있고, 이해관계자 측면에서는 기업의 통합 환경·보건·안전 시스템 실행으로 근무환경의 개선 및 쾌적한 삶의 공간을 확보할 수 있다.
세부적인 기대 효과는 다음과 같다.
 - 환경·보건·안전 통합프로그램 개발 및 적용
 - 환경·보건·안전 통합 소프트웨어 개발 및 적용
 - 환경·보건·안전 D/B 구축
 - 환경·보건·안전 통합(문서 및 운영) 매뉴얼 작성
 - 청정제품 및 설비 생산체제의 구축방안 확립
 - 타 업종별 DfEHS 기법 기술 개발
 - DfEHS에 의한 제품설계기술 보급으로 대기업 및 중소기업 제품의 대내외적 경쟁력 향상 확립
 - 환경·보건·안전 친화적 청정 공정 및 제품설계 매뉴얼 작성
 - 기업의 업종별, 제품별, 공정별 청정생산 증장기 과제 도출 및 추진 체제 구축