

II. 자동차 재료인 Vinyl과 TPO에 대한 LCA 사례

본고는 자동차 재료인 Vinyl과 TPO에 대한 LCA 사례를 소개한 논문, “Life Cycle Assessment of Vinyl and TPO in Instrument Panel Skins(D’Lane L. Wisner, Society of Automotive Engineers, 1999)”의 내용을 정리한 것이다.

1. 개요

최근 유럽을 중심으로 환경호르몬, 다이옥신 등의 환경문제를 이유로 PVC(Poly Vinyl Chloride)의 사용을 규제하려는 움직임이 나타나고 있다. 이러한 규제 정책에 대하여 vinyl 관련 제조회사 및 협회는 강력하게 반발하면서 정책 동향 및 vinyl을 이용하여 제품을 생산하는 제조업체의 동향에 촉각을 곤두세우고 있다. 자동차 분야에서도 PVC 사용 규제에 대한 의견이 존재하기도 하였다. 이러한 자동차 분야 PVC 규제 동향에 대응하고자 비닐협회(VI : Vinyl Institute)와 염소화학협회(CCC : Chlorine Chemistry Council)에서 자동차 부품인 Instrument Panel(IP)의 표피재(skin)로 사용되고 있는 Vinyl/ABS 재료와 대안 재료로 대두되고 있는 TPO(Thermo Plastic Olefin)에 대한 LCA를 수행하여 환경성을 비교하는 연구를 수행하였다.

2. 수행 내용

(1) 범위

연구의 목적은 IP 표피재로 사용되는 Vinyl/ABS와 대안재료인 TPO의 환경성을 비교하는 것이다. 본 과제는 비닐협회(VI)와 염소화학협회(CCC)에서 지원하여 Ecobalance라는 LCA 전문 컨설팅회사에 의해 수행되었으며, 1998년 4월에 완료되었다. 자동차 제조업체, IP 표피재 제조업체, 플라스틱 제조업체가 참여하였다.

IP 표피재만을 연구 대상으로 하였으며, 기타 기제나 cushion재는 동일한 것으로 간주하여 연구범위에서 제외하였다. 대상제품은 현재 Vinyl/ABS 표피재를 사용하고 있으나 장래에 TPO로 변경될 가능성이 있는 Sport Utility Vehicle(SUV)을 대상으로 하였다.

원재료 추출에서부터 폐기단계까지 고려하였으며, 재료 생산데이터는 유럽과 미국의 데이터를 이용하였다. TPO IP의 경우에는 아직 생산라인이 상용화되지 않았으므로 IP 표피재 제조업체와 자동차 제조업체의 연구에 의한 추정 자료가 사용되었다.

(2) 모델

다섯 개의 서브 모델로 구분하여 데이터를 수집하였다.

1) Vinyl/ABS 원료와 필름 제조

Vinyl, ABS, TPO 원료 데이터는 APME 보고서와 Ecobalance 데이터베이스를 이용하였으며, IP 필름 제조업체는 위의 원료를 사용하여 각각의 필름을 제조한다. Vinyl/ABS 필름의 물질 조성은 다음과 같다.

- Vinyl 수지 : 35%
- ABS 수지 및 기타 수지 : 35%
- 첨가제(plasticizers, fillers, stabilizer) : 30%

IP 기재에 장착되기 전에 도장이 이루어지지만 페인트 자체에 대한 LCA 데이터는 두 재료에서 동일한 것으로 가정하여 범위에서 제외하였다. 그러나 도장 공정은 포함하였다.

Vinyl/ABS 필름 제조공정의 경우 오염물질 배출이 엄격하게 관리되고 있으므로 이 공정에서의 환경영향은 중요하지 않으며, Vinyl/ABS calendaring 공정도 수율이 99.5%이었으므로 고형폐기물 영향도 중요하지 않다.

2) TPO 원료와 필름 제조

TPO의 경우 아직 상용화된 제조 공정이 없으므로 연구개발에 의한 추정 값을 사용하였다. TPO 필름의 조성은 다음과 같다.

- 수지(olefin과 elastomer) : 95%
- 첨가제(fillers, stabilizers) : 5%

TPO 필름과 cushion제인 PU foam과의 접착성을 높이기 위해서는 추가의 back coating이 필요하며 이 공정을 포함하였다. TPO 필름 제조공정에서의 오염물질 배출과 수율은 Vinyl/ABS 필름과 동일한 것으로 가정하였다.

3) IP 표피재 제조

IP 표피재 제조단계는 제조업체의 IP 제조 라인 데이터를 이용하였다. IP 표피재만을 대상으로 하므로 IP 제조 공정 중 처음 두 단계인 표피재 성형과 foam backing의 사출성형만을 포함하였다.

IP 표피재는 1.76m이며, 발생하는 공정폐기물은 각 roll당 6.4%(부피기준)만이 발생된다. 발생폐기물의 25%는 필름 제조업체에서 재사용하고 나머지 75%는 고품폐기물로 매립된다. 이 비율은 TPO IP 표피재에서도 동일한 것으로 가정하였다.

4) IP 표피재 사용단계

자동차 사용단계에서 발생하는 대기오염물질의 일부분이 IP 표피재 무게에 할당되는 것으로 가정하였다. 자동차 수명(120,000km), 연료경제, 연료사용량은 자동차 제조업체에서 제공되었으며, 연료 사용량과 오염물질 배출은 자동차 총 무게에 대한 IP 표피재의 무게 비율을 기준으로 할당하였다. 오염물질은 CO, NO_x, HC, CO₂가 고려되었다.

5) IP 표피재 폐기단계

폐기단계는 매립, 에너지회수를 고려한 소각, IP 표피재 재활용과 같이 세 개의 시나리오를 고려하였다. IP 표피재의 파쇄와 운송은 각 표피재에 대하여 유사한 것으로 가정하여 고려하지 않았다.

- 에너지 회수를 고려한 소각 시나리오
 - 오염물질 : CO₂, CO, NO_x, SO_x, HCl, PM, 다이옥신/furans, 재, CH₄
 - 배가스 부피 : 부품에 함유된 원소 함량을 기준으로 결정되었으며, Vinyl/ABS의 낮은 탄화수소 함량은 TPO보다 약 20% 적은 배가스 발생
 - Vinyl/ABS의 낮은 탄화수소 함량은 TPO보다 37% 적은 에너지회수 초과
- 재활용 시나리오
 - 현재 폐자동차에 대한 재활용 기반은 없지만, Vinyl/ABS의 산업폐기물은 어느 정도 재활용되고 있음
 - 100% 재활용된 물질이 순수 원료 대체
 - 50% 재활용 물질 함유
 - 20% 재활용 물질 함유

- IP 표피재의 재제조와 순수 원료 물질의 사용 감소 고려
- IP의 해체와 IP 표피재의 운송(재활용 업자)는 고려되지 않음

3. 결론

(1) 무게

무게는 자동차 LCA에서 매우 중요한 부분이다. TPO 표피재(1.33kg)가 Vinyl/ABS 표피재(1.66kg)보다 경량이다. 이러한 TPO 수지의 적은 무게는 Vinyl 수지의 적은 탄화수소 비율로 인하여 적은 양의 내재 에너지를 포함한다는 장점을 상쇄시키기에 충분하였다. 또한 Vinyl/ABS 수지에 첨가되는 물질들이 이 수지의 내재 에너지 증가를 초래하였으며, 이러한 물질들은 PVC 고유의 환경영향이 아닌 다른 환경영향을 야기하기도 하였다.

자동차 LCA에서 사용단계는 환경영향에 큰 영향을 미치게 된다. 또한 사용단계에서 발생하는 환경영향을 자동차 총 무게에 대한 부품의 무게 비율로 할당하기 때문에 무게는 전체 LCA 결과에서 큰 역할을 하게 된다. 따라서 전체적인 결과는 TPO 표피재의 환경영향이 Vinyl/ABS 표피재보다 적은 것으로 나타났다.

(2) 폐기

매립은 세 가지 시나리오 중 가장 나쁜 방법인 것으로 나타났다. 매립에서 중요한 인자는 부피이며, 두 IP 표피재의 부피는 동일한 것으로 가정하였다.

50%이상의 높은 재활용율을 고려할 경우 가장 적합한 처리방법인 것으로 나타났다. 그러나 폐차에서 발생하는 IP에 적합한 재활용은 아직 비현실적이며, 실제적인 재활용 기반이 없으므로 많은 실제 영향이 제외되었다. 이러한 인자는 두 재료의 재활용에 대한 결과를 변화시킬 수 있을 것으로 판단된다. 두 재료간의 차이는 비교적 적었다.

에너지 회수를 고려한 소각은 주목할 만한 처리방법이다. TPO IP 표피재는 높은 에너지 함량을 가지고 있다.

(3) 단위 무게 기준의 비교

단위 무게를 기준으로 LCA를 수행한 결과 Vinyl/ABS 와 TPO IP 표피재는 유사한 전과정 영향을 가지는 것으로 나타났다.

예를 들어 에너지 회수를 고려한 소각 시나리오에서 소각시 오염물질 배출에 대한 상세한 자료가 조사되었으며 서로 유사한 환경영향을 나타내었다. TPO IP 표피재는 높은 탄화수소 함량으로 인하여 보다 많은 오염물질을 배출하는 것으로 나타났다.

다이옥신 및 furans과 관련하여 최근 EPA의 dioxin 재평가 자료는 다음과 같은 내용을 보여주고 있다.

- 최적의 조건으로 운영되는 소각로의 경우 dioxin과 furan의 배출은 투입되는 물질의 염소함량에 기인하지 않음
- 최적의 조건으로 운영되지 않는 소각로의 경우는 자연적인 염소 원(예 : 공기와 salt)을 가짐
- 만약 Vinyl의 사용이 금지될 경우라도 다른 폐기물에 존재하는 자연적인 염소원이 충분히 있기 때문에 최적으로 운영되지 않는 소각로에서 발생하는 dioxin의 양을 감소 시킬수 없음
- 이러한 결론은 EPA가 소각로에 투입되는 폐기물 규제보다는 소각로 운영의 규제에 초점을 맞출 것을 유도

이 광 원 (환경경영개선팀 선임연구원 kwlee12@shinbiro.com)