

자동차 윈드노이즈 내구신뢰성 개선

이 글에서는 초기품질지수(IQS)뿐만 아니라 내구신뢰성지수(VDS)에서 가장 큰 문제점인 자동차 윈드노이즈의 내구신뢰성 개선 사례를 소개하면서 내구품질 향상을 위해 완성차 업체가 해야 할 일과 부품 공급업체에 대해서 어떤 역할을 해야 하는지 설명하고자 한다.

이강덕 현대·기아 연구개발총괄본부, NVH연구위원

e-mail : baramsolee@hyundai.com

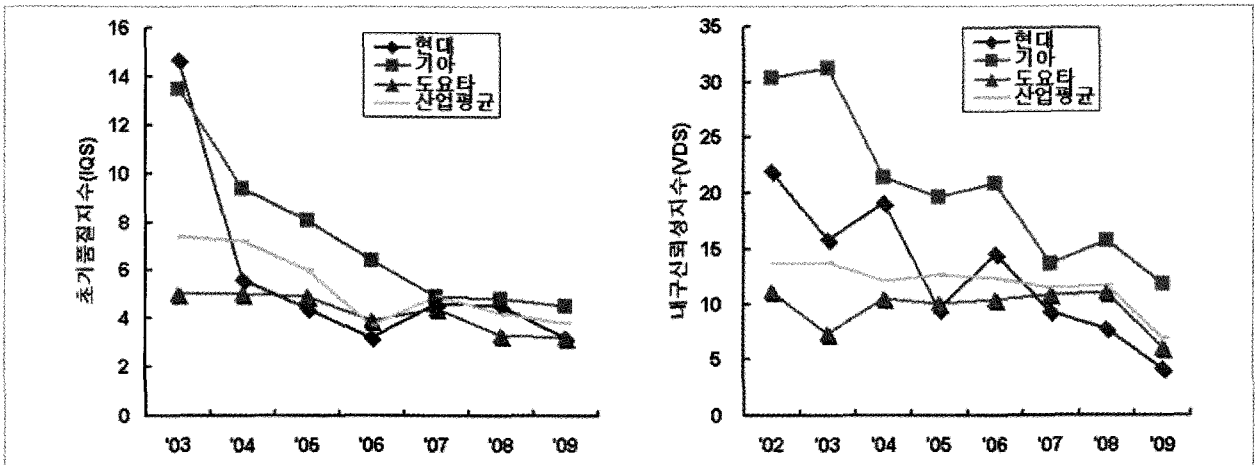
단일 항목으로 고객의 불만이 가장 많은 것을 들라 하면 항상 윈드 노이즈가 거론된다. 제이디파워(J.D.Power)사에서 매년 발표하는 초기품질지수(IQS)뿐만 아니라 내구신뢰성지수(VDS)에서도 윈드노이즈는 메이커를 불문하고 가장 큰 점수를 차지하는 항목이다.

2000년대 초반까지만 하더라도 초기품질지수에서 윈드노이즈는 전체의 10%를 훨씬 넘는 20점 대의 높은 점수

품질을 최우선 시 하는 품질경영이 본격화되면서 가장 시급히 개선해야 할 윈드노이즈 초기품질은 2005년에 이르러 효과를 발휘하고 지속적인 고객의 신뢰를 얻기 위한 내구품질 개선 활동은 이 때부터 본격적으로 시작된다.

를 받고 있었기 때문에 값싼 차로 푸대접받던 현대자동차의 가치를 끌어올리고자 시작한 품질경영이 실질적인 효과를 보기 위해서는 윈드노이즈 같은 큰 문제부터 개선해야 한다고 인식하게 되었다.

EF 소나타를 기점으로 초기품질은 10점 대 수준으로 개선되었지만 선진 업체인 도요타와 비교해서는 훨씬 미흡한 수준에 불과했다. 그러나 도요타, 벤츠, BMW에서 만든 윈드노이즈 우수 차량의 지속적인 벤치마킹과 설계개선, 부품 공급업체의 적극적인 참여와 협조, 그리고 무엇보다도 조



▲ 초기품질지수와 내구품질지수의 개선이력

립공장의 전폭적인 협력으로 2005년에는 처음으로 윈드노이즈 초기품질지수가 도요타를 추월하는 쾌거를 이루게 된다. 그럼에도 불구하고, 내구품질 측면에서는 여전히 평균 20점 대로 10점 대의 도요타는 물론 12~13점 대의 산업 평균과 비교해서도 부족한 것으로 평가되었다. 초기품질에 자신감을 갖게 된 이때부터 사실상 본격적으로 윈드노이즈 내구품질 향상을 위한 개선활동이 시작된 것이다.

고객불만의 내용을 정확히 파악하는 것은 문제 정의를 명확히 하고 구체적으로 무엇을 개선해야 하는지 결정할 때 가장 먼저 해야 할 일이다. 내구신뢰성을 개선하는 것도 고객의 소리를 적극적으로 듣는 것부터 시작해야 한다. 윈드노이즈 불만의 85%가 흡출음과 관련된 내용이었다.

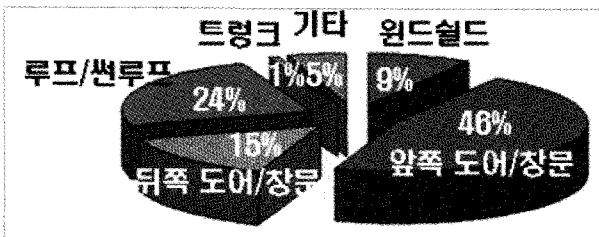
고는 어디에 무슨 문제를 불만족해 했는지 추정하기란 쉬운 일이 아니다. 그래서, 제이디파워사와 동일한 설문지를 가지고 동일 시점에 동일한 방식으로 조사를 실시하였다. 여기서 불만을 제기한 고객들에 대해서 윈드노이즈 관련한 딜러십 방문이력과 정비이력이 있는지를 조사하여 추정할 수 있는 원인을 최대한 정리하였다. 그래도 원인을 알 수 없는 문제는 전화 인터뷰를 하거나 직접 방문 등을 통해 그 원인을 가급적 끝까지 추적해 보았다.

고객이 무엇을 불만족해 하는가?

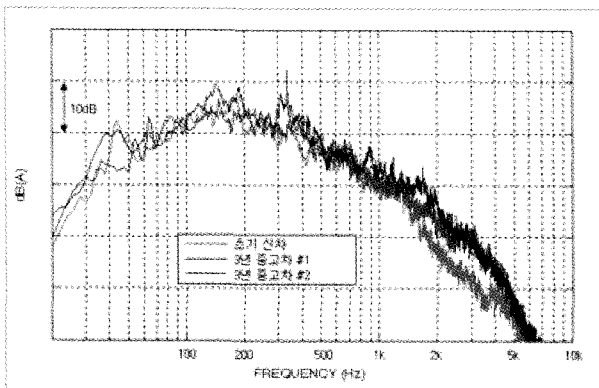
윈드노이즈 내구신뢰성 지수를 통해 고객들의 불만 수준은 알 수 있지만 정확히 어느 부분을 불만족해 했는지에 대해서는 알기 어렵다. 불만내용을 정확하게 이해하는 것은 무엇을 어떻게 개선할 것인지를 결정하는 문제개선 전략을 수립하는 데 있어서 매우 중요한 것이다. 고객들이 간혹 설문지에 불만사항을 기술하기도 하지만 모호한 표현이 많기 때문에 그 내용만 가지

그 결과, 흥미롭게도 불만 고객의 85%가 차문과 쉐루프 등의 씰링 기능 약화에 의한 흡출음을 많이 지적한 것으로 나타났다. 좀더 자세히 들여다 보면, 운전자와 가까운 앞창문과 앞문이 46%, 루프 혹은 쉐루프에서 24%, 뒷창문과 뒷문 주위 흡출음이 15%로 나타났다.

타당한 결과인지 확인하기 위해, 실제 불만을 제기한 고객의 자동차를 입수하여 서로 연관성이 있는지 살펴보았다. 그 결과, 3년 중고차의 실내음은 판매 초기차와 비교할 때 주로 1~5kHz 대역에서 소음레벨이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이 대역 성분은 흡출음이 대부분이다. 따라서, 고객이 불만족해 하고 있는 윈드노이즈 내구품질은 대부분 흡출음에 대한 것이라는 것과 이와 관련한 씰링기능 강화가 내구품질개선에 있어서 가장 중요하고 효과적인 대책이 될 것이라는 것을 알 수 있다.



▲ 고객의 윈드노이즈 불만 내용



▲ 3년 중고차와 초기 신차의 실내음 스펙트럼

중고차 조사

그러면, 3년 후 차량의 어떤 변화가 윈드노이즈 흡출음 약화의 원인이 되는지 알아볼 필요가 있다. 이를 위해서는 통계적 근거의 마련이 중요하다. 통계적 근거 확보를 쉽게 할 수 있는 것이 중고차 조사이다. 미국 각 지역별 사용환경을 고려하여 서부지역의 라스베가스 옥션장, 중북부 지역의 시카고 옥션장, 동부 대서양 연안 지역을 대표하는 올랜도 옥션장에서 중고차 조사를 실시하였다. 또, 고객과 차량을 미국 HATCI 연구

소로 콜인하여 같이 시험평가도 하고 3년 된 차를 역구매하여 열화 원인에 대한 정밀 조사도 실시하였다.

이렇게 조사 분석한 결과, 윈드노이즈를 악화시키는 원인으로 ① 웨더스트립 열화 ② 흡음 패드의 열화 ③ 바디 사이드 웨더스트립의 마모로 인한 찢어짐인 것으로 나타났다. 이것들은 영구변형이 많이 되어 썰링기능이 취약했고 이 부품들 주위에는 소음은 물론 먼지와 빗물이 침투한 흔적들을 쉽게 찾을 수 있었다. 중고차 조사를 통한 주요 문제점을 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 웨더스트립 조인트 성형부에 대한 관리기준이 없다. 주로 코너부 썰링을 담당하는 조인트부는 영구변형이 크게 나타나 주요 문제발생 부위로 많이 보고되었지만 이에 대한 설계기준은 물론 시험기준도 없었다.
- 글래스런의 영구변형률도 크게 나타났지만 이를 관리하는 설계기준과 시험기준이 없다.
- 흡음패드는 거의 압착되어 완충과 밀봉 기능을 완전히 상실했지만 이에 대한 설계기준도 없었다.
- 비만 운전자가 승하강하며 엉덩이 부위에 쓸려 바디사이드 웨더스트립 찢어지는 현상이 많이 발생하고 있지만 이에 대해 규제하는 설계기준과 시험기준이 없었다.

윈드노이즈 열화의 주요원인은 온도와 마찰력이었다.
 온도는 최고 89.3℃까지 올라가 윈드노이즈 내구품질을 개선하기 위해서는 내구 주요부품의 내열 성능의 강화가 필요하다는 것을 알 수 있다.

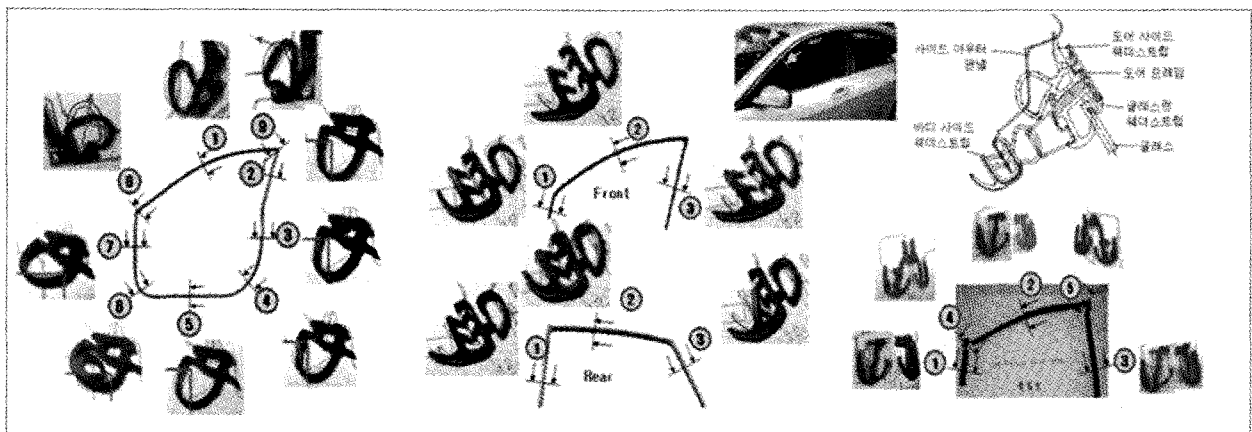
윈드노이즈 내구부품의 열화 원인

그렇다면 윈드노이즈 내구력에 영향을 미치는 주요 부품의 열화원인은 무엇일까? 그 원인을 파악하기 위해 관련 내구시험을 모두 조사하였다. 관련 부품의 내구력 확인시험은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데 개폐내구시험, 글래스 승

하강 내구시험 등 기계적 내구신뢰성 시험과 열하중에 대한 열적 내구신뢰성 시험이 있다. 각 항목별로 내구 시험 전과 내구시험 후의 소음레벨, 영구변형률 등을 비교하여 열화의 핵심원인을 찾을 수 있었다.

웨더스트립과 흡음패드 영구변형의 핵심원인은 열하중 때문이고 웨더스트립 마모손상은 마찰력 때문이었다.

열하중의 강도는 여름철 국내 노면과 모하비 지역에 차량을 방치시키고 주요부위 온도가 얼마나 올라가는지 측정하였다. 또한 국내 공장에서 생산하여 선박으로 수출하는 경우 적도상을 지나갈 때 온도도 측정하였다. 그 결과, 모하비 사막에 주차된 경우 최대 89.3℃까지 상승하고 웨더스트립이 장착되는 부위에서 주로 높은 온도를 나타냈다. 적도를 통과하는 선박에서는 수출치를 대부분 갑판이 아닌 갑판 아래 실내에다 선적하기 때문에 기대했던 것과는 달리 적도상을 통과해도 45℃ 이상을 올라가지 않았다.



▲ 바디사이드 웨더스트립 열화

▲ 도어사이드 웨더스트립 열화

▲ 글래스런 열화

표 섀시로드 시험을 통한 자동차 표면 온도 측정 결과

지역	국내시험장 (경기도 화성)	북미시험장 (모하비 사막)	수출선박 (울산-남미)
주변온도	38℃	52℃	45℃
최고온도	73.3℃	89.3℃	44.2℃

윈드노이즈 열화재현 시험기준 설정과 검증

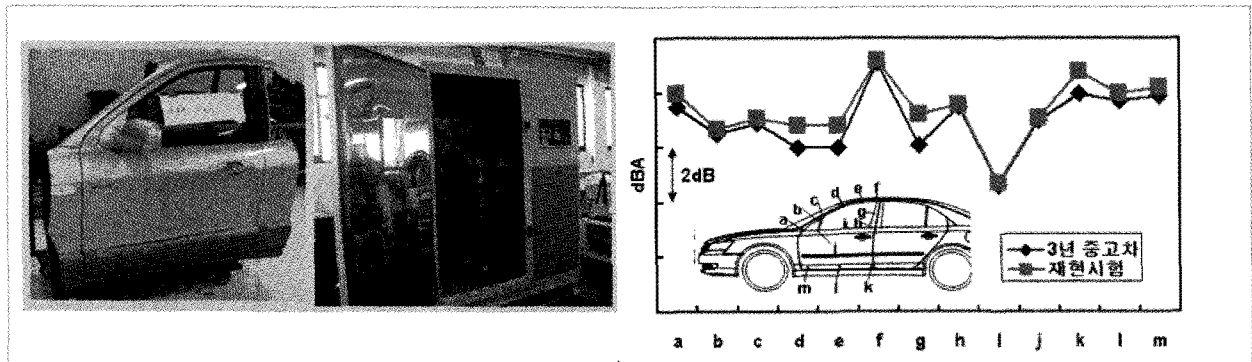
지금까지 윈드노이즈 열화를 일으키는 주요부품과 열화원인을 파악하였다. 그러나 차량 개발단계에 내구신뢰성을 확인할 수 있는 시험기준이 필요하다. 이 시험기준에는 문제를 재현시킬 수 있는 시험방법과 시험조건 그리고 내구목표에 의한 합격, 불합격을 가할 수 있는 판단기준을 포함해야 한다.

윈드노이즈 내구열화 재현시험법은 단품, 시스템, 실차 수준 별로 각각의 시험법이 필요하다. 가령 3년 후 내구신뢰성지수를 개선하고자 하는 내구목표를 세웠다면 내구열화재현시험법을 통해 노화시키면 3년 후의 성능과 동등한 현상이 재현될 수 있어야 한다.

실제 필드에서의 온도 측정결과를 근거로 시험 설정온도를 결정하고 내구목표시점에 최대한 비슷한 수준이 되도록 시험시간을 정했다. 도어 시스템 단위 내구 재현시험법을 예로 들어 설명하면 도어 시스템이 겪는 필드조건을 가장 잘 재현할 수 있도록 시험장치를 만들고 기어식 열노화 시험기에 넣어 설정온도 하에서 정해진 시간만큼 열하중에 노출시킨 결과가 3년 중고차와 비슷한 수준이 되도록 기준을 정하였다.

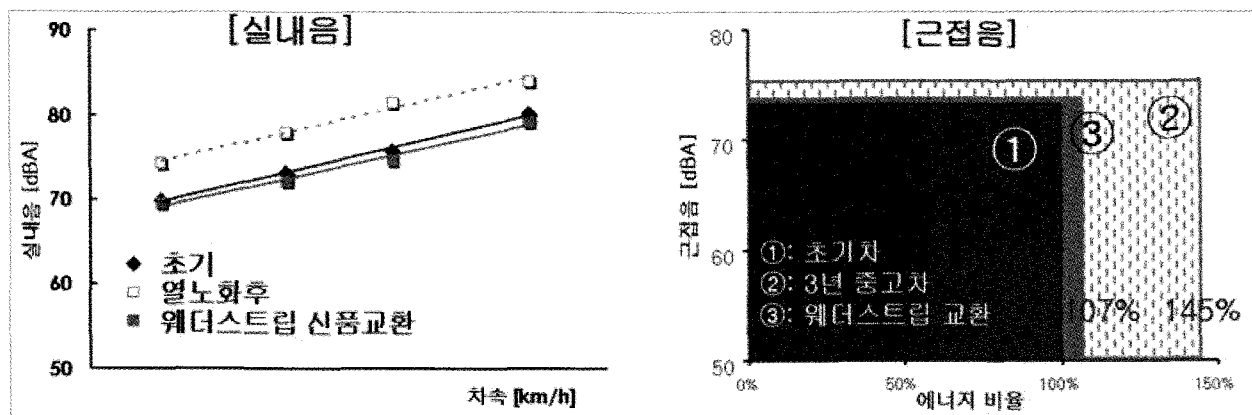
지금까지 고객의 소리 분석, 중고차 조사, 근본적 원인 부품과 발생 메커니즘 규명과 필드문제를 재현할 수 있는 재현시험법을 통해 윈드노이즈 내구력을 향상시킬 수 있는 방법을 고찰해 보았다. 그러나 완성차로 필드에서 발생할 수 있는 내구문제를 이 방법으로 걸러낼 수 있는지 검증해볼 필요가 있다.

3년 후 윈드노이즈 내구신뢰성을 악화시키는 핵심부품을 재현시험법에 의해 노화시킨 후 그 핵심부품을 신제품으로 교체했을 때 초기수준으로 돌아오는지를 보면 되는데 앞서, 재현시험법은 3년 후 차량수준을 재현하도록 만들어졌기 때문에 역으로 핵심부품을 교환했



▲ 도어시스템 재현시험

▲ 중고차와 재현시험법의 근접음 비교



▲ 재현시험법 검증

을 때 초기수준이 되는가만 확인해 보면 될 것이다.

검증 결과, 열노화 후 초기 대비 145% 수준까지 악화되었던 수준은 핵심 내구부품을 신품으로 교체함으로써 원래 수준으로 회복되는 것을 확인할 수 있었다. 이로써 고객의 소리와 중고차 조사를 통해 선정한 윈드노이즈 내구열화 핵심부품과 그 열화원인, 재현시험법의 타당성을 확인할 수 있다.

윈드노이즈 내구신뢰성 개선 결과 및 과제

이상과 같은 과정을 통해 윈드노이즈 신차개발에 내구개념을 투입함으로써 2007년 이후 현대자동차는 산업평균은 물론 도요타를 추월할 수 있게 되었다. 열에 의한 영구변형에 취약한 핵심부품의 물성치를 규

윈드노이즈 내구력을 차량 개발 단계에서 사전 예측할 수 있는 재현시험법이 마련되어야 한다. 윈드노이즈 내구재현시험법은 내구 목표 시점에서의 문제를 개발단계에 설계적으로 대응할 수 있는 발판이 되어 궁극적으로는 내구품질의 향상을 가져왔다.

제할 수 있는 기준을 마련하고 제반 시험 방법들이 정비되면서 본격적인 개선이 가능하게 되었다. 향후, 다양한 필드조건에 대한 조사가 축적되면 지역별 환경에 맞는 기준들을 새롭게 반영할 예정이다.

지금까지 윈드노이즈 내구신뢰성 개선사례를 고찰하면서 완성차 업체가 내구신뢰성을 개선하기 위해서는 무엇을 해야 하는지 시사하는 바를 읽을 수 있다. 관련 부품사와 조립공장을 아울러 실질적인 효과를 볼 수 있는 프로세스를 구

축하기 위해 정확한 고객의 소리를 조사하고 분석하는 것이 필수적이다. 이를 통해 시시각각 변화하는 주행환경을 재현시험법에 반영해야 한다. 또한 핵심원인과 부품을 관련 부품업체와의 협력을 통해 정확히 분석해야 한다. 이를 근거로 내구문제를 사전에 걸러낼 수 있는 제반 기준을 마련하는 것이 완성차 업체가 해야 할 몫이 되겠다.

기계용어해설

테이퍼 핸드 탭, 거친 탭(Taper Hand Tap)

손다듬질용 탭은 거친 탭, 중간 탭, 다듬질 탭의 3가지 탭이 한 조로 되어 있으며, 거친 탭은 암나사를 깎을 때 첫 번째로 쓰이는 탭.

뜨임(Tempering)

강을 담금질하면 경도는 높아지지만 재질이 여러게 되므로 변태점 이하의 온도로 재가열하여, 경도는 낮추고 점성은 높이는 열처리의 일종.

형판접안 렌즈(Template eyepiece)

공구현미경, 만능측정현미경 등에서 나사산의 윤곽, 원호, 원 등 다수의 표준도형을 그린 유리판이 초점면상에서 회전할 수 있도록 만든 접안 렌즈.

이론수력(Theoretical Water Power)

이론상 낙차와 수량으로 발생시킬 수 있는 수력으로, 수차에서는 수차에 유입하는 물이 갖는 동력.

침수건조(Water Seasoning)

일정 염분을 함유한 물 속에 목재를 담가 두어 목재 속의 수액과 외부의 수분을 바꾸어 이후의 건조를 쉽게 하는 것.

연수장기(Water Softening Plant)

넓은 의미로는 수중의 용해물질을 제거하는 장치이며, 일반적으로는 수중에 용해한 칼슘염, 마그네슘염을 침전시켜 제거하는 장치.