안전성평가 연구 사례 - 압력밥솥

박상태 / 방재시험연구원 방재설비부

1. 서론

제조물책임법 시행에 따른 경영환경변화에 능동적으로 대처하고 제조물책임대책(PLP: Product Liability Prevention)을 수립하여 기업의 경영위험(Risk Management) 최소화 및 제품안전 경영System을 구축하기 위하여, 제도권 내의 기본요건뿐만 아니라 안전과 관련된 전문시험연구기관의 제품안전성 평가를 통해 안전성확보방안을 강구하여야 한다. 본 고에서는 안전성평가와 관련된 기술적인 개요를 압력밥솥의 경우를 사례로 들어 기술하고자 한다.

2. 안전성평가의 필요성

제조물 책임법과 리콜제도의 본격적인 시행은 소비자 정보의 확산 및 소비자 권리의식 향상으로 적극적인 손해배상 제기 및 소송을 통한 권리행사를 취하고 있는 추세이며, 법원의 판결경향도 소비자의 입증책임을 완화하려는 경향으로 사회가 고도화되고 복잡해지면서 불법행위로 인한 손해배상사건에 있어 입증책임은 피해자가 부담해 온 민사소송의 대원칙이 변화하고 있다.

2002년 7월 1일부터 시행되는 제조물 책임법은 제조물의 결함으로 사고발생 시 소비자가 제조회사의 고의나 과실이 있었음을 입증하지 못하더라도 배상을 받을 수 있도록 하는 소비자 우선주의 추세이다. 이에 반하여 제조업체는 신제품의 개발과 그에 따른 위험성에 대해 경영안전이 위험에 노출되어 있어, 기업에서는 제조물 책임대책(PLP)을 세워 보다 안전한 제품을 시장에 내보내고 기업의 경영위험(Risk Management)으로부터 대처하여야 하는 안전경영의 과제로 대두되어 적극적인 안전경영방침을 필요로 하고 있다.

이러한 Product Safety Management System을 구현하기 위한 제조물 책임대책(PLP)은 사전예방으로 제품안전(Product Safety)측면에서 제품의 기획· 설계단계에서부터 폐기단계에까지 결함발생을 방지하는 효과적인 경영시스템을 구축하는 것이 필요하다.

3. 안전성 요구조건

압력밥솥의 안전성평가는 외관검사(7항목), 기본성능검사(40항목), 표시사항(6항목), 안전장치의 신뢰성(6항목) 및 비정상적인 사용 시 화재위험성평가를 통하여 이루어진다. 여기에서는 기본성능, 안전장치의 신뢰성 및 비정상적인 사용 시 화재위험성평가 등 3개 분야에 대한 것만 알아보기로 한다.

가. 기본성능

(1) 힌지부 견고성

뚜껑을 열림방향으로 5kg의 하중으로 밀었을 때 뚜껑이 이탈되지 않아야 한다.

(2) 내피 고정견고성

내피의 Embossment를 외통 홈이 없는 부위에 걸쳐놓고 내피에 수직으로 60kg의 압축하중을 가하는 경우 내피가 외통에 들어가지 않아야 한다.

(3) 전도 안전성

통상 사용조건인 평평한 수평에서 15° 경사 시 넘어지지 않아야 한다.

(4) TACT S/W 동작력

TACT 스위치에 압축하중을 가하는 경우 접점의 접촉력이 120~140g 이내에서 접촉이 되어야 한다.

(5) 뚜껑 개폐력

뚜껑의 닫힘력과 열림력을 측정하는 경우 닫힘력이 2~3kg사이 이며, 열림력이 2kg 이하여야 한다.

(6) Connector 압착상태

전선과 Connector를 연결하는 기구는 기구에서 전선을 빼는 방향으로 인장하중을 가하는 경우 3kg이상의 인장하중에 견디어야 한다.

(7) 가연성재질의 난연성능

가연성 재질은 UL 94에 의한 시험 시 V-0등급 이상의 난연성 재질이어야 한다.

(8) 뚜껑 개폐각도

자동개폐각도 및 수동개폐각도는 60~90° ± 5 이내이어야 한다.

(9) 전압변동

사용자 설명서에서 정한 정격전압의 ±15%의 전압을 가하는 경우 작동상태가 정상이어야 하며 연소의 우려가 없어야 한다.

(10) 소음측정

사용자 설명서에 따라 정상작동 하는 경우 이상소음이 주위소음보다 10dB/m 이하이어야 한다.

(11) 밥물넘침

작동전압(정격전압 220V인 경우) 187V, 220V, 245V에서 사용자 설명서에서 정한 최소, 최대 취반 시 정수위보다 300cc를 더 부어 취사하는 경우 밥물의 넘침이 없어야 한다.

(12) 예약시간확인

예약시간을 최대시간으로 설정하여 취사되는 동작을 측정, 설정시간의 ±1분 이내에 작동되어야 한다.

(13) 내압력누수

압력을 가하는 경우 안전장치인 압력유지밸브, 안전밸브, 증기밸브가 정상 동작하여야 하고, 시험체의 변형이 없이 정상 동작하여야 한다.

(14) 누설전류측정

정격전압을 인가한 후 사람이 접촉할 우려가 있는 비충전 금속부와 대지 사이에 2 kΩ 저항을 접속하여 누설전류를 측정한다.

(15) 평상온도상승

정상동작(취사)할 경우 입력전원선 분기점의 온도가 70℃ 이하, 외관의 온도가 60℃ 이하, 버튼의 온도가 55℃ 이하, 증기배출구의 온도가 130℃ 이하, 변압기 표면온도가 95℃ 이하, 목대표면 온도가 75℃ 이하이어야 하고, 시험체의 변형 및 연소우려가 없이 정상적으로 동작하여야 한다.

(16) 이상상태 운전시 온도상승

시험체의 열판 위에 지름이 50mm이고 두께 1mm, 2mm, 3mm인 동판을 놓은 상태에서 밥을 짓는 경우 이상유무 확인, 충전부의 노출 및 사출물이 이상이 없어야 하고 티슈, 거즈에 연소가 발생하지 않아야 하며 절연저항, 절연내력에 이상이 없어야 한다. 또한 시험 중 가연성 가스가 발생하지 않아야 한다.

(17) 파괴압력

내피를 정상적으로 외통에 설치한 후 압력을 분당 1kg/㎠의 비율로 상승시키는 경우시험체가 파괴되는 압력을 측정한다. 파괴압력은 최대사용압력(1kg/㎠)의 3배 이상이어야 한다.

(18) 근접 S/W

뚜껑 크램프가 100% 체결되어야 취사를 할 수 있는 구조로 설계, 설치 되어야 한다.

(19) 정전기 방전에 대한 안정성

IEC 61000-4-2(Electro-magnetic Compatibility Part 4 : Testing and measurement techniques Section 2 : Electrostatic discharge immunity Test)에서 정한 시험방법을 따르며, 시험레벨은 8kV(기중방전)~4kV(접촉방전)이다. 접촉방전은 외함에 사용자가 수리를 포함해서 정상동작 조건을 위해 접근 가능한 정전기 방전 시 시험체는 작동에 이상이 없어야 한다. 금속부분에 정전기방전을 가하는 시험방법으로서, 20회 방전(10회는 정(+)의 방전, 10회는 부(-)의 방전)을 한다. 기중방전은 접촉방전이 적용되지 않는 곳에 적용하여 접촉방전과 동일한 방전횟수를 방전한다. 방전은 수직 또는 수평의 결합면에 인가되어야 한다.

(20) 외란에 대한 내성

다음의 외란현상을 일으키는 장치에서 시험체를 1ft 거리에 위치시켜 조건 A의 인가시간은 2분, 조건 C, D, E는 각 Cycle을 2초 주기로 10Cycle을 가한다. 조건 B는 15초 전송 이후 ON/OFF를 5초 간격으로 5번 가하는 것을 6번 가한다.

A : 1차 110V, 60Hz/2차, 10,000V, 60Hz, 23mA 용량을 갖는 오일Burner 점화용 변압기의 출력단자에 두 개의 경동선을 수직상태로 견고하게 길이 38.1mm, AWG No. 14(2.1 mm)를 설치하여 두선 사이에 Jacob、s Ladder에 의한 스파크를 발생시킨다.

B. 각각 3W의 출력을 갖으며, 222㎒로 작동하는 Walkie - Talkie의 작동

C. 정격 120V, 60Hz, 2.5A를 갖는 전기 Drill의 작동

D. 정격 120V, 60Hz, 2.5A를 갖는 납땜인두의의 작동

E. 정격 DC 24V, Arc방지장치가 없는 직경 152mm의 Solenoid 진동 Bell의 작동 시험체가 상기 외란시험에 노출된 경우 이상이 없어야 한다.

(21) 기체 낙하

포장된 상태의 시험체를 높이 90cm에서 자유낙하를 1회 실시한 후 시험체를 포장물에서 꺼내어 Articulate probe(전기용품의 외함 개구부를 통한 통전부의 접근성을 평가하는데 사용되는 Probe)가 충전부에 접촉되지 않아야 한다.

(22) 정하중 안전성

시험체에 60kg의 추를 시험체 위에 1분간 놓은 후 절연저항, 전원에 이상이 없어야 하고, Clack 및 변형 없어야 한다.

(23) Heater의 압축강도

시험체의 히터에 인장압축시험기로 압축하중을 가하는 경우 히터의 절연파괴 및 단선되는 하중을 측정한다.

(24) 사출물 압축강도

Welding Point에 압축하중을 가하는 경우와 Welding Point에 동물성기름(돼지고기)이 침투된 상태에서 압축하중을 가하는 경우 파괴되는 하중을 측정한다.

(25) 염수분무

5%의 염수를 8시간 분사하고 16시간 방치하는 시험을 4회 실시하는 경우 시험체는 부식 및 발청이 없어야 한다.

(26) 절연누수

시험체 내부에 200g의 물을 부은 후 30분간 방치하고, 절연저항을 측정 시 3MΩ이상이고, 충전부에 물이 침투하지 않아야 한다.

(27) 뚜껑 안전성

취사 후 뚜껑압력을 해제하여 뚜껑 개폐를 실시하는 경우 내용물이 비산하지 않아야 하고, 작동에 이상이 없어야 한다.

(28) 뚜껑열림 안정성

시험체의 뚜껑열림이 0.5kgf/㎠ 압력을 내부에 가하여 인위적으로 열림/닫힘 Lever를 열어 뚜껑을 여는 경우 열리지 않아야 하고 15kgf의 힘을 가하여 열리는 내부압력을 측정한다.

(29) Steam누설

취사 시 30kg 및 60kg의 하중을 시험체 상부의 뚜껑 후면에 가하는 경우 Steam누설이 없고, 연속 물끓임을 10회 실시하는 경우 Packing부에서의 Steam누설이 없어야 한다.

(30) 내피 오사용

전용내피가 아닌 타 용기를 사용 시 사출물 변형 및 발화우려가 없어야 한다.

(31) 열판 부식성

시험체를 포장된 상태로 습도 90%, 온도 60℃에서 120시간 방치 후 상온에서 12시간 방치를 1Cycle로 2Cycle의 환경시험실시 후 열판은 부식이 없어야 한다.

(32) 진동내구성

통전상태로 하여 임의의 방향으로 전진폭 4㎜, 진동수 1000회/min로 1시간 동안 진동 중 구조 및 기능에 이상이 없어야 하며, 작동시험 시 성능에 이상이 없어야 한다.

(33) 온도 Fuse한계성

시험체의 온도Fuse 용단 후 잔열에 의해 재통전 되지 않아야 한다.

(34) 강제 오결선

시험체의 배선작업 시 연결기구는 오결선이 않되는 구조이어야 한다.

(35) 내통제거 시 작동신뢰성

내통을 제거 시 표시부에 에러표시 또는 경보음이 발생하고 작동상태가 자동으로 취소되어야 한다.

(36) 증기구 작동신뢰성

시험체의 Steam Hole 각 부위가 독립적인 2중 안전 구조이어야 한다.

(37) Locker강도

시험체의 뚜껑 열림/닫힘 Lever에 수직으로 20kg/f의 압축하중을 가하는 경우 Locker의 파손이 없어야 한다.

(38) 열효율

시험체에 물 600㎖을 채운 후 취사를 하는 경우 물의 온도가 30℃에서 90℃까지 상승하는 동안의 시간을 측정하여 열효율을 산출하였을 때 그 값이 75% 이상이어야 한다.

(39) 살수 시 신뢰성

분당 80ℓ의 살수량으로 1분간 살수한 후 절연저항이 3㏁ 이상이어야 하고 작동에 이상이 없어야 한다.

(40) 침수(담금) 시 신뢰성

시험체 바닥이 평편한 용기에 놓고 물을 서서히 부어 시험체의 전원공급단자를 통해 용기로 전기가 누설되는 수위를 측정한다.

나. 안전장치의 신뢰성

(1) 제어용 온도센서의 특성

시험체를 Oil-Bath에 담근 후 온도를 30℃부터 170℃까지 5℃ 간격에서 5분간 유지 후 온도센서의 전기저항을 측정한다. 시험중 Oil-Bath는 교반기를 이용하여 내부의 온도가 충분히 평준화될 수 있도록 교반 시킨다.

측정오차의 최소화를 위해 시험체의 전기저항 측정 전 5분 이상 동일온도를 유지시키고 계측기(Digital Multimeter)를 이용하여 저항을 측정한다. 규정온도에의 저항값이 ±5% 이내이어야 한다.

(2) 온도Fuse의 특성

각 온도Fuse별로 전원 및 Timer을 연결한 상태에서 Oil-Bath에 침지 시킨 후, Oil-Bath 내의 온도를 균일하게 하기 위하여 교반기를 작동시킨다.

시험 중 Oil-Bath의 온도상승률은 주위온도로부터 시험체가 작동할 때까지 1.0℃/min 이하로 증가시켜 시험체의 작동온도를 측정한다. 작동온도 ±2℃ 이내에 단락되어야 한다.

(3) 압력유지밸브 특성

취사 시 용기 내부의 규정압력을 항상 일정한 압력으로 유지하여야 한다.

(4) 안전밸브의 작동신뢰성

취사 시 용기 내의 압력이 비정상적으로 높으면 압력을 배출시킴으로서 용기내부의 압력을 항상 일정한 압력으로 유지하여야 한다.

(5) 증기밸브(solenoid valve)의 작동신뢰성

전기밥솥에 전원을 인가하기 전에는 증기밸브는 개방(open) 상태에 있으며, 취사버튼을 누름과 동시에 증기밸브는 자동으로 폐쇄(closed)되며, 취사가 완료되는 경우 또는 취소버튼을 누름과 동시에 전기밥솥 덮개부에 설치된 증기밸브가 작동(개방)됨으로써 용기 내부의 형성된 압력을 대기압까지 자동으로 배출시켜야 한다.

(6) 바이메탈의 특성

각 온도별로 전원 및 타이머를 연결한 상태에서 작동온도시험장치의 Oil-bath에 침지시킨 후, Oil-bath 내의 온도를 균일하게 하기 위하여 교반기를 작동시킨다. 시험 중 Oil-bath의 온도상승률은 주위온도로부터 시험체가 작동할 때까지 1.0℃/min 이하로 증가시켜 시험체의 전원 OFF 온도를 측정한다. 또한 Bimetal type 온도Fuse의 경우, 작동온도시험장치의 전원을 차단함으로써 Oil-bath의 온도를 자연 냉각시킴으로서 전원 OFF온도를 측정한다. 규정작동온도 ±2℃에 1분 이내에 작동하여야 한다.

다. 비정상적인 사용 시 화재위험성평가

시험체의 안전장치(온도휴즈, 제어용 온도센서)를 제거한 후 회로를 직접을 하여 동작시험을 하는 경우의 각 보호장치의 부위별 온도를 측정하여 시험체의 화재위험성을 평가한다.

4. 결 론

2002년 7월 1일부터 시행예정인 제조물책임법에 대한 가전제품의 안전성평가를 통한 제품안전대책은 제조업체의 제조원가 상승수반에 따른 시장경쟁력에 대한 우려, 제품의 손해배상제기 후 분쟁해결을 위한 비용부담 및 기업의 이미지 손상에 대한 인식부족과 안전성평가를 위한 품질관리기술의 부족으로 제조물책임법 시행 후의 제품안전에 대한 기업의 안전경영시스템이 정착하고 있지 못한 상태이다. 이제 제조물의 안전성평가는 시대적인 요구사항으로 안전한 제품만이 시장에서 경쟁력을 가질 수 있으며 기업의 항구적인 운영은 소비자로부터 안전성이 확보된 제품생산이 우선되어야 함을 인지하여야 한다.

이를 위한 안전성평가는 제품의 생산, 판매을 위한 필수적으로 제도권에서 요구하는 성능뿐만 아니라 국제기준에서 요구하는 성능요건, 사용자의 부주의에 의한 잠재적인 위험을 평가하여 제품안전을 확보하여야 한다.