

제정 기술표준원고시 제2001 -347호 (2001. 6. 30)
개정 기술표준원고시 제2003 -523호 (2003. 5. 24)

전기용품안전기준

K 61965

[KS C IEC 2001]

CRT의 기계적 안전성

목 차

페이지

서문		1
1. 적용범위		1
2. 참고문헌		1
3. 정의		2
4. 일반요구사항		2
4.1 부식방지		
4.2 기계적 손상		
4.3 취급		
5. 환경조건		2
5.1 시험실 환경조건		
5.2 환경시험전 샘플조건(preconditioning)		
5.3 환경시험후 샘플조건(thermal conditioning)		
6. 샘플링		3
6.1 샘플링 방법(sampling plans)		
6.2 샘플 수량		
6.3 적합성		
7. 시험 준비 및 설치		3
7.1 스크래치 패턴(scratch pattern)		
7.2 장벽		
7.3 장착방법(mounting)		
7.4 장착높이		
8. 대형 CRT의 시험		3
8.1 기계적 강도(볼 폭축시험)		
8.2 폭축 시험(미사일)		
8.3 폭축 시험(열충격)		
8.4 고에너지 충격 시험		
9. 소형 CRT의 시험		6
9.1 기계적 강도(볼 폭축시험)		
9.2 폭축 시험(high ball)		
9.3 폭축 시험(열충격)		
9.4 고에너지(high energy) 충격 시험		
10. 표시사항(marketing)		7
11. 표 1,2의 사용을 위한 요구사항 (prestressed banded CRTs)		7
11.1 샘플링 방법 I : 신구조		
11.2 샘플링 방법 II : 기 승인된 레진과 테이프를 사용한 신구조		
11.3 샘플링 방법 III : 텐션밴드와 텐션밴드변경(alternative tension band)		
11.4 샘플링 계획 IV : 구조호환성(alternative construction)		
12. 표 3,4의 사용을 위한 요구사항 (bonded frame CRTs)		9
12.1 샘플링 계획 I : 신구조		
12.2 샘플링 계획 II : 구조호환성(alternative construction)		
13. 표 5,6의 사용을 위한 요구사항 (laminated CRTs)		10
13.1 샘플링 계획 I : 신구조		
13.2 샘플링 계획 II : 구조호환성(alternative construction)		

부록 A(informative) ----- 26

본 표준개발에 대한 배경

- A.1 기계적 강도 시험
- A.2 폭축 시험(implosion test)
- A.3 소형CRTs(대각 길이 76mm ~ 160mm)
- A.4 평가 시간

부록 B(informative) ----- 28

볼 충격시 CRT로부터 날아가는 유리파편의 속도와 잠재력 (potential force)

- 탄도 통계 계산

- B.1 서문
- B.2 마찰을 무시한 해석
- B.3 마찰을 고려한 해석
- B.4 잠재 위험
- B.5 결론

- 그림1 - 시험 캐비닛 예
- 그림2 - 볼 충격시험 예
- 그림3 - 2.3kg 강철 미사일 예
- 그림4 - CRT에서 미사일 충돌부분
- 그림5 - 미사일 충돌시험 예
- 그림6 - 열충격(thermal shock) 시험에서 스크래치 패턴(scratch pattern)
- 그림7 - 고에너지 충격시험 장치 예
- 그림8a - 대각길이 160mm 초과하는 CRTs의 고에너지 충격시험용 강철핀 예
- 그림8b - 대각길이 76~160mm CRTs의 고에너지 충격시험용 강철핀 예
- 그림9a - 대각길이 160mm 초과하는 CRTs의 고에너지 충격시험용 4.5kg 물체 예
- 그림9b - 대각길이 76~160mm CRTs의 고에너지 충격시험용 4.5kg 물체 예
- 그림10 - 1.4kg 강철 미사일 예
- 그림B.1 - 장벽의 높이와 CRT 표면에서부터의 거리
- 그림B.2 - 거리의 정의와 유리파편의 포물궤도의 예
- 그림B.3 - 유리파편의 초기속도와 초기각과 힘의 정의
- 그림B.4 - 초기각도 β 의 함수로 $x=l_1$ (solid line) 또는 $x=l_2$ (dashed line)에서 장벽을 넘어갈 수 있는 초기속도.
- 그림B.5 - 초속도 4m/s와 다른 초기각도에 대한 유리파편의 궤도
- 그림B.6 - 유리파편에 작용하는 힘의 정의
- 그림B.7 - 유리파편의 측정
- 그림B.8 - 초기각도 45°(마찰없이(dashed line)/마찰고려(solid line))와 초기속도 2m/s의 유리파편의 궤도
- 그림B.9 - 단면적의 다른 값에 대한 초기각도 45°와 초기속도 2m/s의 유리파편의 궤도

표 1 - 대각길이 160mm 이상의 프리스트레스 밴드(prestress banded) CRTs의 샘플수량 및 시험프로그램

표 2 - 대각길이 76~160mm 프리스트레스 밴드(prestress banded) CRTs의 샘플수량 및 시험프로그램

표 3 - 대각길이 160mm 이상의 본드프레임(bonded frame) CRTs의 샘플수량 및 시험프로그램

표 4 - 대각길이 76~160mm 본드프레임(bonded frame) CRTs의 샘플수량 및 시험프로그램

표 5 - 대각길이 160mm 이상의 라미네이트(laminated) CRTs의 샘플수량 및 시험프로그램

표 6 - 대각길이 76~160mm 라미네이트(laminated) CRTs의 샘플수량 및 시험프로그램

표 7 - CRT 크기와 편향각 범위

표 B.1 거리 값

표 B.2 초기각도의 상하한 경계값

서 문

이 규격은 국제표준기술 변화에 신속히 대응하고, 현 KS규격의 운영 및 표준기술 발전을 위해 2000년에 발행된 IEC 61965(2000-09) Mechanical safety of cathode ray tubes를 번역해서 기술적 내용 및 규격의 서식을 변경하지 않고 작성하여 한국산업규격으로 제정한 것이다..

1. 적용범위 이 표준은 CRT, 그리고 CRT가 장치의 부품으로 사용되거나 방폭 시스템을 갖춘 조립품(CRTs)에 적용한다.

이 요건은 전기·전자 측정기, 시험기 그리고 정보산업 설비 또는 의학적 설비, 전화 장치, TV set 그리고 다른 유사한 전자 장치들에 사용되는 CRTs에 적용한다.

이 표준은 CRTs의 앞면이 장치 외부의 한 부분이 되는 경우에만 적용된다. 다른 안전 스크린 장치로 인해 보호되는 CRTs에는 이 시험 방법이 적용되지 않는다.

이 표준에 해당되는 CRT는 정상적인 작동 조건인 경우 어떤 기계적 충격에 대비하여 CRT의 뒷부분은 보호되도록 고안 된 장치에 설치되어야 한다.

이 표준은 화면 앞쪽으로 방출되는 유리 입자들의 피해에 대해 방폭 시스템을 갖추고 있고 대각선 길이 76mm이상 되는 CRT가 해당된다. 이런 CRT는 다른 방향으로 방출되는 유리 입자들에 대해서 고려하는 것은 아니다.

이 표준의 8항(대형CRTs)과 9항(소형CRTs)에서 주어진 시험 순서와 기준을 따름으로써 CRTs의 적합성을 시험할 수 있다. 대형과 소형 CRTs의 정의는 3항에 쓰여져 있다.

주 - IEC TC92는 이 표준의 발표 후, IEC 60065(18조항)에 설명된 기존의 요건을 대신해서 새로운 요건의 사용과 차후의 표준의 틀을 만들기 위한 의도를 언급했다.

2. 참고문헌 다음의 기준 문서들은 국제표준의 규정을 따르고 있다는 조항을 포함하고 있다. 이 표준은 과거문헌이나 차후 수정조항, 개정판은 적용하지 않는다. 모든 기준 문서들은 국제표준을 바탕으로 한 부분에서 합의된 아래의 기준 문서들의 가장 최근 개정판으로 적용되도록 하였다. IEC와 ISO 회원들은 현재의 유효한 국제표준에 등록되어있다.

IEC 60065:1998, Audio, video and similar electronic apparatus-safety requirements

IEC 60068-1:1998, Environmental testing - Part 1:General and guidance Amendment 1 (1992)

IEC 60216-1, Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials. Part 1:General and guidances for ageing procedures and evaluation of test results

3. 정의 이 문서에는 다음의 정의들이 적용된다 :

3.1 본드프레임 (bonded frame) CRT의 둘레를 감싸고 있는 미리 성형된 금속 프레임 시스템. CRT의 둘레와 프레임의 틈에는 레진 또는 그 유사 물질로 채워져 있다.

3.2 CRT 대각길이(CRT diagonal) 다른 하드웨어를 제외한 유리 바깥쪽 최대 대각 거리 (mould-match line)

3.3 CRT 인벨로우프 패널(panel), 흰넬(funnel), 그리고 네크(neck)부위 부품들로 구성된 구조를 칭함.

3.4 탈진공(devacuation) 대기압과 CRT 내부의 압력이 같아지는 상태

3.5 프렉처(fracture) CRT의 빠르거나 느린 탈진공 상태를 유발시키는 패널이나 흰넬에서의 한개 또는 그 이상의 크랙

3.6 유리파편(glass particle) 무게로 0.025g를 초과하는 유리 파편

3.7 임플로전(implosion) CRT의 갑작스러운 내부 파괴로 인한 탈진공 상태

3.8 라미네이트(laminated) CRT CRT 전면에 연결되어 별도의 외부 안전 패널을 유지시켜주는 시스템

3.9 프리스트레스 밴드(prestressed banded) CRT 열적 축소 또는 다른 뜻으로 인장력을 이용하여 CRT둘레 부위를 조여 주는 역할을 하는 금속 텐션 밴드 시스템. 이 시스템은 또한 텐션 밴드와 CRT둘레 사이에 존재하는 금속 림(rim) 밴드도 포함한다. 텐션 밴드 또는 림밴드(rim band), 둘 다 짝이 되는 부위 사이에 테이프나 레진, 아니면 다른 유사 물질의 내면 층을 갖고 있다.

3.10 셰일링(shaling) 유리 물질이 얇은 층으로 빠져 나가는 현상.

3.11 시험캐비닛(test cabinet) 시험 동안 CRT를 지탱하기 위한 지지대

3.12 유효형광면(useful phosphor screen)

a) 칼라 CRT : 전면에서 보이는 CRT의 형광면이 발광하는 유효화면

b) 흑백 CRT : CRT의 최대유효 형광면

3.13 대형 CRT 대각선 길이가 160mm를 초과하는 CRT

3.14 소형 CRT 각형 CRT 경우, 단축길이가 적어도 50mm정도의 화면 크기를 갖고 최소 대각선 길이 76mm에서 최대 160mm ; 원형 CRT의 경우, 최소 지름 76mm에서 최대 160mm.

3.15 품질경영시스템(common quality management system) 2개 이상의 공장에서 사용하는 시스템이 동일하고 하나의 본부에서 제어가 가능한 시스템(documentation).

4. 일반 요구사항

4.1 부식 방지 만약에 금속의 부식으로 인해 이 표준의 요구 사항과 맞지 않는 경우, 금속 부품들이 부식이 되지 않게 하는 것이 필요하다.

4.2 기계적 손상 시험 결과의 재현성(R & R)을 보장하기 위해 시험용 샘플은 외부 표면에 스크래치(scratch)가 없어야 한다.

4.3 취급 시험 샘플을 취급하기 전·후에 안전예방책이 설명되어야 한다.

5. 환경 조건

5.1 시험 시 표준 공기 조건 특별히 규정되어 있지는 않지만, 모든 시험과 측정은 IEC 60068-1의 5.3에서 주어진 시험 시 표준 공기 조건 아래서 행해져야 한다.

· 온도 : 15°C ~ 35°C

· 상대습도 : 25% ~ 75 %

· 공기압 : 86 kPa ~ 106 kPa

5.2 환경시험전 샘플조건(preconditioning) CRTs를 열시험(thermal test)하기 전에 최소 16시간 동안 5.1의 표준 공기 조건에서 안정화시켜야 한다.

5.3 환경시험후 샘플조건(thermal conditioning) 환경시험후 샘플조건의 상세한 자료는 표 1~6에 주어져 있다. 환경시험후 샘플조건이 완전히 충족된 후에 최소 24시간의 안정화가 필요하다.

6. 샘플링

6.1 샘플링 방법 상세한 자료는 표 1~6에 주어져 있다.

6.2 샘플 수량 프리스트레스 밴드 CRTs에 관한 시험 프로그램과 시료수는 표 1과2 그리고 본드 프레임 CRT는 표 3과4에, 라미네이트 CRT는 표 5와6에 각각 명시되어져 있다.

주 - 표에 규정 된 수량 이외에 만약 요구 조건을 만족하기 위하여 재시험을 할 경우 추가 샘플이 만들어질 수 있다.

6.3 적합성 시험 그룹에서 모든 CRTs가 시험 요구 조건에 만족되어야 한다. 예외적으로 만약 한

개의 CRT가 불합격일 경우, 결과를 받아들일 수 없다면 두 번째 시험 그룹으로 시험을 실시한다. 두 번째 그룹의 모든 CRTs가 다 합격 할 경우, 승인 될 수 있다.

7. 시험 준비 및 설치

7.1 스크래치 패턴(scratch pattern) 스크래치의 형태와 깊이가 CRT의 폭발이나 탈진공을 만들기 위해 필요로 하는 힘에 영향을 주기 때문에 견고한 강철로 된 유리 커터(cutter)나 다이아몬드 칼을 사용한 스크래치가 추천되어 진다.

7.2 장벽 시험 절차에 명시 된 장벽은 10mm에서 20mm의 두께로 높이 $250^{+0}_{-0.3}$ mm , 길이 2.00 ± 0.01 m로 각각 만들고 CRT의 앞면 중앙에서 수평으로 튜브 면에서 가장 가까운 장벽의 면까지 거리를 측정해서 그 위치에 놓는다. 장벽의 위치에 대한 공차는, 명시되지 않은 경우에는 ± 10 mm로 한다. 시험 룰의 벽의 한계로 인해 장벽의 길이가 2m보다 작을 수도 있다(그림2와 5 참조). 담요 같이 미끄럼이 없는 것이 바닥에 깔려야 한다.

주 - 만약 장벽의 윗 부분에 유리 파편이 날아간 경우에는 장벽을 지난 것으로 판정한다.

7.3 장착방법(mounting) CRT는 시험 캐비닛에 장착되어야 하고 CRT주변으로 6mm이상 벌어지지 않는 캐비닛을 사용하여야 한다(그림1참조). 시험 캐비닛 앞면의 앞이나 뒤에 CRT를 장착하는 것은 사양이나 의도한 어플리케이션(Application)을 따라야 한다. 만약에 사양이 없을 경우, 설계 구조가 적절하지 않더라도 캐비닛의 앞면의 뒤쪽에서 CRT를 장착하는 방법이 선호된다.

캐비닛 위에는 흰넬쪽으로 액세스할 수 있도록 적절한 위치에 홀이 나 있다. 충격 시험 동안에는 이 홀은 닫혀있어야 한다. 만약 개방시, 그 면적이 0.02m^2 이나 적어도 CRT 앞면의 1/4정도의 개방인 경우(어느쪽이든 적은경우) 폭발 시 캐비닛의 밑 또는 뒤로 공기가 유입 될 수 있으므로 캐비닛은 시험 동안 움직임이 없도록 잘 지탱되어야 한다.

7.4 장착 높이 CRT의 중심이 바닥에서부터 1.00 ± 0.05 m 상에 위치해야 한다.

8. 대형 CRT의 시험

8.1 기계적 강도 (볼 충격(ball impact) 시험)

8.1.1 시험 절차 로크웰(Rockwell) 경도 C스케일(scale) 60이상 되고 40 ± 1 mm지름과 중량 약 260 ± 15 g(hook포함)을 가진 강철 볼을 볼과 훅(hook) 중량의 10%를 초과하지 않는 범위의 줄이나 체인으로 늘어뜨린다. 그림으로써 계산된 위치에서 진자처럼 자유낙하 해서 CRT의 앞면을 때리면 에너지가 5.5 ± 0.1 J이 나오게 된다. CRT는 앞면이 수직이 되도록 놓여져야 한다. CRT의 유효형광면의 가장자리에서 거리가 40mm 이상 되는 어떤 지점이라도 단 한번의 충격만이 적용 될 수 있다.

주 - 최소 40mm가 유지되는 것을 확신하기 위하여, 시험 하우스에서 측정의 불확실성을 고려해야 한다.

장벽은 CRT의 앞면의 중앙에서 1.5m 떨어지게 놓아야 한다(그림2).

8.1.2 유리 파편 규격 만약 처음 충격 이후 5초 내에 튀어나간 유리 파편이 다음 조건을 만족한다면 그 CRTs는 합격이라고 말 할 수 있다 :

- a) 1.5m 장벽을 지나서는 유리단편이 0.025g을 초과하는 것이 있어서는 안 된다.
- b) 1.5m 장벽을 지난 모든 유리파편의 총 무게가 0.1g을 초과해서는 안 된다.

8.2 폭축 시험 (미사일)

8.2.1 시험 순서 CRT의 전면의 위와 아래에 스크린이나 형광면 가장자리에서부터 유효 화면쪽으로 3 ± 1 mm정도로 떨어져 스크래치 되어야 한다. 스크래치는 수평라인으로 100 ± 5 mm 길이가 되어야 한다. 충돌 물체는 강철 미사일(그림3참조)로 2.3 ± 0.1 kg의 무게이고 최소 로크웰 경도 C스케일 60을 갖고 한 쪽 끝이 25mm 반지름인 둥근 형태이다.

주어진 에너지 범위 내에서 탈진공을 일으킬 수 있는 최소에너지로 CRT에 단 한번 충돌시켜 시험하게

된다. 샘플 CRT의 빠른 탈진공을 일으키는 7J ~ 14J의 에너지를 얻기 위하여 진자의 아크를 통하여 미사일이 매달리게 된다.

충돌 부분은 중심이 같은 두개의 원으로 제한되는 아크가 된다. 한 개의 원의 반지름은 유효형광면 높이의 1/6이 되고 두 번째 원의 반지름은 유효형광면 높이의 1/2에서 50mm작다(그림4 참조). 그림4에서 만일 R_2 가 R_1 보다 작을 경우 충돌은 R_1 의 원에 적용된다.

주 - 정해진 에너지 범위 내 또는 충돌위치를 선택할 때 사전 시험 경험(CRT 제조자 혹은 시험소로부터 얻은 것)을 고려할 수 있다.

충돌 물체의 운동은 미사일의 등근 끝이 CRT 전면을 25mm이하로 관통하도록 해야 한다(그림5 참조).

장벽은 1.0m 그리고 1.5m 정도 CRT의 전면 중앙에서 떨어진 곳에 놓이게 된다(그림5 참조).

만일 이 시험 결과 CRTs가 탈진공이 일어나지 않으면 8.2.3항의 선택적 폭충시험(미사일)을 수행하여야 한다.

8.2.2 유리 파편 규격 만약 처음 충격 이후 5초 내에 튀어나간 유리 파편이 다음 조건을 만족한다면 CRT는 합격이라고 말 할 수 있다 :

- a) 1.0m과 1.5m 장벽 사이에 15g을 초과하는 유리파편이 단 한 개도 없어야 한다.
- b) 1.0m과 1.5m 장벽 사이에 모든 유리 파편의 총 무게가 45g을 초과해서는 안 된다.
- c) 1.5m 장벽을 지나서는 1.5g을 넘는 유리 파편이 한 개도 없어야 한다.

8.2.3 선택적 충돌 시험 (미사일)

8.2.3.1 시험 절차 무게가 $1.4 \pm 0.1\text{kg}$ 이고 최소 로크웰 경도 C스케일 60인 미사일(반지름 $15 \pm 0.5\text{mm}$ 이고 끝이 둥근)로 8.2.1항의 순서대로 진행한다.

8.2.3.2 유리 파편 규격 8.2.2에 따른다. 만일 8.2.3.1의 시험 결과 어떤 CRTs도 탈진공이 일어나지 않는다면 8.2.2의 규격을 만족한다고 간주한다.

8.3 폭충 시험 (열충격(thermal shock))

8.3.1 시험 절차 CRT는 7.3, 7.4 조항에서처럼 시험 캐비닛에 장착되어야 한다. 장벽은 CRT의 전면 중앙에서부터 $150 \pm 2\text{mm}$ 떨어진 곳에 설치한다. 그림6에서 보여지는 패턴중의 하나를 사용해서 CRT의 전면이나 페이스플레이트(face plate) 측면에 스크래치를 내야 한다. 열충격은 다음 방법 중 하나가 적용된다 :

- a) **액화 질소** CRT가 깨질 때까지 액화 질소를 이용하여 스크래치 된 부분을 식힌다. 액화 질소를 담기 위하여 진흙 같은 물질로 둑(dam)을 만들어서 시험한다.
- b) **열봉(hot rod)** 끝이 적당한 지름(예 10mm)을 갖는 일반적인 석영유리 막대로서 빨강고 거의 액체가 될 때까지 열을 가한다. 가열된 막대의 끝으로 CRT의 스크래치 된 부분을 세게 누른다. CRT의 탈진공이 10초 이내에 일어나지 않는다면, 막대를 떼어내고 찬물을 천천히 스크래치 된 부분에 붓는다. 만약에 반복된 시험으로 탈진공이 일어나지 않으면 액화질소를 사용하여 시험을 한다 (8.3.1.a항 참조).

8.3.2 유리 파편 규격 초기 깨짐 5초 내에 어떠한 유리 파편도 150mm 장벽을 넘지 않아야 한다.

8.4 고에너지 충돌 시험 라미네이트 방폭 시스템을 갖춘 CRTs는 다음의 고에너지 충돌 시험을 적용한다.

8.4.1 시험 순서 지름 25mm인 강철 핀을 시험 캐비닛 위의 구멍사이로 집어넣어서 패널과 흰넬의 봉착면에서 $3 \pm 1\text{mm}$ 뒤 CRT 외면에 놓는다. 만약에 기구가 봉착면에서 3mm 이상으로 뒤로 길게 되어 있어서 핀의 위치를 방해한다면 핀이 기구를 건드리지는 않고 가능한 한 기구 쪽으로 놓는다 (그림8 참조). 폭충을 일으키기 위해서는 $4.5 \pm 0.1\text{kg}$ 정도의 무게의 물체가 필요하다. 그래서 핀과 충돌로 폭충을 일으킬 수 있는 높이로부터 떨어뜨린다 (그림9a 참조).

시험 물체의 높이는 유리의 깨짐을 유발할 수 있는 최소의 에너지로 조정한다. 그러나 7J보다 작아서는 안 된다.

만약에 유리의 깨짐이 일어나지 않는다면 7J 단위로 63J까지 시험 그룹의 모든 CRT가 탈진공 될 수 있도록 매년 새로운 샘플로 에너지를 증가시켜 시험한다.

충돌 에너지는 핀이 유리의 크래킹(cracking)이나 파편이 생기지 않고 구멍이 날 정도로 커서는 안 된다. 만약에 에너지가 너무 세다면 유리만 깨질 정도의 낮은 충돌 에너지가 적용되어야 한다. (7J 증가 스텝은 필요치 않다)

주 - 정해진 에너지 범위 내 또는 충돌위치를 선택할 때 사전 시험 경험(CRT 제조자 혹은 시험소로부터 얻은 것)을 고려할 수 있다.

충돌에 의한 운동거리가 최대 6mm정도 되도록 제한되어 진다. 충돌 에너지가 시험 캐비닛에 전달되지 않도록 핀 운동기구가 설치되어 진다. 그림 7, 8 그리고 9는 기구의 샘플이다.

장벽은 CRT의 전면 중앙에서부터 1.0m과 1.5m에 각각 놓이게 된다.

8.4.2 유리 파편 규격 만약 처음 충격 이후 5초 내에 튀어나간 유리 파편이 다음 조건을 만족한다면 CRT는 합격이라고 말 할 수 있다 :

- a) 1.0m과 1.5m 장벽 사이에 15g을 초과하는 유리단편이 있어서는 안 된다.
- b) 1.0m과 1.5m 장벽 사이에 모든 유리 파편의 총 무게가 45g을 초과해서는 안 된다.
- c) 1.5m 장벽 뒤로는 1.5g을 넘는 유리단편이 있어서는 안 된다.

9. 소형CRT의 시험

9.1 기계적 강도 (볼 충격시험)

9.1.1 시험 절차 로크웰 경도 C스케일 60이상 되고 $40 \pm 1\text{mm}$ 지름과 중량 약 $260 \pm 15\text{g}$ (hook포함)을 가진 강철 볼을 볼과 혹 중량의 10%를 초과하지 않는 범위의 줄이나 체인으로 늘어뜨린다. 그림으로써 계산된 위치에서 진자처럼 자유낙하 해서 CRT의 앞면을 때리면 에너지가 $2.0 \pm 0.1\text{J}$ 이 나오게 된다. CRT는 앞면이 수직이 되도록 놓여져야 한다. CRT의 유효형광면의 가장자리에서 거리가 25mm 이상 되는 어떤 지점이라도 단 한번의 충격만이 적용 될 수 있다.

주 - 최소 25mm가 유지되는 것을 확실하기 위하여, 시험 하우스에서 측정의 불확실성을 고려해야 한다.

장벽은 CRT의 앞면의 중앙에서 0.6m 떨어지게 놓아야 한다(그림2).

9.1.2 유리 파편 규격 만약 처음 충격 이후 5초 내에 유리 파편의 튀어 나감이 다음 조건을 만족한다면 그 CRTs는 합격이라고 말 할 수 있다 :

- a) 0.6m 장벽을 지나서는 유리단편이 0.025g을 초과하는 것이 있어서는 안 된다.
- b) 0.6m 장벽을 지난 모든 유리파편의 총 무게가 0.1g을 초과해서는 안 된다.

9.2 폭축 시험(high ball) 만일 CRT를 9.1항과 같이 시험했을 때 폭축이나 빠른 탈진공이 일어나지 않으면 라미네이트 임플로전 보호(laminated implosion protection)시스템을 제외한 CRT는 다음의 시험 방법을 따라야 한다.

9.2.1 시험절차 CRT화면에서 형광면 위, 아래 모서리부터 $3 \pm 1\text{mm}$ 의 스크래치를 낸다. 그 길이는 CRT화면의 가장 긴 세로의 45% ~ 55%이다.

laminated implosion screen을 제외한 CRT를 $40 \pm 1\text{mm}$ 직경의 steel ball(무게 $260 \pm 15\text{g}$, 로크웰 경도 C 스케일60)을 사용하여 진공파괴가 일어날 때까지 충격에너지를 0.7J씩 올라가면서 시험을 계속한다.

장벽은 CRT화면 중앙에서부터 0.6m 와 1.2m에 설치한다.

9.2.2 유리 파편 규격 만약 처음 충격 이후 5초 내에 튀어나간 유리 파편이 다음 조건을 만족한다면 CRT는 합격이라고 말 할 수 있다 :

- a) 0.6m과 1.2m 장벽 사이에 15g을 초과하는 유리파편이 단 한 개도 없어야 한다.
- b) 0.6m과 1.2m 장벽 사이에 모든 유리 파편의 총 무게가 45g을 초과해서는 안 된다.
- c) 1.2m 장벽을 지나서는 1.5g을 넘는 유리 파편이 한 개도 없어야 한다.

9.3 폭축 시험(열충격)

9.3.1 시험절차 8.3.1항 참조

9.3.2 유리파편 규격 8.3.2항 참조

9.4 고에너지 충돌 시험 라미네이트 방폭 시스템을 갖춘 CRTs는 다음의 고에너지 충돌 시험을 적용한다.

9.4.1 시험 순서 지름 $9.5 \pm 0.5\text{mm}$ 인 강철 핀을 시험 캐비넷 위의 구멍사이로 집어넣어서 봉착면에 직접 위치하게 놓는다. $0.45 \pm 0.02\text{kg}$ 정도의 무게(그림9b) 핀과의 충돌로 폭축을 일으킬 수 있는 높이로부터 떨어뜨린다.

시험 물체의 높이는 유리의 깨짐을 유발할 수 있는 최소의 에너지로 조정한다. 그러나 2.7J보다 작아서는 안 된다.

만약에 유리의 깨짐이 일어나지 않는다면 0.7J 단위로 에너지를 증가시켜 모든 CRTs가 탈진공 될 수 있도록 매번 새로운 샘플을 시험한다.

충돌 에너지는 핀이 유리의 크래킹이나 파편이 생기지 않고 구멍이 날 정도로 커서는 안 된다. 만약에 에너지가 너무 세다면 유리만 깨질 정도의 낮은 충돌 에너지가 적용되어야 한다. (0.7J 증가 스텝은 필요치 않다)

주 - 정해진 에너지 범위 내 또는 충돌위치를 선택할 때 사전 시험 경험(CRT 제조자 혹은 시험소로부터 얻은 것)을 고려할 수 있다.

충돌에 의한 운동거리가 최대 6mm정도 되도록 제한되어 진다. 충돌 에너지가 시험 캐비넷에 전달되지 않도록 핀 운동기구가 설치되어 진다. 그림 7, 8 그리고 9는 기구의 샘플이다.

장벽은 CRT의 전면 중앙에서부터 0.6m과 1.2m에 각각 놓이게 된다.

9.4.2 유리 파편 규격

만약 처음 충격 이후 5초 내에 튀어나간 유리 파편이 다음 조건을 만족한다면 CRT는 합격이라고 말 할 수 있다 :

- a) 0.6m과 1.2m 장벽 사이에 15g을 초과하는 유리단편이 있어서는 안 된다.
- b) 0.6m과 1.2m 장벽 사이에 모든 유리 파편의 총 무게가 45g을 초과해서는 안 된다.
- c) 1.2m 장벽 뒤로는 1.5g을 넘는 유리단편이 있어서는 안 된다.

10. 표시사항(marking) CRT 제조자명, 상호, 식별코드, 형명에 따라 기준을 통과한 각각의 CRT는 다음과 같은 문구 또는 비슷한 뜻을 가진 어구로 표시되어야 한다. 표시는 영구적이어야 하고 알맞은 언어로 잘 보이게 쓰여져야 한다.

"경고. 이 음극선관은 방폭보강장치를 채용하였습니다. 교환시에는 지속적인 안전을 보장하기 위하여 동일형명이나 동등한 음극선관을 사용하여야 합니다."

11. 표 1과 2의 사용을 위한 요구 사항 (prestressed banded CRTs) 새로운 설계나 변화가 있을 경우에, 새로운 설계는 샘플링 방법 I의, 승인된 테이프나 레진을 가진 새로운 설계는 샘플링 방법 II의, 텐션밴드만 적용된 경우는 샘플링 방법 III의, 설계 변경(부품 변경등)은 샘플링 방법 IV의 샘플링과 시험이 사용되어 진다. 독특한 구조는 특별심의를 필요할 수도 있다.

11.1 샘플링 방법 I : 신 구조 신규 시험이나 기 승인된 CRT에 다음과 같은 설계변경이 있는 경우 적용된다:

11.1.1 크기 새로운 CRT의 대각선 길이 범위 (표 7 참조)

11.1.2 편향 각도 특정 CRT의 사이즈범위에 대한 새로운 편향 각도 (표 7 참조)

11.1.3 유리의 형태 다음과 같이 다양한 형태를 갖는 특정 CRT의 크기와 편향각도에 대해서 그 유리를 새로운 형태의 유리라고 간주한다.

- a) 패넬의 바깥 굴곡 정도 - Z 점에서 패넬 전면 중앙까지의 높이의 변화가 만약 제조자에 있어 기 승인된 것보다 $\pm 10\%$ 이상 변경시 ;
- b) 화면비(aspect ratio) - 기 승인된 제품에 비해 패넬의 가로-세로 비율이 변한 경우 ;
- c) 유리 두께 - 기 승인된 제품보다 모든 점에서 $\pm 20\%$ 이상의 변화가 있을 경우와 네크가 다를 경우 ;
- d) 코너 반지름 패넬내,외부 코너의 반지름이 $\pm 10\%$ 이상 변화가 있을 경우 ;

11.1.4 유리 공급업체 전에 사용하지 않았던 유리의 공급원의 경우. 그러나 동일한 품질경영 시스템 하에서 같은 화학조성, 주물 디자인, 공정 그리고 같은 품질관리를 사용하는 현재 공급원의 자회사는 새로운 공급원이라 하지 않는다.

11.1.5 레진 프리스트레스밴드 시스템의 새로운 레진의 경우. 만약 다른 종류, 예를 들어 에폭시나 폴리에스터 또는 다른 물질의 경우 새로운 레진으로 간주한다.

11.1.6 테이프 텐션밴드 시스템에 적용 된 새로운 테이프. 만약 다음과 같은 상황 이하나 이상 발생되면 새로운 테이프라 한다.

- a) 테이프 두께 텐션밴드 아래의 테이프 두께가 20% 이상 감소된 경우
- b) 점착제 종류의 변화, 예를 들어 아크릴, 실리콘, 또는 천연고무 등등
- c) 점착력 - 점착 강도가 20% 이상 약해짐
- d) 단면 점착 - 양면 점착 테이프에서 단면 점착 테이프로 바뀐 경우
- e) 기 승인된 것과 다른 조합
- f) 안감 종류의 변화, 예를 들어 폴리에스터 천 등등
- g) 안감 두께의 20% 이상의 변화.

11.2 샘플링 방법 II : 기 승인된 레진이나 테이프를 사용한 신규구조 신규 시험이나 기 승인된 CRT에 다음과 같은 설계변경이 있는 경우 적용된다.

11.2.1 테이프나 레진 기 승인되었고, 같거나 더 큰 CRT에도 적용되어질 수 있다고 판명된 레진이나 테이프를 사용하고 11.1.1에서 11.1.4까지 정의 된 새로운 CRT의 구조.

11.3. 샘플링 방법 III : 텐션밴드와 텐션밴드추가(alternative tension band) 텐션밴드 또는 하드웨어들의 다음사항과 같은 변화에 따라 적용된다.

11.3.1 텐션밴드만 적용 텐션밴드만 적용한 CRTs의 경우. CRT의 외곽 부위와 텐션밴드 사이에는 아무 물질이 없다. 시스템에서 테이프나 레진을 제외한(deleted) 설계 변경 또는 새로운 구조일 경우에 이 샘플링 방법이 적용되어진다.

11.3.2 밴드 끝처리 텐션밴드 끝처리 방법에서 가장 중요한 변화가 있을 때, 즉 스폿용접(spot welding)부터 크림프형태(crimp type)에 이르기까지의 변화와 같은 텐션밴드 설계변경에 대해 적용한다.

11.3.3 밴드 텐션(band tension) 기 승인된 CRT(특별한 크기 범위, 편향 각도 범위와 유리 모양을 고려)의 밴드텐션 값이나 유리 회복율이 $-5\% \sim +15\%$ 변화된 경우.

11.3.4 밴드 텐션 시스템 머신타이트(machine tightened)시스템에서 쉬링크 밴드(shrink band)나 다른 시스템으로 밴드 텐션 시스템이 변화된 경우.

11.3.5 하드웨어 CRT의 외부와 텐션밴드 사이에 보강판이나 림밴드 또는 다른 구조적인 물질을 부착하거나 제거한 경우와 같은 하드웨어 시스템의 변화.

11.3.6 밴드 폭 10%이상의 텐션밴드 폭 감소.

11.3.7 밴드 물질 금속 성분의 변화.

11.3.8 밴드 위치 밴드 앞쪽에서 패널 Z 점까지 측정했을 때 밴드위치가 원래의 위치에서 (앞으로 나 뒤로) 3mm 이상 이동된 경우와 같은 위치의 변화.

11.3.9 밴드 표면 코팅 용접으로 밴드끝처리를 했을 때, 텐션밴드의 표면 코팅의 변화 또는 첨가. 새로 용접된 밴드가 기존의 것과 장력강도(tensile)가 같거나 그 이상이면 CRTs를 시험할 필요는 없다.

11.4 샘플링 방법 IV : 구조호환성(alternative construction) 텐션밴드만 또는 테이프와 림밴드를 함께 사용하는 텐션밴드 시스템에 적용한다. 구조변경은 다음사항과 같은 구조의 변화이다.

11.4.1 크기 CRT 제조자가 기 승인받은 범위 내에서의 새로운 사이즈.

11.4.2 편향각 CRT 제조자가 기 승인받은 범위 내에서의 새로운 편향각.

11.4.3 유리 공급업체 다른 사이즈 범위 내에 CRT 제조자가 이전에 사용했던 유리 공급업체.

11.4.4 유리 두께 최소 두께가 원래의 유리보다 네크 이외의 다른 점에서 $\pm 10\% \sim \pm 20\%$ 인 유리를 구조변경으로 간주한다.

11.4.5 레진 레진의 장력강도(tensile)가 원래의 것의 80%이하이면 구조변경으로 간주한다. 텐션밴드만으로 기 승인된 CRT구조에 레진 추가는 시험이 필요없다.

11.4.6 테이프 텐션밴드만으로 기 승인된 CRT구조에 테이프 추가는 시험이 필요 없다.

12. 표 3과 4의 사용을 위한 요구 사항 (bonded frame CRTs) 새로운 구조(샘플링 방법 I)나 구조호환성(샘플링 II)에 관한 샘플링이나 시험은 신구조이거나 다양한 변화가 있을 경우에 적용되어진다. 독특한 구조에는 특별한 심사가 필요할 수도 있다.

12.1 샘플링 방법 I : 새로운 구조 신규시험이나 기 승인된 CRT에 다음과 같은 설계변경이 있을 경우로 적용된다 :

12.1.1 크기 새로운 CRT 대각선 크기 범위 (표 7참조)

12.1.2 편향각도 특정 CRT 크기 범위에 대한 새로운 편향 각도 (표 7참조)

12.1.3 유리 형태특정 CRT크기와 편향각도 범위에서 다음과 같은 형태의 변화가 있는 유리는 신규 유리로 간주한다.

a) 패널 곡률(curvature)과 코너반경(corner radius) - 기 승인된 CRT와 비교하여 Z점에서 패널중앙까지 높이 변화가 $\pm 10\%$ 이상

b) 외관 비율 - 기 승인된 CRT와 비교하여 패널 가로-세로의 비율변화

c) 유리 두께 - 기 승인된 CRT와 비교하여 네크부를 제외하고 유리두께가 어느 부분이라도 $\pm 20\%$ 이상의 두께 변화

12.1.4 유리 공급업체 승인되지 않은 신규 유리공급 업체. 동일 품질경영 시스템 하에 있고 같은 화학조성, 몰드(mold)설계, 공정, 품질시스템을 갖춘 현재의 유리공급업체의 자회사는 신규업체로 보지 않는다.

12.1.5 레진 특별한 크기 범위, 편향각도 범위 그리고 유리 형태를 적용하는 CRT에 사용하는 새로운 레진.

12.1.6 레진 두께 레진 두께의 $\pm 25\%$ 이상의 변화가 있는 경우.

12.1.7 프레임 두께 프레임을 형성하는 물질의 $\pm 10\%$ 이상의 두께변화가 있는 경우.

12.2 샘플링 방법 II : 구조호환성 다음과 같은 설계 변화에 의해 구조의 변화가 있는 경우를 포함한다.

12.2.1 크기 기 승인된 사이즈 범위내의 신규 사이즈.

12.2.2 편향각 CRT 제조자가 기 승인받은 범위 내에서의 새로운 편향각.

12.2.3 유리 공급업체 다른 사이즈 범위 내에서 기존부터 사용하고 있는 유리 공급업체.

12.2.4 유리 두께 두께가 원래의 유리보다 네크 이외의 다른 점에서 $\pm 10\% \sim \pm 20\%$ 변화된 유리를 구조호환성이라 간주한다.

12.2.5 레진 특정 레진에 대해 기 승인된 사이즈 범위 내에서 한 사이즈에 대한 신규 레진

12.2.6 레진 두께 레진 두께가 $\pm 10\% \sim \pm 25\%$ 변화한 경우.

13. 표 5와 6의 사용을 위한 요구 사항 (laminated CRTs) 새로운 구조(샘플링 I)와 구조호환성(샘플링 방법 II)를 위한 샘플링과 시험은 구조상에 다음 사항과 같은 신규 또는 다양한 변화가 있는 경우 사용되어진다. 독특한 구조일 경우 특별히 심의가 필요할 수도 있다.

13.1 샘플링 I : 새로운 구조 신규 시험이나 기 승인된 CRT의 구조에 다음과 같은 설계변경이 있는 경우 적용한다 :

13.1.1 본딩(bonding) 물질 새로운 본딩 물질이나 레진/하드너(resin/hardener)의 비율이 $\pm 20\%$ 이상 변한 경우.

13.1.2 본딩 물질 두께 $\pm 25\%$ 이상의 본딩 물질의 두께 변화.

13.1.3 전면 패널(Front panel) 두께 전면 패널 두께가 $\pm 25\%$ 이상 감소한 경우.

13.2 샘플링 방법 II : 구조호환성 다음과 같은 현저한 설계 변화에 의해 구조의 변화가 있는 경우를 포함한다.

13.2.1 본딩 물질 기 승인된 본딩 물질이 다른 사이즈범위에서 사용될 경우(표 7참조).

13.2.2 본딩 물질 두께 본딩 물질 두께 변화가 $\pm 10\% \sim \pm 25\%$ 인 경우.

13.2.3 전면 패널 두께 전면 패널 두께가 $10\% \sim 25\%$ 범위 내로 감소한 경우.

표 1. 대각길이 160mm를 초과하는 프리스트레스 밴드 CRTs의 시험프로그램 및 샘플링 표

샘플링 플랜	CRT설계 ^a	온도 조건				방폭시험 그룹		
		CRT수량	공기 챔버 운전			CRT 수량		
			온도 ℃	상대습도 %	시간 h	8.1 (불) ^c	8.3 (thermal)	8.2 (미사일)
I	신구조	5	-	-	-	그룹A	그룹B	그룹C
		4	150 ^d	-	48 ^d	2	1	2
		4	50	90~95	48	2	1	1
		4	e	-	e	2	1	1
II	기 승인된 레진, 테이프를 사용한 신구조	12	-	-	-	6	2	4
III	밴드 only 또는 밴드추가	9	-	-	-	4	2	3
IV	구조호환성 (alternative construction)	6	-	-	-	3	2	1
a. 설계 형태 변화에 관한 상세요건은 11항을 참조 b. 오븐의 온도공차는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$이어야 한다. c. 눈에 보이는 손상이 없는 CRT를 8.2와 8.3항에 따라 시험한다. 만일 수공할 수 없는 결과가 나온다면 그 결과를 그대로 결론 내리지 말 것을 고려해야 한다. 이 전의 시험이 CRT를 약하게 만들었을지도 모르기 때문에 새로운 샘플을 시험해야 한다. d. IEC 60216-1에 따른 시간/온도 조합에 근거한 다른 아레니우스(Arrhenius)식이 사용될 수도 있다. (예 140°C, 96h / 130°C, 168h / 120°C, 336h / 110°C, 672h) e. 하루 2사이클의 속도로 $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 범위를 회전시켜 주어야 하고 총 5사이클을 운전해야 한다. 각 끝 점($-40^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$)에서의 온도가 4시간씩 유지되어야 한다.								

표 2. 대각길이 76mm ~ 160mm 사이의 프리스트레스 밴드 CRTs의 시험프로그램 및 샘플링 표

샘플링 플랜	CRT설계 ^a	온도 조건				방폭시험 그룹		
		CRT수량	공기 챔버 운전			CRT 수량		
			온도 ℃ ^b	상대습도 %	시간 h	9.1 (불) ^c	9.3 (thermal)	9.2 (high불) _f
I	신구조	5	-	-	-	그룹A 2	그룹B 1	그룹C 2
		4	150 ^d	-	48 ^d	2	1	1
		4	50	90~95	48	2	1	1
		4	e	-	e		1	1
II	기 승인된 레진, 테이프를 사용한 신구조	12	-	-	-	6	2	4
III	밴드 only 또는 밴드추가	9	-	-	-	4	2	3
IV	구조호환성 (alternative construction)	6	-	-	-	3	2	1
a. 설계 형태 변화에 관한 상세요건은 11항을 참조 b. 오븐의 온도공차는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$이어야 한다. c. 눈에 보이는 손상이 없는 CRT를 9.2와 9.3항에 따라 시험한다. 만일 수긍할 수 없는 결과가 나온다면 그 결과를 그대로 결론 내리지 말 것을 고려해야 한다. 이 전의 시험이 CRT를 약하게 만들었을지도 모르기 때문에 새로운 샘플을 시험해야 한다. d. IEC 60216-1에 따른 시간/온도 조합에 근거한 다른 아레니우스(Arrhenius)식이 사용될 수도 있다. (예 140℃, 96h / 130℃, 168h / 120℃, 336h 110℃, 672h) e. 하루 2사이클의 속도로 -40℃~+70℃ 범위를 회전시켜 주어야 하고 총 5사이클을 운전해야 한다. 각 끝 점(-40℃/70℃)에서의 온도가 4시간씩 유지되어야 한다. f. 9.1항의 시험에서 빠른 탈진공이나 폭발이 일어나지 않으면 9.2항을 적용한다.								

표 3. 대각길이 160mm를 초과하는 본드 프레임 CRTs의 시험프로그램 및 샘플링 표

샘플링 플랜	CRT설계 ^a	온도 조건				방폭시험 그룹		
		CRT수량	공기 챔버 운전			CRT 수량		
			온도 ℃	상대습도 %	시간 h	8.1 (불) ^c	8.3 (thermal)	8.2 (미사일)
I	신구조	5	-	-	-	그룹A	그룹B	그룹C
		4	150 ^d	-	48 ^d	2	1	2
		4	50	90~95	48	2	1	1
		4	e	-	e		1	1
II	구조호환성 (alternative construction)	6	-	-	-	3	2	1

a. 설계 형태 변화에 관한 상세요건은 12항을 참조
b. 오븐의 온도공차는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이어야 한다.
c. 눈에 보이는 손상이 없는 CRT를 8.2와 8.3항에 따라 시험한다. 만일 수공할 수 없는 결과가 나온다면 그 결과를 그대로 결론 내리지 말 것을 고려해야 한다. 이 전의 시험이 CRT를 약하게 만들었을지도 모르기 때문에 새로운 샘플을 시험해야 한다.
d. IEC 60216-1에 따른 시간/온도 조합에 근거한 다른 아레니우스(Arrhenius)식이 사용될 수도 있다.
(예 140°C , 96h / 130°C , 168h / 120°C , 336h / 110°C , 672h)
e. 하루 2사이클의 속도로 $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 범위를 회전시켜 주어야 하고 총 5사이클을 운전해야 한다. 각 끝 점($-40^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$)에서의 온도가 4시간씩 유지되어야 한다.

표 4. 대각길이 76mm ~ 160mm 사이의 본드 프레임 CRTs의 시험프로그램 및 샘플링 표

샘플링 플랜	CRT설계 ^a	온도 조건				방폭시험 그룹		
		CRT수량	공기 챔버 운전			CRT 수량		
			온도 °C ^b	상대습도 %	시간 h	9.1 (불) ^c	9.3 (thermal)	9.2 (high 불) ^f
I	신구조	5	-	-	-	그룹A	그룹B	그룹C
		4	150 ^d	-	48 ^d	2	1	1
		4	50	90~95	48	2	1	1
		4	e	-	e		1	1
IV	구조호환성 (alternative construction)	6	-	-	-	3	2	1

a. 설계 형태 변화에 관한 상세요건은 12항을 참조
b. 오븐의 온도공차는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이어야 한다.
c. 눈에 보이는 손상이 없는 CRT를 9.2와 9.3항에 따라 시험한다. 만일 수공할 수 없는 결과가 나온다면 그 결과를 그대로 결론 내리지 말 것을 고려해야 한다. 이 전의 시험이 CRT를 약하게 만들었을지도 모르기 때문에 새로운 샘플을 시험해야 한다.
d. IEC 60216-1에 따른 시간/온도 조합에 근거한 다른 아레니우스(Arrhenius)식이 사용될 수도 있다.
(예 140°C , 96h / 130°C , 168h / 120°C , 336h / 110°C , 672h)
e. 하루 2사이클의 속도로 $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 범위를 회전시켜 주어야 하고 총 5사이클을 운전해야 한다. 각 끝 점($-40^{\circ}\text{C}/70^{\circ}\text{C}$)에서의 온도가 4시간씩 유지되어야 한다.
f. 9.1항의 시험에서 빠른 탈진공이나 폭발이 일어나지 않으면 9.2항을 적용한다.

표 5. 대각길이 160mm를 초과하는 라미네이트 CRTs의 시험프로그램 및 샘플링 표

샘플링 플랜	CRT설계 ^a	온도 조건			방폭시험 그룹		
		CRT수량	공기 챔버 운전		CRT 수량		
			온도 °C ^b	시간 h	8.1 (불) ^c	8.3 (thermal)	8.4 (high energy)
I	신구조	5	-	-	그룹A	그룹B	그룹C
		5	150 ^d	48 ^d	2	1	2
II	구조호환성 (alternative construction)	5	-	-	2	1	2

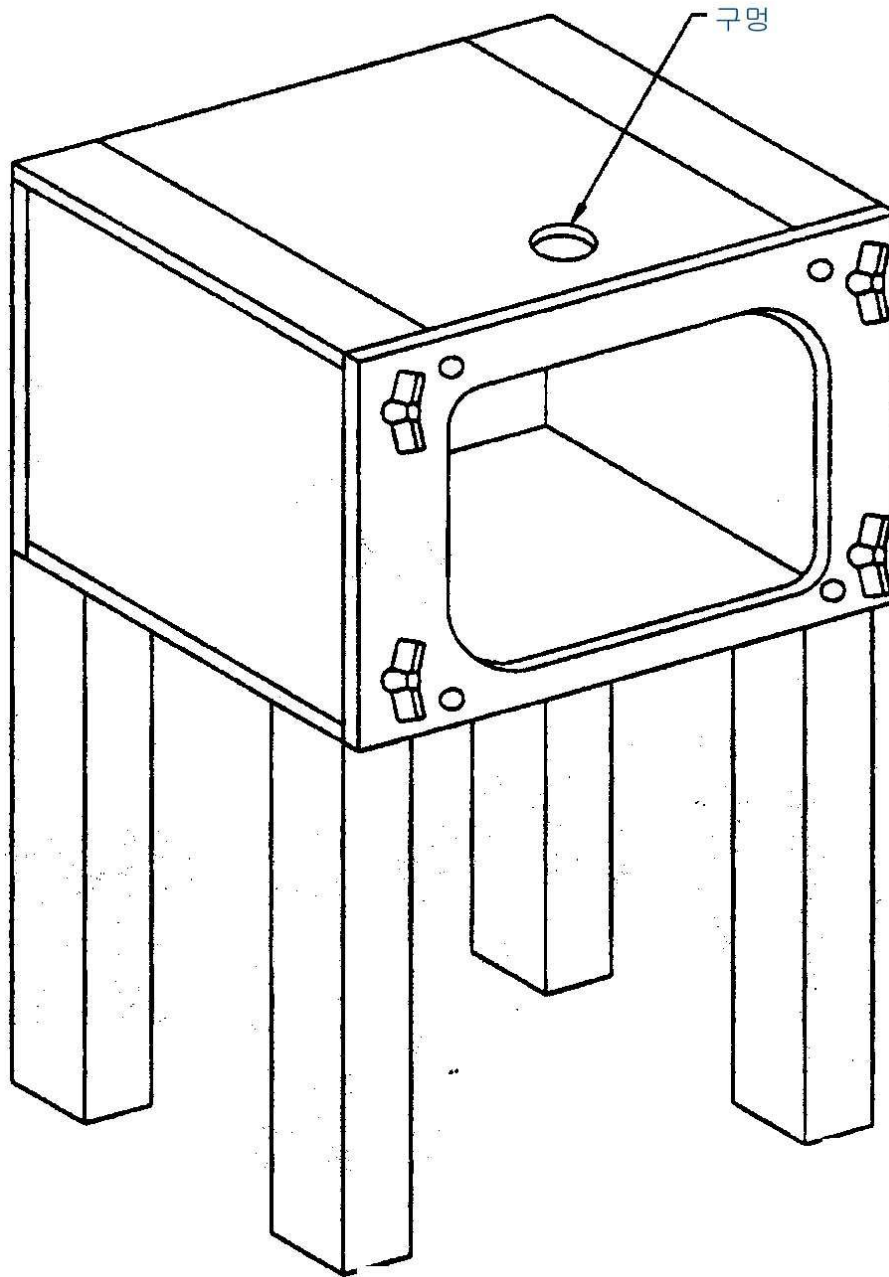
a. 설계 형태 변화에 관한 상세요건은 13항을 참조
b. 오븐의 온도공차는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이어야 한다.
c. 눈에 보이는 손상이 없는 CRT를 8.2와 8.3항에 따라 시험한다. 만일 수공할 수 없는 결과가 나온다면 그 결과를 그대로 결론 내리지 말 것을 고려해야 한다. 이 전의 시험이 CRT를 약하게 만들었을지도 모르기 때문에 새로운 샘플을 시험해야 한다.
d. IEC 60216-1에 따른 시간/온도 조합에 근거한 다른 아레니우스(Arrhenius)식이 사용될 수도 있다.
(예 140°C , 96h / 130°C , 168h / 120°C , 336h / 110°C , 672h)

표 6. 대각길이 76mm ~ 160mm 사이의 라미네이트 CRTs의 시험프로그램 및 샘플링 표

샘플링 플랜	CRT설계 ^a	온도 조건			방폭시험 그룹		
		CRT수량	공기 챔버 운전		CRT 수량		
			온도 ℃ ^b	시간 h	9.1 (불) ^c	9.3 (thermal)	9.4 (high불) f
I	신구조	4	-	-	그룹A 2	그룹B 1	그룹C 1
		4	150 ^d	48 ^d	2	1	1
IV	구조호환성 (aiternative construction)	3	-	-	1	1	1
a. 설계 형태 변화에 관한 상세요건은 12항을 참조 b. 오븐의 온도공차는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이어야 한다. c. 눈에 보이는 손상이 없는 CRT를 9.2와 9.3항에 따라 시험한다. 만일 수공할 수 없는 결과가 나온다면 그 결과를 그대로 결론내리지 말 것을 고려해야 한다. 이 전의 시험이 CRT를 약하게 만들었을지도 모르기 때문에 새로운 샘플을 시험해야 한다. d. IEC 60216-1에 따른 시간/온도 조합에 근거한 다른 아레니우스(Arrhenius)식이 사용될 수도 있다. (예 140℃, 96h / 130℃, 168h / 120℃, 336h 110℃, 672h)							

표 7. CRT크기와 편향각 범위

CRT대각 길이 범위 (mm)		편향각 (。)	
라미네이트 구조	프리스트레스 밴드 & 본드 프레임 구조	라미네이트 구조	프리스트레스 밴드 & 본드 프레임 구조
76 ~ 160	76 ~ 160	40이상	40 ~ 69
161 ~ 320	161 ~ 255		70 ~ 99
321 ~ 520	256 ~ 350		100 ~ 112
521 ~ 690	351 ~ 460		113이상
691 ~ 850	461 ~ 540		
	541 ~ 640		
	641 ~ 740		
	741 ~ 890		
	891 ~ 1,200		



주1 : 캐비닛은 20mm두께의 합판이나 비슷한 강도의 금속재질로 만들어야하고 앞의 판넬은 20mm두께의 합판으로 만들어야 한다.

주2 : 폭축시 캐비닛 안으로 공기의 유입이 될 수 있도록 CRT표면의 1/4이상 또는 0.02mm^2 의 뚫린 구멍이 있어야 한다.

그림 1. 시험 캐비닛의 예

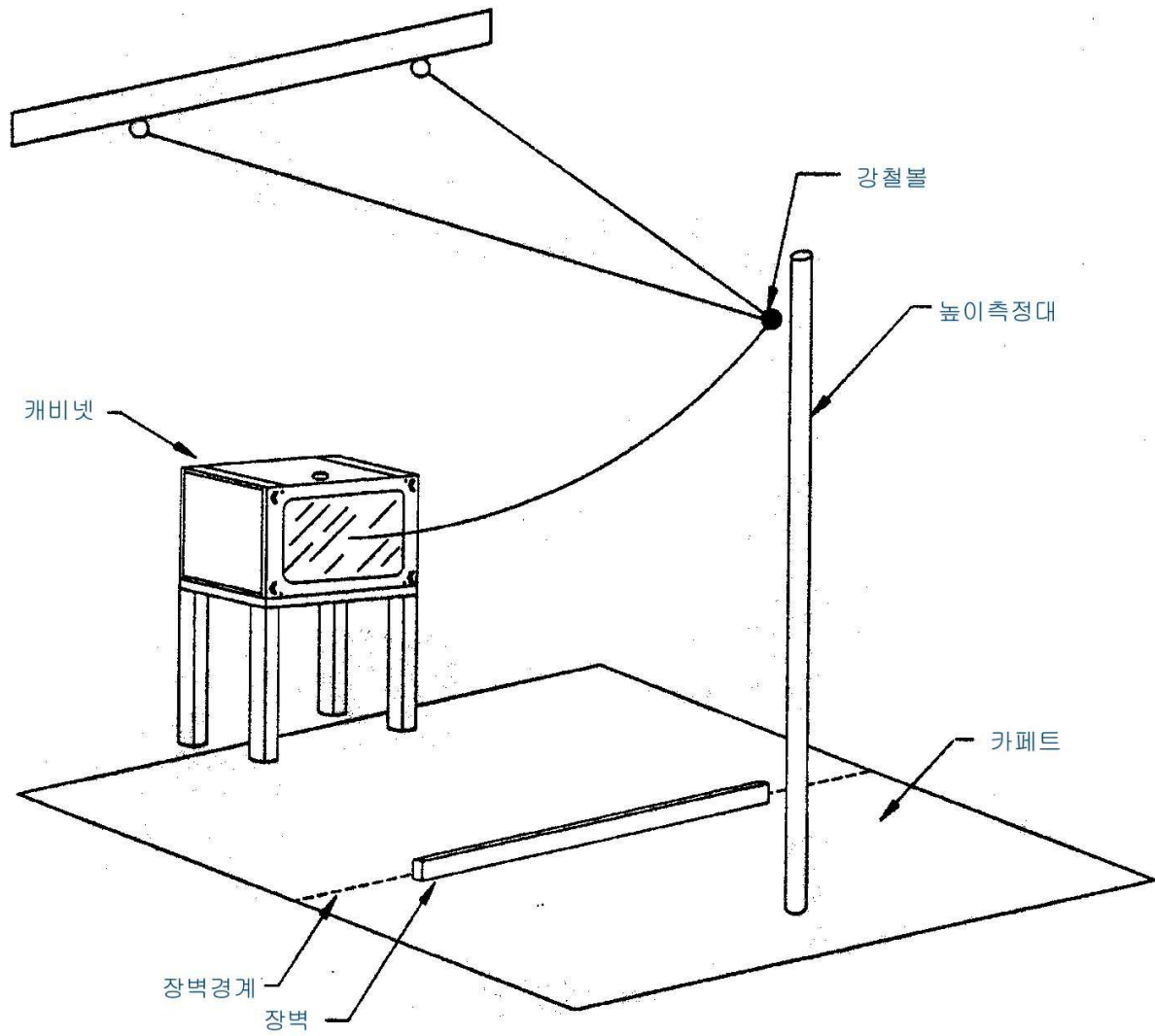
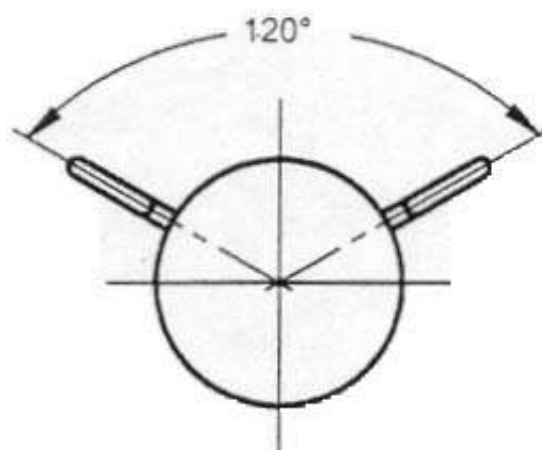
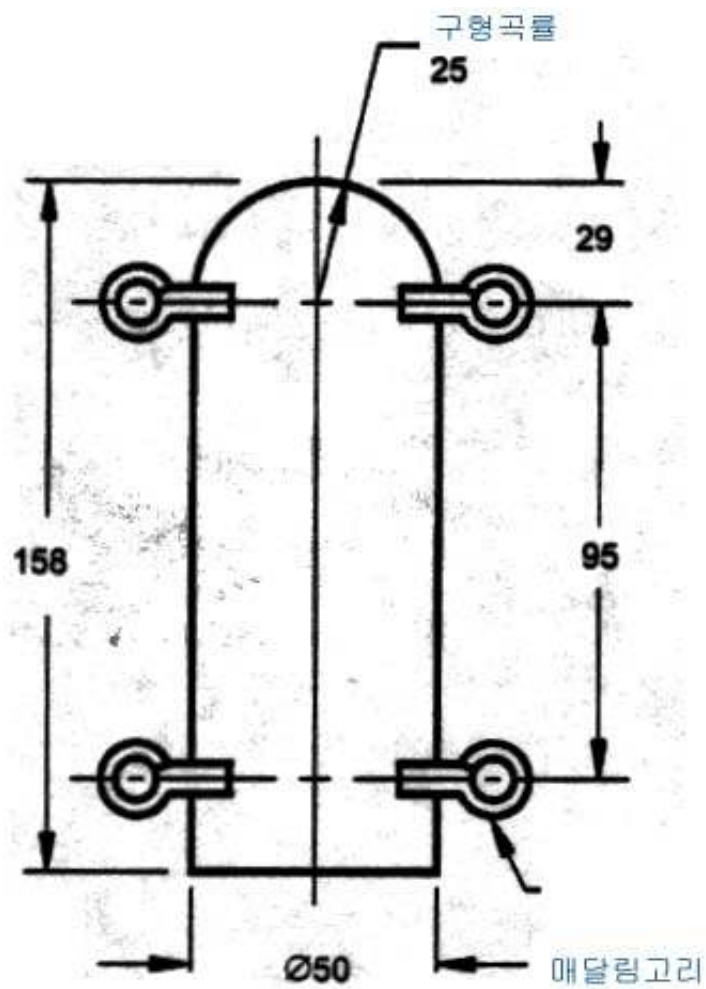
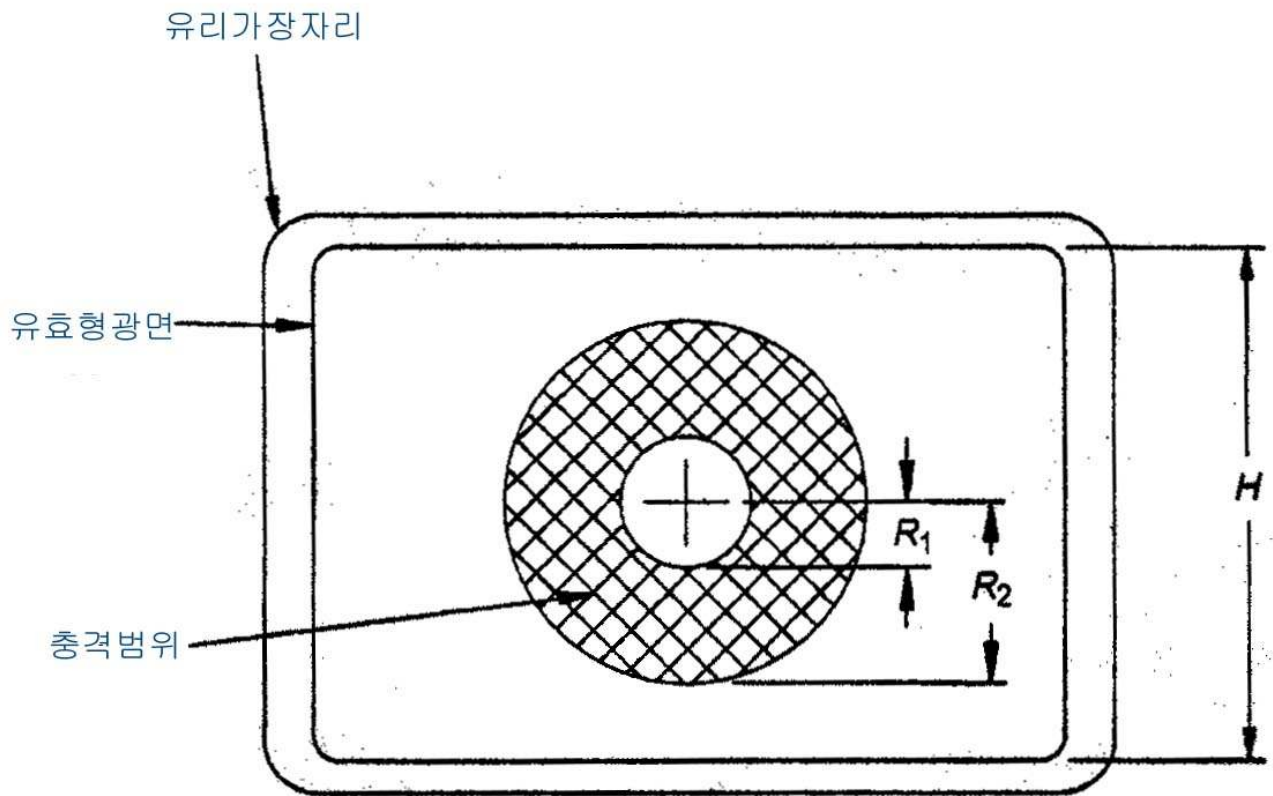


그림 2. 볼 충격 시험의 예



단위 : mm

그림 3. 2.3kg 강철 미사일의 예



key

H : 유효형광면의 높이

R1 : $H/6$

R2 : $H/2 - 50 \text{ mm}$

그림 4. CRT에서 미사일 충격 부위

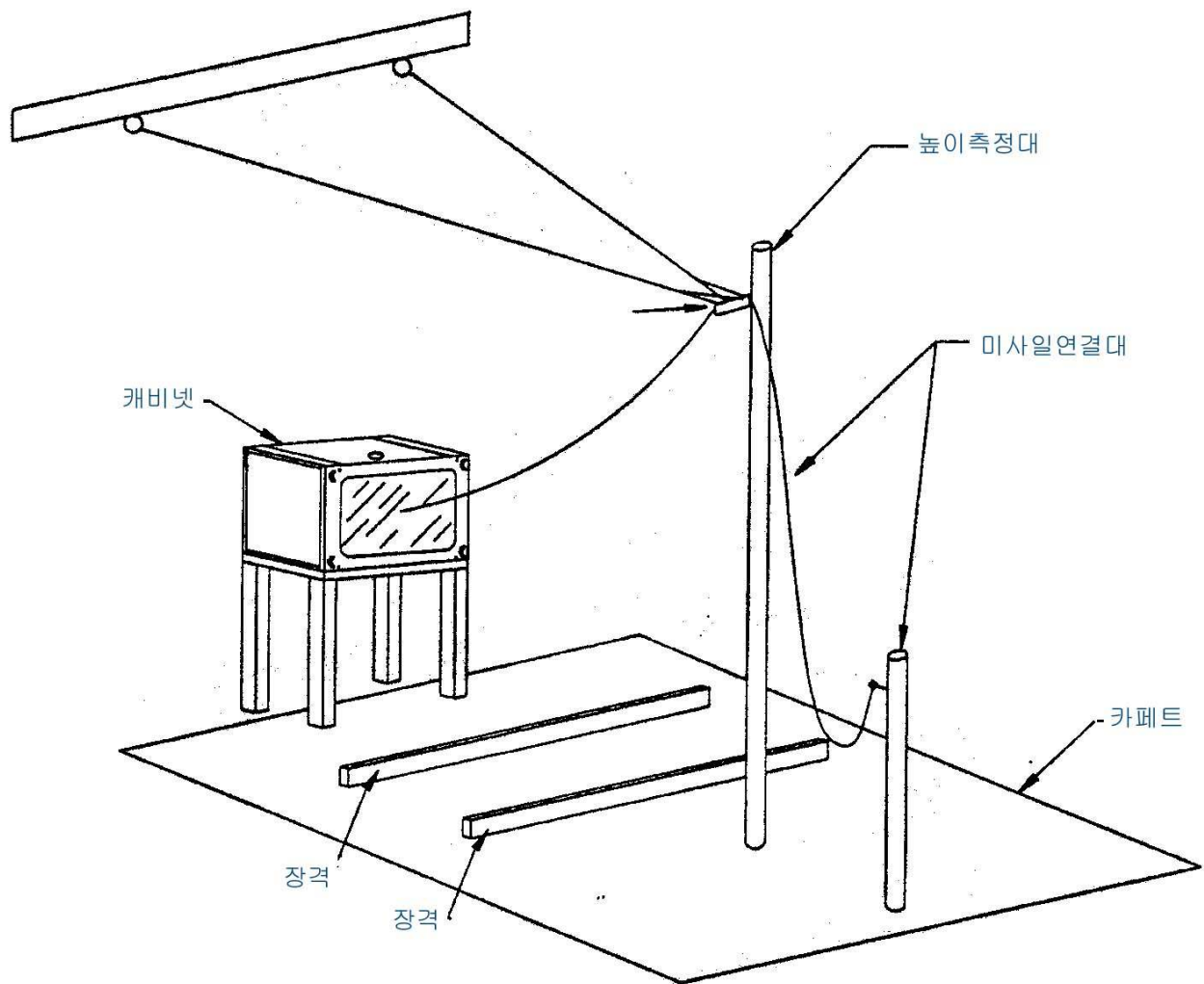
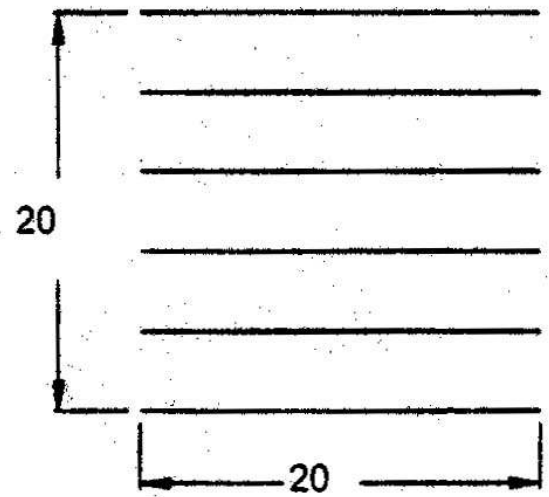
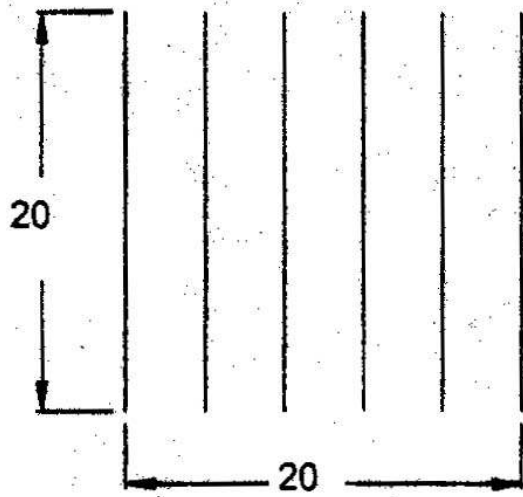
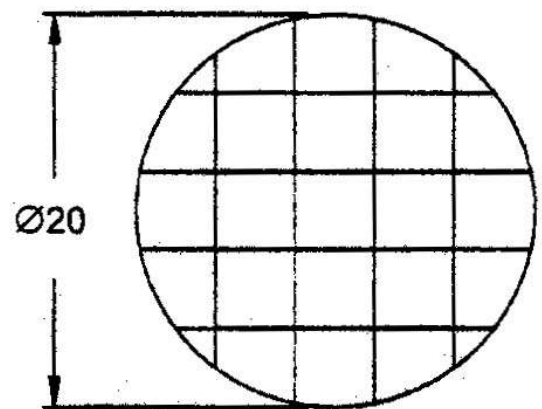
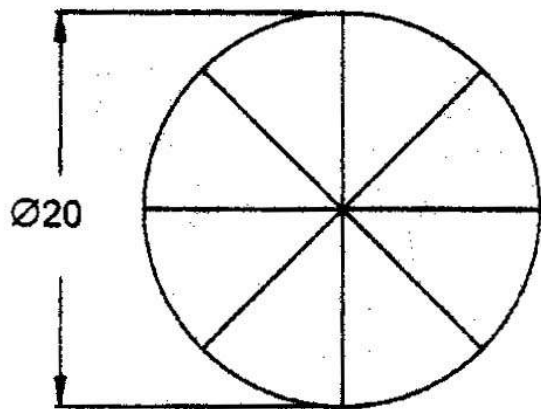
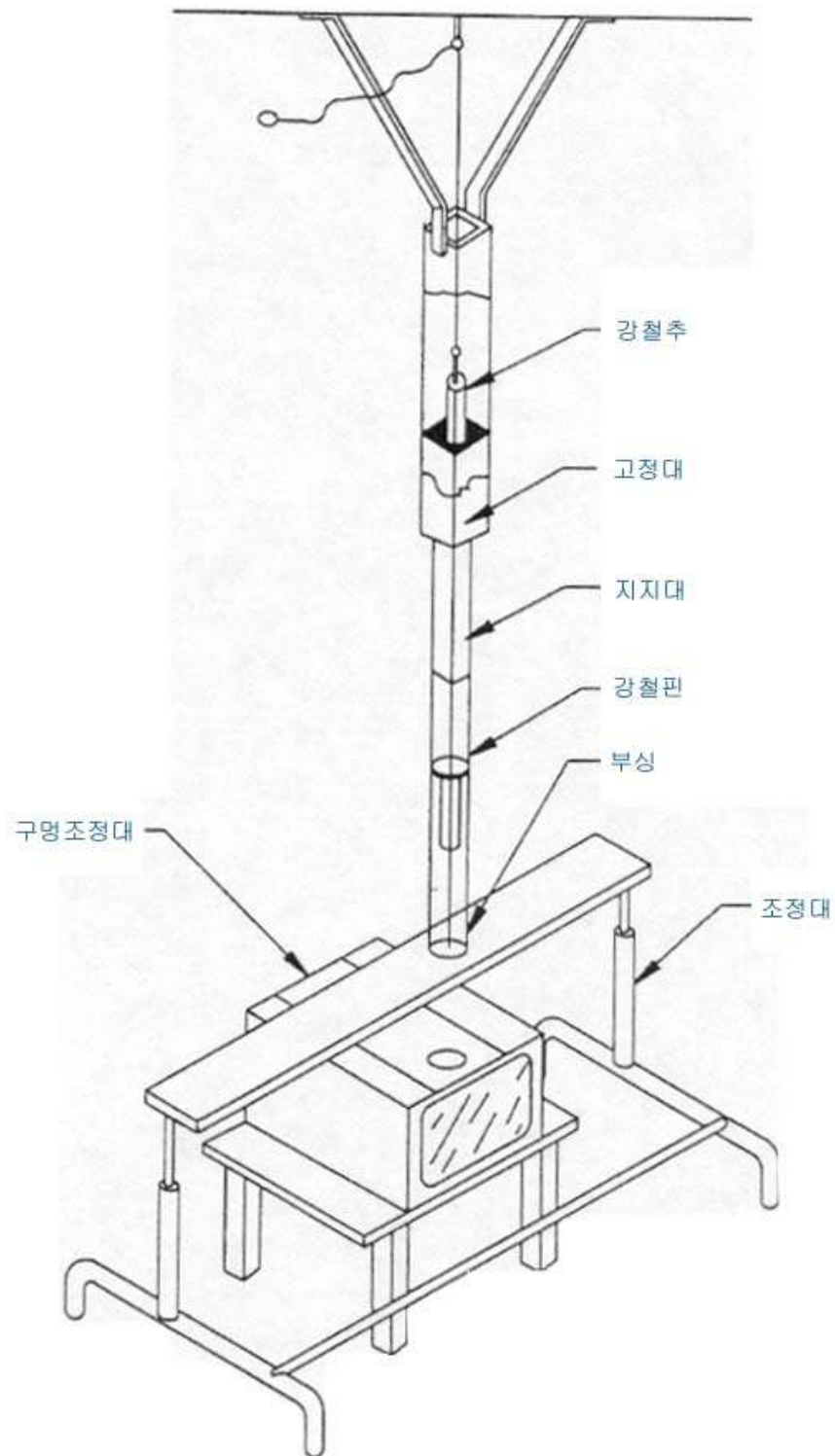


그림 5. 미사일 충격 시험의 예



단위 : mm

그림6. 열충격 시험에서 스크래치 패턴 형태



주 : 핀으로 충격을 가했을 때 6mm정도 관통되도록 조정대의 높이를 조정한다.

그림 7. 고에너지 충격시험 설비의 예

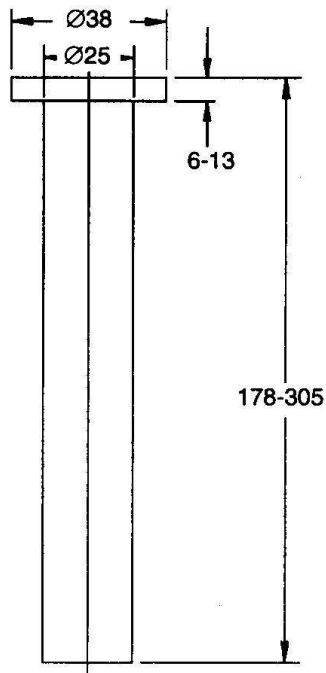


그림8a - 대각선 길이 160mm 이상인 CRT에 사용되는
고 에너지 충격시험 강철핀의 예

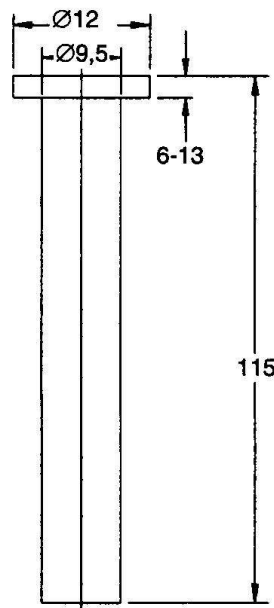
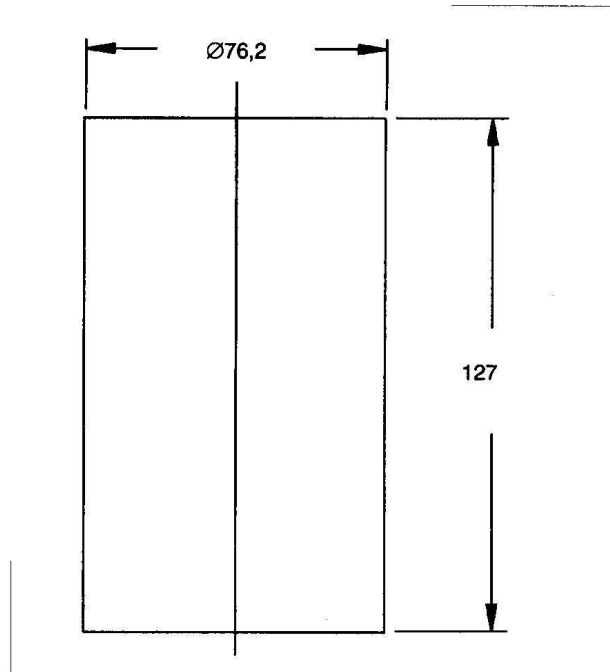
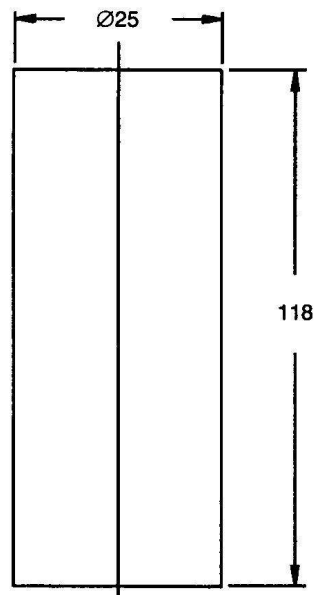


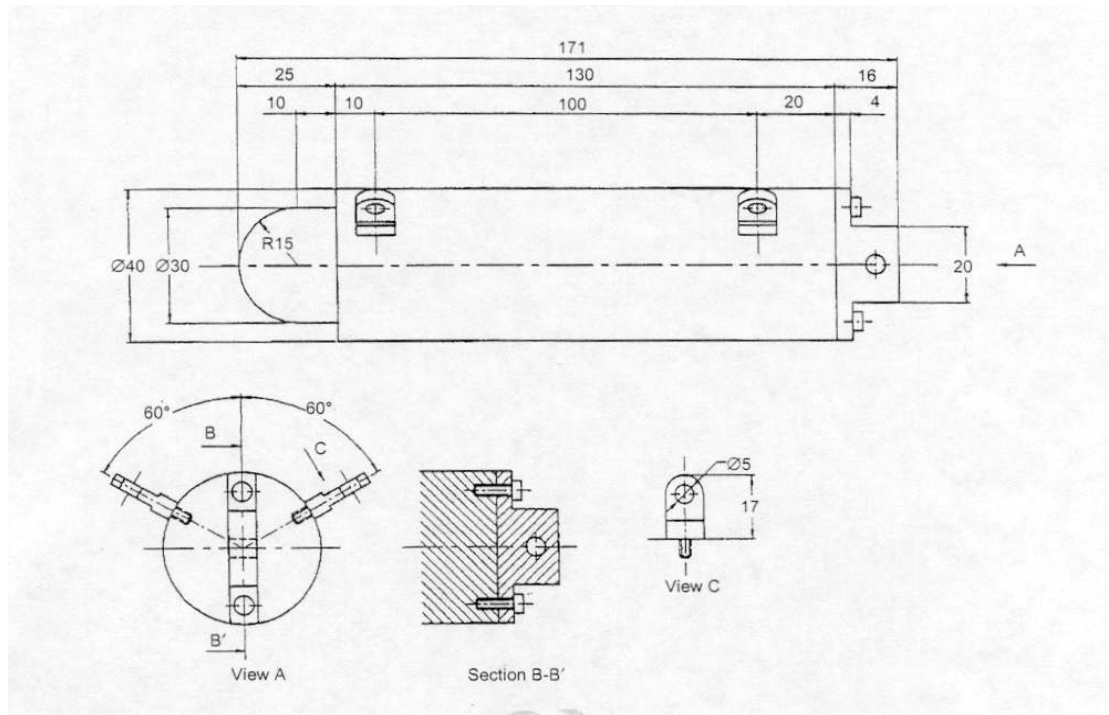
그림8b - 대각선 길이 76-160mm 사이에 사용되는
고 에너지 충격시험 강철핀의 예



**그림9a - 대각선 길이 160mm 이상인 CRT의 고 에너지
충격시험에 사용되는 4.5kg 추의 예**



**그림9b - 대각선 길이 76-160mm 사이의 CRT 고 에너지
충격시험에 사용되는 0.45kg 추의 예**



- 주 1 : 단위 - mm
 주 2 : 무게 - 1.4kg
 주 3 : 로크웰경도 > 60
 주 4 : 표면 - 크롬도금

그림 10. 1.4kg 강철미사일의 예

부록 A (INFORMATIVE)

표준 개발에 대한 배경

94년 11월 8-9일에 아인트호벤(Eindhoven)에서 열린 회의에서 IEC TC39는 CRT의 기계적 강도의 승인에 관하여, 현재 세계적으로 혼동이 되고 비용이 많이 드는 상황이 전개되고 있다고 언급했다. IEC 60065의 현 18조항은 여전히 대부분의 나라에서 사용되어지고 있고 만족스럽다고 증명되고 있다. 양국 표준(binational standard)인 UL 1418/CSA-C22.2 NO.228-92 또한 주로 북미 대륙에서 승인 시 사용되어지고 있다. 위원회는 지금의 표준을 완벽하게 대체할 수 있는 새로운 표준을 개발하기 위하여 New Work item 39/231/NP을 제안하기로 결정했다. 투표를 통해 상당한 지지가 있다는 것이 드러났고 이태리, 일본, 한국, 네덜란드, 영국, 미국, 캐나다 그리고 독일 등의 각 나라에서의 전문가들로 구성된 working group 2가 만들어 졌다.

IEC 60065는 IEC TC92의 책임 아래의 설비 표준(equipment standard)이다. 부품 사용자 요구에 따라 정확한 지침이 주어질 수 있도록 부품 표준에 관하여 필요조건이 정해져야 한다는 IEC 정책선상에서 TC39는 IEC 60065의 18조항을 대체할 새로운 표준 만들기 작업이 시작되었다.(Administrative Circular NO.71/1988)

첫 미팅에서 TC39WG2는 사실상 IEC 60065의 18조항과 국제 UL/CSA 표준은 조화를 이뤄야 할 필요가 있는 두개의 표준이라고 언급했다. 두개의 표준은 시험절차가 유사하고 둘 다 CRT의 폭축 또는 탈진공에 의한 사용자들에게 끼치는 영향과 기계적인 강도를 증명하기 위한 시험과 시스템에 대한 내용을 포함하고 있다. 그리고 두개의 표준 다 방폭 시스템을 가진 CRT만 다루고 있다.

30년 동안의 이 두개 표준을 사용하면서 경험이 축적되어 왔다. 그리고 그 동안 CRT의 기술도 방폭 시스템분야와 대형CRT 쪽으로 많이 발전되어 왔다. 경험적으로 어떠한 특정 분야의 해석 등이 필요해지고 있다.

제안이 된 표준은 다음 주요 조항들을 포함한다 :

- 시험전의 환경조건 사용지침서;
- CRT의 사용 시 사용자들이 해를 당하지 않도록 확실히 충격을 견디어 낼 수 있고 기계적으로도 튼튼한 CRT를 정확히 판별할 수 있는 시험 방법과 필요요건;
- CRT의 폭축이나 빠른 탈진공 경우, 폭축이 조절 가능하게 발생되도록 하는 시험 방법과 필요요건;
- 새로운 디자인이나 또는 설계 변경 시 시험할 때 시험할 CRT의 수량을 정할 수 있는 상세 샘플링표;
- 소형(대각길이 76mm-160mm) CRTs와 대형 CRTs(대각길이 160mm초과)를 위한 시험 방법과 필요요건

새로운 표준을 개발하는 동안 TC39WG2의 멤버들은 이 표준에 의해 CRT의 사용자들이 확실히 보호받을 수 있고 기존 표준의 엄격한 요구사항보다 떨어지지 않도록 새로운 시험 방법을 만들기 위해서 포괄적인 평가 프로그램과 계산을 개발했다. 그 결과는 다음과 같이 요약되어진다 :

A.1 기계적 강도 시험

- a) 볼 충격 시험은 CRT가 어떤 물체에 충격받을 상황을 가정하여 시도한다. 충격받을 물체와 모양과 에너지는 다양하지만 이 시험을 위해 단일 장치(single device)의 크기와 에너지를 선택하는 것을 표준화하기 위한 것이다. 최소의 변화로 재현 가능하고 반복적이기 때문이다.
- b) IEC 60065에서는 전부터 사용한 40mm / 5.5J의 볼 시험이 선택되었고 양국표준(binational standard)에 의해 51mm / 7J의 볼을 사용하여 시험할 수 있고 1.5m에 한 개의 장벽만 사용한다면 일반적으로 두 경우 모두 같은 시험으로 볼 수 있다.
- c) 탄도학적, 통계적으로 계산된, 0.025g 입자(이 표준에서 허용되는 최대한계)의 운동에너지는 $1 \times 10^{-4} \text{J}$ 이고 최대 입자의 속도는 약 4m/s(9mph)이다. 이 에너지는 인간피부의 점탄성적 특성을 고려하여 인간에게 피해를 입힐 정도의 힘은 아니다. (평상 행동을 하는 사람들도 이 입자보다 훨씬 크고 더 빠른 공기중의 물질과 자주 부딪히게 된다)

A.2 폭축 시험

보다 두꺼운 화면유리의 대형 CRT의 출현과 라미네이트 스크린의 사용 때문에 위의 볼 충격 시험을 사용하여서는 빠른 탈진공이 불가능하다. 따라서 방폭 시스템의 유효성을 검사하기 위해서 큰 크기의 물체(미사일 또는 고 에너지)를 사용한 시험이 필요하다.

A.3 소형 CRT(76-160mm 대각길이)

방폭 시스템은 작은 CRT에도 필요하다고 판명되어졌고 스케일을 작게 한 시험이 개발되어졌다.

A.4 평가 시간

5초라는 것은 스트레스 이완을 포함해서 신속한 탈진공의 결과를 평가하는데 있어 만족함을 고려했다.

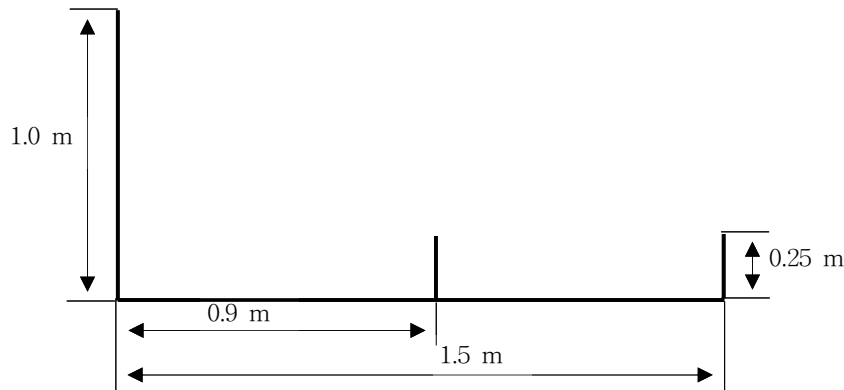
부록 B (INFORMATIVE)

볼 충격으로 발생하는 탄도-통계적 계산에 의한 유리파편의 위치 에너지와 속도

B.1 서문

주어진 과제는 볼 충격시험 시 방출되는 유리파편이 장벽을 넘어갈 때 갖고 있는 잠재력을 결정하는 것이었다. 장벽은 UL/CSA규격에서 0.9m위치, 이 표준에서 1.5m에 위치한다. 주어진 거리에서 25mg의 질량을 갖는 유리파편의 순간적인 힘을 계산하는 것이 필요하고, 이것은 IEC 60065 18조항에 있는 10g 질량의 유리파편이 1.5m에 도달했을 때의 힘과 비교할 수 있다.

0.9m와 1.5m에 위치한 높이 0.25m의 장벽을 넘어가는 최소의 속도를 갖는 유리파편은 수직 높이 1m에서 방출된다. 가능한 공기저항을 이 방정식의 요인으로 고려하였다. 덧붙여 인간피부가 찢어지기 직전까지 견딜 수 있는 힘을 결정하는 것은 의학적 연구에 의한 정보를 활용하였다.



그림B.1 CRT 화면으로부터의 거리와 장벽 높이

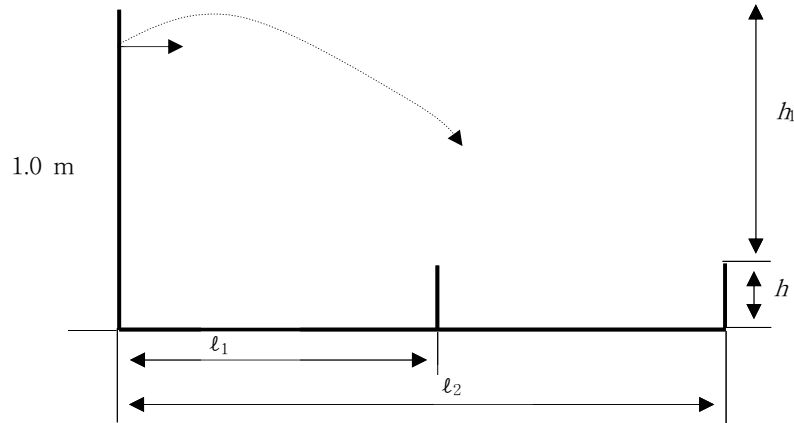
이 부록의 목적은 CRT로부터 방출되는 유리파편의 잠재력과 속도를 검토하는 것이다. 이 부록에서 공기저항의 영향이 있는 경우와 없는 경우를 고려하여 유리파편에 대한 것을 분석하였고 결론을 도출하였다.

B.2 공기 저항을 무시한 분석

B.2.1 서문

CRT에서 유리파편이 방출된 후 파편에 영향을 주는 주된 힘은 중력과 공기저항이다. 방출된 유리파편이 어떤 속도와 각도를 갖느냐에 따라 유리파편의 궤적이 결정된다. 먼저 분석적으로 풀기 위한 운동방정식이 가능하기 때문에 공기저항을 무시한 분석을 설명하겠다. 유리파편의 모양으로 인한 공기저항의 변화는 매우 적을 것으로 생각된다. 이때 유리파편의 궤적은 포물선을 그릴 것이다(그림 B.2).

UL/CSA에서 시험장벽은 ℓ_2 거리에 위치한 높이 h 이고, IEC 시험 장벽은 ℓ_1 거리에 위치한다. 각각의 값은 표 B.1에 있다. CRT의 방폭시스템은 25mg의 질량을 갖는 유리파편이 각각의 거리를 초과하지 않음을 보장하는 것이다.



그림B.2 유리파편의 궤적과 거리의 정의에 대한 예

표 B.1 거리 값 Trajectory

거 리	값(m)
h	0.25
h_1	0.75
ℓ_1	1.5
ℓ_2	0.9

B.2.2 운동방정식

그림B.3은 초기속도 v_0 , β 의 각도로 CRT로부터 날아가는 유리파편을 보여주고 있다. 유리파편에 작용하는 힘은 중력뿐이다. x - y 좌표에서 힘의 평행이 이루어진다면 뉴턴의 운동법칙은 다음과 같다.

$$(\Sigma)ma_x = 0$$

$$(\Sigma)ma_y = 0$$

m : 유리파편의 질량(kg)

a_x : x 축 성분의 가속도(m/s^2)

a_y : y 축 성분의 가속도(m/s^2)

g : 중력가속도($9.8m/s^2$)

또한 그림B.3에서 보여주는 것처럼 초기조건 값을 넣고 2번 적분하면 아래와 같은 관계식이 나온다.

$$x = v_0 \cos \beta \times t$$

$$y = v_0 \sin \beta \times t - 1/2 g t^2$$

x : x축 상의 거리

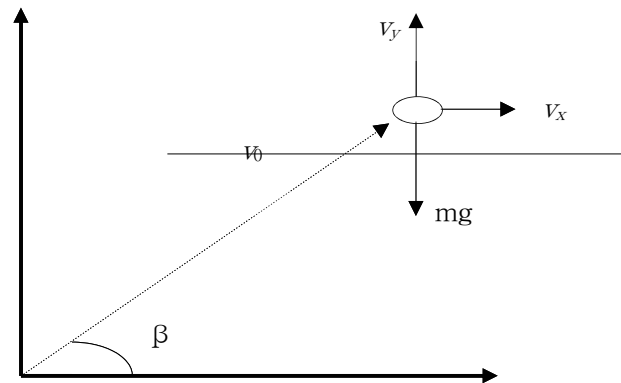
y : y축 상의 거리

v_0 : 초기속도

β : 유리파편 방출시 초기각도

t : 시간

주: 시간에 대한 거리의 미분은 속도이고 시간에 대한 속도의 미분은 가속도이다.



그림B.3 초기각도와 초기속도의 정의와 유리파편에 미치는 힘

B.2.3 지정된 거리에 도달하기 위한 최소한의 속도

운동방정식에서 모르는 값은 초기속도와 시간이다. 초기속도는 β 값에 좌우된다. 여기서 알 수 있는 값은 $x=l_1$ or l_2 , $y=h$ (표 B.2, 그림B.1)

그 식에서 2번째 식에 1번째 식을 대입하면 시간 t 에 대한 식이 결정된다.

$$x = v_0 \cos \beta \times t \quad \rightarrow \quad t = x / (v_0 \cos \beta)$$

$$y = v_0 \sin \beta \times x / v_0 \cos \beta - 1/2 g (x / v_0 \cos \beta)^2$$

결국 다음 식이 얻어진다

$$v_0 = \sqrt{(gx^2) / (2x \sin \beta \cos \beta - 2y \cos^2 \beta)}$$

그림B.4는 초기각도 β 의 함수로서 $x=l_1$ (실선), $x=l_2$ (점선)의 장벽을 넘어가는데 필요한 초기속도를 나타내고 있다.

- 만일 초기각도는 β 가 0일 때 유리파편 속도가 3.8 m/s 이상이면 2개의 장벽을 넘어갈 것이다.
- 만일 초기각도는 β 가 0일 때 유리파편 속도가 2.3 m/s 이하이면 0.9m 장벽을 넘어가지 못한다.
- 만일 초기각도는 β 가 0일 때 유리파편 속도가 2.3m/s ~ 3.8m/s 이면 0.9m 장벽과 1.5m 장벽 사이에 떨어질 것이다.

이것은 상한과 하한의 경계조건을 갖는 함수임을 보여주는 것이다. β 값이 그림B.4의 범위를 초과할 경우 유리파편이 어떤 초속도를 갖더라도 장벽을 넘어갈 수 없다.

속도의 한계값은 β 의 경계값에서 결정된다. 만일 위의 root방정식에서 분모가 0이면 속도는 무한대이고 β 가 다음 조건일 때 나타난다.

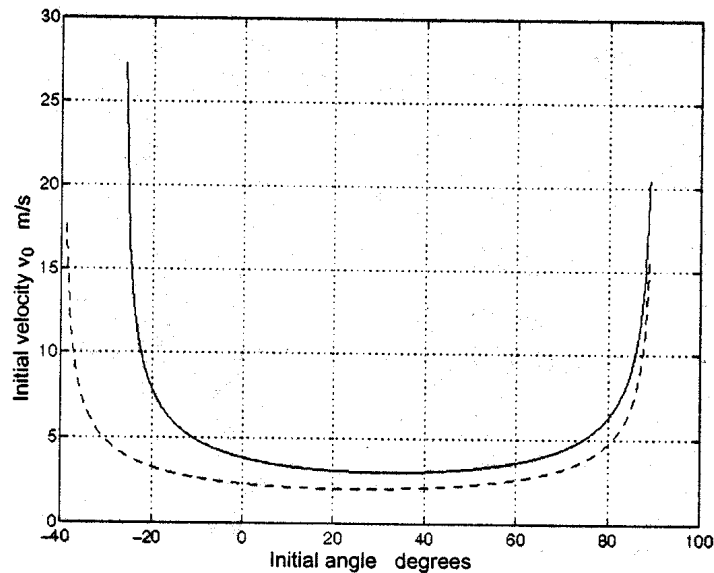
$$\beta = \tan^{-1}(y/x)$$

표 B.2는 경계값에서 초기각도를 나타낸다.

표 B.2 상한, 하한 경계값에서 초기각도

장 벽	β_{low}	β_{up}
l_1	-26.7°	90°
l_2	-39.8°	90°

거리 l_1 에 도달하기 위해 필요한 속도가 무한대일 경우 상한 경계각도는 β_{up} 이 된다.



그림B.4 초기각도 β 의 함수로서 $x = l_1$ (실선), $x = l_2$ (점선)에 있는 장벽을 넘어가는데 필요한 초기속도

그림5는 초기속도 4m/s, 초기각도 $-25^\circ \sim 40^\circ$ 사이일 때 유리파편의 각각의 궤적을 나타낸 예이다. y축의 -0.75m 는 장벽의 꼭대기의 위치를 말한다. 유리파편의 초기각도가 -25° 일 경우는 첫 번째 장벽 내에 떨어짐을 보여준다. 각도가 0° 이상일 때는 모두 장벽을 넘어가는 것을 보여주고 있다.

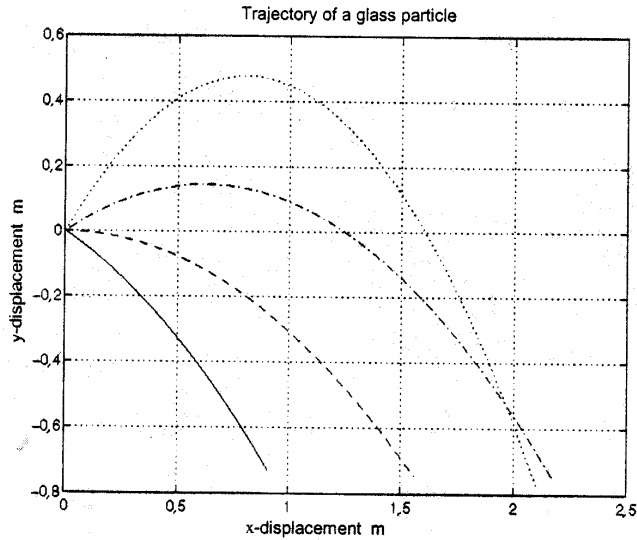


그림5 초기속도 4m/s이고 서로 다른 초기각도일 경우 유리파편의 궤적
(실선: $\beta = -25^\circ$ until $t = 0.25s$, 점선 : $\beta = 0^\circ$ until $t = 0.39s$
dot-점선: $\beta = 25^\circ$ until $t = 0.6s$, dot선 : $\beta = 50^\circ$ until $t = 0.82s$)

B.2.4 운동에너지 비교

다른 표준(UL/CSA)에 부합하는 방출된 유리파편의 운동에너지 비교는 아래와 같다

유리파편의 운동에너지 U_k 는 다음과 같다.

$$U_k = 1/2mv^2$$

v 는 현재속도

$\beta = 0$ 라는 가정에 대한 이론적 제안은 다음과 같다.

질량(m), 초기속도(v_0), 초기각도(β)를 갖는 유리파편의 특성은 평가(깨지는 형태)의 조건 하에서 기계적 강도와 볼 직경(40mm or 50mm), 충격에너지(5.5J or 7.0J)에 좌우된다.

v_0 , β 의 통계적 분포에 대해서 충돌시험 방법에 따른 다음 사항을 고려할 수 있다

1) v_0 는 β 와 무관(최고속도에 대해서 어떤 특별한 β 값도 없다)

2) β 의 분포는 $\beta = 0$ 를 기점으로 대칭이고 β 값의 증가에 대해 v_0 의 확률(probability)은 감소한다
이 특성의 결론은 최고 초속도 v_0 를 갖는 유리파편이 $\beta = 0$ 일 때이다

큰 초기각도와 높은 초기속도의 조합으로 유리파편이 장벽을 넘어간다면 같은 충격에 의해 발생한 유리파편은 같은 초기속도와 더 작은 초기각도로 인하여 더 멀리 날아갈 가능성이 높은 것이다.

이런 모든 것을 고려해서, 볼 충격시험에서 $\beta = 0$ 를 가정했을 때 유리파편 방출기준에 대한 분석은 실제로 최고운동 에너지에 근접했을 때 표현되는 결과로 결정되는 것이다.

B.2.3항과 그림B.4로부터 우리는 0.9m, 1.5m 장벽을 넘어가는 유리파편의 속도는 2.3m/s 3.8m/s임을 알 수 있다.

전자관에서 방출된 운동에너지는 위에 나온 식으로 계산할 수 있고 질량과 속도, 높이에 따라 좌우된다. 0.025g 파편의 경우 0.9m 장벽을 넘기 위한 운동에너지는 $0.66 \times 10^{-4} \text{J}$ 이고 1.5m 장벽을 넘기 위한 운동에너지는 $1.80 \times 10^{-4} \text{J}$ 이다. 파편에 잠재된 운동에너지의 2가지 시나리오 사이의 비율은 1m 높이 $0.66 \times 10^{-4} \text{J}$ vs $1.80 \times 10^{-4} \text{J}$ 의 2.7 요인과 바닥면 $[0.66 \times 10^{-4} \text{J} + (2.45 \times 10^{-4} \text{J})]$ vs $[(1.80 \times 10^{-4} \text{J}) + (2.45 \times 10^{-4} \text{J})]$ 의 1.3 요인에 의해 달라진다. $(2.45 \times 10^{-4} \text{J})$ 의 그림은 파편 위 1m 높이에서 수직 낙하로 인한 위치에너지가 운동에너지로 변환 된 것이다.

IEC 60065 시험에서 1.5m 장벽을 넘는 파편의 무게를 10g까지 허용하고 있다. 이 경우 이 파편의 최대 에너지는 약 0.7J이다.

B.3 공기저항을 고려한 분석

B.3.1 서문

이 절에서는 앞절의 분석에 마찰효과를 포함시켜 반복할 것이다. 이 마찰효과는 공기에 의해 궤적의 변화가 생긴다. 마찰효과는 운동방정식의 비선형 항이 추가되므로 더 이상 분석적으로는 풀 수 없다.

B.3.2 운동방정식

그림B.6은 초속도 v , 각도 α 를 갖는 CRT에서 방출된 파편의 정의를 나타내고 있다. 파편에 영향을 주는 힘은 중력과 마찰력이다. 마찰력은 항상 파편의 궤적에 -로 작용한다. x-y좌표에서 힘의 평형이 되는 뉴턴의 법칙은 아래와 같다.

$$ma_x = -F_w \cos \alpha$$

$$ma_y = -mg - F_w \sin \alpha$$

m : 파편의 질량(kg)

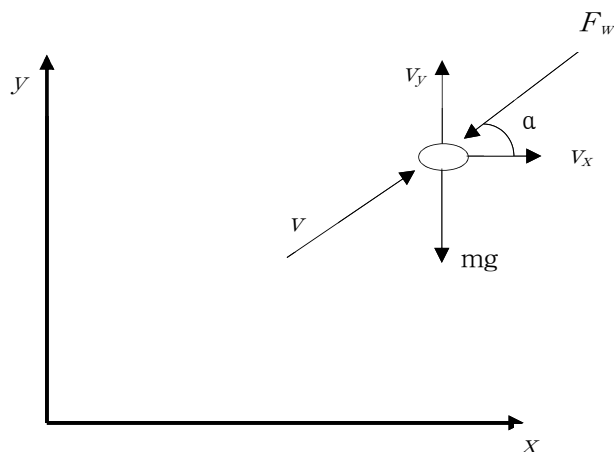
a_x : x축 성분의 파편의 가속도(m/s^2)

a_y : y축 성분의 파편의 가속도(m/s^2)

F_w : 마찰력

α : 파편이 방출될 때의 초기각도

g : 중력 가속도 (9.81m/s^2)



그림B.6 파편에 영향을 주는 힘의 정의

마찰력은 다음과 같이 정의된다.

$$F_w = 1/2 C_w \times A \times \rho_A \times v^2$$

C_w : (마찰)저항계항

A : 파편의 수직단면

ρ_A : 평균 공기밀도

v : 절대속도(그림B.6)

마찰력은 파편의 현재 속도에 좌우되기 때문에 상수가 아니다. 공기밀도는 바닷가 평균 밀도(약 1.2kg/m^3)이다.

C_w 는 RE에 좌우된다. RE는 다음과 같다.

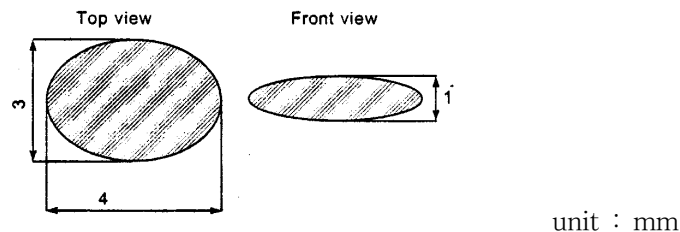
$$RE = (\rho_A \times v \times D) / \mu$$

D : 파편 직경

μ : 평균 점도

약 $1.8 \times 10^{-5} \text{kgm/s}$ 의 점도와 직경 $1 \times 10^{-3} \text{m}$ 을 갖는 파편이 공기 속을 5m/s 의 속도로 움직일 때 RE는 330으로 구해진다. 이때 C_w -RE의 커브에서 C_w 는 0.44이다. C_w 값은 RE=100 ~ 20,000 범위내에서 대략 상수임을 알 수 있다. 그러므로 RE를 구하기 위한 속도와 직경의 개략적인 값은 맞는다고 볼 수 있다.

현재 UL/CSA표준의 요건에서 장벽을 넘어가는 최대 파편의 질량은 25mg 이다. 일반적인 파편의 직경은 그림B.7에서처럼 측정된다. 유리의 밀도가 2730kg/m^3 일 때 이런 형태의 파편은 약 25mg 의 질량을 갖는다. 일반적인 파편의 단면적은 약 $3 \times 10^{-6} \text{m}^2$ 이다.



그림B.7 일반적인 파편의 측정치

마찰력의 식은

$$F_w = 1/2 C_w \times A \times \rho_A \times v^2$$

$$\therefore F_w = 1/2 \times 0.44 \times 3 \times 10^{-6} \times 1.2 \times v^2 = 7.9 \times 10^{-7} \times v^2$$

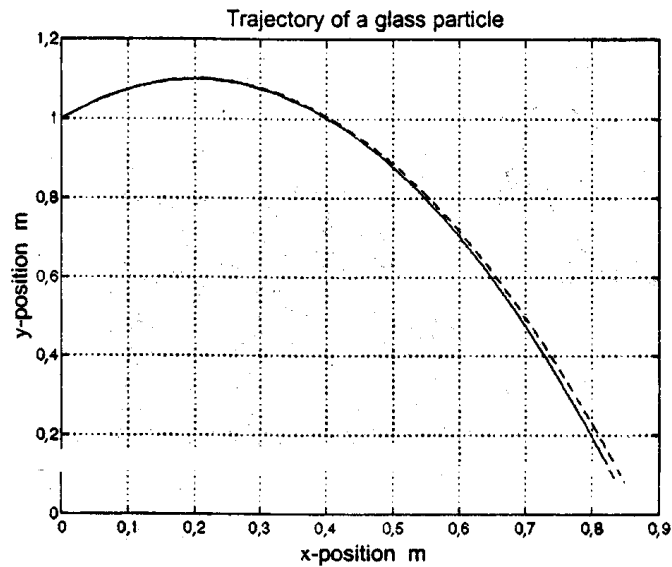
약 4m/s 속도의 마찰력은 $1.25 \times 10^{-5} \text{N}$ 이다. 이것은 중력($2.45 \times 10^{-4} \text{N}$)과 비교해서 상당히 작다는 것을 알 수 있다. 마찰에 의한 영향은 속도의 2차 함수이다.

B.3.3 지정된 거리에 도달하기 위한 최소 속도

x-y좌표에서 초기속도, 각도와 관계의 방정식을 결정하기 위한 힘의 방정식은 수치 해석적으로 풀 수 있다. 이것은 비선형 항과 속도에 대한 각도의 의존성 때문이다. 이 방정식은 MATLAB으로 풀 수 있다.

수치 모의시험(numerical simulation)으로부터 현재 속도에 대한 마찰의 영향은 매우 적다. 그림B.8은 초기속도 2m/s , 각도 45° 에 마찰이 있는 경우(실선)와 없는 경우의 파편의 궤적이다. 마찰로 인

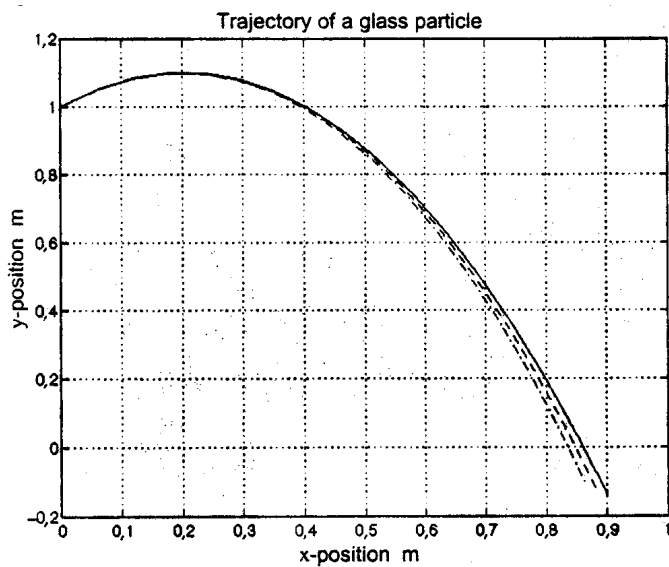
해 x-y좌표에서 감소가 일어난다. 그러나 그 양은 매우 적다.



그림B.8 초속도 2m/s, 초기각도 45°인 파편이 마찰이 있는 경우(실선)와 없는 경우(점선)의 궤적

B.3.4 단면적의 영향

단면적의 영향도 검토했다. 단면적은 마찰의 영향에 선형성을 갖는다. 단면적의 증가는 더 큰 마찰과 더 많은 감소를 가져온다. 그림B.9는 초속도 2m/s, 초기각도 45°인 파편이 각각의 단면적에 대하여 다른 궤적을 나타내고 있다. 단면적을 $3 \times 10^{-6} \text{m}^2$ 에서 $9 \times 10^{-6} \text{m}^2$ 으로 증가시켰으나 이런 단면적의 증가는 총 거리에 영향을 크게 주지 않음을 보여준다.



그림B.9 초속도 2m/s, 초기각도 45°인 파편 각각의 단면적에 대한 궤적
(실선: $3 \times 10^{-6} \text{m}^2$, 점선: $6 \times 10^{-6} \text{m}^2$, dot-점선: $9 \times 10^{-6} \text{m}^2$)

B.4 잠재적 위험

이 절에서는 유리파편의 잠재적 위험에 대해 논의할 것이다. 이 부록에서 위험이란 인간 피부에 상처를 주는 유리파편의 위험으로 정의한다.

B.4.1 유리파편이 피부에 충격을 주는 것에 관한 고려

인간 피부는 점탄성의 특성을 갖는다. 이것은 피부가 탄력적이지만 속도에 따라 좌우된다는 것을 의미한다. 점탄성 물질은 낮은 속도보다 높은 속도로 힘을 가할 때 더 굳게(stiffer)된다. 인종별로 다소 차이가 있다.

유리파편은 어떤 속도, 어떤 에너지로 피부에 부딪칠 수 있다. 이 위험을 결정하는 데 있어 가장 중요한 요인은 어떤 형태를 갖는 유리파편의 운동에너지이다. 뭉뚱한 형태로 큰 에너지를 갖는 물체는 피부를 쉽게 뚫지 못한다: 피부는 형태만 변형(deform)되고 찢어지지 않는다. 만일 날카로운 물체라면 피부가 찢어질 것이다. 그렇지만 만일 파편의 에너지가 매우 작다면 단지 피부에 약간의 변형만 생길 것이고 파편은 튀어나오며 상처를 입히지는 않을 것이다.

B.5 결론

다음의 결론이 도출되었다.

- ▶ 유리파편의 경로나 궤적은 초기속도와 방향에 좌우된다. 중력은 포물선을 그리는 파편에 영향을 준다.
- ▶ 마찰은 파편의 속도와 궤적에 최저의 영향을 준다. 이것은 날카로운 형태와 낮은 속도 때문이다.
- ▶ 유리파편은 다음 조건에서 초기속도와 아래의 각도의 조합으로 장벽을 넘어갈 수 있다.
 - 0.9m 장벽 : $-39.8^{\circ} \sim +90^{\circ}$
 - 1.5m 장벽 : $-26.7^{\circ} \sim +90^{\circ}$
- ▶ UL/CSA 표준과 이 표준에 있는 요건을 만족하기 위한 방출된 파편의 최대 운동에너지는 1.0×10^{-4} J이다. 0.9m와 1.5m의 장벽을 넘어가는데 필요한 파편의 에너지간의 차이는 마루에서 높이(1m)에 좌우되는 2.7과 1.3간의 요인 때문이다.
- ▶ 방출된 파편이 상처를 주는 잠재적 위험은 운동에너지(질량과 속도 포함)와 파편의 형태에 따라 결정된다.
- ▶ 위에서 언급한 피부에 영향을 주는 에너지는 피부의 점탄성 특성 때문에 무시할 만한 수준이다. 최대 속도는 약 4m/s(<10mph)로서 사이클 선수, 육상선수 등 빠른 속도로 활동하는 경우 0.025g 이상의 물체와 부딪치는 경우가 빈번하다.
- ▶ IEC 60065에서 1.5m 장벽을 넘어가는 파편은 10g으로 최대에너지는 0.7 J이다.