

백열전구 제조라인의 공정관리 항목(I)

張 禹 鎭

(서울産業大 電氣工學科 教授, 本學會 理事)

1. 개 요

최근 백열전구 업체는 설비의 유형으로 보아 고속화 실렉스라인 가동업체, 일반 실렉스라인과 반자동기계 병합가동업체, 반자동기계 가동업체, 수동작업라인 가동업체 등으로 구분해 볼 수 있으며 어느 업체든 생산성 향상과 고품질의 제품을 생산하기 위하여 무한한 노력을 경주하고 있다. 그러나 관리 방식에 있어서는 몇 업체를 제외하고 체계화된 공정관리 체계를 수립 시행치 못하고 있는 실정이며 제조라인의 관리자와 기능공의 숙달 정도에 따라 생산성의 향상과 최종의 품질을 유지시켜가는 **현황**으로 볼 수 있다.

타품종의 생산공정 관리도 백열전구 제조라인과 유사하리라 생각되지만 전구류의 제조공정은 유리제품의 특수성과 전구류의 특성상 완제품 상태에서만 제품의 품질특성과 공정관리 상태를 확인할 수 있는 특성 때문에 제조현장에서 체계화된 공정관리 방법만이 생산성의 향상과 고품질의 제품을 생산할 수 있다고 생각되어 학술적 측면 보다가는 공정에서 꼭 확인하여야 할 공정관리 항목에 대하여 전구 제조 기술책자(1980년 한국 조명 공업협동조합 발행)와 공정관리 실무 경험자들의 도움으로 정리하여 보았다.

자료 정리 방법상 ① 공정관리 항목 ② 공정관리 항목과 불량 발생요인의 원인조치 방법 및 시기 ③ 사용원자재의 수입검사 ④ 제품검사로 구분 정리되면 현장 실무자에게 좋은 자료가 될 것

으로 생각되며 일차적으로 제조공정별 공정관리 항목을 중심으로 정리하여 보았으므로 미약하나마 현장 관리자들에게 보탬이 되었으면 한다.

2. 공정순서별 공정관리 항목에 대한 정의, 현상 및 한계, 조사측정 방법

2.1 후레아 제조 공정

가) 공정관리 항목의 세부구분

치수 a) 사용관유리 직경 b) 전장(길이)

c) 후레아 스킨트 직경

외관 a) 크랙

① 절단부크랙 ② 몸통부 크랙

③ 스킨트부 크랙

b) 스킨트부 무늬 및 원형상태

c) 절단부 그레이징 상태

나) 세부 항목별 정의, 현상 및 한계 조사 측정 방법 치수

2.1.1 치수

a) 사용관유리직경

- 정의 : 사용 관유리의 지름을 말한다.

- 현상 및 한계 : 각 회사별 반제품 규격에 따르며 한계 허용오차는 관유리 제조사의 제품규격 허용 오차에 따름이 좋다.

- 조사측정방법 : 버니어 캘리퍼스로 외경을 측정한다.

- 참고 : 관유리의 직경은 제품 규격상의 배기관의 선택과 유리구의 봉지부 직경·스텝제조시

표. 백열전구 제조 공정도 및 공정관리 항목

순서	공정명	공정도	원자재명	공정관리항목
1	후레아		스텝관	치수 외관
2	스텝		배기관 도입선	치수 외관 왜배기 목강도
3	계선		폴리브렌션 필라멘트 계터	치수 외관 터

순서	공정명	공정도	원자재명	공정관리항목
4	(유리구 제조) 봉지 (전처리)		유리구 제조용 유리구	치수 외관 왜배 목강도
5	배기		주입 GAS	치수 외관 왜배 목강도 전공도
6	베이싱 (시멘트 주입)		점착제 베이스 납	치수 외관 왜배 목강도 전공도

순서	공정명	공정도	원자재명	공정관리항목
7	포장 (점등)			외관 점등 전압 포장 상태
8	출하			
				원자재 저장 주공정 보조공정 출하현상

핀칭부 두께 등이 검토되어 선택되어 진다.

b) 전장(후레아 길이)

- 정의 : 후레아 스킨트부 하단에서 절단부까지의 거리를 말한다.

- 현상 및 한계 : 각 회사별 반제품 규격에 따르며 허용 오차는 완제품의 광중심거리를 감안하여 가능한한 적을수록 좋으며 일반적으로 ± 0.5 mm가 적당하다.

- 조사측정방법 : 버니아 캘리퍼스로 후레아 스킨트 하단에서 절단부위까지의 거리를 측정한다.

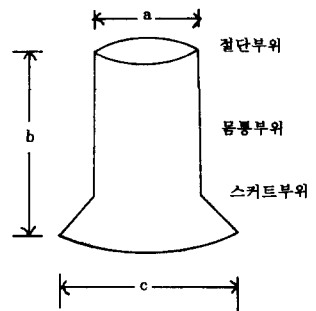


그림 1. 후레아의 형상

- 참고 : ① 후레아 길이의 편차가 크면 스템 제조 과정에서 배기관의 편차가 커지게되며 배기 설비 유형에 따라 배기 작업에 영향을 주게 된다.

② 후레아 길이의 편차가 크면 완제품에서 광중심거리와 편차로 인하여 일부 아이템에서는(R 타입 구·소형전구) 전구의 성능에 영향을 줄 수 있다(R타입 구에서는 빔각도 소형전구 유리구의 온도 한계등).

c) 후레아 스킨트 직경

- 정의 : 후레아 스킨트의 지름을 말한다.

- 현상 및 한계 : 각 회사별 반제품 규격에 따르며 허용 오차는 일반적으로 ± 0.5 mm가 적당하다.

- 조사측정방법 : 버니아 캘리퍼스로 형성된 스킨트의 지름을 측정한다.

- 참고 : ① 후레아 스킨트 직경은 봉지 작업과정에서 봉지부 형성과 직접적인 영향을 미치므로

중요하게 관리되어야 할 항목이며 후레아의 전장과 후레아 스커트의 직경은 공정에서 관리의 편의성을 위하여 한계 게이지를 제작 사용하면 편리하게 관리할 수 있다(그림 2. 후레아 한계 게이지 개략도 참조).

② 후레아 스커트의 각도는 별도 규정하지 않았으나 일반적으로 3가지 유형으로 생산되고 있으며 봉지작업 방식에 따라 일관된 형상으로 관리되어야 한다.

(그림 3. 후레아 한계 게이지(전장 스커트 유형) 개략도).

후레아 규격이 전장 $30 \pm 0.5\text{mm}$ 스커트 외경 $23 \pm 0.5\text{mm}$ 인 한계 게이지(Go, No Go gage)

2.1.2 외관

a) 크랙

- 정의: 후레아의 절단부·몸통부위·스커트 형성부위에 내외부가 관통되거나 관통되지 않은 크랙이 발생된 것

- 현상 및 한계: 후레아 부위에 내외부위가 관통되거나 관통되지 않은 크랙이 있어서는 안된다.

- 조사측정방법: 개별로 스탠드 또는 선별 작업대 위에서 육안조사

- 참고: ① 절단부 크랙 또는 쪽 떨어짐 현상은 스템제조 과정에서 생산성 저하, 듀멧산화 압착부 살두께 저하요인으로 나타낼 수 있다.

② 몸통부 트래는 배기 작업과정에서 진공불량요인으로 발생될 수 있으며 완제품 상태에서도 전구 내외부의 기밀상태 파괴로 인하여 진행성 진공불량을 초래 할 수 있다.

③ 후레아 스커트부 크랙은 봉지 작업과정에서 봉지 작업 불량부 요인으로 나타날 수 있다.

④ 후레아부 크랙은 확산된 빛 위에서 보면 쉽게 선별할 수 있다.

b) 스커트부 원형 상태

- 정의: 스커트부 형성 상태가 정원에 가까운 정도를 말한다.

- 현상 및 한계: ① 스커트 끝부위는 정원에 근접 할수록 좋으므로 회사별 공정 능력에 따라 한도 견본을 설정 관리하면 좋다.

② 스커트 형성 부위에 줄무늬 현상이 심하게

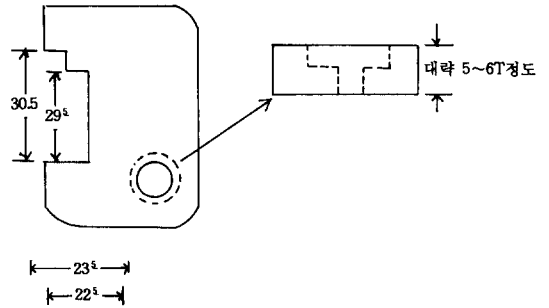


그림 2. 후레아 한계 게이지 개략도

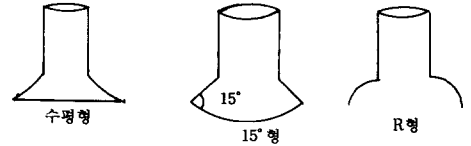


그림 3. 후레아 한계 게이지(전장스커트 유형)

나타나서는 안된다.

- 조사측정방법: 육안으로 한도 견본과 비교 조사

- 참고: 봉지 작업 과정에서 봉지 모양을 형성시키는(일정하게) 것에 영향을 준다.

c) 절단부 마무리(그레이징) 상태

- 정의: 후레아 절단 부위의 절단면을 버너 불꽃을 사용하여 수평으로 매끄럽게 마무리하여 주는 것

- 현상 및 한계: 절단 부위가 요철이 없이 매끄럽게 마무리되어야 한다.

- 조사측정방법: 육안조사

- 참고: 스템 제조 공정에서 예열구간의 후레아 크랙을 예방할 수 있으며 스템 M/C의 후레아 받침(포금대) 위에 절단 부위를 밀착 일정거리를 유지하여 듀멧 산화 예방 효과를 볼 수 있다.

2.2 스템 공정

가) 공정 관리 항목의 세부 구분

치수 a) 유리봉길이 b) 후레아 길이
c) 배기관길이 d) 내부도입선 길이
e) 외부도입선 길이 f) 배기홀 크기
g) 핀칭부 두께

외관 a) 듀멧 색상 b) 유리봉 센타

c) 후레아 센타 d) 도입선 위치

e) 크랙 ㉠ 유리봉크랙 ㉡ 핀칭부크랙

㉔ 후레아크랙 ㉕ 배기관트랙

f) 스템핀칭불량 g) 배기관 마무리불량

h) 도입선 산화 i) 무공

의곡 : 의곡(아닐링 온도)

배기목 강도

나) 세부 항목별 정의·현상 및 한계 조사측정 방법

2.2.1 치수

a) 유리봉길이

- 정의 : 스템어깨 부위에서 유리봉 끝까지의 길이를 말한다.

- 현상 및 한계 : 각 회사별 제품규격별 반제품 규격에 따르며 한계 허용오차는 $\pm 0.5\text{mm}$ 가 무난하다.

- 조사측정방법 : 버니아 캘리퍼스로 스템의 어깨 부위에서 유리봉 끝부위까지의 길이를 측정한다.

- 참고 : ① 물리브덴 지지선과 내부도입선의 길이가 일정함으로 계선 작업시 계선장(필라멘트 늘어남 정도)과 계선 모양에 영향을 준다.

② 길이의 편차가 크면 앵커 작업에 영향을 주고 앵커 버튼의 크기가 일정치 못하여 외관상 결함을 초래한다.

b) 후레아 길이

- 정의 : 후레아 스킵트 하단에서 스템 제조과정 중 스템어깨를 형성하는 과정에 따라 허용오차가 크게 발생되나 일반적으로 $\pm 0.5\text{mm}$ 정도가 좋다.

- 조사측정방법 : 버니아 캘리퍼스로 후레아 스킵트 하단에서 스템어깨부위까지의 길이를 측정한다.

- 참고 : ① 허용오차가 크면 제품의 광중심 거리에 영향을 주며 스템어깨 모양을 유지시키기 위하여 필요한 검사 항목이다.

c) 배기관 길이

- 정의 : 후레아 스킵트 하단에서 배기관 끝까지의 길이를 말한다.

- 현상 및 한계 : 각 회사별 반제품 규격에 규정된 것으로 하며 허용오차는 배기 기계의 공정 능력에 따라 달라질 수 있으며 일반적으로 $\pm 1.0\text{mm}$ 정도가 무난하다.

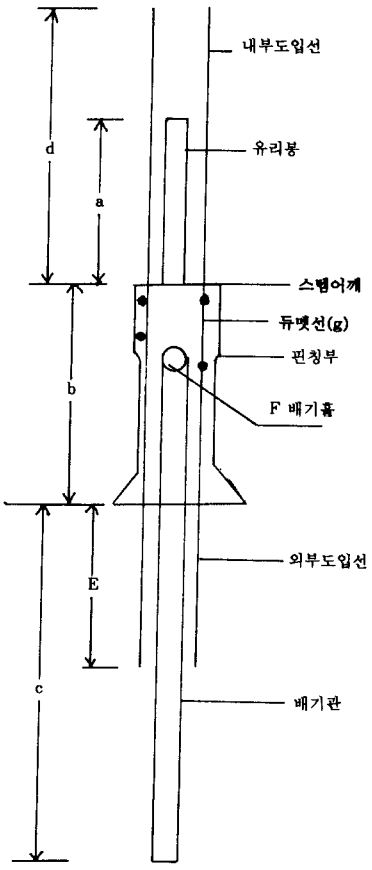


그림 4. 스템의 형상

- 조사측정방법 : 버니아 캘리퍼스로 후레아 스킵트 하단에서 배기관 끝까지의 길이를 측정한다.

- 참고 : 배기관 길이의 편차가 크게 발생되면 배기 헤드의 구조에 따라 달라질수도 있겠으나 배기 과정에서 미세 진공 불량 발생 가능성이 있으며 개스 주입후 배기관 마무리 길이 편차를 크게 한다.

d) 내부 도입선 길이

- 정의 : 스템어깨 부위에서 내부도입선 끝까지의 길이를 말한다.

- 현상 및 한계 : 각 회사별 반제품 규격에 따르며 허용오차는 $\pm 0.5\text{mm}$ 가 좋다.

- 조사측정방법 : 버니아 캘리퍼스로 스템어깨부에서 도입선 끝까지의 길이를 측정한다.

- 참고 : ① 도입선 길이의 편차가 크면 수동

작업시나 도입선 절단 과정이 없는 자동계전기에서 계선작업시 도입선 접힘 상태가 일정치 못하여 외관 불량 유발 할 수 있다.

e) 외부 도입선 길이

- 정의 : 후레아 스커트 하단부에서부터 배기관 방향으로 노출된 도입선의 길이

- 현상 및 한계 : 각 회사별 반제품 규격에 따르며 허용오차는 ±1mm 정도가 무난하다.

- 조사측정방법 : 버니어 캘리퍼스로 후레아 스커트 하단부에서 외부로 노출된 도입선의 길이를 측정한다.

- 참고 : 외부 도입선 규격 설정시 불필요하게 길게 설정하면 베이싱 공정에서 작업에 영향을 줄 수 있다.

f) 배기홀(구멍) 크기

- 정의 : 스템 핀칭부 위에 배기작업을 위하여 만들어진 구멍의 크기를 말한다.

- 현상 및 한계 : 구멍의 크기는 압착부의 양쪽 듀멧선에 근접하지 말아야 하고 사용 배기관의 내부직경 허용오차 하한보다 적지 않아야 한다.

- 조사측정방법 : 육안으로 압착부의 도입선(듀멧선) 부의 근접 여부를 확인하며 직경은 배기관 규격별 한계 게이지를 제작 구멍의 내부를 통과시켜 본다.

- 참고 : 구멍의 형성과정에서 필요없이 커지며 듀멧선과 외부도입선 용접부 부위에 미세 크랙을 유발 진공 불량률의 가능성이 있으며 배기관의 내부 직경보다 적게되면 진공의 속도가 느려져 진공 불량률의 원인이 될 수 있다.

g) 핀칭부 두께

- 정의 : 스템의 핀칭부의 두께를 말한다.

- 현상 및 한계 : 각 회사별 반제품 규격에 따르며 허용오차는 ±0.2mm 정도가 좋다.

- 조사측정방법 : 버니어 캘리퍼스로 압착 부위의 두께를 측정한다.

- 참고 : ① 핀칭부가 두꺼울 경우 스템리크의 영향을 줄 수 있으며 ② 핀칭부가 얇을 경우 단선 발생시 전구의 폭발 가능성이 있다.

2.2.2 외관

a) 듀멧 색상

- 정의 : 스템 제조후 완전히 식은 상태에서 핀칭부 내부에 위치한 듀멧 선의 색상

- 현상 및 한계 : 일반적으로 듀멧 원선의 색상을 유지 시키는 것이 바람직하다.

- 조사측정방법 : ① 육안으로 한도 견본과 비교 조사한다.

② 듀멧부위에 기포가 발생되었거나 듀멧의 색상이 회색·검은색으로 변화하였을 경우 d)항의 조사 측정 방법에 따라 정밀 조사한다.

- 참고 : ① 일반적으로 듀멧의 색상은 붉게 나타나며 듀멧 원선의 종류에 따라 정도의 차이를 나타낸다.

② 스템 제조과정에서 가열의 정도에 따라 적색→황적색→흰색→검정색 과정으로 나타나며 가열이 심하게된 경우 듀멧선의 심선과 동피막의 접착 상태가 불량 미세 진공 물량을 유발시킬 수 있다.

③ 어떤 경우에는 듀멧 색상과 무관하게 듀멧선 제조과정의 잘못으로 심선과 동 피막의 접합 부위에 리크가 발생할 수 있다.

④ 듀멧선의 구조

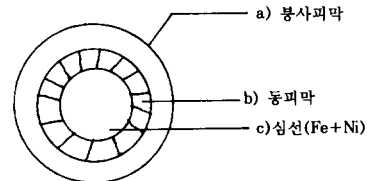


그림 5. 듀멧선의 구조

b) 유리봉 센터

- 정의 : 스템 배기관을 기준으로 유리봉의 길이 일직선 상에서 기울기 정도

- 현상 및 한계 : 배기관을 기준선으로 일직선 상에 위치하여야 한다.

- 조사측정방법 : 육안으로 한도 견본과 비교

- 참고 : ① 앵커 작업시 작업 불량 유발

② 외관상 결함 발생

c) 후레아 센터

- 정의 : 스템 배기관을 중심선으로 할 때 후레아 스커트 하단의 수평기울기 정도를 말한다.

- 현상 및 한계 : 배기관을 중심선으로 수평을 유지해야 한다.

- 조사측정방법: 육안으로 한도 계본과 비교
- 참고: ① 봉지 작업 과정에서 봉지부 모양 형성과정에 영향을 미친다.

② 봉지부 모양에 따라 접착강도(BaSe)에 영향을 준다.

③ 봉지 작업후 스템의 위치가 유리구의 내부 중앙에 위치하지 못하므로 외관이 나빠진다.

d) 도입선 위치

- 정의: 스템의 핀칭부 내에 듀멧선이 위치한 정도

- 현상 및 한계: 반제품의 규격에 따른다.

- 조사측정방법: ① 육안으로 한도 견본과 비교한다(도입선 용접부 위치 전후 좌우 치우침 정도를 함께 조사).

② 좌우측 방향으로(사선으로 위치한 시료 포함) 한계이상 치우침이 발생된 시료에 대하여는 잉크액 침투 시험을 시행하여 최근의 현상을 중점 체크하여야 한다.

• 수성 잉크펜을 사용하여 크랙 발생이 예상되는 부위에 약 1분간 문지른 다음 대기압 상태에서 5분정도 보관후 표면의 잉크를 제거하고 잉크액의 침투 여부를 확인한다.

• 좀더 확실한 방법으로서는 예상 시료(스템)를 사용하여 진공상태의 배기구를 제작하여 후레아 내부에 잉크액을 충전시킨다음 대기압보다 높은 압력하에서(2kg/cm²) 1시간정도 보관후 잉크의 침투 여부를 확인할 수 있다.

• 잉크의 색상은 청색이나 적색을 사용하면 구분이 난이할 경우가 생길 수 있으므로 녹색 잉크를 사용하면 좋다.

- 참고: 듀멧선의 위치가 한계기준을 벗어날 경우 미세 리크 현상으로 인하여 진행성 진공 불량 원인이 된다.

e) 크랙

- 정의: 스템의 각 부위별에 발생된 크랙 현상

- 현상 및 한계: 스템의 각 부위별에 관통되거나 관통되지 않은 크랙이 있어서는 안된다.

- 조사측정방법: 육안 및 확대경으로 크랙 발생 유무를 조사한다(후레아 크랙과 동일하게 확산 빛 위에서 조사하여 능률적임).

- 참고: ① 유리봉크랙은 앵커작업이 불가하거나 앵커 바련의 형성이 용이하지 못하다.

② 핀칭부 및 후레아 크랙은 봉지 배기 작업을 용이하지 못하게 하거나 완제품에서 진행성 진공 불량의 요인이 되기도 한다.

③ 배기관 끝 부위 크랙은 배기작업이 불가하거나 진공에 영향을 줄 수 있다.

f) 스템 핀칭 불량

- 정의: 스템의 듀멧 선과 유리와 충분히 압착되지 못한것

- 현상 및 한계: 듀멧 선과 유리가 기밀 파괴되어서는 안된다.

- 조사측정방법: 육안 또는 확대경으로 압착 여부를 확인하여 의심나는 시료에 대하여서는 (d)항의 조사측정방법 중 잉크침투 시험을 수행한다.

- 참고: 전구 내부와 외부의 기밀유지가 불가능하므로 배기 작업시 진공불량으로 발생되거나 미세할 경우 진행성 진공 불량의 요인이 된다.

g) 배기관 끝 마무리 상태

- 정의: 배기관 끝 부위의 외경이 매끄럽게 만들어진 정도

- 현상 및 한계: 배기관 끝의 외경부위가 요철이 없이 매끄럽게 그레이징되어야 한다. 이때 내경은 축소되어서는 안된다.

- 조사측정방법: 육안으로 배기관 끝 부위의 마무리 상태를 확인하며 내경의 축소 여부를 동시에 확인한다.

- 참고: ① 배기 헤드에 배기관 삽입시 삽입을 용이하게 하며 배기 고무의 손상을 예방한다.

② 외경을 과도하게 마무리 시키면 배기관 내경의 축소로 인하여 진공의 속도를 느리게 하므로 진공불량의 원인이 된다.

h) 도입선 산화

- 정의: 내부 도입선 부위가 원 색상을 유지하지 못하고 변색된 것

- 현상 및 한계: 아닐링 공정을 거치는 스템 제조 기계에서는 내부도입선 전체 길이의 1/3 이상이 산화 또는 변색이 되지 않게 규격을 정하는 것이 바람직하다. 그러나 아닐링을 사용하지 않은 스템기계 방식에서는 별도 규격을 한정하지

않을 수 있다.

- 조사측정방법 : 육안으로 내부도입선의 변색 여부를 확인

- 참고 : ① 전구의 외관 품질 저하요인

② 끝부위 산화의 정도가 심할 경우 필타멘트 압착시 문제 발생으로 전기적 쇼트를 유발시킬 가능성이 있다.

i) 무공

- 정의 : 스템 펀칭부에 배기 구멍 형성이 되어 있지 않은것

- 현상 및 한계 : 사용 배기관 내부직경의 최소 허용오차 이상의 구멍이 형성되어 있어야 한다.

- 조사측정방법 : 배기구멍의 형성여부를 육안으로 확인하여 구멍규격의 확인 필요시는 한계 게이지를 사용 확인한다.

- 참고 : 배기구멍이 형성되지 않으면 봉지 작업과정에서 내부 공기의 열팽창으로 인하여 후레아 스키투와 유리구의 접합이 불가능하여 진다.

왜곡

- 정의 : 스템 펀칭부위가 고온에서 냉각되는 과정에서 응력에 의하여 발생하는 변형으로 인장 응력과 압축응력이 해소되지 않거나 해소된 상태

- 현상 및 한계 : 육안으로는 식별이 불가하므

로 현장 관리용으로 시공되는 왜곡검사기를 활용 한도전본을 설정함이 좋다.

① 아닐링을 실시하는 스템기계에서는 해소된 상태의 한도전본

② 아닐링을 실시하지 않은 스템기계에서는 응력이 잔류한 정도의 한도전본을 선정

- 조사측정방법 : 왜곡검사기에서 육안으로 한도전본과 비교한다.

- 참고 : 펀칭 부위의 왜곡이 검지되는 상태가 한계를 벗어나는 경우 봉지 배기 과정에서 펀칭부 크랙을 유발 진공 불량률의 원인이 될 수 있으며 전구 제조후 진행성 불량으로 진공불량률 발생된다.

배기목 강도

- 정의 : 배기구멍 부위의 대기관이 접합되어 있는 상태의 강도

- 현상 및 한계 : 회사별 설비의 유형에 따라 (봉지, 배기)강도의 한계를 설정 관리하여야 한다.

- 조사측정방법 : 스템 펀칭부를 엄지와 검지로 잡고 일정 무게의 추를 배기관의 일정위치로 들어 올려 배기관의 파손 여부를 확인한다.

- 참고 : 배관의 강도가 약하면 봉지 배기 작업과정에서 작업 불량으로 나타나게되어 생산성이 떨어진다.