Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering
Vol. 25, No. 1, pp.49-55, February 2002.

리드선 권선클레임 개선사례연구 -포장용기개량 및 권선공정전개를 중심으로-

강인선

전주대학교 공학부 산업공학전공

An Improvement of Lead Wire Winding Claims: A Case Study -Packing Reel and Deployment of Winding Process-

In Seon Kang

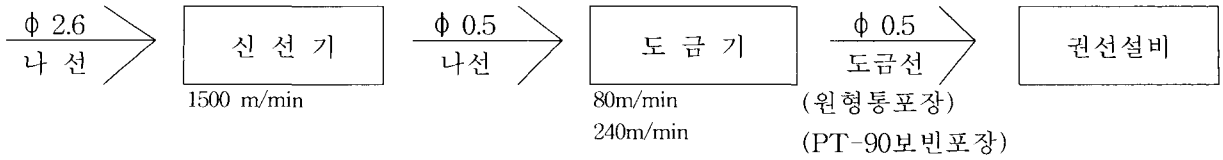
School of Engineering, Industrial Engineering, Jeonju University

For making a lead terminal(condenser, resistor etc.), it is the matter that lead wire have to be supplied smooth without twisting and curving when it is supplied to the further processing (cutting, forming, attach process) after it being forwarded. The purpose of this study is to solve the winding claims of lead wire through the structural expansion of winding equipment to which the improvement of packing equipment to forward safely and supply the lead wire and QFD method are applied. The results of this study is available to solve the technical problem caused by the installation of the existing flyer system for the prevention of twisting and can expect the quality assurance as it prevents the claim(surface fault) caused by the bumping among lead wire which are involved in the packing equipment in its moving stage.

Keywords: 리드선, 권선, 보빈(bobbin), flyer, flange, QFD

1. 서론

리드선(Lead wire)은 저항, 콘덴서, 다이오드 및 트랜지스터 등 전자부품 소재를 인쇄회로기판(P.C.B) 배선에 연결시켜 주는 역할을 하므로 우수한 전도성은 물론 강한 기계적인 강도가 요구된다. 일반적으로 리드선의 클레임 유형은 엉킴, 굴곡, 용접불량, 외관변색, 물결무늬 등으로 특히 엉킴 및 굴곡의 발생은 권선이 이루어지는 설비공정과 포장용기의 운송 및 취급 과정에서의 불안정성에 의해 일어난다. 리드선을 소재로 사용하는 전자부품제조업체는 리드선을 인출하여 커팅(cutting)공정에 공급할 때 리드선이 엉킴이나 꼬임이 없이 원활하게 인출되어야 작업생산성이 향상되며 리드선을 인출시에 표면 도금층에 긁힘으로 인한 손상 없이 내전압 불량을 방지할 수 있어야 제품의 품질보증을 확보할 수 있다. 본 연구의 대상이 되는 A사의 경우 클레임으로 인한 반품 유형은 엉킴 및 굴곡 불량이 약 80%, 용접 불량이 10%, 외관변색이 8% 등으로 리드선 운반용 포장용기와 권선공정에 대한 개선의 필요성이 제기되었다. 이를 위해 연구의 목표는 기존의 포장용기에 대한 개량화된 포장용기의 개발과 권선공정에 대한 구조 전개를 통한 클레임(엉킴 및 굴곡)을 해결하는 것이다. 리드선 의 품질특성을 결정짓는 핵심 공정은 <그림 1>과 같이 신선-도금-권선등 3공정이며 리드선의 권선상태는 도금기의 생산속도와 관련되어 공정전·후간의 선속 밸런스 유지가 매우 중요하다.



<그림 1> 리드선 권선공정 전·후간의 생산공정

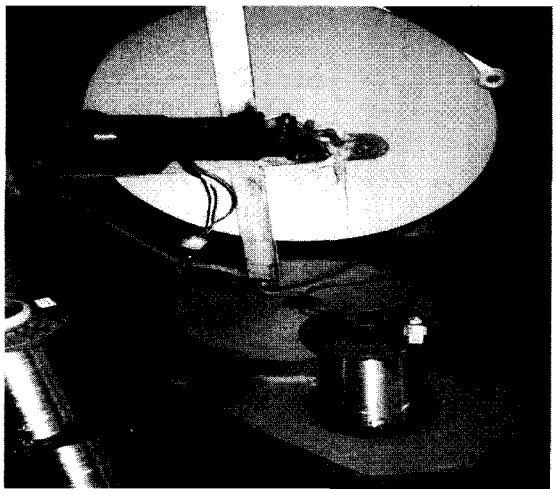
2. 리드선 소재 투입 공정의 진단

리드선을 공급받고 있는 전자부품제조업체 10개사를 방문, 클레임(엉킴, 굴곡, 용접, 외관변색 등)에 대한 현장 진단을 통해 다음과 같이 리드선 인출과정에서의 문제점이 파악되었다.

(1) 리드선이 Forming 공급부의 마찰에 의해 도금의 벗겨짐이 발생되고 있어 기존의 공정부위는 단단한 철로 이루어져 이를 수지 등의 재료로 대체하는 방법을 검토하였다.

(2) Forming공정내 직선 부문에서 납가루 발생과 타사의 PVC 포장상태 관찰 결과 리드선 Loading상태가 자사와 차이를 보였으며 PVC 포장용기에 놓인 리드선의 풀림상태를 보면 권선공정의 안정성을 알 수 있었다.

(3) Forming공정내 롤(베어링)과 리드선간의 마모를 줄이기 위한 롤 표면에 수지 처리토록 제안하였다. 리드선 투입공정을 살펴본 결과 자사 소재의 품질 이상 발생에 대한 근원적 조사가 필요하여 1-3개월 기간을 통해서 거래처의 Forming공정에 대한 품질기록을 수행토록 권하였다. 리드선 인출 방법은 각 공급사마다 다양한 방안을 도출하여 적용하고 있으며 <그림 2>은 한 사례로서 보빈을 작업장 바닥에 놓고 사용한 것으로 이 경우 이물질이 리드선에 묻어 들어갈 경우 리드단자(저항기, 콘덴서 등)에 불량이 발생되므로 깨끗한 리드선을 공급할 수 있는 리드선 인출방안이 필요하다.



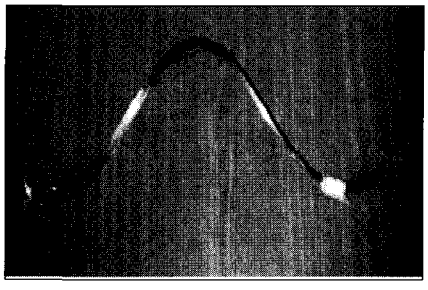
<그림 2> 콘덴서 제조공정에서 리드선 인출과정

3. 리드선 포장용기의 구조개량

1) 포장용기별 특성 비교

포장용기 재질은 원통형(PVC)과 보빈(bobbin)형으로 리드선 소재를 사용하는 업체의 70-80%가 PT형 보빈 사용보다는 원형통(cardboard)용기의 사용을 선호하고 있다. 포장된 원통형 포장용기를 취급하는 과정에서 약 15kg정도인 용기 내부에서 리드선 간에 부딪힘으로 인하여 리드선의 흘림(느슨한 상태) 및 표면 흠집이 발생될 수 있다. 원형통(PVC)의 경우는 회전 원심력으로 인해서 권선 자체가 불가능할 수 있으므로 원통형 포장용기를 대체할 수 있는 제3의 포장용기에 대한 개발이 필요하다. 보빈용기의 경우 권선상태의 현상 파악을 위해 권선된 PT형 보빈에서 리드선 일부를 절단할 경우 <그림 3>과 같이 (a)는 비틀림 현상이 발생하는 것으로 리드선 권선상태가 엉킴 우려가 있다는 것을 알 수 있으며 (b)는 권선이 양호한 상태임을 나타낸다.

(a) 엉킴 발생이 없는 경우



(b) 엉킴 발생이 있는 경우

<그림 3> 리드선의 엉킴 클레임 판별

<표 1> 기존의 포장용기별 특징 비교

항목 \ 포장용기	원형 PVC	Bobbin
포장중량(Kg)	10 - 15	15 - 90
권취속도(m/min)	80	240 이상
권취장력	없음	일정권취장력 요구
엉킴성	있음	적음(단, 권취장력이 너무 클 경우 끼임발생)
야적성	양호	나쁘다
공간효율성	양호(5단적재)	나쁘다(최대 3단 이내)
운반편리성	양호	나쁘다(손잡이 없음)
반복사용성	양호	양호
포장비용	많다 (PVC통 이외에 들어가는 소모성 포장재가 많음)	많다
초기투자비용	적다	많다
국산화 여부	되어 있다	전량 수입의존
풀림보조기구	필요 없다	필요하다(flyer 필요)
운반트러블	운반시 선재마찰로인해 선재표면 손상(반점 발생)	없다
단점	엉킴, 운반트러블	flyer
용도	저속용(만약 고속시에는, 원심력에 의해서 unwinding이 불가	고속용 (기본) 저속용 지장 없음
특징	· 보조기구 불필요 · 겉에 CASE로 보호되므로 쉽게 오물의 염려없이 청소	· flyer가 필요하고 설치시 번잡 · 청소시 이물질(흙, 먼지)이 묻을 염려가 크다

기존의 PT형 보빈용기는 <그림 4>과 같이 상단에 플라이어(flyer)를 설치하여 리드선의 엉킴 내지는 굴곡을 방지하는 역할을 하며 forming공정의 투입하기 전에 보빈용기위에 풀림 보조기구인 flyer를 설치한다. 그러나 flyer를 설치하는데 기술적으로 세팅이 지연되어 리드선의 풀림이 원활하지 못할 경우 초기 준비시간이 길어져 생산 차질이 빚어질 수 있다. 지연될 수 있다. 따라서

<그림 4> 보빈용기에 flyer가 장착된 경우

기존에 개발된 다양한 포장용기에 대한 기술적 검토[6, 7, 8]을 통해 본 연구의 포장용기 개선안 도출에 기초자료로 활용하였다.

2) 리드선 포장용기 개량을 위한 접근 방법

<표 2>의 포장용기에 대한 품질특성 비교를 통해 새로운 포장용기 설계 및 제작을 위하여 TFT팀을 구성하여 브레인스토밍을 통해 다음과 같은 의견 사항을 검토하였다.

(1) 사용중인 포장용기 PT유형은 플랜지(flange)가 있는 관계로 풀림 보조기구 flyer를 반드시 설치해야 하는 불편함이 있다.

(2) 기존 원형 PVC 포장용기는 운송 및 취급 과정에서 용기 내부의 리드선간에 엉킴이 발생되어 품질손상에 따른 클레임 문제가 제기되고 있다.

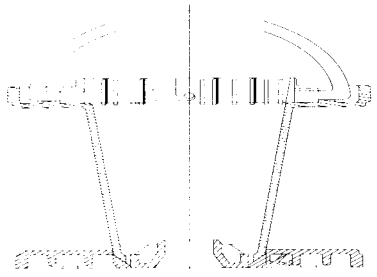
리드선 인출을 위해 매번 풀림 보조기구 flyer를 설치하는 번거로움을 해소하기 위해 제안된 포장용기 개발은 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

(1)풀림 보조기구 flyer설치 없이도 리드선의 풀림성이 양호하다.

(2)일정한 장력 및 피치(pitch)간격으로 감긴 상태로 운반되므로 운송 및 작업자 취급중에 리드선간의 엉킴 발

<표 2> 기존 타사에서 사용 중인 포장용기 유형별 특성 비교

포장용기 모형	포장용기 특성
1) Demopac 400	손잡이가 부착되어 핸들링이 용이하다. 용기를 겹쳐 쌓을 수 있어 용기 반환이 용이하며 하단 flange는 선적시 분리토록 되어 있어 수출제품의 경우 운반비용의 절감 효과가 크다. 사용할 경우 상부 flange를 탈착하여 사용한다. (1) Dimension 산정(정확한 계산이 필요) ① Flange Dia : 315mm 이하 ② Barrel Dia : 200mm 이상 ③ Travelling length : 425mm 이하 ④ Bore Dia : 100m 주) Barrel 표면에 줄질 홈 형태의 가공 요함 (권선시 선재 미끄러짐 방지) (2)권선중량 : 20kg 내외 (3)운반 및 보관 (1) 보관 : 선재 노출 부분을 wrapping 처리한다. (2) 운반시 : carton 또는 pallet에 다단 적재가 가능하다.
2) Conical Flange	(1) 플랜지 양단에서의 선재 끼임 현상이 없음 (2) Travelling length를 P.L.C로 제어하며 구조는 다음과 같다. (3) Tapered Barrel (당사 사용중인 spool) 소 중량을 원하는 업체에서 사용을 꺼려하는 실정이다.
3) NPS (Niehoff Paket System)	(1)Conical Flange Type과 마찬가지로 P.L.C로 Travelling length를 제어한다. (2)피복선이나 연질선에는 가능하나 당사의 리드선은 비교적 경질선인 관계로 사용이 불가능하다.(선재가 흘러내림)



Demopac 400 모형

Conical Flange 모형

<그림 5> 기존 보빈용기 모형

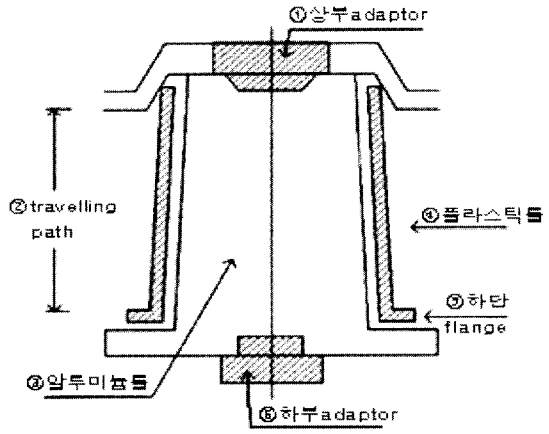
생이 없다.

(3) 기존의 포장용기보다 용량이 적어 취급 (material handling)이 용이하다.

(4) 개량된 포장용기를 기반으로 고속 권취 메커니즘과 연동이 가능하다.

(5) 고부가가치인 리드선 CP 양산화에 대비하여 도금 및 신선기 공정간의 생산속도 균형화를 이룰 수 있다.

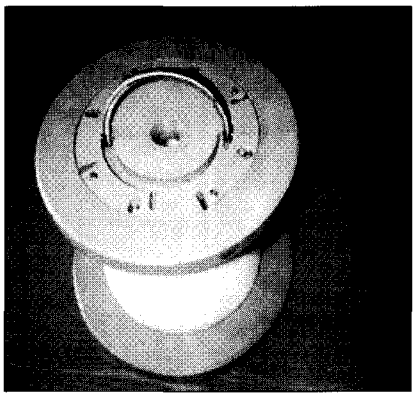
<그림 6>에서 보빈틀은 알루미늄 틀(붙막이형)이며 플



<그림 6> 개량형 리드선 포장용기 모형 단면도

라스틱 프레임을 양측에 부착하여 이를 push on/down을 한다. 그리고 포장용기의 상단과 하단에 adaptor를 부착하며 외형 박스 재질은 종이류 또는 플라스틱을 사용한다. 이는 포장용기의 단가가 저렴하고 기존 용기보다 무게가 다소 가벼우며 운반할 경우 엉킴, 얼룩 그리고 굴곡을 근본적으로 해결할 수 있었다.

(a) 상단 플랜지를 분리할 경우



(b) 상단 플랜지를 결합할 경우
손잡이 형태

<그림 7> 개량형 리드선 포장용기 시작품

4. 권선공정의 구조전개

품질표는 요구품질을 측정 가능한 품질특성(대용특성)과 관련하여 관리해야 될 품질특성을 파악할 수 있다.[5] 품질기능전개(QFD: Quality Function Deployment)의 사례는 주로 제조업(신제품개발, 생산, 기술, 마케팅부서 등)에서 수행해 오면서 근래 서비스 분야(병원, 항공운항 소프트웨어 개발 등)의 요구품질분석에 다양하게 사용되어 오고 있다.[3,4] QFD활용 성과 면에서 일본 도요다의 경우 1977년-1984년 사이에 생산 직전까지의 60%의 비용 절감 효과를 얻었으며[1] QFD를 확장시키는 다양한 접근 방법이 제시되고 있다.[2] 여기서 다루는 리드선 소재의 경우 전자부품을 사용하는 거래처에서 포장용기에서 리드선을 인출할 때 엉킴이나 굴곡 그리고 도금 불량이 없어야 실제로 전자부품(예로서 음향기기 등)의 기능이 발휘되는 것이다. 즉 선재(리드선)의 요구품질은 forming, cutting, attach공정 등을 거쳐 완제품의 고유 성능이 발휘되는 것이다. 권선공정의 구조 전개를 위하여 포장용기 유형인 원동형과 보빈의 형태에 대해 스킨(skin)공정 및 권선공정에 대하여 <표 3>의 품질특성요소을 활용하여 품질표를 작성하였다.

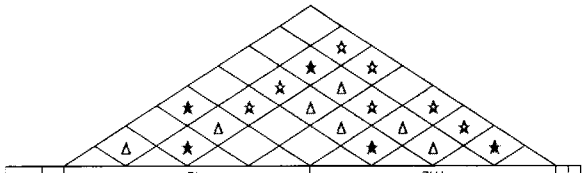
<표 3> 권선관련 품질특성 요소

포장용기 유형	스킨공정	권선공정
보빈 (Bobbin)	윤할액 장력(tension) 균일성 장력중량 리드선 표면조도	traverse 정렬 pitch 보빈 편심 보빈 장착
원통형 (PVC)	윤할액 도포 리드선 조도 도금설비와의 연동	틸팅 파권(화형무늬) 착지점 변형

스킨공정은 도금공정 이후 리드선을 연질에서 경질로 조성하는 것으로 이는 전자부품 제조공정에서 용접시 리드선의 가공 경도를 높이는 중요한 역할을 하며 리드선의 표면이 광택이 있어 외관을 좋게 한다.

생산되는 리드선의 품종은 약 200여종으로 치수(지름)의 범위가 0.4 -1.2mm이다. 엉킴, 굴곡, 도금 변색 등이 근원적으로 해결하기 위해 이들에 대한 품질요소들을 작성한 것이 <그림 8>의 품질전개표이며 요구품질과 품질특성간의 관계, 품질특성간의 관계를 표시하였다. 보빈을 권선하는 설비에 대한 현상분석에 통해 개선 방안은 다음과 같다. 리드선의 권선 쿨레임 여부는 권선공정의 공기압(pressure gauge), traversing pitch, flange up/down조정과 리드선 장력, 선속(line speed)에 의해 좌우된다. 권선조정 상황을 체크(다이스 위치, 원통의 중심위치 정확성)하고 보빈의 상단/하단 부위에서 엉킴 발생이 권선 작업조건과의 관련성을 분석하여 권선 설비의 기능과 성능을 분석하여 다음과 같은 진단을 수행하였다.

(1) 공기압을 1.5bar로 할 경우 눌림 자국(spots)이 발생하며 이는 햇빛에 반사시켜 육안으로 선별할 수 있다. 이는 장력이 강할 경우 와이어간의 눌림



요구품질	가중치	스킨				권선					
		윤활액	tension 균일성	tension 중량	표면 조도	travese 회전수	피치	편심	보빈 장착		
엉킴 제거	1	●	●	●	●	●	◉	◉	◉		
굴곡 제거	1	-	●	●	-	◉	◉	-	-		
도금 변색 방지	1	-	●	●	●	-	-	○	○		
특성치		동점도 40℃: 8.649cts 100℃: 2.544cts	초기-만경까지 설정값 일정유지	0.5Φ: 700 g 0.6Φ: 800 g	1/10000 mm	보빈별 작업표준 준수	치수별 저속:5배 고속:10배	2/100 mm	3/1000 mm		

범례		특성간의 관계
★	●	매우 영향이 크다.
☆	◎	보통이다.
△	○	영향이 적음.

<그림 8> 리드선 제조 주요 공정에 대한 품질전개표

및 끼임 현상이 발생된다.

(2) 공기선(air line)을 실린더 역 방향으로 할 경우 눌림 자국이 없어지지만 리드선 표면에 다수의 잔흠집(scratch)이 발생한다. 이는 불규칙적인 장력(tension)과 리드선의 진동의 심함에 의해 일어나고 있다. 여기서 권선이 완료될 때까지 장력은 처음부터 끝까지 지속적으로 유지토록 한다.

(3) 권선공정의 하부 dancer에서 공기 실린더를 분리할 경우 리드선의 장력은 단지 dancer 의 무게(500g)만 가해진다. 이 경우 눌림 자국은 줄어들지만 근본적으로 해결되지 않고 있다. 1회 회전할 때 움직임(hunting) 폭은 10cm이며 4회전할 경우 약 2.5cm가 된다. 제품의 규격에 따라서 dancer의 중량이 달라진다.

(4) dancer의 wire turns(roll)를 4개에서 1개로 줄일 경우 dancer의 움직임이 극도로 심해지는 현상이 발생으로 브라켈 부품을 보완하여 움직임을 해결토록 시도하고 있다. 공기조정 장치(regulator)를 사용할 경우 공기압이 일정하게 유지되고 있지 않아 air cylinder의 움직임에 따라 변동을 제어하기 위하여 정압 regulator로 교체하였다.

(5) 공기압(pressure gauge)에 의해 권선 피치(winding pitch)가 과다 또는 과소하게 조정됨에 따라 풀림 상태가 원활하지 않다. <표 4>와 같이 최적 피치를 설정하기 위하여 보빈용기 크기별로 winding pitch를 변경한 경우에 대한 권선 상태를 분석하였다. traverse 회전수는 피치가 5mm로서 PT-90의 보빈 회전수(rpm)는 선속이 30m/min 일 때 9.6*5=48rpm이 된다.

5. 결론

전자부품 소재(저항, 콘덴서, 다이오드 등)들을 연결해주는 리드선은 전도성이 우수해야 제품 고유의 성능을 발휘할 수 있다. 본 연구는 리드선의 엉킴 및 굴곡과 관련된 클레임을 개선하기 위해 권선공정의 구조 전개를 통한 작업조건 개선과 포장용기의 개량화를 위한 사례를 다루었다. 주요 개선 효과는 개량된 포장용기를 시제품화하여 전자부품제조사가 리드선 인출준비(forming, cutting, attach 등)를 위해 매번 풀림 보조기구인 플라이어(flyer) 설치에 따른 번거로움을 해소함으로써 기존보다 생산준비시간이 단축되는 작업생산성 향상의 효과를 기대할 수 있었다. 그리고 권선공정에 대한 구조분석을 위해 품질기능전개를 활용하여 스킨과 권선에 대한 품질요소를 분석하여 클레임의 잠재원인을 개선할 수

<표 4> 선속별 보빈과 분당 traverse 회전수(피치가 1mm일 경우)

선속 \ 보빈유형	PT-90	PT-60	PT-40
30m/min	9.6(48rpm)	11.0(55rpm)	12.0(60rpm)
40m/min	12.8(64rpm)	14.6(55rpm)	16(80rpm)
50m/min	16(80rpm)	18.2(91rpm)	20(100rpm)
60m/min	19.2(94rpm)	21.8(109rpm)	24(120rpm)
70m/min	22.2(111rpm)	25.6(128rpm)	27.8(139rpm)
80m/min	25.4(127rpm)	29.2(146rpm)	31.8(159rpm)
90m/min	28.6(143rpm)	32.8(164rpm)	35.8(179rpm)

있는 대안을 제시하였다. 앞으로 리드선 업종의 경쟁력 성패는 원가절감에 있으며 이를 위해 제조공정의 에 대한 지속적인 기술개발이 요구된다.

참고문헌

[1] 김광재, QFD를 통한 설계단계에서의 품질향상, IE매거진, 제2권 1호, pp. 16-21. 1995.
[2] 박영택, 품질기능전개의 확장에 관한 연구, 품질경영학회지, 제 25권, 제4호, pp. 27-49, 1997. 12.
[3] 품질기능전개, 삼성경제연구소, 1993. 3.
[4] 품질기능전개, 2. 선진사례(제품개발-생산), 삼성경제연구소, 1993. 5.
[5] 품질기능전개, 한국표준협회, 1992.
[6] Cylindrical barrelled delivery spools with conical flanges IEC 264-5-1 and others.
[7] NIEHOFF PAKET-SYSTEM Take-up Media and Processing Systems.
[8] Reels with tapered barrel and containers IEC 264-3(DIN 46383).