TFT-LCD 백라이트 유닛(BLU) 램프용 전극 미세 접합부의 강도 및 미세조직

김광수[†] · 김상덕

순천향대학교 디스플레이 신소재공학과

Microstructure and Strength of the Microjoined Electrode for the Lamp of the LCD Backlight Unit

Gwangsoo Kim[†] and Sangduck Kim

Soonchunhyang University Department of Display Materials Engineering

(2008년 10월 27일 접수 : 2008년 12월 1일 최종수정 : 2008년 12월 4일 채택)

Abstract TFT-LCD is the most popular type of flat display panel in the information technology field. The back light unit is a main part of the structure of a TFT-LCD panel. Occasionally, studies have shown that failures of the CCFL of the BLU occur due to the poor weld characteristics of these materials. The aim of this study was to prepare some technical data and to characterize a microjoined electrode for the CCFL. Microstructure examinations, microhardness measurements, resistance measurements and microtensile tests of the microjoined electrode were carried out. The result indicates that a large amount of grain coarsening exists in the heat-affected zone (HAZ) of the weld between the cup and the pin. This grain coarsening of the HAZ between the cup and pin is caused by the welding cycle, which may have an influence on the lowest microhardness values. Fracturing of the microjoined electrode also occurred at the HAZ close to the cup between the weld holding the cup and the pin. Additionally, no specific changes of the electrical resistance among the cup, pin, and lead wire themselves or in the microjoined electrode were observed.

Key words TFT-LCD, CCFL electrode, Microwelded electrode, Microstructure

1. 서 론

현재 TFT-LCD(Liquid Crystal Display)는 IT 분야에 서 가장 널리 사용되고 있는 평면 디스플레이이다. LCD 는 PDP(Plasma Display Panel)나 FED(Field Emission Display)와는 달리 자체가 비발광성이기 때문에 빛이 없 는 곳에서는 사용이 불가능하다. 따라서 디스플레이 정 보를 구현하기 위해서는 별도의 장치가 필요하다. 이러한 장치 부분을 백라이트 유닛(Back Light Unit, BLU)이라 고 하며, LCD에 있어서 핵심 부품이다.¹⁾ BLU의 주요 구성 인자로는 램프(Lamp), 반사 시트(Reflection sheet), 도광판(LGP), 확산시트(Diffusion sheet), 프리즘 시트 (Prism sheet) 및 보호판(Protection sheet) 몰드 프레임 (Mold Frame)등이 있다. 이중에서 가장 중요한 부품은 램프로서, 대별하여 EL(Electroluminescence Lamp), CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp) 그리고 LED- (Light Emission Diode)로 구분 된다.²⁾ 최근 들어서는

LED형 램프의 적용 확대에 노력하지만 아직 소형이나 대 부분의 LCD에서 램프는 CCFL형을 주로 사용하고 있다. Fig. 1은 CCFL형 램프와 내부 전극의 개략도를 보여준 다. 개략도에서 보이는 바와 같이 CCFL 램프의 양 끝 단은 서로 다른 소재가 용접되어 이루어진 전극으로 구 성된다. 그림에서 나타낸 바와 같이 전극은 튜브형태의 컵(cup)과 솔리드 바 형태의 핀(pin) 그리고 리드와이어 (lead wire)로 구성된다. 컵의 소재로는 Mo, Ni이, 핀으 로는 Kovar 합금이나 Mo이 사용되고, 리드와이어로는 Ni-Mn 합금이 사용된다고 알려져 있다.³⁾ 핀에는 램프용

Fig. 1. Schematic of CCFL Electrode.

[†]Corresponding author
E-Mail : kgwangs@sch.ac.kr (G. S. Kim)

유리관과 핀과의 접합 및 밀폐를 위하여 유리로 실링(sealing)을 하게 되는데 이를 유리비딩(glass beading) 이라고 한다. 이와 같이 다른 재료들로 구성되는 전극을 완성하기 위하여 사용되는 제조 공정으로는 용접공정이 사용된다.

용접 공정으로는 레이저 용접, 마이크로 아크 용접 그리고 마이크로 점 저항 용접 등 이 채택되고 있다.^{4,5)} 이 방법들 중 어느 공정을 채택할지는 개별 회사들의 선택에 의존하게 되고, 각 공정의 장·단점이 무엇이고 또한 어떤 공정이 가장 효과적인지 등에 대한 검토는 특별히 이루어지지 않은 것으로 조사 되었다. 그러나 용접 공정 차이에 무관하게 전극 용접부의 신뢰성은 램프의 수명에 영향을 미치고 궁극적으로 LCD제품의 소비자 만족도에 영향을 미치기 때문에 생산자 측에서는 각별한 공정관리가 요구된다. 램프 제조업체에서는 종종 전극의 용접 불량으로 인하여 램프 클레임에 직면하는 경우가 발생한다고 한다. 그러나 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 경쟁사간의 기술 협조는 기대하기 어려운 실정이다. 또한 관련하여 진행된 기술개발이나 연구 결과가 거의 없어 기술 개선을 위한 참고 자료를 접하기가 매우 어렵다. 따라서 전극의 용접공정 및 그에 관련된 다양한 연구 사례나 결과들의 축적이 요구된다. 이에 본 연구에서는 TFT-LCD용 백라이트 유닛에서 CCFL용 전극의 용접 공정중 하나인 마이크로 점 저항 용접공정으로 만들어진 전극 접합부에 대하여 미세조직관찰과 접합강도 등의 시험을 통해 전극 용접부의 특성과 신뢰도를 평가하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서 사용된 CCFL 전극은 Ni-Mo/ Ni/ Ni-Mn을 소재로 하여 컵-핀-리드와이어로 구성된 전극을 대상으로 하였다. 전극을 구성하기 위한 소재간의 용접은 마이크로 점 저항 용접에 의하여 수행하였다. 용접은 본 연구팀에서 직접 수행하지 않았고 간단한 용접조건에 대하여 제조사로부터 제공 받았으나 조건의 공개를 원하지 않아 여기서는 나타내지 않았고 단지 용접 사이클의 개략

Fig. 2. Schematic of the welding cycle; PC(Pre-Current), MC(Main-Current), PH(Pre-Hour), MH(Main-Hour), US(Up-Slope), DS(Down-Slope), Squeeze.

도만을 나타냈다(Fig. 2).

용접공정은 1차적으로 핀과 리드와이어를 점용접 한 후, 용접된 핀과 리드선의 일체를 2차적으로 컵에 다시 용접하는 방법으로 수행하였다. 이렇게 만들어진 전극은 추후 핀 표면에 유리 비딩 처리를 거쳐 유리 램프와 연결하게 되고 전극으로서 역할을 하게 된다. Fig. 3(a)은 이와 같이 만들어진 전극의 개략도를 보여준다. 본 연구에 사용된 시편은 유리 비딩 처리를 하기 이전의 시험편을 사용하였다. 이와 같이 만들어진 전극에 대하여 용접공정의 적절성과 신뢰성을 평가하기 위하여 모재부와 용접부의 미세조직과 미세경도 및 인장강도 시험을 실시하였다. 용접된 전극의 접합부와 모재의 미세조직은 광학현미경과 SEM을 이용하여 관찰하였다. Fig. 3(b)은 용접부의 접합강도를 평가하기 위해 사용한 R&B사의 미세인장 강도시험기(Microtensile Tester Nexcade)와 고정된 시험편을 보여준다. 인장 시험이 끝난 시험편의 파단면은 SEM을 이용하여 관찰하였고, 또한 용접된 전극에 대하여 용접전과 후에 전극의 전기적 성질 변화의 유무를 살펴보기 위하여 Keithley 2400 source meter를 이용하여 저항을 측정 비교 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 4는 두 번의 마이크로 점 저항 용접에 의하여 만들어진 전극의 실제 형상을 보여준다. 용접 전 컵은 외경 1.7 mm, 두께 0.25 mm, 길이가 5 mm였다. 핀은 길이

(a)

(b)

Fig. 3. (A) Schematic drawing of the welded electrode (B) Microtensile tester for CCFL Electrode.

3.6~4.0 mm 직경이 0.78~0.80 mm였다. 그리고 리드와이어는 직경 0.6 mm 길이가 15 mm 인 소재를 사용하였다. 각 부분을 용접하고 난 후의 전극 전체의 길이는 평균 약 22.65 mm인 것으로 측정되었다. Fig. 4에서 보이는 바와 같이 컵과 핀 사이 그리고 핀과 리드와이어의 사이 용접 부분에서는 점용접 시 적용 압력에 의하여 형성되는 볼록한 형태의 너겟이 형성된 것을 확인 할 수 있었다.

Table. 1은 SEM의 EDS를 이용하여 각 모재부를 화학분석한 결과를 나타냈다. 컵은 순수한 Ni을, 핀은 Mo,

Fig. 4. Photograph of the micro spot welded CCFL electrode.

Table 1. Chemical compositions of the base metal for electrode. (wt. %)

	Ni	Mo	Mn
cup	100		
pin		100	
lead wire	97.9		2.1

그리고 리드와이어는 소량의 Mn을 함유한 Ni/Mn 합금인 것으로 확인되었다. 일반적으로 컵은 높은 전기전도도, 우수한 방열성을 요구하는 성질에 맞도록 Mo이 주로 많이 활용되었으나 최근 들어서는 Mo 대신 Ni의 활용이 확대되고 있다는 자료를 접할 수 있다. 핀은 유리 비딩을 고려하여 유리와 열팽창률이 유사하고 밀착성이 우수한 Kovar 합금이나 Mo을 사용하도록 하는데, 본 연구에 사용된 전극은 Mo 핀임을 확인하였다.

Fig. 5는 전극 접합부의 미세조직을 보여준다. Fig. 5(a)는 컵과 핀의 접합부를 보여주는데 컵은 등축정의 오스테나이트 조직을 보여주고 있다. 핀과 용접된 부분에서는 결정립 조대화가 관찰되는데, 이는 용접 시에 발생하는 열에 의해 결정립이 성장한 것으로 생각된다. 반면에 핀은 조직이 너무 미세하여 어떤 조직인지 규명할 수가 없었다. 그러나 기존에 핀이 갖고 있던 연신된 조직이 용접 시 발생한 압력에 의하여 한방향으로 쏠림 현상이 나타난 것을 확인 할 수 있었지만 특별히 컵에서 관찰된 바와 같은 결정립 성장 현상은 나타나지 않았다. Fig. 5(b)는 컵과 핀의 용접부를 확대한 미세조직을 보여주는데 용접부 중앙에는 얇은 층이 존재하는 것 같은 경계를 보여준다. Fig. 5(c)는 핀과 리드와이어간의 용접부를 보여준다. 용접부는 마치 핀과 리드와이어를 다른 삽입재를 추가하여 용접한 것과 같이 두 모재와 분명한 경계를 갖는 용접부가 관찰되고 이 부분은 핀을 감싸고 있는 것 같이 보인다. Fig. 5(d)는 (c)의 상단부를 고배율에서 관

Fig. 5. Microstructures of the CCFL electrode; (a) weld joint of the cup/pin, (b) HAZ of the cup/pin weld joint, (c) weld joint of the pin/lead wire, (d) HAZ of the pin/wire weld joint.

Fig. 6. SEM micrograph of the welded joint; (a) boundary between cup and pin, (b) boundary between pin and lead wire.

Table 2. EDS results at the welded boundary. (wt. %)

	Ni	Mo	Mn
cup/pin	94.52	5.48	
pin/lead wire	64.02	33.96	2.05

찰한 미세조직을 보여주는데, 핀의 미세조직은 컵과 핀의 접합부에서 관찰된 조직과 같은 용접 압력으로 인한 솔림 현상은 없었으며 용접 전과 차이를 나타내지 않았다. 그러나 와이어 부분에는 컵과 핀의 용접부에서 관찰된 것과 같이 결정립이 조대화된 것을 확인할 수 있었다.

또한 핀과 리드와이어간 사이의 용접부에는 아주 미세한 수지상이 일부 관찰되었고, 본래 조직의 오스테나이트 조직도 관찰되었다. 이러한 수지상의 출현은 용접부가 급 가열된 후 빠른 속도로 냉각되는 경우 출현하는 응고조직으로 알려져 있다.⁶⁾ 한편 광학현미경에 의한 미세조직에서 관찰된 핀/리드와이어간, 핀/컵간의 용접부에 형성된 새로운 계면층의 유무를 확인하고자 SEM을 이용하여 관찰하였다. Fig. 6는 SEM과 EDS를 이용하여 컵과 핀간 용접부 계면과 핀과 리드와이어간의 용접부를 관찰한 결과를 보여준다.

Fig. 6(a)는 Fig. 5(a)에서 관찰된 경계 부분을 자세히 관찰한 것인데 경계층이라기 보다는 두께가 1~2 µm 정도로 거의 폭을 가지지 않는 단순한 경계선으로 확인되었다. Fig. 6(b)는 핀과 리드와이어간의 접합부 경계를 나타냈다. 마찬가지로 새로운 계면 형성이 없는 경계를 보여준다. Table. 2는 두 용접부 경계에서, 특히 컵과 핀에 인접한 부위에서 EDS 분석한 결과를 보여준다. 결과에 의하면 두 용접부 모두에서 리드와이어와 컵의 주성분인 Ni이 다량으로 검출되었고 핀의 Mo도 검출되었다. 핀의 Mo이 두 경계에서 모두 검출된 것으로 보아 두 모재간 용접을 통하여 화학결합이 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

미세조직 관찰에 이어 용접 후 모재의 성질 변화를 관

Fig. 7. Microhardness profile of the welded electrode.

찰하기 위하여 모재와 용접부에 대하여 미세 경도검사를 실시하였다. Fig. 7은 용접된 전극의 미세경도를 측정할 결과를 나타냈다. 경도가 가장 높은 곳은 핀으로 평균 약 275Hv로 측정되었고, 그 다음으로 평균 약 225Hv를 갖는 컵 그리고 평균 약 115Hv를 나타내는 리드와이어의 순서로 경도값이 감소하였다. 가장 낮은 값을 나타내는 곳은 평균 약 105Hv의 경도를 나타내는 핀과 컵의 용접부로 나타났는데, 이 부분은 확인 결과 용접부중 특히 컵 방향의 열영향부인 것으로 나타났다. 용접열영향부에서의 가장 낮은 경도 값은 미세조직에서 확인한 바와 같이 용접 시 적용된 열에 의하여 발생한 결정립의 조대화에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 핀의 열영향부에서 경도 값을 확인해 본 결과 핀은 모재 본래의 경도 값과 큰 차이를 보이지 않았다. 반면에 핀과 리드선간의 용접 열영향부에서는 그러한 경도 값의 하락이 관찰되지 않았다. 리드와이어 쪽의 용접 열영향부에서 결정립 성장이 일부 있었음에도 경도 값에 변화는 없는 것으로 나타났다. 이는 결정립 조대화로부터 야기되는 경도 감소가 용접 시 용융부의 급냉에 따른 경도 상승효과와 서로 상쇄되기 때문에 경도값의 변화를 나타나지 않은 것

으로 사료된다.

Table. 3은 용접된 전극에 대한 인장시험 결과를 보여 준다. 인장시험에서 전극시편의 외형상으로 인해 연신률과 항복강도 및 인장강도에 대하여 정확히 정량화하는 것은 제한적이고 단지 가장 취약한 부분의 최대 파단 강도를 평가할 목적으로 시험이 시행되었다.

Table. 3에서 나타난 바와 같이 모든 시편에서 최대 인장 하중 값은 고른 분포를 나타냈고 이를 토대로 측정된 최대인장 강도는 평균 17.4 kg/mm^2 로 측정되었다. 그리고 이때 얻어진 연신률은 약 5.7% 정도였다. Fig. 8은 인장 시험된 시편의 파단면을 보여준다.

파단은 컵과 핀이 용접된 부위에서 발생하였고 마치 컵에 삽입되어 있던 핀이 빠진 것 같은 양상을 보여주었고, 동시에 컵의 바닥면이 핀에 부착된 형태로 상태로 분리되었다. 이것은 컵과 핀의 용접부가 실제 핀과 컵의 바닥면에서만 화학적인 용융 결합이 이루어지고 측면의 놀림부에서는 용융 결합 없이 컵의 일부가 핀을 덮고 있는 형태로 결합되었기 때문으로 판단된다. 이러한 컵과 핀의 용접부에서의 파괴는 미세조직 관찰과 미세경도 측정에서 얻어진 결과와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 미세조직관찰시 컵의 용접 열영향부에서 관찰된 결정립 성장은 미세 경도의 하락에 기인하였고 결국 이 부분에서 파단이 발생했다. 결과적으로 컵과 핀의 용접부 파괴는 용접열에 의한 열영향부에서의 결정립 조대화에 기인한 것이라고 할 수 있는데, 이는 결과적으로 용접 시 적용되는 용접변수의 변화를 고려할 필요가 있다고 판단된다. 즉 기존에 적용되는 용접전류 또는 부가 압력이 높아 열

영향부에서 발생하는 결정립 조대화와 컵의 놀림 현상이 과도하게 나타나는 경우라 할 수 있다. 따라서 기존보다 용접 전류를 낮추는 공정을 고려해 보는 것이 효과적일 수 있을 것으로 판단된다. 끝으로 용접부의 접합 특성이 전극으로서의 특성에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여 전극에 대한 저항 특성을 살펴보았다. Table. 4는 컵, 핀, 리드 와이어만 그리고 용접된 전극에 10 mA의 일정한 전류를 적용하여 통전하였을 때 발생하는 저항값의 평균 측정한 결과를 나타냈다. 결과에 의하면 전극 소재별의 저항 값이나 용접된 전극에 대한 저항 값은 거의 차이를 나타내지 않았다. 따라서 전극 제조 시 사용된 용접 공정이 전극의 전기적 특성에 영향이나 차이를 나타내지는 않는 것으로 나타났다. 단지 CCFL 램프 제조 시 전극을 램프에 적용하는 단계에서 종종 외부적 충격 요인 등으로 전극 단락 현상이 발생하는 경우를 참고 할 때 이는 전극의 용접이후 유리 비딩 처리 시에 적용되는 열처리 공정 등이 전극의 특성이나 신뢰성에 어떤 부정적인 영향을 주지 않는지에 대한 연구는 추후 검토되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

TFT-LCD용 CCFL형 램프에 적용되는 전극 제조를 위해 미세 용접된 전극의 미세구조와 인장시험 등을 통하여 전극의 특성을 평가하였고, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 저항 점용접 공정으로 제조된 전극의 미세조직 관찰결과 컵과 핀간 그리고 핀과 리드와이어간의 용접부에서 리드와이어와 컵의 열영향부에서 결정립의 조대화가 관찰되었다. 반면에 핀의 미세조직에는 변화가 없었으며, 용접부의 새로운 계면층도 관찰되지 않았다.

Table 3. Results of the microtensile test for welded electrode.

	Maximum load (kgf.)	Maximum tensile (kgf/mm ²)	Elongation (%)
1	8.86	17.85	5.5
2	7.98	16.96	6.3
3	8.23	17.36	5.3
Ave.	8.35	17.39	5.7

Table 4. Summary of the measurement for the resistance.

	cup	pin	lead wire	weld electrode
$\Omega/10\text{mA}$	0.278	0.279	0.283	0.281

Fig. 8. Fractured surface of the tensile specimen.

2. 인장시험 결과 가장 취약한 부위는 컵과 핀의 용접부였고, 그중에서도 특히 컵의 열영향부에서 인장 시편이 파단 되었다. 컵의 열영향부에서 가장 낮은 미세경도 값과 결정립 조대화를 확인 할 수 있었다.

3. 용접 공정으로 모재의 미세조직이 용접부에서 변화하였지만 일정전류를 통전하였을 때 얻어지는 전극의 저항값에는 차이가 없었다.

참 고 문 헌

1. H. Hun, Electronic Parts & Components, **1**, 48, (in Korea), (2007).
2. S. J. Ahn, H. S. Kim, Y. C. Kim and S. J. Ahn, Display Optics, p. 255, Bookshill, Korea, (2006).
3. DeaKwang industry, Products, Electrode of CCFL & Material of Electrode, Retrieved August 6, 2008 from <http://www.dkico.net>.
4. Xiamen Fu Zheng Metal Industries, Products, Electrode of Cold Cathode, Production control of Electrode, Retrieved August 21, 2008 <http://www.xmccfl.com>.
5. R. Kitamoto, T. Uetsukil, Y. Takeda and O. Fukumasa, Proceeding of Annual Conference of The Illuminating Engineering Institute of Japan, **38**, 137, (2005).
6. K. Eastering, Introduction to the Physical Metallurgy of Welding, p. 66-73, M. Ashby FRS, R. Kiessling, J. Charles, H. Suzuki, A. G. Evans, I. Tamura, M. C. Flemings, G. Thomas and R. I. Jaffee, Butterworths, London, (1983).