

CO₂ 레이저를 이용한 유리 스크라이빙에 관한 연구

A Study of Glass Scribing using CO₂ Laser

LG 생산기술원 강형식, 홍순국, 최종윤*, 송민규

I. 서론

평판 디스플레이 Device에 사용되는 유리의 스크라이빙은 주로 다이아몬드나 초경 휠에 의한 기계적인 마찰에 의해 유리 표면에 금을 그어주는 형태로 이루어진다. 이 경우 날카로운 절단면과 절단된 단면에 존재하는 미세 균열들을 없애기 위해 후공정으로 연마와 세정이 필연적으로 수반된다. 또한 다이아몬드나 초경 휠로 유리에 금긋기를 할 경우 공구와 유리 표면 사이의 마찰에 의해 유리 파편이나 부스러기 등이 발생하게 되며, 이들은 고청정도를 요구하는 평판 디스플레이 Device의 제조 공정에 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 다이아몬드와 초경 휠에 의한 방법 외에 유리를 절단하는 방법으로 워터젯(water jet)이 사용되고 있으나, 이 경우 절단 시간이 많이 소요되고 절단면이 매끄럽지 않아 연마 공정이 필요하며, 유리에 묻어나는 물과 연마제를 세정해 주어야 하는 단점이 있다.

최근에 평판 디스플레이 Device용 유리의 스크라이빙에 레이저를 사용하는 방법이 연구되고 있다. 종래의 레이저를 이용한 유리의 절단 방법은 절단선을 따라 유리를 녹여서 분리시키는 방법으로, 절단면이 매끄럽지 못하고 열에 의해 유리 내부에 상당량의 잔류응력이 존재하여 얇은 유리의 절단에는 적합하지 못하다.

본 연구에서는 레이저로 유리 표면을 녹는점 이하까지 가열한 후 냉각제를 투입하여 유리 표면에 열충격 효과에 의해 균열을 발생시키는 방법을 실시하였다. 이 방법으로 유리를 스크라이빙할 경우 절단면이 매끄러우며 다이아몬드나 초경 휠의 경우와 같은 기계적인 접촉이 일어나지 않으므로 유리 파편이나 부스러기 등이 발생하지 않아 평판 디스플레이 Device 제조 공정에 적용될 경우, 유리 스크라이빙의 후공정이 극소화될 수 있는 장점이 있다.

II. 실험 방법

스크라이빙선의 시작 부분에 초경 휠을 사용하여 노치를 만든 후 스크라이빙선을 따라 레이저로 가열을 하고 뒤이어 냉각제를 투입, 유리 표면에 균열이 발생되도록 하였다.

실험에 사용된 레이저는 유리에 흡수율이 높은 CO₂ 레이저를 사용하였으며 냉각제로는 ①헬륨과 아르곤 등의 기체와 ②순수, 에틸알코올 등의 액체, ③기체와 액체의 혼합물, 그리고 ④냉각공기 등을 사용하였다.

스크라이빙 대상으로는 0.7mm 두께의 alkaline earth aluminosilicate(Corning 1737) 유리와 2.8mm 두께의 소다라임 유리를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

레이저 빔이 유리 표면을 조사하면서 이동할 때 유리 표면에 흡수되는 레이저 에너지가 낮을 경우에는 노치 선단에서의 균열진전이 이루어지지 않으며, 에너지가 유리의 녹는점 이상으로 과도하게 높

을 경우에는 유리 표면이 용융되어 임의 방향으로 균열이 급격하게 진전되거나 유리가 깨어지는 등의 불규칙한 균열이 발생된다. 따라서 레이저 빔이 이동하는 속도와 동일하게 노치 선단에서 균열이 진전될 수 있도록 레이저의 에너지를 적절하게 조절해 주는 것이 중요하다.

노치 선단을 레이저로 가열한 후 냉각시킬 때 냉각매질의 열전도계수의 크기에 따라 액체 냉각제, 액체와 기체의 혼합물, 기체 냉각제, 냉각공기의 순으로 냉각 효과가 높게 나타났으며, 이는 유리의 스크라이빙 속도에 영향을 준다. 또 액체 냉각제, 혹은 액체가 혼합된 냉각제의 경우는 냉각제가 분무되는 유량이 기체 냉각제와 같이 연속적이지 않아 유리의 절단면 품질이 저하될 수가 있다.

스크라이빙된 유리의 절단면을 SEM으로 관찰한 결과 유리 표면에서 직각방향으로 절단된 것을 확인하였으며, 유리 파편이나 부스러기 등이 발생하지 않았다.

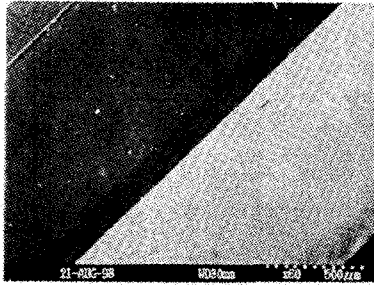


그림 1. 레이저 절단면

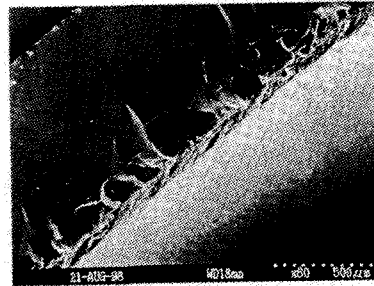


그림 2. 다이아몬드 팁 절단면

IV. 결론

레이저에 의한 가열과 냉각제의 투입에 의해 유리 표면에 열충격 효과가 발생하며, 이를 이용하여 유리를 스크라이빙할 수 있다.

유리 표면에 균열이 연속적으로 진행되기 위해서는 레이저 에너지를 적절히 조절해 주어야 하며, 냉각매질의 종류에 따라 유리를 스크라이빙하는 속도가 좌우된다.

절단시 파편이나 부스러기 등이 발생하지 않아 고정정이 요구되는 평판 디스플레이 Device 용 유리의 스크라이빙에 사용될 수 있다.

V. 참고문헌

1. Christoph Hermanns, "Laser cutting of thin glass in production technology", DMTC '99, pp.33-36, (1999)
2. Brian Hoekstra, "Advanced glass separation", DMTC '99, pp.37-41, (1999)
3. Mitsubishi 다이아몬드, "레저 스크라이브 장치", 月刊 FPD Intelligence, pp.26-28, (1999.8)
4. Kondratenko, "Method of splitting non-metallic materials", USP (1997)
5. 黒部利次, "液晶 디스플레이 表示用 基板 ガラス의 YAG 레이저による 割斷", 日本精密工學會誌 Vol.63, No.7, pp.1018-1022, (1997)
6. 池田正幸, "板ガラス의 레이저브레이크킹에 關する 研究", 日本精密工學會誌, pp.413-417, (1996)
7. Broek, D., "The practical use of fracture mechanics"

8. Brian Lawn, "Fracture of brittle solids 2nd edition"
9. 黒部, 西川, 川向, 中田, 牧野, 日本精密工學會 春季大會講演論文集, pp.853 (1988)
10. 黒部, 川向, 高雄, 中田, 日本精密工學會 秋季大會講演論文集, pp.545 (1988)
11. 黒部, 高雄, 中田, 植杉, 日本精密工學會 春季大會講演論文集, pp.1051 (1989)
12. 黒部, 永井, 中田, 植杉, 日本精密工學會 秋季大會講演論文集, pp.417 (1989)
13. 黒部, 市川, 永井, 安永, 日本精密工學會 春季大會講演論文集, pp.599 (1990)
14. 黒部, 永井, 安永, 日本精密工學會 秋季大會講演論文集, pp.155 (1990)
15. 黒部, "レーザ加工", pp.127 (1990)