

◆특집◆ 생산시스템 및 응용기술

## Mobile용 Camera Window의 공정 개선에 관한 연구

안해원\*, 신기훈\*, 오재호\*, 김학철\*\*, 권수근\*\*\*, 최성대\*\*\*,#

\*삼성전자 무선사업부, \*\*(주)UT1, \*\*\*금오공과대학교 기계시스템공학과

### Study on an Enhanced Manufacturing Process for Mobile Camera Window Glass

Hae Won Ahn\*, Ki Hoon Shin\*, Jae Ho Oh\*, Hak Chul Kim\*\*,  
Soo Kun Kwon\*\*\*, Seong Dae Choi\*\*\*#

\*Samsung electronics mobile division, \*\*UT1 Co. LTD.

\*\*\*School of Mechanical System Engineering Kumoh National Institute of Technology

(Received 10 October 2015; received in revised form 20 October 2015; accepted 21 October 2015)

#### ABSTRACT

The glass used for Mobile Camera Window is required to have high strength. Cell type manufacturing by means of CNC is widely used for camera window. Individual loading and unloading is needed for each process, such as painting and PVD, in cell type manufacturing. The purpose of this study is to search the enhanced manufacturing process with sheet type throughout bulk unit production in painting and PVD. This study includes sheet type manufacturing processes such as laser cutting, wet etching, 2nd tempering, printing, and AF/AR coating.

**Key Words** : Mobile Camera Window(모바일 카메라 윈도우), Cell Type(셀 방식), Sheet Type(시트 방식)

#### 1. 서 론

많은 모바일 기기에 카메라가 채용이 되면서 이를 보호해주는 카메라 윈도우가 필요하게 되었다. 카메라 윈도우는 카메라 화질에 많은 영향을 미치고 있어 카메라 윈도우의 재질 또한 중요하다. 일반적으로 투명 아크릴보다는 높은 강도<sup>1)</sup>와 투과율을 가지면서 보다 얇은 두께를 구현할 수 있는 강화 글라스 재질의 윈도우를 많이 채용하고 있다.<sup>2)</sup>

카메라 윈도우 제작 공정으로는 글라스 원단을 재단하여 작은 셀단위로 만든 다음 이 셀을 각 공정별 지그에 안착하여 강화 처리, 인쇄, 증착의 후가공을 거치고 불량 검사를 실시하여 이상이 없는 제품은 포장해서 출하하는 셀 타입 공정이 일반적으로 사용되고 있다. 셀 타입 공정의 경우 작은 카메라 윈도우 글라스를 일일이 사람 손으로 지그에 안착하고 있어서 공정 손실이 많이 발생이 되어 제작비용이 상승할 수 있다. 이에 반해 시트 타입 제조 공법<sup>3)</sup>은 글라스 원장을 가공이 용이한 시트 타입으로 분판하고 이 후 모든 공정은 셀 단위가 아니고 시트 단위로 진행 한다. 셀 130개가 1개의 단위 시트에 구현되어 있으며 시트 단위로

# Corresponding Author : [sdchoi@kumoh.ac.kr](mailto:sdchoi@kumoh.ac.kr)

Tel: +82-54-478-7396, Fax: +82-54-478-7319

진행되는 공정은 펄스 레이저<sup>4)5)</sup>로 셀 커팅, 웨트 에칭<sup>6)</sup>으로 챔퍼 가공, 2차 강화, 인쇄, 증착, 세정이 있다.

모든 공정을 셀 단위가 아닌 시트 단위로 진행하기에 셀을 공정별 별도 지그에 안착 하고 탈착하는 공정을 없앨 수 있어서 제조에 많은 이점이 있다. 본 논문에서는 시트 타입 가공이 셀 타입 가공에 대비하여 가지는 장점과 차이점을 분석하고 챔퍼 가공, 2차 강화, 인쇄, 세정 등의 공정에서 양산성 제고 방안을 확인코자 한다.

## 2. 시험편 제작 공정

### 2.1 시험편

시험편은 SM-G900F 단말의 카메라 윈도우 글라스로 선정하였다. Fig. 1과 같은 형상의 스마트폰이며 후면의 표시 부분이 카메라 윈도우이다. 평판의 알루미늄 실리콘 글라스로 시편의 사이즈는 Fig. 2와 같이 가로 10.9mm, 세로 10.9mm, 두께 0.4mm이다. 셀 타입 시험편 제작은 원단을 재단한 후 CNC 커팅, 강화, 인쇄/증착, 검사 및 출하 공정으로 제작하였으며 시트 타입 시험편 제작은 원단사인 코닝사에서 원단 상태로 1차 강화 처리된 콩코아 원단<sup>7)</sup>을 입수하여 레이저 커팅/에칭, 2차 강화, 인쇄/증착 가공 후 검사 및 출하 공정으로 제작되었다.



Fig. 1. Photo of SM-G900F Set<sup>8)</sup>

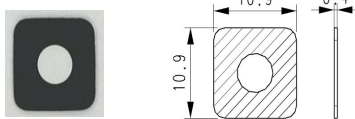


Fig. 2 Specimen : Photograph and drawing of SM-G900F camera window glass

### 2.2 셀 타입 시편 제작 공정

셀 타입 시편 제작 공정은 Fig. 3과 같은 흐름으로 진행된다. 글라스원단이 들어오면 작은 셀 단위로 자른 후 CNC로 외곽 가공을 하고 제품을 지그에 안착하여 강화 공정을 진행하고, 강화 지그에서 제품을 탈거, 다시 인쇄용 지그에 안착 후 인쇄 작업을 진행하고 다시 탈거 및 증착용 지그에 제품을 안착 후 증착 공정을 진행한다. 증착이 완료되면 불량 검사를 진행 후 제품을 출하용 보호비닐에 부착 후 출하하게 된다. 각 공정별로 작은 셀을 지그에 안착 및 탈착 공정이 발생되어 많은 손실이 많이 발생된다.

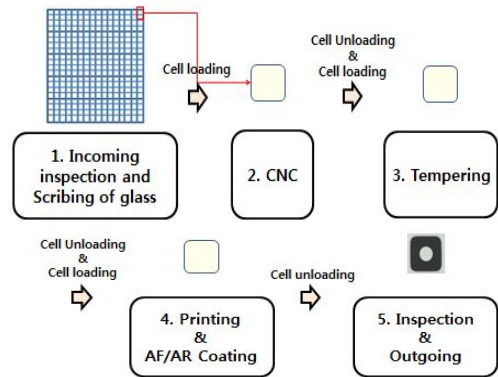


Fig. 3 Cell type camera window manufacturing process

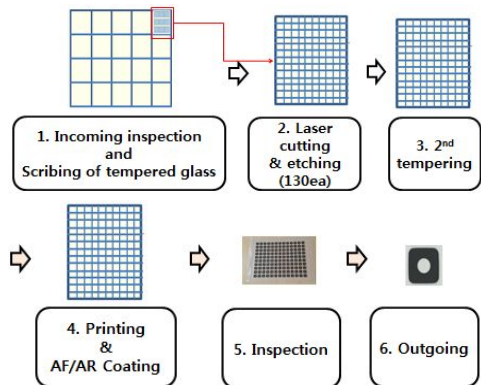


Fig. 4 Sheet type camera window manufacturing process

## 2.3 시트 타입 시편 제작 공정

시트 타입 시편 제작 공정<sup>9)</sup>은 Fig. 4와 같은 흐름으로 진행된다. 우선 코닝社에서 1차 강화 적용한 원단을 수급하여 이 원단을 시트 단위로 재단하고 이 하나의 시트를 가지고 셀 커팅, 에칭, 인쇄 및 증착 공정을 진행한다. 셀 타입과 차이점은 CNC로 셀을 재단하게 되면 셀 1개 단위로 모든 후가공 공정을 진행하지만 시트 타입은 레이저로 셀 커팅을 진행하나 시트에 떨어지지 않을 정도로 커팅 진행하게 되고 에칭, 2차 강화, 인쇄, 증착 공정에서 이 시트 단위로 후가공 진행 가능하다. 그래서 별도의 지그에 안착 및 탈착 하는 공정 손실을 줄일 수 있다.

### 2.3.1 재단(Scribing)

1차 강화된 콩코아 원단을 시트 타입 공법의 기본 단위가 되는 시트로 절단 하는 공정이다. 이 과정의 시편을 제작하기 위해 책정된 시트 사이즈는 가로 620mm, 세로 750mm이다.

### 2.3.2 레이저 커팅(Laser cutting)

시트로 재단된 원단에 제품 셀을 커팅<sup>10),11),12),13)</sup> 하는 공정이다. 레이저 공정 셀 커팅 후에도 시트에서 개별 분리되지 않고 시트 상태로 후가공 가능하도록 설계되었다. Fig. 5처럼 마스크를 하고 노출된 부분을 레이저로 커팅을 한다. Fig. 6에서 보듯이 홀 사이즈는  $\phi 0.5\mu\text{m} \sim \phi 1.5\mu\text{m}$ 이고, 홀 간 피치는  $2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ 이다 커팅은 이런 방식으로 규칙적인 홀을 뚫어 커팅하게 되는데 홀과 홀 사이에 크랙이 형성되고 일정 수준의 외압을 가해야만 시트에서 분리된다. 외압을 가하게 되면 Fig. 5에 나타난 크랙을 따라 셀이 더미에서 분리되도록 설계되어있다.

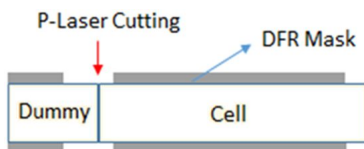


Fig. 5 Laser cutting

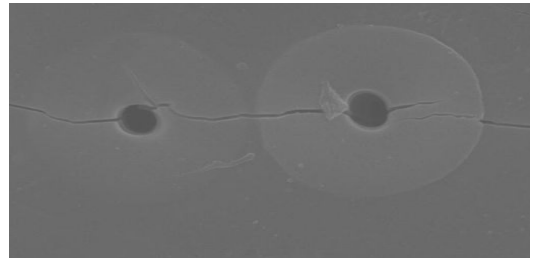


Fig. 6 SEM Photo of after laser cutting

### 2.3.3 에칭(Etching)

에칭 방식은 웨트 에칭 방식으로 레이저 커팅 후 혼산 용액에 침지하여 진행하는데, Fig. 7과 같이 DFR<sup>1)</sup> 마스크 되지 않은 더미와 셀 사이에 에칭액이 침투하여 챔퍼를 구현한다. 이 챔퍼는 치핑에 의한 윈도우 크랙 방지 및 인쇄 넘침에 의한 조립 불량을 방지하기 위해 적용되어있다. Fig. 8과 같이 X축 A,B의 식각량이  $100 \pm 50\mu\text{m}$ , Y축 C,D 식각량이  $60 + 30\mu\text{m} / -20\mu\text{m}$ 으로 가공 진행 되었으며, 가공 균일성을 확인하기 위해 샘플 30개를 제작 후 챔퍼부분의 각 치수를 측정하여 위치별 치수의 Cpk<sup>14)</sup> 데이터로 치수 균일성을 확인한 결과 1.34~1.59의 데이터가 산출 되었다. 에칭 가공 시 치수가 균일하게 관리되고 있음을 확인할 수 있었다.

Fig. 9은 챔퍼의 측면을 찍은 SEM 사진이다 좌측은 시트 타입 방식의 CNC 가공면의 사진이고, 우측은 시트 타입의 웨트 에칭 가공면의 사진이다. CNC와 동등 수준으로 치수 정확도가 나오는 것을 확인 할 수 있다.

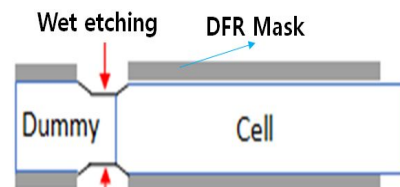


Fig. 7 Etching

1) DFR : Dry Film Register

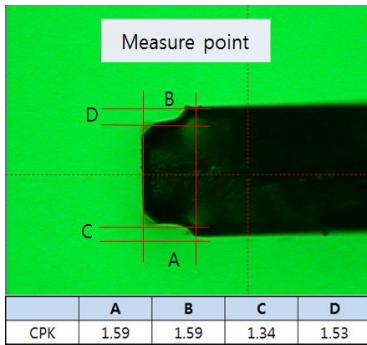


Fig 8 Measure point of chamfer and CPK data

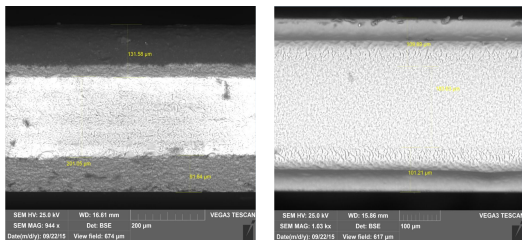


Fig. 9 SEM Photo of chamfer surface roughness (cell type and sheet type)

### 2.3.4 2차 강화(2nd tempering)

1차 강화 처리된 원단을 수급 후 레이저 커팅, 에칭을 진행하게 되면 취약한 측면 부위가 외부에 노출된다. 2차 강화 공정은 외부에 노출된 측면을 보강하기 위해 진행되는 공정이다. 2차 강화 공정은 Fig. 10과 같이 레이저 커팅 후 셀과 더미 사이에 미세한 갭이 생성이 되는데 이 갭 사이로 강화액이 침투하여 K이온 교환 반응이 발생되며 이 반응으로 측면 강화층이 형성된다.<sup>15),16),17)</sup> 2차 강화조건은 온도 400℃, 2hr으로 설정 되었으며 Fig. 11과 같이 Ohihara FSM-6000LE<sup>18)</sup> 장비로 측정된 결과 강화전 CS 500~580MPa, DOL 16~20um, CT 25~32MPa에서 강화후 CS 809MPa, DOL 37.9um, CT 94.7MPa로 변화되었다. 셀 타입 가공에서 측정된 CS 825MPa, DOL 40um, CT 106MPa이하와 유사한 수준으로 유통환경 및 단품시험에서 유의차가 없는 것으로 확인되었다. Fig. 12는 측면 강화층의 K이온 농도의 SEM/EDS 측정결과이며 K농도 값은 셀 타입과 거의 같았다.

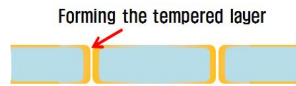


Fig. 10 2nd Tempering for side profile

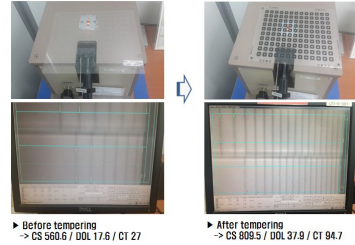


Fig. 11 K ion concentration on the side

Cell type (CNC #1)	Sheet type(LASER + Etching)																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O.K</td><td>25.11</td></tr> <tr><td>Na.K</td><td>1.04</td></tr> <tr><td>Mg.K</td><td>0.82</td></tr> <tr><td>Al.K</td><td>10.02</td></tr> <tr><td>Si.K</td><td>25.98</td></tr> <tr><td><b>K.K</b></td><td><b>15.65</b></td></tr> <tr><td>Aut.</td><td>19.39</td></tr> </tbody> </table>	Element	Weight %	O.K	25.11	Na.K	1.04	Mg.K	0.82	Al.K	10.02	Si.K	25.98	<b>K.K</b>	<b>15.65</b>	Aut.	19.39	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>O.K</td><td>30.37</td></tr> <tr><td>Na.K</td><td>0.39</td></tr> <tr><td>Al.K</td><td>9.28</td></tr> <tr><td>Si.K</td><td>25.49</td></tr> <tr><td><b>K.K</b></td><td><b>15.19</b></td></tr> <tr><td>Aut.</td><td>19.28</td></tr> </tbody> </table>	Element	Weight %	O.K	30.37	Na.K	0.39	Al.K	9.28	Si.K	25.49	<b>K.K</b>	<b>15.19</b>	Aut.	19.28
Element	Weight %																														
O.K	25.11																														
Na.K	1.04																														
Mg.K	0.82																														
Al.K	10.02																														
Si.K	25.98																														
<b>K.K</b>	<b>15.65</b>																														
Aut.	19.39																														
Element	Weight %																														
O.K	30.37																														
Na.K	0.39																														
Al.K	9.28																														
Si.K	25.49																														
<b>K.K</b>	<b>15.19</b>																														
Aut.	19.28																														
K concentration 15.65%	K concentration 15.18%																														

Fig. 12 K ion concentration on the side

### 2.3.5 인쇄 및 AR / AF 코팅

인쇄공정은 윈도우에 색상, 무늬 등을 입히는 공정으로 셀 타입의 경우 인쇄 지그에 셀을 안착하고 별도 인쇄용 스크린으로 인쇄 진행하여 색상 무늬 등을 셀에 입힌다. 하지만 시트 타입은 Fig. 13과 같이 시트 1매에 130개 cell을 동시에 실크 스크린 인쇄를 실시한다. 인쇄가 완료되면 카메라 화질 개선을 위한 AR(Anti reflection) 코팅 및 AF(Anti fingerprint) 코팅 진행하는데 이 공정에서도 동일하게 별도의 지그 안착/탈착 공정 필요 없이 시트 상태 그대로 투입 진행가능 하다.

Fig.13 좌측의 사진은 인쇄 및 AR/AF 코팅 전 시트 타입 샘플 사진이며, 우측 사진은 인쇄 및 AR/AF 코팅 이후 사진이다. 동일하게 별도 지그 없이 시트 단위로 후가공 진행된 것을 볼 수 있다.

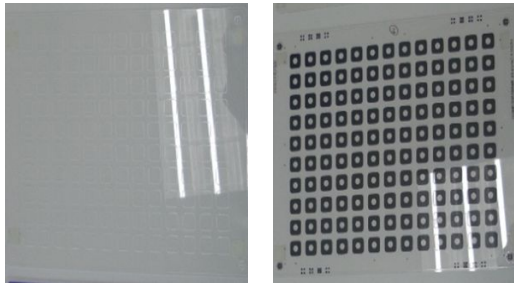


Fig. 13 Before and after Printing, AR/AF Coating

### 2.3.6 셀 분리

셀 분리 공정은 인쇄 및 증착이 완료된 시트 단 위 샘플을 셀단위로 분리 하는 공정으로 시트를 셀 분리 지그와 조립 후 롤러로 눌러 셀을 분리 한다. 셀 분리가 완료되면 분리 지그와 시트의 윈 도우 더미를 제거한 다음 셀에 보호 비닐을 부착 하게 된다. 보호 비닐은 스크래치 발생, 이물질 유 입을 방지하기 위해 부착하며, 전면 및 배면 모두 보호 비닐을 부착한다.

셀을 시트에서 분리하는 타공 하중은 0.75Kgf이 상으로 확인되었으며 분리된 셀 무게는 0.1g이다. 셀 타공 후 측면 조도는 Fig.14과 같이 나타났다. 좌측 SEM 사진은 시트 타입 표면을 찍은 사진이 고 우측은 셀 타입 표면을 찍은 사진이다. 표면 조도는 Mitutoyo SJ500을 이용하여 측정하였으며 측정 속도는 20 $\mu$ m/sec, 600 $\mu$ m 거리를 측정한 결과 시트 타입 시편의 측면 표면조도가 셀타입 대비하 여 더욱 조밀한 것으로 확인되었다. 시트타입 시 편인 경우 Ra값은 0.6 ~ 1.3 $\mu$ m으로 확인되었으며, 동일조건으로 셀 타입의 CNC가공으로 구현된 셀 측면의 Ra값은 1.7 $\mu$ m으로 확인되었다.

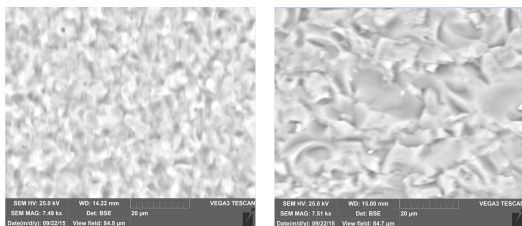


Fig. 14 Roughness on the side of camera window (sheet type and cell type)

## 3. 공정개선결과

### 3.1 시트 타입의 셀 측면강화

셀 커팅 후 전체 강화하는 셀타입과 달리 시트 타입의 경우 1차 강화가 적용된 글라스 원단을 커팅해서 사용하기에 커팅 후 비강화면이 외부에 노출되는 문제가 발생되어 이를 보완하기 위해 2차 강화 공정을 추가 하였으며 2차 강화 전/후의 K농도 분포를 확인하여 측면 강화 여부를 확인하였 다. Fig. 15는 2차 강화 후 측면 K농도 분포<sup>19),20)</sup>를 나타낸 그래프로 강화 전 대비하여 강화 후 표면 K농도가 증가된 것을 볼 수 있는데 이를 통하여 측면이 강화된 것을 확인할 수 있다. Fig. 16에 나타낸 것과 같이 상면의 DOL을 확인 결과 37.9 $\mu$ m 로 이때의 K의 농도는 6%였다. 동일하게 측면 그 래프에서 농도 6%인 DOL을 찾으면 20 $\mu$ m에서 교 점을 가진다. 따라서 측면의 강화 깊이는 20 $\mu$ m로 추정된다.

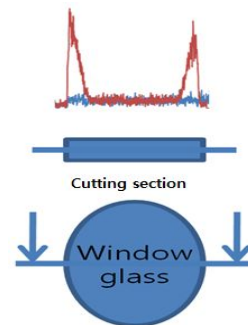


Fig. 15 K ion concentration distribution graph

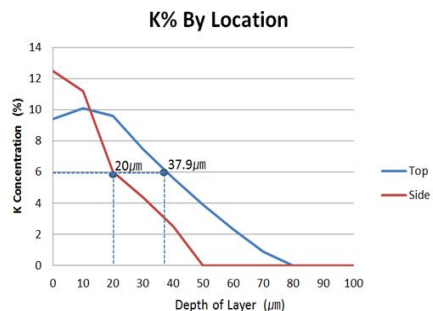


Fig. 16 Graph of K% by location

### 3.2 공정개선결과

셀 타입에서 시트 타입로 공정개선의 가장 큰 의미는 각각 개별 가공하던 셀 타입 대비하여 시트 단위로 레이저, 에칭, 강화, 인쇄/증착 공정을 진행할 수 있어서, 양산성을 높일 수 있었다. 또한 각 셀을 지그에 안착 및 탈착하는 공정 및 인력을 없앨 수 있어 공정 손실을 줄일 수 있었으며, 셀 타입 생산에 비해 시트 타입 생산이 효율이 높아 셀 1개당 제조 시간 산정 결과 셀 타입의 경우 17.12초, 시트 타입의 경우 12.31초로 제조 시간을 20% ~ 30% 개선할 수 있었다. 또한 시트 타입 레이저 커팅과 에칭으로 가공된 제품의 측면 표면 조도를 확인한 결과, Ra 0.6~1.3 $\mu$ m으로 셀 타입 NC 가공된 제품의 측면 표면 조도 Ra 1.7 $\mu$ m보다 조대하지 않음을 확인되었으며, 기타 신뢰성 단품 시험, 유통시험, 카메라 화질 시험과 치수 측정결과는 셀 타입의 제조공정에 의한 제품과는 차이가 없이 나타내었다.

### 4. 결론

모바일 카메라 윈도우를 제작하는 공정을 최적화 및 양산화하기 위해 새로운 방식의 시트 타입 가공이 기존의 셀 타입 가공에 대비하여 가지는 장점과 차이점을 분석하고 챔퍼 가공, 2차 강화, 인쇄, 세정 등의 공정에서 양산성 제고 부문을 확인 것에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 시트 타입으로의 공정개선의 내용은 각각 유리를 절단가공 및 강화하여 인쇄하는 셀 타입에서 셀 130매 제작이 가능한 유리 시트 한 장을 레이저커팅방식을 이용하여 강화 및 인쇄하여 각각으로 분리하여 조립하는 것이다.
2. 공정개선에서 레이저커팅으로 예균열을 도입하여 유리측면 강화하는 방식에서 실제적으로 측면강화가 나타남을 알 수 있다. 이것은 실제 유리강화와 거의 같은 강화깊이가 관찰되었다.
3. 개선된 공정에서 제조된 제품은 기존의 제품과 비교하여 3축 벤딩 시험<sup>21)</sup>, 볼 드롭 시험, 면압 시험, 비포장 낙하 시험, 연속 낙하 등의 신뢰성평가에 모두 만족하고, 특히 측면가공조도도

기본제품보다 더 나은 결과를 얻었다.

4. 셀 타입에서 시트 타입으로 공정개선의 가장 큰 의미는 대량화 및 공정 손실을 줄일 수 있었으며, 셀 타입 생산에 비해 시트 타입 생산이 효율이 높아 제조비용을 20% ~ 30% 개선할 수 있었다.

### 후기

시트 타입 가공 기술을 가진 (주)UTI社 협업 진행한 연구 과제입니다.

### REFERENCES

1. B.H. Kim, Glass technology, Cheong Moon Gak Publishing, pp.146, 2010
2. Corning Gorilla Glass (2015), <http://www.corninggorillaglass.com> (accessed 10, May., 2015)
3. Display bank, "The cover glass processing technology for Projected Capacitive touch panel, process and market prospect", pp.21, 68, 2012
4. C. J. Lee, H. N Kim, Y. S. Jeong, C. B. Jun, Y. C. Park "The Experimental Study in the Micro Drilling of Excimer Laser on Pyrex Glass", KSMPE, Journal of the KSMPE Vol. 11, No. 5, pp. 99-103 (5 pages), 2012.10
5. J. Choi, S.H.Cho, J. Suh, J.H. LEE, "Micro machining of glasses using an ultrashort pulse laser", KSPE, Journal of the KSPE Autumn Conference, pp. 151-152 (2 pages), 2011.06
6. G. A. C. M. Spierings "Wet chemical etching of silicate glasses in hydrofluoric acid based solutions", Journal of Materials Science, pp.6269, 1993.
7. Corning Concore Glass (2013), <http://www.corninggorillaglass.com> (2013)
8. Photo of SM-G900F smart phone(2015) <http://www.samsung.com/uk/consumer/mobile-device>

- es/smartphones/galaxy-s/SM-G900FZKABTU (accessed 25, Sep., 2015)
9. M.W.Lee, "Window glass manufacturing method for electronic equipment", Korean Pat. KR100971449 (2010.07.14.)
  10. H. S. Jung, S. D. Choi, A Study on Cutting Behavior of Strengthened Glass for Touch Screen Panel, Proceeding of the KSMPE Autumn Conference 2010, pp. 145-146 (2 pages) 2010.11
  11. K. M. Kim, H. S. Jung, S. D. Choi, "A Study on Cutting Mechanism of Smart Strengthened Glass" KSMPE, Proceeding of the KSMPE Autumn Conference , pp. 186-187, 2011.06
  12. H. S. Jung, S. D. Choi, "A Study on Cutting Behavior of Strengthened Glass for Touch Screen Panel", KSMPE, Proceeding of the KSMPE Autumn Conference , pp. 145-146, 2010
  13. S. D. Choi, S. H. Cheong, G. M. Kim, J. M. Jeon and Y. J. Rho "Shearing Behavior of Flat Panel Glass by Oscillating Diamond" KSMPE, Journal of the KSMPE Vol. 4, No. 1, pp. 37-42 (6 pages), 2005.03
  14. Boyles, Russell (1991). "The Taguchi Capability Index". Journal of Quality Technology 23 (1) (Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality Control). pp. 17-26. ISSN 0022-4065. OCLC 1800135.
  15. H. W. Ahn, J. H. Oh, S. K, Kwon and S. D. Choi, "Study on Sodalime glass strengthening technology with ion change (1)", Proceeding of the KSMPE Autumn Conference 2013, pp. 49, 2013.11
  16. D. I. Lee, Y. K. Lee, H. S. Lee, "Characterization of Glasses by Ion-Exchange(I): Ion Exchange Behavior" Journal of the Korean Ceramic Society Vol. 25, No.3, pp. 237 ~ 242, 1988
  17. H. W. Ahn, J. H. Oh, S. K, Kwon and S. D. Choi, "A study on the strengthening of Sodalime glass using ion exchange method", KSMPE, Vol. 13, No. 6, pp. 145~151(7 pages) 2014.12
  18. Orihara FSM-6000LE (2015), <http://www.orihara-ss.co.jp/> (accessed 10, May., 2015)
  19. H. W. Ahn, J. H. Oh, S. K, Kwon and S. D. Choi, "Study on Sodalime glass strengthening technology with ion change (2)", Proceeding of the KSMPE Autumn Conference 2013, pp. 142, 2013.11
  20. H. W. Ahn, J. H. Oh, S. K, Kwon and S. D. Choi, "Study on Sodalime glass strengthening technology with ion change (3)", Proceeding of the KSMPE Autumn Conference 2013, pp. 143, 2013.11
  21. ASTM Standard C-158, West Conshohocken, Pa.