

Snap-Fit 통합잠금장치의 강도분석과 적용

박범수⁺, 홍민성^{*}

(논문접수일 2006. 6. 16, 심사완료일 2006. 9. 15)

Intensity Analysis and Application of Integral Attachment in Snap-Fit

Bumsoo Pak⁺, Minsung Hong^{*}

Abstract

The use of snap-fit features is highly recommended to reduce overall product cost and manufacturing time by reducing the number of parts and eliminating assembly with conventional fasteners. Application to particular product for integral attachment using snap-fit features is needed. Alternative attachment concept for specific application has been introduced. In this study, the optimal attachment design based on the given design objectives is identified using newly developed alternative attachment concept for the specific application to LCD monitor case assembly. Integral attachment using snap-fit features applies the systematic procedure and the intensity analysis.

Key Words : Snap-Fit(스냅핏), Intensity Analysis(강도분석)

1. 서론

Snap-Fit체결 형상은 두 개 이상의 부품을 연결할 때, 사출성형 단품으로 이루어진 연속체들 간의 기계적인 결합을 의미한다. 일체형 체결 형상(Integral Attachment)은 부품 내에 잠금 방식과 위치를 나타내는 잠금 형상과 위치 지정 형상을 포함하고 있다. 이러한 형상들은 조립과정 도중에 탄성 변형을 일으키고 결합이 진행된 후에는 변형 없이 부품을 지지하여 부품간의 결합과 지지를 손쉽게 할 수 있다. 플라스틱을 이용한 Snap-Fit은 다양한 금형으로 만들 수 있고

탄성변형 및 회복이 쉽게 일어난다⁽¹⁾.

Snap-Fit체결 형상은 다양한 제품에 적용되어 출시되고 있다. 부품의 수를 줄이고, 조립 시간을 감소시키고, 조립에 필요한 공구를 간소화하고, 자동화를 용이하게 하여 생산 시간과 비용을 줄일 수 있기 때문이다⁽²⁾. 또한 작은 힘으로 결합할 수 있으며 강한 결합력을 유지할 뿐만 아니라 볼트나 리벳과 같은 금속 체결 요소를 배제하여 제품의 단가를 낮추고 플라스틱 제품의 재활용을 용이하게 하는 장점이 있다⁽³⁻⁵⁾.

LCD와 같은 전자기기는 고장이나 체결강도를 위해 볼트

* 아주대학교 기계공학과
+ 교신저자, 아주대학교 기계공학부 (mshong@ajou.ac.kr)
주소: 443-749 수원시 영통구 원천동 산5번지

와 같은 금속 체결 요소를 사용하고 있다. 현재 강화 플라스틱의 인장력은 최대 9000(kgf)로 강(剛)의 인장력과 비슷한 수준이다.

볼트 등의 금속 체결 요소를 배제하고 플라스틱의 Snap-Fit 으로 대체하더라도 강도는 크게 떨어지지 않는다. 고장 수리를 위해 조립과 분해가 용이하고, 필요한 체결강도를 가진 Snap-Fit을 적용한다면 생산 시간과 비용을 줄여 상대적 경쟁력을 갖출 수 있다.

본 연구에서는 계층적인 Snap-Fit 단계를 따라서 필요한 결합 강도뿐 아니라 조립과 분해가 가능한 체결 형상을 분류하여 LCD모니터 케이스에 가장 적합한 체결 형상 조합을 설계하였다. 다음으로 체결 형상의 개별적인 강도를 실험하여 기존의 볼트를 사용하여 조립한 LCD모니터 케이스의 결합 강도와 비교하여 Snap-Fit형상의 실제 적용이 가능한지 알아보았다.

2. Snap-fit 형상 설계 및 제작

2.1 Snap-Fit 형상 설계

Snap-Fit을 이루는 형상은 잠금 형상, 위치 형상, 강화 형상의 세 가지로 이루어져 있다. 잠금 형상은 분리를 방지하는 물리적인 접촉면을 제공하여 결합 과정을 완성한다. 위치 형상은 불필요한 진동이나 회전을 방지하고 결합에 필요한 부품의 이동을 돕거나 안내하는 역할을 한다. 강화 형상은 부품의 분리를 방지하여 잠금 형상과 위치 지정을 완성시킨다. 잠금 형상은 유연한 래치와 단단한 캐치로 구성된다. 래치와 캐치는 Fig. 1과 Fig. 2에 나타난 것과 같이 다양한 형상이 있다. 래치는 결합 시의 변형을 위해 디자인 되고, 캐치는 결합력을 유지하기 위해 단단하게 만들어진다⁽⁶⁻⁸⁾.

래치와 캐치로 조합을 이루는 Snap-Fit 잠금 형상은 필요한 체결 강도와 공간에 따라, 그리고 조립과 분해의 유무에 따라 적절한 설계를 해야 한다. 형상의 종류, 형태, 위치, 방향이 적절하게 선택되어 있지 않다면 부품의 체결이 약해서 체결요소로서의 역할을 수행할 수 없다. 결합을 원활하게 하기 위한 위치 형상과 잠금 형상의 결합력을 보완하는 강화 형상도 필요에 따라 적절히 설계해야 한다. 일반적으로 결합력이 가장 강한 것은 래치에서 Spring Post로 자동차에 사용되는 부품의 결합에도 이용된다. 하지만 Fig. 1 (a)에서 보는 바와 같이 Spring Post는 래치의 끝부분이 크고 돌출되어 있어서 시각적인 측면에서는 좋지 않다. 결합력은 Spring Post와 비슷하면서 디자인적인 측면을 고려하고, 조립과 분해가 가능한 Snap-fit 형상 조합을 찾아야 한다⁽⁹⁾. Fig. 1에서 Can-

tilever Hook과 Compressive Beam은 Spring Post와 유사한 결합력을 갖고 있다. Compressive Beam의 경우에는 인장력보다 압축력에 견디도록 설계되어 있기 때문에 LCD모니터 케이스의 경우에는 맞지 않다.

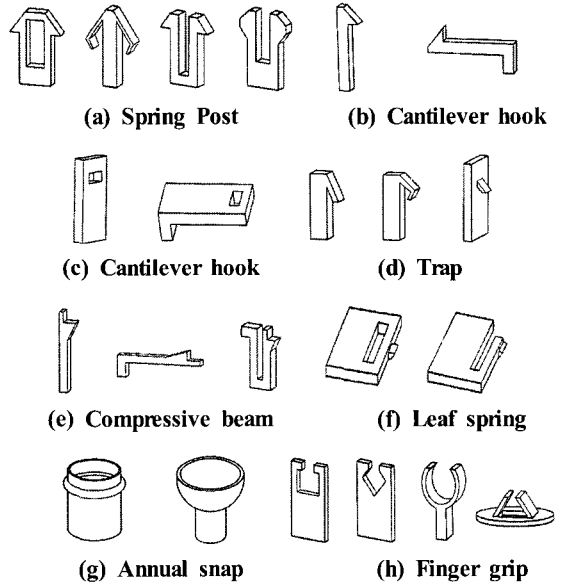


Fig. 1 Snap-Fit latch features

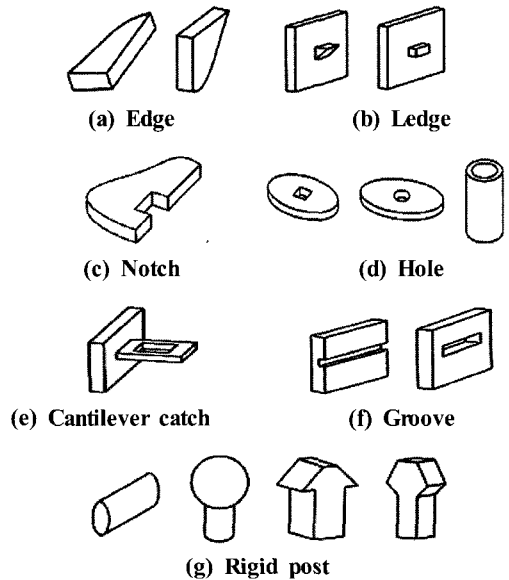


Fig. 2 Snap-Fit catch features

Cantilever Hook은 잠금 형상 중 가장 잘 알려진 형상으로 외팔보가 변형을 일으켜 결합과 분리 시에는 유연하게 움직이고 결합 후에는 강한 인장력을 갖는다. LCD모니터 케이스의 경우 앞면과 뒷면을 결합해야하기 때문에 인장력에 견디도록 설계된 Cantilever Hook을 사용해야한다.

선택한 Cantilever Hook과 결합할 수 있는 캐치는 Fig. 2에서 (d) Hole과 (e) Cantilever catch가 있다. 강한 결합력 뿐 아니라 조립과 분해가 가능한 것은 Hole이다. 따라서 Cantilever Hook과 Hole의 조합은 강한 결합력을 바탕으로 조립과 분해가 가능하고, 돌출되는 부분이 없기 때문에 LCD모니터 케이스의 체결에 적합하다.

본 연구에서는 Cantilever Hook과 Hole의 조합을 바탕으로 잠금 형상의 실제 시제품을 설계, 제작하여 인장력을 실험하였다.

2.2 Snap-Fit 형상 제작

LCD모니터 케이스의 조립을 위해 Cantilever Hook과 Hole의 조합을 설계하고 이것을 RP로 제작하였다. 쾌속조형기술이라고도 하는 RP(Rapid Prototyping)는 형상모델로부터 시제품을 단 한 번에 만들어낸다. 시제품뿐만 아니라 일반 제품을 만들기에 적합한 제작 방법인 RP는 실험을 위해 ABS 분말을 사용하여 시편을 제작하였다. Table 1에는 ABS분말과 강화플라스틱의 물성치가 나타나 있다. 다른 물성치는 비슷하지만 인장강도는 450배가 넘는다.

일반적으로 Snap-Fit 제품은 사출성형으로 만들어지지만 금형을 제작해야하는 번거로움이 있다. 따라서 본 과제에서

는 3D CAD(Pro-Engineering)를 사용하여 디자인하고, RP 장비(Z-Printer 310)를 사용하여 시편을 제작하여 기존의 플라스틱의 강도와 비교하여 비율적으로 산정된 강도를 알아보기 위해 실험을 수행하였다.

3. 인장력 실험 및 결과고찰

3.1 인장력 실험

RP로 제작된 잠금 형상을 인장 시험기로 인장력을 테스트하고 그 결과를 기존의 볼트로 체결한 결합력과 비교하여 LCD모니터에 Snap-Fit을 적용할 수 있는지 알아보았다. 그리고 폭 5, 10, 20mm의 잠금 형상을 비교 실험하였고, 20mm를 초과하는 시편은 탈착이 쉽지 않아 실험에서 제외하였다. 데이터 결과는 각각 실험을 20회 진행한 평균값을 사용하였다.

3.2 실험 결과

우선 잠금 형상의 시편을 연결하지 않고 래치 하나의 평균 인장력을 시험하였다. 그 결과가 다음의 Table 2와 Fig. 5에 나타나 있다.

인장력 실험에서 길이의 단위로 시편을 밑거나 당겨 그것을 하중으로 표현한다. 실험 그래프에서 ◆로 표시된 선도는 X축의 시간에 따른 Cycle을 표현하고 있고, ■로 표시된 선도는 시간에 따른 인장력을 나타내고 있다. Fig. 5에서 인장력은 15(kgf)부근에서 최대를 나타내고, 그 이후에 계속 감소한다. 이를 Table 1에서 확인해보면 시편 하나의 평균 인장력은 17.56(kgf)이다. 강화 플라스틱의 평균 인장력은

Table 1 Mechanical properties

	ABS 분말	강화플라스틱 (C.F.R.P.)
Density(ρ)	1240.0	1563.0
Tensile Strength(MPa)	19.7	8863.0
Water Absorption(%)	0.2	0.03

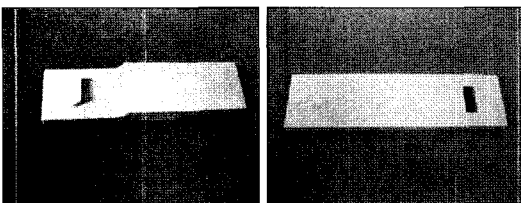


Fig. 3 Snap-Fit features made by RP machine

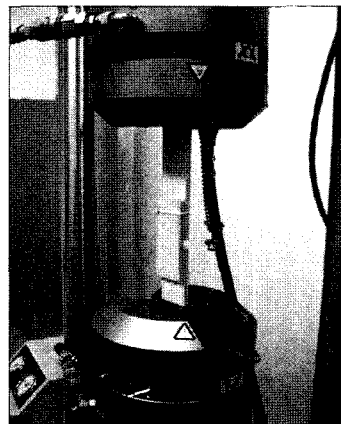


Fig. 4 Tensile test(INSTRON MODEL 1350)

Table 2 Experimental results of a latch(20mm)

Time(sec)	Position(mm)	Load(kgf)
0	-77.5252	6.0782
0.552	-77.1848	9.61782
1.052	-76.7418	10.943
1.552	-76.3162	12.8939
1.944	-75.9895	17.5607
2.474	-75.5566	0.553158
2.974	-75.1524	0.43123
3.808	-74.4771	0.29978

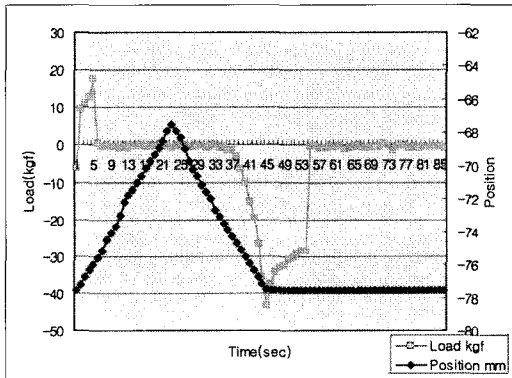


Fig. 5 Tensile test curves of a latch

8000(kgf)로 위에서 실험한 RP제품의 450배가 넘는다. 래치와 캐치로 이루어진 잠금 형상의 인장력은 Table 3~5와 Fig. 6에 나타나 있다. 5, 10, 20mm 시편의 인장력 실험결과를 나타내고 있다.

3.3 인장력 실험 결과 고찰

결합에 관여하는 잠금 형상의 폭이 5mm의 경우 6.81(kgf)에서 두 결합이 끊어지는 것을 확인할 수 있었다. 폭이 10mm인 경우에는 9.35(kgf)에서 두 결합이 끊어졌다. 그리고 Snap-Fit 잠금 형상의 결합에 관여하는 폭이 20mm의 경우에는 평균 인장력이 14.97(kgf)로 시편 중에 가장 큰 힘을 견디는 것으로 나타났다. 결합에 관여하는 잠금 형상의 폭이 크면 클수록 인장력이 높아서 가능한 한도 내에서 폭이 가장 큰 것을 선택해서 설계해야 한다는 것을 알 수 있었다. 또한, 앞서 플라스틱과 RP제품의 평균인장력이 450배 정도의 비율을 보이므로 플라스틱의 Snap-Fit 잠금 형상의 평균 인장력은 6736.5(kgf)로 예상해볼 수 있다.

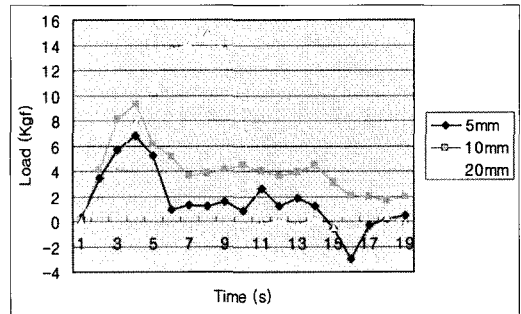


Fig. 6 Tensile test curves of Snap-Fit locking features

Table 3 Experimental results of Tensile test(5mm)

Time(sec)	Position(mm)	Load(kgf)
0	19.049	0.246245
1.052	19.7593	3.39627
1.624	20.1743	5.71478
1.632	20.1804	6.81158
2.204	20.5886	5.18422
2.776	20.9915	0.902897

Table 4 Experimental results of Tensile test(10mm)

Time(sec)	Position(mm)	Load(kgf)
0	-8.12259	0.08565
0.582	-7.74913	4.06244
1.154	-7.33586	8.04994
1.456	-7.11677	9.34659
2.028	-6.70946	6.17277
2.6	-6.30594	5.09025
3.644	-5.57193	3.59374

Table 5 Experimental results of Tensile test(20mm)

Time(sec)	Position(mm)	Load(kgf)
0	3.52873	0.022602
0.826	4.07928	1.66066
1.398	4.48937	4.52757
1.97	4.90137	7.82868
2.542	5.3058	10.3554
3.644	6.08105	13.6707
4.216	6.48327	14.0538
4.326	6.5594	14.9757
4.898	6.96203	13.6267
5.962	7.71218	7.1411
6.956	8.41142	0.16892

이 결과 값을 볼트로 체결한 기존의 LCD모니터 케이스에 비교해 볼 필요가 있다. 탈착이 가능하면서 볼트로 체결한 LCD모니터 케이스의 인장력과 많은 차이가 나면 체결 요소로서의 기능을 발휘하지 못하기 때문이다.

4. 시뮬레이션

LCD모니터 케이스는 고장 수리를 위하여 때때로 제품을 분리하여야 한다. 강도를 위해 잠금 형상의 수를 무한정 늘릴 수는 없다. 잠금 형상의 수가 네 개를 넘게 되면 분리 시 별도의 장비가 필요하게 된다. 특별한 장비 없이 분리할 수 있게 잠금 형상의 수를 네 개로 제한하고, 네 개의 Snap-Fit 잠금 형상의 위치는 100~150mm이내에 위치시켜야한다. LCD모니터 케이스의 뒷면은 두 부분을 끼울 수 있도록 하여 잠금 형상의 인장력이 영향을 미치지 못하는 곳을 지지하도록 설계하였다. Snap-Fit 잠금 형상의 인장력이 강의 인장력보다 약하기 때문에 모니터 케이스의 겹치는 면에 강화 형상을 설치하여 인장력뿐 아니라 뒤틀림이나 회전력도 보

완할 수 있게 설계하였다. Fig. 7은 볼트로 체결한 LCD모니터 케이스의 형상이고 Fig. 8은 Snap-Fit 잠금 형상으로 체결되도록 한 것이다. Fig. 8 (b)는 Snap-Fit 잠금 형상 부분을 확대한 것이다. Cantilever Hook과 결합하는 Hole이 보이고 Hole이 있는 면에 위로 돌출되어있는 강화형상을 확인할 수 있다.

Hypermesh와 ABAQUS를 사용하여 Snap-Fit 잠금 형상을 이용한 LCD모니터 케이스를 분석하였다. 먼저 Hypermesh를 사용하여 해석할 부분들을 나누어놓고 Fig. 9와 Fig. 10에 나타나있는 것과 같이 ABAQUS를 통하여 Snap-Fit 잠금 형상 하나에 걸리는 변위의 변형과 응력의 집중을 시뮬레이션 해보았다. 모니터 케이스에 가해질 수 있는 충격을 감안하여 200N의 힘을 잠금 형상에 가했을 때 Fig. 9에서 변위는 끝부분에 주로 발생되나 결합력에 직접적으로 관여하는 부분은 소량의 변형이 일어났다. Fig. 10에서 나타난 응력 집중은 6000(kgf)를 넘지 않아 폭 20mm로 설계한 잠금 형상은 충분한 결합력을 갖고 있음을 알 수 있었다.

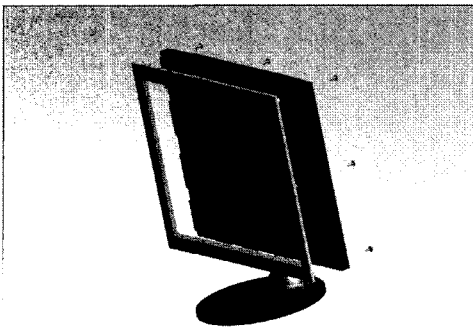


Fig. 7 LCD monitor case assembly with bolts

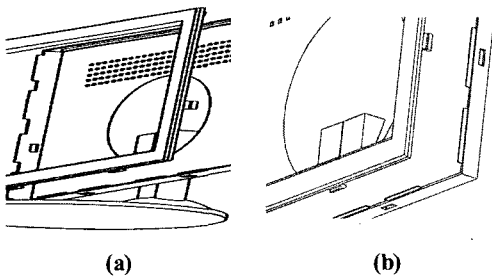


Fig. 8 LCD monitor case assembly with Snap-Fit locking features

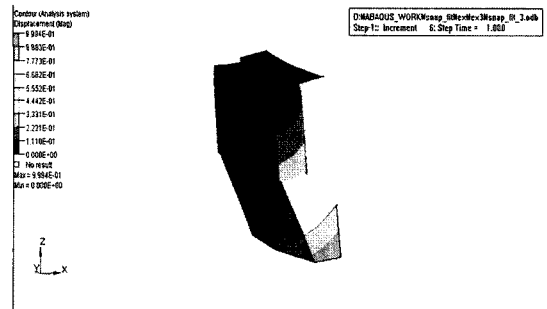


Fig. 9 Contour map of Snap-Fit locking features (displacement)

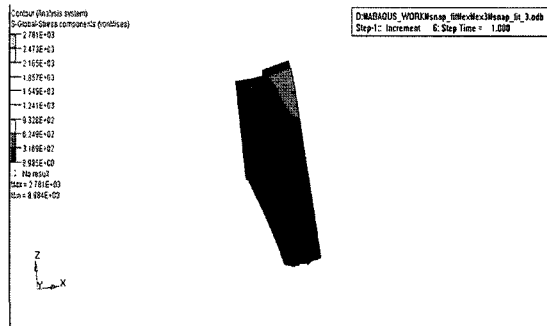


Fig. 10 Contour map of Snap-Fit locking features (stress component)

5. 결론

본 연구에서는 기존의 볼트로 체결된 LCD모니터 케이스를 생산 비용과 시간을 줄이고, 자동화가 가능하도록 하기 위해 Snap-Fit 체결로 대체하였다. 다양한 Snap-Fit 형상 중에서 계층적 단계에 따라 필요한 강도와 형태, 디자인에 따라 원하는 잠금 형상을 찾아 설계하였다. 이를 바탕으로 분리할 수 있는 범위 내에서 시편을 제작하여 각각의 인장력을 알아보고, 시뮬레이션을 통해 Snap-Fit 잠금 형상을 LCD모니터 케이스의 체결 요소로 사용할 수 있는지 알아보았다. 그 결과는 다음과 같다.

- (1) Snap-Fit 잠금 형상 중에서 Cantilever Hook과 Hole의 조합이 원하는 강도와 형태를 만족시키는 체결 요소라는 것을 찾을 수 있었고, 이를 실제 제품에 적용할 수 있음을 알 수 있었다.
- (2) Snap-Fit 잠금 형상의 평균 인장력은 6736.5(kgf)로 예상되며, 이는 LCD모니터 케이스의 체결 요소로 적합함을 증명하였다.
- (3) CAE프로그램을 사용하여 Snap-Fit 잠금 형상의 실제 적용이 가능하다는 것을 분석하였다.

참고 문헌

- (1) Messler, R. W. Jr, Genc, S. and Gabriele, G. A., 1997, "Integral Attachment Using Snap-fit Features: A Key to Assembly Automation, Part 1 - Introduction to Integral Attachment Using Snap-fit Features," *Assembly Automation*, Vol. 17 No. 2, pp. 140~152.
- (2) Andreasen, M., Kahler, S. and Lund, T., 1988, *Design for Assembly*, 2nd ed., IFS Bedford-Springer-Verlag, New York, NY.
- (3) Luscher, A. F., Gabriele, G. A., Bonenberger, P. R. and Messler, R. W. Jr., 1995, "A Classification Scheme for Integral Attachment Features," *ANTEC'95 Conference of the Society of Plastics Engineers*, Boston, MA, 7-11 May, pp. 3783~3787.
- (4) Henstock, M. E., 1988, *Design for Recyclability*, The Institute of Metals on Behalf of The Materials Forum, London, UK.
- (5) Bonenberger, P. R., 2000, *The First Snap-fit Handbook: Creating Attachments for Plastic Parts*, Hanser Gardner Publications, pp. 89~113.
- (6) Bonenberger, P. R., 1994, "Stretching the Limits of DFM," *Machine Design*, September, pp. 67~70.
- (7) Hong, M. S., Kim, J. M. and Park, B. S., 2005, "A Study on the Hierarchical Classification Scheme for Snap-Fits," *Proceedings of the KSMTE Autumn Conference*, pp. 320~324.
- (8) Hong, M. S., Kim, J. M. and Park, H. K., 2005, "A Study on the Simplification of Parts Assembly Using Snap-Fit," *Proceedings of the KSMTE Autumn Conference*, pp. 349~354.
- (9) Hong, M. S., Kim, J. M. and Park, H. K., 2006, "A Study on the Snap-Fit Locking Feature in the Small Size Area," *Proceedings of the KSMTE Spring Conference*, pp. 415~420.