

쾌속 조형품의 기계적물성치 비교에 관한 연구

김기대*(대구가톨릭대학교), 성주형(대구가톨릭대학교 지역기술혁신센터)

Benchmark Study on Mechanical Properties of Rapid Prototypes

G. D. Kim(School of Mech. & Automo. Eng., CUD), J. H. Sung(CADTIC)

ABSTRACT

In these days, various kinds of rapid prototyping processes are available, such as stereo-lithography apparatus(SLA), fused deposition modeling(FDM), selective laser sintering(SLS), 3 dimensional printing(3DP), and laminated object manufacturing(LOM). For detailed informations about mechanical properties of those parts, benchmark tests are carried out. SLS and EOS part has an advantage in compressive strength, SLA has in hardness, FDM part has in impact strength, and LOM part has an advantage in tensile strength and heat resistance. The change of building direction in layered manufacturing processes of FDM and LOM severely weakens the tensile and impact strength.

Key Words : Rapid prototyping(쾌속조형), Mechanical properties(기계적물성치), Benchmark test(성능비교시험),

1. 서론

쾌속조형 시제품의 성능은 강도 등 기계적물성치와 형상 및 치수정밀도, 표면조도, 그리고 제작속도와 제작비용 등 여러 가지 항목으로 나누어 평가할 수 있다. 다양한 쾌속조형 공정을 여러 가지 항목별로 서로 비교한 연구도 활발히 진행되고 있다.^{1,3}

본 연구에서는 현재 국내외에서 가장 많이 사용되고 있는 쾌속조형 공정, SLA, FDM, 3DP, SLS, EOS, LOM 등 6가지 방식이 기능성시제품으로서 적합한지 알아보기 위하여 미국재료시험협회(ASTM)의 시험법에 의거하여 시제품의 기계적물성치를 비교 시험하였고, 각 공정 특성을 바탕으로 하여 시험 결과를 분석하였다.

2. 비교시험 방법

비교시험에 참여한 쾌속조형 공정의 장비는 각

Table 1 Rapid prototyping machines participated in BMT

Apparatus Model	Company	Material	Layer thickness [mm]
SLA <i>SLA-5000</i>	3D Systems	Somos I 1120 (Epoxy resin)	0.15
FDM <i>MAXUM</i>	Stratasys	ABS	0.254
SLS <i>Sinterstation HiQ+HS</i>	3D Systems	SLS_PA (polyamid)	0.15
EOS <i>EOSP-385</i>	EOS GmbH	EOS_Prime (polyamid)	0.1
3DP <i>Z510 Spectrum</i>	Z Corporation	102 powder (Plaster)	0.1
LOM <i>PLT-A3</i>	Kira	OTZ-3LT-P20 (Roll paper)	0.15

방식에서 최근에 개발된 비교적 최신모델을 이용하였고, 사용재료, 층 두께 등 제작 조건은 각 모델에서 가장 일반적으로 사용되는 조건을 적용하였다.(Table 1) 각 공정 방식으로 다양한 형상의 시편을 제작하고 인장강도, 내열성, 압축강도, 경도, 그리고 충격강도를 측정하여 서로 비교하였다. 각 시편들의 제작 방향을 90° 변화시켜 적층함으로써 제작방향이 각 시편의 기계적물성치에 미치는 영향을 관찰하였다.

3. 비교시험 결과

Fig. 1은 여러 가지 쾌속조형 방식으로 제작한 시편들의 최대 인장강도를 측정한 결과이며, 진공주형법(vacuum casting)으로 제작한 ABS 및 나일론(Nylon) 재질의 시편 결과와 서로 비교하였다.

LOM 시편의 인장강도가 가장 큰 것으로 나타

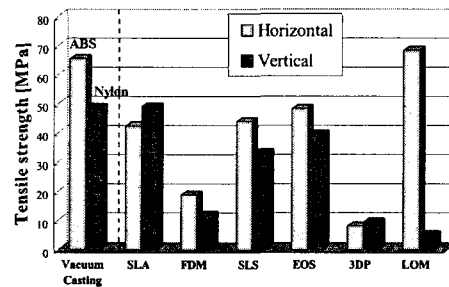


Fig. 1 Comparison of tensile strength

났지만, 시편을 세워서 제작하였을 경우 강도가 매우 취약한 것으로 나타났다. FDM, SLS와 EOS 공정 역시 적층 방향으로의 인장강도는 주사되는 단면방향 인장강도에 비하여 상대적으로 모두 취약한 것으로 나타났다.

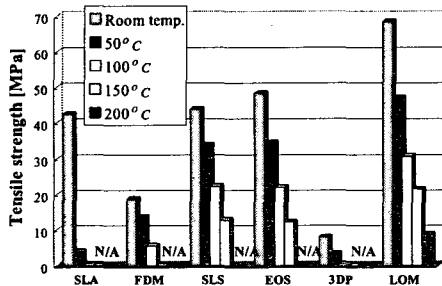


Fig. 2 Variation of tensile strength according to ambient temperature

Fig. 2는 RP 시제품의 내열성을 측정하기 위하여 시험 환경과 시편의 온도를 증가시켜가면서 인장강도를 측정된 결과이다. 상온에서 SLA 시편의 인장강도는 40MPa 이상이였으나, 온도가 증가하면 인장강도가 매우 약해지는 것으로 나타난 반면, LOM 시편은 200°C 이상에서도 견디는 것으로 나타났다.

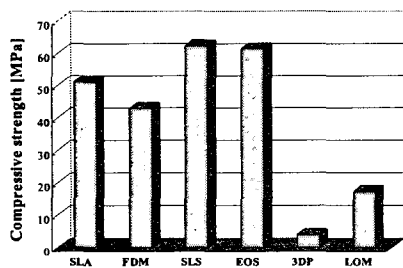


Fig. 3 Comparison of compressive strength (compressive stress at 10% strain)

Fig. 3는 압축강도, 즉 시편의 압축변형률이 10% 일 때 측정된 압축응력의 크기를 나타낸 것이다. 분말가루를 소결(sintering)공정으로 결합하는 SLS와 EOS 시편의 압축강도가 컸고, SLA, FDM, LOM 순으로 작아지다가 분말 가루를 단순 접합제(binder)로 결합시킨 3DP 시편의 압축강도는 매우 약한 것으로 나타났다.

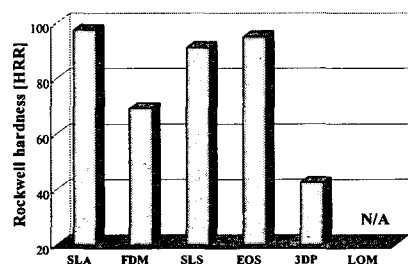


Fig. 4 Comparison of Rockwell hardness (R scale)

Fig. 4는 시편의 로크웰 경도(R 스케일)를 측정 한 결과를 나타내고 있다. 예상과는 달리 SLA 시편의 경도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 EOS, SLS, FDM, 3DP, LOM 시편 순서로 경도가 큰 것으로 나타났다. 시험 결과 적층방향이 압축강도와 경도에 미치는 영향은 매우 미미한 것으로 나타났다.

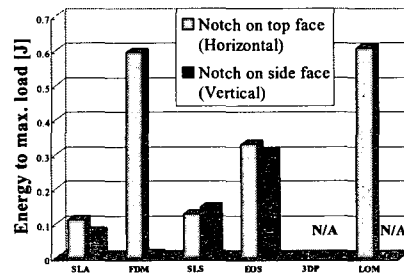


Fig. 5 Comparison of impact strength

Fig. 5는 충격강도, 즉 충격 후 시편이 최대힘을 받을 때까지 시편이 흡수한 에너지량의 크기를 나타내고 있다. 노치가 시편의 윗면에 오도록 시편을 눕혀서 제작한 경우에는 LOM 및 FDM 시편의 충격강도는 매우 컸으나, 시편을 세워서 제작하였을 경우에는 매우 약한 것으로 나타났다. 시편을 세워 제작하였을 경우, 인장강도가 감소하는 비율보다 충격강도가 감소하는 비율이 훨씬 더 큰 것으로 나타났다.

4. 결론

단면방향(수평)의 기계적 물성치를 비교할 때, 인장강도와 내열성은 LOM 시편이, 압축강도는 SLS와 EOS 시편이, 경도는 SLA 시편이, 충격강도는 FDM과 LOM 시편이 가장 큰 것으로 나타났다. 그러나 LOM과 FDM 시편의 경우 적층방향(수직)으로의 충격강도와 인장강도는 매우 취약하였다.

후기

시험 수행에 도움을 주신 「대구가계부품연구원」과 「대구가톨릭대학교 자동차부품 디지털설계·생산 지역기술센터(TIC)」에 감사드립니다.

참고문헌

1. Wohler, T. T., "Wohlers Report 2005, Rapid Prototyping & Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report," Wohlers Associates Inc., 2005.
2. EOS Gmbh Shellabear, M., "Benchmark Study of Accuracy and Surface Quality in RP Models," RAPTEC, Task 4.2 Report 2, 1999.
3. EOS Gmbh Shellabear, M., "Model Manufacturing Processes - State of the Art in Rapid Prototyping," RAPTEC, Task 4.2 Report 1, 1998.