

# 천연재료 첨가 사출 성형 제품의 강도 최적화에 관한 연구 A Study on Optimizing Natural material Reinforced Injection Molded Parts

\*전병주<sup>1</sup>, #차성운<sup>1</sup>

\*B. J. Jeon<sup>1</sup>, #S. W. Cha(swcha@yonsei.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 연세대학교 기계공학과

Key words : natural material, Injection molding, Taguchi Method

## 1. 서론

플라스틱은 상대적으로 가격, 가공성 등 많은 장점을 바탕으로 현재 무수히 많은 분야에서 활용되고 있는 재료이다. 그러나 최근 환경규제, 재활용 등 플라스틱 사용에 많은 제약들이 발생하고 있으며, 이는 플라스틱을 지속적으로 사용하기 위하여 해결해야 하는 문제들이다. 이를 해결하기 위해 각종 첨가제를 첨가하는 플라스틱 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 기존에는 플라스틱에 유리섬유(glass fiber), 카본(carbon) 등을 첨가하는 연구들을 주로 진행하였다. 유리섬유나 카본 등을 첨가하여 강도를 개선하거나 새로운 특성이 부여하는 기술에 대한 연구 결과가 많이 나와 있다. 그러나 최근에는 환경친화적인 부품에 대한 시장의 요구가 점차 증가함에 따라 환경친화적인 소재의 개발이 요구되고 있다. 이를 위하여 기존의 첨가제를 대체하기 위하여 천연섬유(natural fiber)를 목분(wood powder)등을 첨가하려는 시도가 많이 진행되고 있다. 천연섬유나 목분 등은 천연재료의 특성 때문에 고온에 약하다. 따라서 실제 사출 및 압출 공정을 진행할 때 고온의 성형 조건을 수행할 수 없다. 고온으로 성형을 진행할 경우 천연 재료가 탄화되며 이는 실제 제품의 특성을 심하게 악화되는 결과를 보이고 있다. 따라서 상대적으로 성형 온도가 낮은 재료만을 사용해야 하는 제약이 있으며, 실제 성형 시 성형 온도를 상대적으로 낮게 맞추어 주어야 한다. 또 한 이로 인하여 수지의 점도가 높아져 성형성이 떨어지는 등 많은 문제점들을 가지고 있다.

본 논문에서는 천연재료 첨가 플라스틱의 특성에 관한 연구를 수행하였다. 천연재료를 첨가하여 제품을 얻어내기 위해서는 천연재료 첨가 시 플라스틱 제품의 강도 변화에 대한 기초 연구가 필수적이라고 할 수 있다. 플라스틱 제품의 특성치에 영향을 미치는 인자는 여러 가지이다. 실제 제품으로 사용하기 위하여 고려해야 하는 특성치 역시 여러 가지가 존재하게 된다. 이는 다인자를 동시에 고려한 다특성치 문제라 이야기 할 수 있으며, 이에 대한 최적화 과정이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 다인자를 고려한 다특성치 최적화 문제를 해결하기 위하여 다구찌 실험계획법을 제시 하였으며, 이를 통하여 해당 문제의 최적 조건을 도출할 수 있었다.

## 2. 실험

본 실험에는 상대적으로 가격이 저렴하고 강성이 뛰어나 범용을 사용되고 있는 폴리프로필렌(polypropylene)을 기본 플라스틱으로 선택하였다. 폴리프로필렌은 자동차 내외장 부품(도어 트림 및 범퍼, 언더커버) 및 식품용기 등 그 사용 범위가 가장 넓은 플라스틱 부품 중 하나이다. 실험에서는 폴리프로필렌 고분자에 첨가 천연재료로 목분을 선택하여 주었다. 목분은 상대적으로 그 가격이 저렴하며 그 하기 쉬운 재료 중 하나이다. 본 연구에서 선정된 실험 재료의 제조 인자는 첨가 목분의 입도(size of particles) 기본 폴리프로필렌(Base PP), 목분 함량(W/P contents) 그리고 상용화제(Additives) 이다. 앞의 4 가지 인자를 각각 3 수준으로 살펴 보았고, 이의 자세한 내용은 Table 1 에 정리하여 놓은 것과 같다.

Table 1 Process parameters and their levels

Process Factor	Level 1	Level 2	Level 3
Particle size	70~150	200~400	300~500
Base PP	Homo-PP	Co-PP(E=6%)	Co-PP(E=12%)
W/P contents(%)	10	20	30
Additives	Type 1	Type 2	Type 3

Table 1 에서 확인할 수 있듯이 본 실험은 4 인자 3 수준의 실험으로 총 실험 경우의 수는 81 가지가 존재하게 된다. 다구찌 실험 계획법을 사용하여 81 가지의 경우 중 9 가지(L9(3<sup>4</sup>))의 경우를 추출하였다. 추출한 9 가지 실험의 경우는 table 2 에 정리하여 놓은 것과 같다. 해당 수지는 호남석유화학에서 보유하고 있는 트윈 스크류(twin screw) 압출기를 이용하여 제작하였다.

Table 2 Experimental case

Run	Base PP	Rubber	G/F Cont.	Additives
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	2

사출 성형 시 사용된 사출 성형 조건은 Table. 3 에 정리하여 놓은 것과 같다. 폴리프로필렌 수지 내에 천연재료가 함유되어 있기 온도를 높게 성형을 할 경우 플라스틱 내부에 존재하는 목분이 탄화될 수 있다. 이를 방지하기 위하여 가능한 낮은 온도의 성형이 필요하다. 때문에 일반적인 폴리프로필렌 성형 온도보다 약 30℃ 정도 낮게 설정하여 주었다.

Table 3 Conditions of Injection molding machine

Resin	Nozzle Temp(°C)		Cylinder Temp(°C)		Injection Pressure (MPa)	Injection Speed (mm/s)
	HN	H1	H2	H3		
PP+G/F	170	160	150	140	150	185

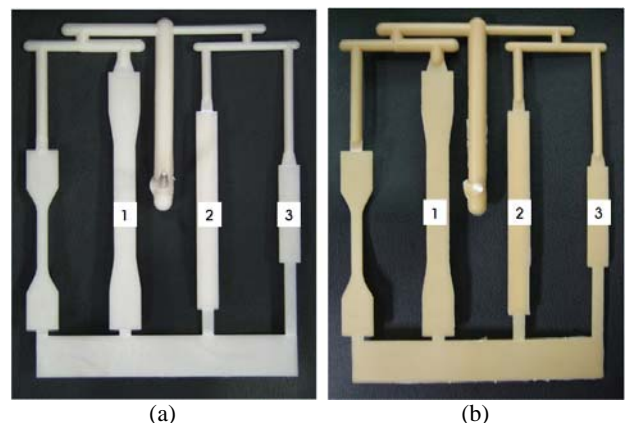


Fig. 1 picture of (a) original sample and (b) reinforced sample

이때 시편 제작에 사용된 금형은 ASTM 강도 규정 금형으로 이 금형을 통하여 제작된 시험 시편의 형태는 figure 1 과 같다. 사진에서 1 번은 인장강도 시편이고, 2 번은 굴곡강도 시편이며 3 번은 충격강도 시편이다. 사출기를 이용하여 성형한 강도 시편을 UTM 및 측정 기를 이용하여 강도를 측정하였고, 측정한 결과의 통계적 분석을 위하여 미니탭(minitap) 소프트웨어를 사용 하였다. 강도 측정 시에 각 조건당 5 개의 시편을 반복 측정하여 그 평균 값을 대 표 값으로 사용하였다.

### 3. 결과 및 분석

Fig. 2 는 인장강도(Fig. 2(a))와 충격강도(Fig. 2(b))의 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)를 각 실험 인자 별로 정리하여 그려놓은 그래프 이다. 첨가 목분의 입자 크기(size) 기본 폴리프로필렌(Base PP), 목분 함량(contents) 그리고 상용 화제(Additives) 각각의 수준에 따라 변하는 인장강도와 충격강도의 신호대 잡음비 를 Fig. 2 에서 확인할 수 있다. 그래프를 살펴보면 충격강도의 변화 값이 인장 강도의 변화 값보다 크게 됨을 확인할 수 있다. 즉 충격강도의 실험 인자의 변화에 따라 충격강도가 더욱 예민하게 변한다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 두 가지 강도 값 중 충격강도의 값을 우선적으로 최적화 시키기로 하였다.

신호대 잡음비를 높게 하는 값이 충격강도를 강건하게 만드는 조건이며 이를 통해 충격강도 값을 좋게 만드는 조건의 도출이 가능하다. 충격강도 그래프에서 size 를 살펴 보면 2, 3 수준(size 200 이상)에서 비슷하게 좋은 결과를 띄고 있음을 확인할 수 있었다. Base PP 의 경우 3 수준(Co-PP(E12%))에 가장 높으며 함량은 적을수록 충격강도에 좋은 것으로 확인이 가능하다. 마지막으로 상용화제는 1 수준(Type 1)에서 가장 좋은 결과를 보이고 있다.

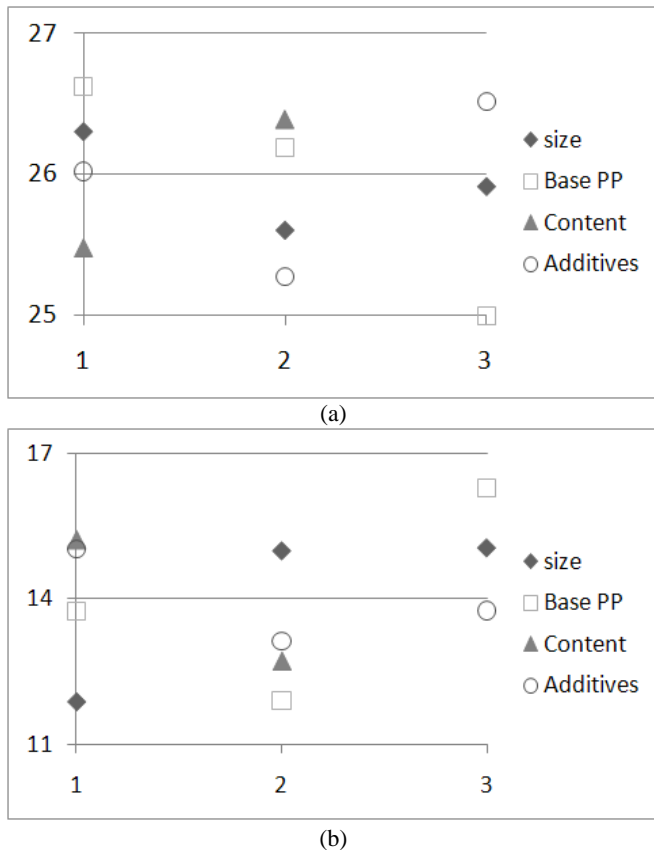


Fig. 2 Signal to noise ratio of (a) tensile strength and (b) impact strength

인장강도 결과의 바탕으로 하여 목분 입도의 최적 조건을 선정하여 주는 것이 가능하다. 인장강도를 살펴 보았을 때 입도 300 ~ 500 조건이 상대적으로 높은 인장강도를 보이게 됨을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 친환경 첨가 재료를 활용한 폴리프로필렌 수지의 강도 최적화에 관한 연구를 수행하였으며, 천연 섬유가 함유된 폴리프로필렌수지의 최적화를 위하여 디자인자를 고려한 다특성치 최적화 문제 해결을 시도 하였다. 다구저 실험계획법을 통하여 인장강도와 충격강도를 최적화 시킬 수 있는 실험 인자(factor) 및 수준(level)을 찾아보았다. 본 연구에서 도출한 최적 조건은 목분 입자 300 ~ 500, 기본 폴리프로필렌 수지로 Co-PP(E12%), 목분 함량 10%, 그리고 상용화제는 TYPE 1 이다. 천연 첨가제의 경우 그 함량이 증가하게 되면 성형성이 떨어지는 많은 준제들이 존재한다. 또한 첨가제의 형태가 분말형태(powder)인지 섬유형태(fiber)인지에 따라 그 결과 값에도 많은 차이를 보이고 있다. 일반적으로 섬유 형태의 천연재료를 첨가하여 주었을 때 인장강도의 증가가 나타난다고 한다.

본 연구는 실제 제품상태의 실험비교가 아닌 실험실에서 제작한 시험시편을 바탕으로 진행을 하였으며, 또한 분말 형태의 천연재료를 사용했다는 제한이 존재하고 있다. 따라서 섬유형태의 천연재료를 사용한 인장강도 증가에 관한 연구와 실 제품 적용을 통한 결과 확인을 위한 연구가 필요할 것으로 보인다.

### 후기

본 연구는 지식경제부 ‘부품소재기술개발사업 (10029715)’ 의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

### 참고문헌

1. Taguchi, G. Introduction to Quality Engineering, APO: Tokyo, 1986.
2. Byung, J., Young, K., Kyung, L., Sung, C., Gi, N., Chan, P., and Gun, L., "Parameter Design of a Coaxial Cable Insulation Manufacturing Process Using Axiomatic Design and the Taguchi Method," Polymer-Plastics Technology and Engineering, 47, 785-790, 2008.
3. Senthil, K., Naresh, B., and Anup, G., "Development of Long Glass Fiber Reinforced Polypropylene Composites: Mechanical and Morphological Characteristics." Journal of Reinforced Plastics and Composites, 26, 239-249, 2007.
4. Jinping, Q., Xiaoming, Z., and Gang, J., "Orientation Kinetics of Screw-Axial Vibration on Glass Fiber Reinforced Polypropylene Composites," Polymer-Plastics Technology and Engineering, 47, 186-198, 2008.
5. H. Anuar, S. H. Ahmad, R. Rasid, and N. S. Nik Daud, "Tensile and Impact Properties of Thermoplastic Natural Rubber Reinforced Shor Glass Fiber and Empty Fruit Bunch Hybrid Composites," Polymer-Plastics Technology and Engineering, 45, 1059-1063, 2006.
6. Byung. J Jeon, Sung W. Cha, Kyung S. Lee, "A Study on Optimizing Glass Fiber Reinforced Polypropylene," 2008 KSPE Autumn Conference, 537-538, 2008.