

수지 교반기의 최적설계

박상규*, 김정훈**, 김중현***

* 여수대학교 기계공학과

** 여수대학교 기계공학과 대학원

***전남대학교 대학원 기계공학과

The Optimum Design of Resin Blender

S.K. Park*, J.H. Kim** and J.H. Kim***

* Dept. of Mechanical Engineering, Yosu National University

** Graduate School, Dept. of Mechanical Engineering, Yosu National University

***Graduate School, Dept. of Mechanical Engineering, Chonnam National University

Abstract

In general, the silo blender is composed of silo, blending cone and vane. This study is to develop the blending system for resin of industrial materials produced in the chemical plant. By examining closely the flow states at the six flow zones of different geometry in the blender due to the gravity of resin, it is possible to develop the silo blender by the optimum design through the size and the capacity change.

1. 서론

산업현장에서 널리 사용되는 혼합장치는 일반적으로 2종 이상의 물질(기체, 액체, 분립체)을 교반하여 균질의 혼합물을 얻거나, 반응을 촉진하는 장치가 많이 사용되고 있으며 크게 혼합기, 혼련기, 교반기로 나눌 수 있다. 혼합기(mixer)는 고체-고체, 고체-액체의 균질화를 목적으로 사용한다. 혼련기(kneader)는 주로 고-액체, 고점도의 액-액계를 전단력에 의한 세분화와 변형, 분산으로 균질화를 행한다. 교반기(blender or agitator)는 교반익을 사용해서 기·액·고 3상 물질을 균상, 이상계의 혼합 등 광범위하게 이용되고 있다.[1],[2],[3]

고체혼합장치는 반응, 발효, 건조, 탈기 등의 조작에다가 조립, 성형코팅, 분쇄 등 고체특유의 처리 목적에도 사용되고 더 나아가 수송, 공급의 버퍼탱크로서의 기능을 갖기도 한다. 이같은 장치에서는 분립체에 의한 마모현상, 축봉부로의 맞물림 현상에 대한 고려가 필요하다. 고체혼합장치를 크게 나누면 용기 회전형과 용기 고정형으로 나눌 수 있다. 용기 회전형은 수평축 둘레에 회전하는 각종형상의 날개를 용기 내에 설치한다. 용기내에서는 유동이 완만하기 때문

에 비교적 유동성이 좋고 물성치가 적은 분립체끼리 또는 파괴되기 쉬운 물질이나 마모성이 큰물질의 혼합에 적용할 수 있다. 투입량은 용기내 용적의 30-50%, 회전수는 20-100rpm 정도의 임계회전수를 넘지 않은 범위에서 대부분 사용된다. 용기형상은 V형, 2중원뿔형, 원통형 및 정입방체용 등이 있다.[4],[5] 반면에 용기 고정형은 용기내의 형상에 의해 분립체를 혼합한다. 입경, 비중차에 의한 혼합이나 부착성, 응집성이 강한 미분이나 습윤분체의 혼합에 사용된다. 고속유동형 혼합기는 용기하부에 부착된 교반날개가 고속회전하고 분입체는 동시에 발생하는 공기의 흐름속에 부유되어 혼합된다. 혼합속도는 대단히 빠르고 PVC, 페놀 등의 수지의 혼합처리 등 각종 분야에서 이용하고 있다.[6],[7]

본 연구에서는 범용혼합기로 이용되고 있는 원리를 응용하여 여천석유화학단지에서 생산되고 있는 각종 고분자 합성수지를 불량율이 작은 균질화된 수지입자를 생산할 수 있도록 수지를 브랜딩 장치를 사용하여 고급화 되고 사이즈 및 용량에 의한 다양한 사일로 브랜더(silo blender)를 개발하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2-1. 실험장치

Fig.1은 본 연구에 사용된 실험장치의 개략도를 나타낸다. 본 연구에서 채택한 교반기는 크게 사일로, 브렌딩콘(blending cone) 및 외부순환장치 등으로 구성된다. 브렌딩콘은 브렌더 중심에 중심파이프($\phi 45\text{mm}$)를 설치 하였으며, 중심파이프와 파이프를 둘러싼 브렌딩콘($\phi 180\text{mm}$)사이에는 배인을 불규칙적인 간격으로 설치하였다. 브렌더내의 수지는 수지입자의 중력에 의하여 브렌더내의 입어의 크기로 6개로 분할된 유로로 수지의 유동이 형성되도록 하였다. 이러한 6개의 분할된 단면의 유로는 서로 다른 입,출구 단면적비를 갖도록 설계하였으며, 6개의 각 단면에서 서로 다른 수지입자속도로 유입되고 수지입자를 교반시켜 브렌더 하부로 빠져 나가도록 제작하였다. 브렌더 하부에서 피그(pig)를 이용하여 소량의 수지를 추출하여 각 수지의 분포율을 측정할 수 있도록 하였다. Fig.2는 브렌더의 세부도이다.

피그를 통하여 추출된 각각의 수지입자의 분포율을 다시 조사하여, 조사 결과 분포율의 차이가 많거나 MI시험을 통해서 규격화된 MI값을 얻지 못한 경우 수지는 외부순환시스템의 브로워(blower)를 통하여 다시 브렌더로 되돌려 수지입자가 다시 교반기를 통하여 교반이 이루어질 수 있도록 하였다. 짧은 시간내에 균질화되는 재품을 생산하고, 제품의 불량율을 줄임으로서 생산원가 절감의 효과를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 브렌더를 투명아크릴로 제작하였으며, 수지의 균일화에 직접적인 영향이 있는 배인은 스테인레스를 사용하였으며, 가변의 입,출구의 단면적비에 따른 최적조건의 브렌더를 제작하여 펄렛의 균일화를 얻도록 하였다.

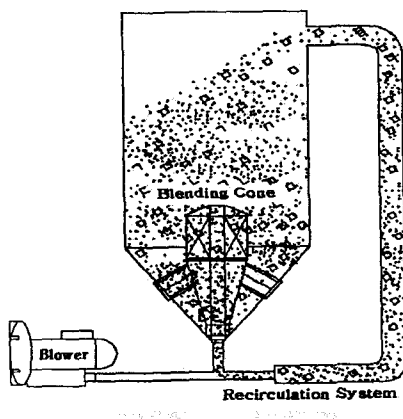


Fig. 1 Experimental Apparatus

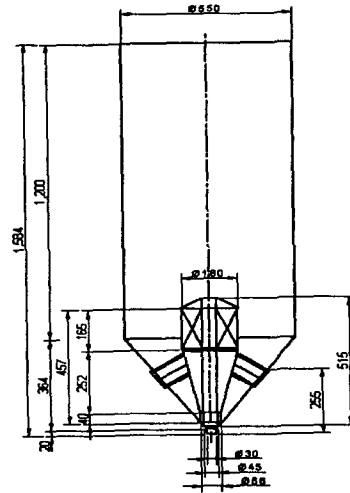


Fig. 2 Detail Diagram of the Blender

2-2 실험방법

2-2-1 피그에 의한 샘플링 측정

수지입자가 중력에 의해 브렌딩콘에 있는 배인을 통과되어 수지의 브렌딩이 이루어져 출구를 빠져 외부의 순환장치로 되돌려 진다.

먼저 교반의 효과를 조사하기 위해서 브렌더 내부에 3종의 수지를 브렌더 전체적의 3가지 다른 비율로 넣어서 교반을 시킨 후 교반 횟수, 수지의 무게 등에 의한 브렌딩 효과를 조사한다.

MI측정을 위해서는 브렌더 내부에 2종(PA-124VS:3.0, PP-124M:3.0)의 수지를 넣어서 교반을 시킨다. 교반 횟수의 영향을 확인한 후에는 6개 유로를 통과하여 교반되어 나오는 브렌더 출구에서 피그로 수지를 추출한다. 추출은 약 5분 간격으로 20회를 임의로 추출한다. 매번 샘플 측정 결과 MI값은 제품규격 범위 값(PA-124VS:3.0, PP-124M:3.0)의 오차범위±0.2내 결과가 나타나는지를 확인한다.

또 두종의 수지가 중량에 따라서 교반 되어진 효과도 측정 비교, 검토하였다. 본 연구에서 3가지 실험 조건에 따른 브렌더내의 수지의 백분율과 실험에 사용된 3가지 수지의 물성치를 표1과 2로 나타냈다.

Table 1 Volume percentage(%) of experiments

Properties units/ASTM	PA-124VS	PP-124T	PP-124M
용융지수g/10min	3.0	3.3	3.0
밀도g/cm ³	0.9	0.9	0.9
굴곡탄성률kg/cm ²	16,000	16,000	16,000
인장강도kg/cm ²	370	370	370
방복절 신율(파단점)%	12	12	12
IZOD 충격강도23℃	5	5	5
IZOD 충격강도-20℃	2	2	2
연화점℃	153	153	153
표면경도 R scale	98	98	98
열변형온도 ℃	100	100	100
가열시 노화시간hr	360	360	360

Table 2. The values of three resins properties

	Exp.1	Exp.2	Exp.3
PA-124VS	50	35	5
PP-124T	40	35	5
PP-124M	10	30	90

2-2-2 M.I (Melting Index) 측정 방법

교반기를 통과한 수지의 균질화 상태를 규명하기 위하여 규정된 조건하 (230℃, 2.16kg)의 다이(Die)를 통하여 10분 동안 흘러나오는 용융수지의 압출량으로 MI를 측정한다. ASTM에서 규정하고 있는 MI 산출식은 다음과 같다.

$$MI(g/10 min) = \frac{427 \times L \times D}{T} \text{ -----(1)}$$

여기서 L : 피스톤의 이동거리(cm)
 D : 시험온도에서 수지 밀도, 즉 용융밀도(g/cm³)
 T : 피스톤이 거리 L만큼 이동할 때의 시간(sec)
 427 : 피스톤과 실린더의 면적(cm²)

ASTM D-1238-95에서 규정하고 있는 MI 시험 표준 조건은 표3과 같다

Table 3. Test condition of MI

MI(g/10Min)	Sample charging amount(g)	Test temperature (℃)	Weight(g)	Preheat hour(minute)
0.1 ~1.0	2.5 ~3.0	230±0.5	2160	5 - 6
1.0 ~3.5	3.0 ~ 5.0			
3.5 ~ 10.0	5.0 ~ 7.0			
10.0 ~ 25.0	7.0			
25.0 이상	7.0			

위의 표3에 기준하여 MI측정방법은 다음과 같다.

- 1) 시료 측정전 실린더와 피스톤을 230±0.5℃에서 15분간 유지한다.
- 2) 날짜, 온도, 무게, 피스톤의 이동거리 및 230℃에서 시료의 밀도값을 정한다. Photo.1은 MI측정기기를 나타낸 사진이다.
- 3) 시료를 충전하고 1분 이내에 피스톤에 올려 놓는다.
- 4) 무게를 올려놓고 6분 동안 가열한다.
- 5) 시료가 용융되어 설정된 피스톤의 이동거리를 통과하게 되면 MI값이 자동으로 기록된다.
- 6) 실린더로 부터 잔유물을 뽑아내고 다이, 피스톤, 실린더를 포함한 모든 부분을 깨끗이 청소한다.
- 7) 필요시 육안검증을 위해서 프레스로 샘플을 제작한다.

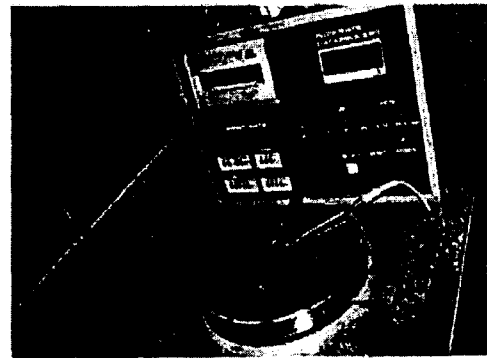


Photo. 1 Measuring Instrument of Melting Index

3. 연구결과 및 고찰

Fig.3은 기존의 브렌더와 본 실험에서 사용한 브렌더가 두종의 수지(PA-124VS, PP-124T)를 교반하는 그림을 나타낸다. 시간경과의 변화에 따른 교반 입자의 편차율을 나타낸 것으로 700kg의 수지제품을 교반하는 2경우 모두 초기 2시간이내에는 급격하게 교반이 이루어진다. 교반 효과가 현재 최적화 되어 만들어진 교반기가 초기 2시간이내에서는 더 교반이 잘 이루어지고 있다. 2경우 시간이 경과함에 따라 교반편차율이 줄어드나, 정교한 교반은 많은 시간을 요하게 된다. 기존 브렌더의 경우는 4시간이 경과된 후에 편차가 3%내로 떨어지고 있으나, 본 연구에서 사용된 브렌더는 2시간 반 정도의 경과로 교반된 입자의 편차율이 3% 이내로 나타났다.

Fig.4는 표1의 블렌더내의 3종의 수지를 임의의 백분율로 결정하여 블렌더에 넣어서 교반이 이루어지도록 하였다. 본 연구에서는 1m³정도의 수지를 넣고 교반 횟수에 의한 블렌딩 효과를 나타낸 그림이다.

교반이 이루어지는 초기에서는 3종의 경우 모두 교반 편차율이 크게 나타나고 있다. 실험3의 경우에서처럼 1종의 수지가 90%이상을 차지하는 경우가 표준편차가 가장 작은 값으로 나타난다. 3경우 모두 교반이 2회가 이루어지면 거의 표준편차가 나타나지 않음을 볼 수 있고 표준편차가 약3%의 값을 나타낸다. 교반이 2회 이상 이루어지면 블렌더 내부의 수지의 백분율에 관계없이 표준편차율의 변화는 차이가 없음을 나타낸다.

Fig.5는 두종(PA-124VS, PP-124T) 수지의 중량 합이 700kg인 경우에서 교반기를 통과하는 무게의 변화에 따른 교반효과를 나타낸 그림이다. 교반이 이루어지는 초기에는 두 수지의 농도가 큰 편차를 보이거나 500kg정도에서 거의 두종의 수지가 같은 50%를 보이고 있다. 500kg이상에서는 무게에 따른 변화와 관계없이 두 수지가 거의 일정하게 블렌딩이 이루어지는 것으로 나타났다.

표4는 두종(PA-124VS, PP-124T) 수지를 블렌더에 넣어 2회 교반 한후에 블렌더 하부에서 피그로 약 5분 간격으로 20회 추출한 입자를 MI 측정기로 측정 한 평균 수지의 물성치 값이다. 매번 샘플 측정 결과 MI값은 제품규격 범위 값(PA-124VS:3.0, PP-124M:3.0)의 오차범위±0.2내의 2.8195값을 나타냈다.

이러한 결과로부터 규모가 작거나 빠른 시간내에 수지가 교반이 이루어질 수 있는 교반기를 최적설계로 제작할 수 있으며, 수지를 교반함으로써 정품의 수지를 생산 할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. The average value of MI

TEMP.	230 ℃	DENSITY	0.739g/cm ³
WEIGHT	2.160 Kgf [21.18 N]	TIME	70.9 sec
ASTM	6.35 mm	MI	2.8195 g/10min

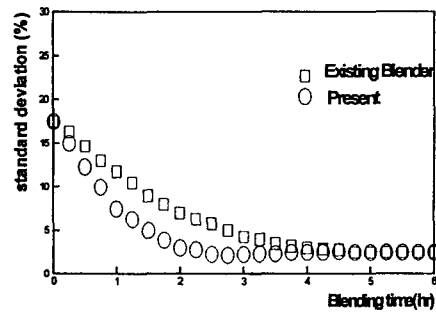


Fig. 3 Comparison of the Blender Efficient

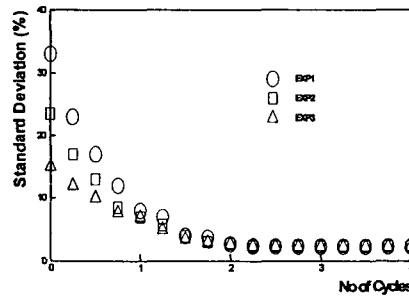


Fig. 4 Blending Efficiency of the Blender as Blend Ratio

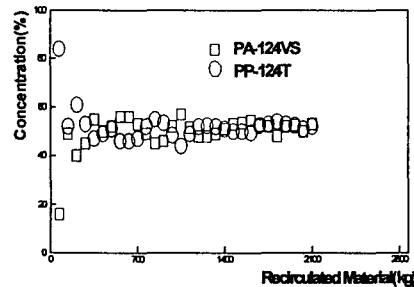


Fig. 5 Blending Effect of the Blender as Weight of two material

4. 결론

두종이상의 수지입자의 교반을 위한 교반기의 개발결과는 다음과 같다.

1. 수지자체의 중력으로 700kg이내의 수지의 교반은 2시간내에 이루어진다.
2. 3종 수지의 체적구성비에 관계없이 2회로 약 97% 이상이 교반이 이루어진다.
3. 교반되어진 두종(PA-124VS, PP-124T)의 MI값은

2.8195로 나타났다.

4. 다양한 브렌더의 용량에 따른 체적설계가 가능하다.

후기

본 연구는 여수대학교 설비자동화 및 정보시스템연구개발센터의 지원으로 진행되었으며 이에 감사드립니다

참고문헌

- [1] Ludwig, Ernest, E., 1977, Design for Chemical and Petrochemical Plants, Gulf Publishing Company
- [2] Power, R. B., 1994, Steam Jet Ejectors for the Process Industries, McGraw-Hill, Inc.
- [3] Duggins, R. K., 1975, A Study of Mechanics of Flow in a Gas Ejector, Proceeding of Second Symposium on Jet Pumps & Ejectors and Gas lift Techniques, C1-1-14
- [4] Tordella, J. P. and Jolly, R. E., 1953, Melt Flow of polyethylene, Modern Plastics, Vol. 31, No.2, pp.146
- [5] Dexter, F. D., 1953, Plasticity Grading of Fluorothenes, Modern Plastics, Vol.30, No.8, pp. 125
- [6] Harban, A. A. and McClamery, R. M., 1963, Limitations on Measuring Melt Flow Rates of Polyethylene and Ethylene Copolymers by Extrusion Plastometer, Materials of Research and Standards, Vol.3, No.11, pp.906
- [7] Rudin, A. and Schreiber, H. P., 1964, Factors in Melt Indexing of Polyolefins, SPE Journal, Vol.20, No.6, pp. 533