

Granulator 제조공정의 스케일 업에 따른 생산성 향상에 관한 연구

A Study for productivity improvement of the Scale up on the Granulator manufacture Process

박 정 수

Jung-Su Park,

안동과학대학 산업정보과

<Abstract>

현재 많은 산업에서 원료의 단가는 상승하나 재생이 가능한 제품을 효율적으로 사용하기 위한 일환으로써 기존의 설비보다 2배의 생산량을 가질 수 있는 장치를 개발하여 생산량을 극대화 할 필요성이 있다. 본 연구는 벌크 상태의 원료를 이송장치에 의해 디스크에 투입되어 고속으로 회전하는 원판에서 양면의 마찰과 용착으로 인한 순간 냉각으로 비중을 변화시켜 원료를 재생하는 장치이다. 이에 따른 스케일 업에 대한 각종 문제점을 해결하여 양품의 품질을 생산하는 방법을 제시하고 효과적인 시스템을 구축 하고자 한다.

1. 서론

본 연구는 포장지용 나일론필름(Nylon film)의 에지(Edge) 부분을 재생하는 장치로써 산업에서 원료의 정품 외에 잔여 분은 소각 또는 화학물 쓰레기로 분리되므로 환경의 오염을 유발할 수 있다.

현재 많은 산업에서 원료의 단가는 상승하나 재생이 가능한 제품을 효율적으로 사용하기 위한 일환으로써 기존의 설비보다 2배의 생산량을 가질 수 있는 장치를 개발하여 생산량을 극대화 할 필요성이 있다.

본 연구는 벌크(Bulk) 상태의 원료를 스크류(Screw)이송장치에 의해 디스크에 투입되어 고속으로 회전하는 원판에서 양면의 마찰과 용착으로 인한 순간 냉각으로 비중을 변화시켜 원료를 재생하는 장치이다.

이에 따른 기존의 설비는 150kg정도 생산하는 설비이며 이를 스케일 업 하여 300kg을 생산할 수 있는 설비에 대한 각종 문제점을 해결하여 양품의 품질을 생산하는 방법을 제시하고 효과적인 시스템을 구축 하고자 한다.

2. 이론적 배경

본 기기는 나일론 필름 생산라인의 재생설비로써 피다 스크류를 통해 들어오는 Fluff 의 원료를 고속으로 회전시켜 분쇄, 용착 및 순간적인 냉각에 의해 Granule 상태를 변화시켜 재생하는 장치이다.

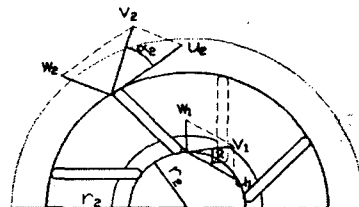
u_1, u_2 : 회전판의 임의의 반경의 입구 출구 면에 있어서의 주 속도

v_1, v_2 : 입구출구의 흐름의 절대속도(m/s)

w_1, w_2 : 흐름의 상대속도(m/s)

Q : 회전판에 있어서의 원료 유입 량(kg/s)

α : u , 와 v 가 이루는 각



<Fig1> Air Flow

무한수의 날개를 지니고 있는 축의 원 유입 량 Q m³/s가 v_1 m/s의 속도로 α_1 각의 경사를 갖고

날개를 유입하여 출구에 있어서 v_2 m/s의 속도로

α^2 에서 나오도록 한다. 또 날(Blade)의 입구 및 출구에 있어서 유출 각을 β_1 및 β_2 로 하면 축에 유입되는 원료의 원주방향에 있어서의 운동량 모멘트는 $\gamma Q/g \times v_1 \cos \alpha_1 \times \gamma_1$ 가 되면 유출하는 원료의 원주방향의 운동량의 모멘트는 $\gamma Q/g \times v_2 \cos \alpha_2 \times \gamma_2$ 이 운동량의 모멘트 차는 회전판의 토크와 상동하게 된다.

즉 $\gamma Q/g (v_2 \cos \alpha_2 \times \gamma_2 - v_1 \cos \alpha_1 \times \gamma_1)$ 가

되며 1kg의 재생원료에 미치는 토크는 이다.

$$t = 1/g (v_2 \cos \alpha_2 \times \gamma_2 - v_1 \cos \alpha_1 \times \gamma_1)$$

회전판이 원료에 부여하는 일량은 이 토크에 각속도 w 를 곱하면 된다.

회전판에 원료가 부여하는 일량 L은

$$L = T \times w$$

=

$$\frac{1}{g} (v_2 \cos \alpha_2 \times \gamma_2 - v_1 \cos \alpha_1 \times \gamma_1) \times w$$

$$= \frac{1}{g} (u_2 v_2 \cos \alpha_2 - u_1 v_1 \cos \alpha_1)$$

이다.

회전판에 유입하는 원료가 반경 방향으로 진행할 때 $\alpha_1 = 90^\circ$ $\cos \alpha_1 = 0$ 이므로 앞 식은

$$L = \frac{1}{g} u_2 v_2 \cos \alpha_2 \text{ 가 된다}$$

또 작동흐름의 헤드부분은

$$H = \frac{1}{g} u_2 v_2 \cos \alpha_2$$

그림3.7의 입구출구에 있어서의 속도선도에서 다음의 관계식이 성립된다.

$$w_1^2 = u_1^2 + v_1^2 - 2 u_1 \cos \alpha_1$$

$$w_2^2 = u_2^2 + v_2^2 - 2 u_2 \cos \alpha_2$$

이것을 3.1식에 대입하면

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2g} [(u_2^2 + v_2^2 - w_2^2) - (u_1^2 + v_1^2 - w_1^2)] \\ &= \frac{1}{2g} (u_2^2 - u_1^2) - \frac{1}{2g} (w_2^2 - w_1^2) + \frac{1}{2g} (v_2^2 - v_1^2) \end{aligned}$$

회전판에 유입되는 기류가 전부 기압을 높인다고 가정하면 그 헤드부분은

$$H = \frac{1}{2g} (u_2^2 - u_1^2) - \frac{1}{2g} (w_2^2 - w_1^2) + \frac{1}{2g} (v_2^2 - v_1^2)$$

즉 압력과 운동으로 나누어 쓰면 다음과 같다.

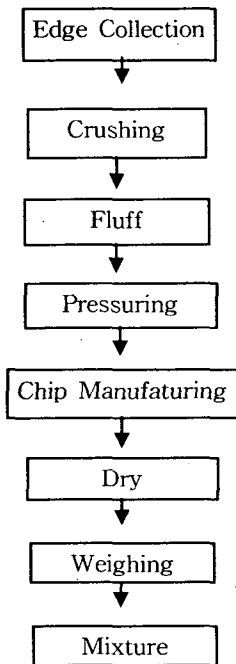
$$H = \frac{P_s - P_1}{\gamma} + \frac{v_s^2 - v_1^2}{2g}$$

이 된다.

3) 실험방법 및 장치의 구성

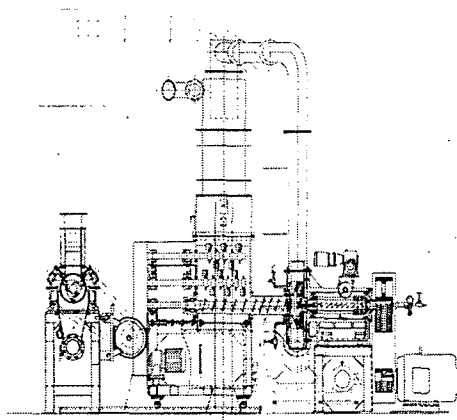
본 연구에서는 첫 번째는 디스크의 간격을 시스템의 정상운전에 대한 문제점을 중점 검토하여 실험하였으며, 두 번째는 주축모터의 회전수를 변경하여 여기어 최적의 운전조건을 선정하여 품질이 우수한 제품을 생산하는데 그 역점을 두고 실험하였다. 이로 인한 원료의 변색이 전혀 되지 않는 흰색의 상태를 유지하여야 하며 변색은 결국 원료의 질을 저하하는 원인 되며 새 원료와 배합하여 사용 시 필름의 파단의 역할을 하기도 한다. 이를 해결하기 위한 여러 가지의 방법으로 실험하였다.

<Fig2>은 그래놀 칩의 제조공정도로써, 생 원료의 칩으로 생산한 필름에 제품의 사용이 불가능 모서리 잔여부분을 컷팅하여 재생원료의 칩으로 만들기 위해 생산하는 공정도이다.



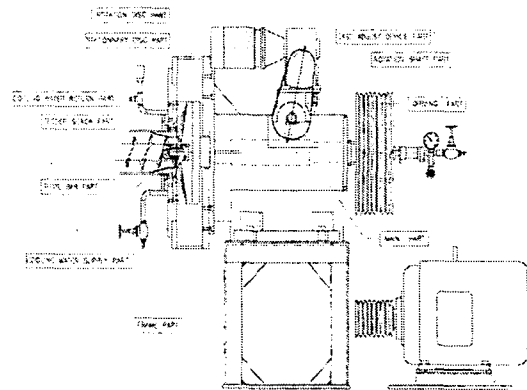
<Fig2> Granule chip process

<Fig3>은 원료의 재생장치로서 잘게 컷팅된 원료를 이송장치에 의해 그레놀 디스크에 공급되고 공급된 원료는 그레놀 칩으로 생산하기 위한 일정량의 크기로 컷팅하여 다음공정으로 이송시키는 이송 시스템을 갖춘 전체 레이아웃이라 할 수 있다.



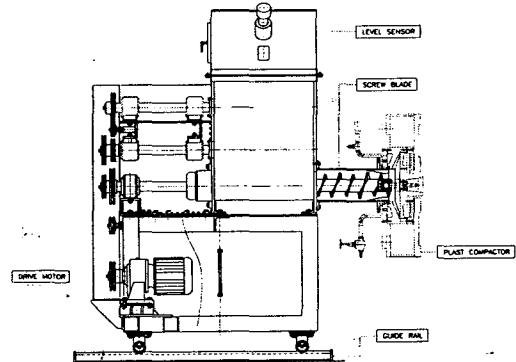
<Fig3> Granule chip assembly drawing

<Fig4>은 재생원료를 생산하는 장치로서 기존의 회전수는 임의 조정하여 실시할 수 있으며 디스크의 갭을 임의 변경할 수 있는 장치를 갖춘 기계로서 피다 스크류와 그레놀 레이터의 디스크장치를 취하여 조립한 장치이다.



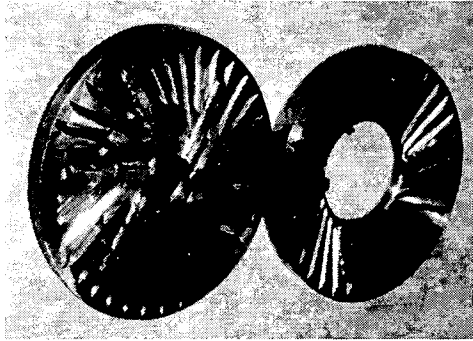
<Fig4> Fdeeder screw & granulator assembly

<fig5>는 피다 스크류 압착부로서 원료를 디스크에 강제적으로 이송하여 밀도를 향상시키는 장치이다.



<Fig5> feeder screw Pressure formation parts

<Fig6> 은 재생원료를 생산하는 디스크의 형상에 대한 이미지이다. 두 개가 한조가 되어 일정량의 갭을 가지고 회전하는 장치이다.



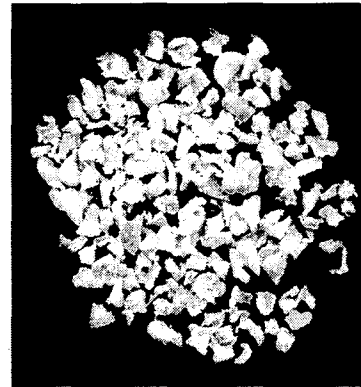
<Fig6> Disc image

산화반응속도 생 원료는 개봉후 의 흡습 건조수 산화반응속도는 적다

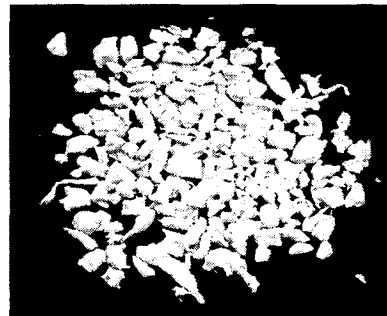
재생원료에는 Monoma등 저 분자량의 성분의 경 향으로 생 원료에 비해 산화반응속도가 빠르다.

<Fig7>은 기존의 재생 칩에 대한 이미지이고

<Fig8>은 스케일 업에 따른 디스크 개발로 인한 신규 생성 칩의 이미지이다.



<Fig7> Original granule chip



<fig8> Improvement granule chip

4. 결과분석

<Table1> Material analysis results

항목	sample	재생원료		생원료	
		기존	개선	미건조	건조
수지점도		3.37		3.61	3.58
열수가용분(wt%)		17.97	17.82	0.415	
DSC	융점(℃)	①222.5 ②213.7	①225.5 ②214.7	②219	
	결정화온도(℃)	185.2	185.6	173.7	
겉보기밀도		0.4174	0.42	0.688	
수분량(%)	미건조	3.263	3.1023	0.844	
	건조	0.145	0.155	0.0682	
탄분(wt%)		0.148		0.139	
생산량(Kg/hr)		150	300		

재생원료는 Block상, Film, 큰 형상 및 미세한 상의 형태이다.

생 원료와 재생원료와의 상대점도의 차이는 적다. 열수 가용성분이 많다 특히 재생원료에는 Monoma(카프락탐)가 많다.

열 분석에 있어서 생 원료와 재생원료는 융점의 차이는 없으나 때때로 생 원료에 비해서 재생원료에는 Beak의 폭이 크고 저분자의 성분이 추출 된다. 비중에 대해 분석해보면 생 원료의 겉보기 밀도는 0.668 인데 대해 재생원료의 밀도는 0.4074이다.

수분량 생원료의 수분량은 0.844인데 대해 재생원료는 는 미건조 3.263% 재생원료는 흡습성이 높은 모노마(Monoma)가 많이 함유되어 있다.

재생원료의 경우에는 수분 량의 관리가 중요하다.

탄분 생 원료와 재생원료는 차이가 적으나

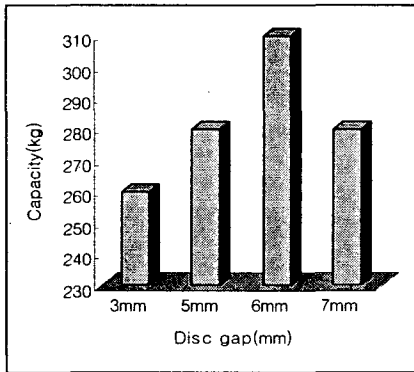
<Table 2>는 겉 변화에 따른 생산성 향상분석 결과이다.

GAP 6mm일 때 생산량이 310kg 으로 제일 많이 생산되었다.

<Table2> GAP Change of Capacity Analysis

GAP 항목	3mm	5mm	6mm	7mm
Motor (A)	60-63	55-65	70-80	54-62
1st Blower(A)	12	11	11	11
chip cutter(A)	22	20	20	20
3rd blower(A)	4.5	4.4	4.4	4.3
고정자온도(℃)	30	34	34	34
회전자온도(℃)	40	42	40	36
feederScrew(A)	8.9-9.1	8.8-9.0	8.8-9.4	9.3-10.2
비중	0.382	0.4075	0.4125	0.39
생산량(Kg)	260	280	310	280

<Fig9> 디스크 겹에 따른 생산성 분석도표이다.



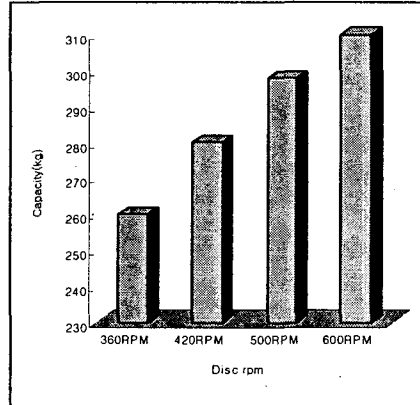
<Fig9> Disc gap of capacity (Kg)

<Table3> RPM Change of Capacity Analysis

rpm 항목	360	420	500	600
GAP(mm)	5	5	5	5
Motor(A)	60-63	51-63	66-75	71-78
1stBlower(A)	12	12	11	11
chip cutter(A)	22	22	20	20
3rd blower(A)	4.5	4.5	4.4	4.3
고정자온도(℃)	30	28	34	34
회전자온도(℃)	40	36	40	40
feeder Screw(A)	8.7-9.5	8.7-9.5	8.8-9.4	8.5-9.0
비중	0.352	0.385	0.4225	0.401
생산량(Kg)	260	280	298	310

<Table 3>은 일정한 Gap에 따른 RPM변화에 대해 비중과 생산량을 분석한 결과 500 RPM에서 비중이 가장 높았으며 600RPM에서는 다소 떨어지는 경향이 나타났다

<Fig10> 디스크 RPM 에 따른 생산성 분석도표이다.



<Fig10> RPM of Capacity(kg)

5. 결론

본 연구에서는 Nylon Film의 Eedge 부분을 재 생산하는 장치로써 산업에서 원료의 정품 외에 잔여분은 소각 또는 화학물 쓰레기로 분리되므로 환경의 오염을 유발할 수 있으며, 이를 해결하기 위해 원료를 재 사용할 수 있는 방법을 강구하고자 본 설비의 이용에 있어서 생산성을 극대화하고 양질의 제품을 생산하는데 그 초점을 두고 연구한 결과 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

실험을 통해 얻은 원료의 분석에 있어서 생산설비를 2배의 양으로 스케일 업 했을 경우 기존에 비해 수지의 점도, 열수 가용분, 융점, 결정화온도는 큰 차이를 보이지 않았으며 겉보기 밀도에서도 양을 증대하였을 경우에도 질적인 면에서 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

또한 GAP에 따른 생산량의 분석에서도 6mm 정도에서 가장 많은 양의 생산을 얻을 수 있었으며 rpm에 따른 변화에서도 600rpm이 가장 생산량은 많았으나 다소 비중이 감소하는 결과를 초래하였으며 본 결과로 볼때 6mm에서 500rpm이 가장 양호한 것으로 판단되었다.

위의 결과로 볼때 양호한 제품을 얻을 수 있었으며 이로 인한 재생원료의 적용은 가능한 것으로 판단되었다.

향후 연구로는 디스크의 온도에 따른 비중변화에 대한 연구가 진행되어야 하며 본 결과는 나일론 필름에 대한 결과이며 이를 필름의 재생 전 산업

에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김덕윤, "공기기계" 대광서림 pp70-78, 1987
2. Kraus, Milton 에 "Pneumatic Conveying of Bulk Materials" 1994
坂井, 粉体輸送の技術
3. "アツプ 手法" 화학장치편집부, 1992
4. 송광호, 분체수송기술 pp187-190, 1995
6. R.J. Chales : High velocity Impact in Comminution, Mining Engineering, October pp1028-1032 1956
5. F.W. Locher & H.M Seebach: Influence of adsorption on industrial grinding, Ind. Eng chem. process, vol11 pp190-197 ,1972