

Multi-Nozzle Injection Molding Automatic Machine 개발에 관한 연구 A Study on the Development of an Automatic Multi-Nozzle Injection Molding Machine

이종형*, 김정환**, 이창현**, 김운곤** 임춘규**, 이춘곤**, 권영신**
Jong-Hyung Lee*, Jung-Hwan Kim**, Chang-Heon Yi**
Yun-Gon Kim**, Chun-Kyoo Lim**, Chun-Kon Lee**, Yung-Shin Kwon**

<Abstract>

The demand for the precision rubber products has been rapidly increasing with the recent growth of industries. And the requirement for the productivity and the quality calls out for the injection molding machines with the precision machining ability as well as the high productivity. Especially modern automobile industry is in urgent need of developing injection molding machines for the high quality rubber products with high productivity. And the inability of the domestic companies to meet the standards causes importing foreign machines and as a result spending good amount of dollars. It is extremely important to develop competitive machines and strengthen the infrastructure of the related industries. In this paper the functions and the structure of a automatic multi-nozzle injection molding machine has been studied to set up a proper test system for the precision rate and the reliability of the machines, which can help build the machines to meet the request of the industry.

Keywords : Nozzle, Cavity, Charge back pressure

1. 서론

자동차의 진동 및 소음방지를 위한 고무 제품의 생산은 전형적인 공정 집약적 프로세스 산업으로 설비의 의존도가 매우 높아 이들 설비에 대한 설비능력 수준에 따라 생산원가 및

품질이 좌우된다.⁽¹⁾ 일반적으로 고무제품 생산에 사용되는 고무 사출 성형기는 대부분 설비의 사출방식이 Screw pre-plasticizing type의 설비로서 정밀한 고무 사출량 제어의 어려움과 먼저 가소화된 고무가 가장 늦게 금형에 주입되는 구조로 되어있으므로 잔류 고무에 의해

* 교신저자, 정회원, 금오공과대학교 기계공학부, 工博
E-mail : leejh@kumoh.ac.kr
** 금오공과대학교 대학원

* Corresponding Author, Professor, School of Mechanical Engineering, K.I.T
** School of Mechanical Engineering, K.I.T

품질에 영향을 줄 수 있으며, 금형내 진공 형성 시 금형 전체를 박스형태의 진공 챔버를 이용하여 밀폐시킴으로 인해 대용량의 진공 장치가 필요하다. 또한 노즐의 온도를 제어 할 수 없는 공냉식 구조로 되어 있어 찌그러짐으로 인한 고무 손실이 발생되는게 현실이다.

Multi-Nozzle Injection Automatic Machine 은 사출방식을 인라인 스크류 방식을 채용하여 정밀한 고무 사출량 제어 및 가소화된 고무가 선입선출 하도록 하여 고무재질의 변화로 생기는 품질문제를 최소화 하고자하며, 기존방식이 금형에 런너가 형성되어 가류 후 런너부의 고무를 제거하여 폐기하여야 하나 개발 하고자 하는 고무 사출 성형기의 노즐에 런너의 기능을 하도록 하여 폐기하는 고무를 최소화 하고자 한다.

Multi-Nozzle Injection Automatic Machine의 개발 및 적용을 통해 신뢰성 있는 품질 및 생산 원가 절감으로 경쟁력 있는 제품을 생산 공급 할 수 있어 고무 산업 전반에 걸쳐 절실히 요구되는 기술이다. 본 연구는 Multi-Nozzle Injection Automatic Machine의 생산현장에 적용 시 설비가 갖추어야 할 조건 및 성능에 관하여 여러 방법으로 시험과 측정을 통해 설비의 정밀도와 신뢰성을 확보하는데 연구 목적이 있다.

2. 시험 방법 및 측정결과

2.1 노즐 균형 측정

고무 사출 장치에서 멀티 노즐 장치를 거쳐 사출되는 각각의 노즐마다의 사출량을 측정하여 고무 사출의 재현성 및 각 케비티별 노즐의 균형을 측정하여 사출 장치와 노즐의 신뢰성을 확보하고자 한다.

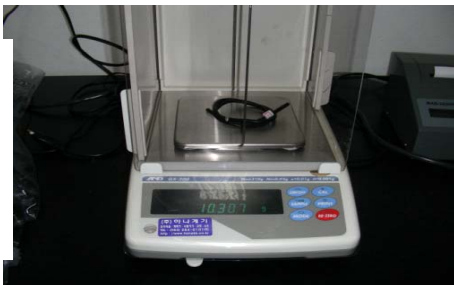


Fig. 1 Analytical balancing apparatus.

노즐균형 측정방법으로는 고무사출 조건을 설정하고 사출장치에 고무원료를 주입하여 사출을 한 후 노즐로 분사된 고무를 수집하여 균형분석장치를 이용하여 각각의 무게를 측정하였다.

Table 1. Measurement data of injection (Unit: g)

측 정 수	10			20			30			spec.
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	
Nozzle-1	6.24	6.33	6.31	8.73	8.71	8.69	10.42	10.32	10.13	사출 량평 균치 ± 3% 이하
Nozzle-2	6.11	6.07	6.08	8.54	8.55	8.56	10.34	10.25	10.09	
Nozzle-3	6.11	5.99	5.99	8.62	8.54	8.55	10.46	10.43	10.18	
Nozzle-4	6.21	6.14	6.13	8.67	8.68	8.68	10.43	10.43	10.12	
평균치	6.14			8.63			10.3			
관정기준	±0.18			±0.26			±0.31			

2.2 상·하 열판평행도 측정

상하 열판의 평행도는 가류제품의 형태 및 품질에 직접적인 영향이 있으며, 게이트 구멍을 이용한 면접촉 진공형성 시스템의 진공도 영향이 있어 매우 중요한 항목이다⁽²⁾. 이 시험을 통해 형체장치 및 진공장치의 신뢰성을 확보하고자 한다.

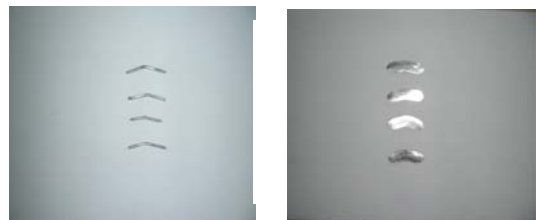


Fig. 2 Photos of specimens before/after pressuring.

Table 2. Parallelism data of specimen (Unit: mm)

No.	측 정 치					spec.
	①	②	③	④	편차	
1차	0.31	0.32	0.31	0.31	0.01	편차의 0.025 이내
2차	0.32	0.32	0.33	0.32	0.01	
3차	0.33	0.31	0.33	0.32	0.02	
4차	0.33	0.31	0.32	0.33	0.02	
5차	0.36	0.35	0.34	0.36	0.02	

상,하 열판평행도 측정방법으로는 실납편(4-Ø 2×20mm)을 이용하여 금형의 하열판 가장자리 4곳에 설치하고 60톤으로 30초 동안 가압 한

후 금형에서 실납편을 분리 한 후 마이크로미터를 이용하여 측정하였다.

2.3 상·하 열판 온도분포도 시험

고무 사출 성형기에서 열판의 온도는 제품의 품질에 직접적으로 많은 영향을 미치는 중요한 인자이다. 열판을 통해 가열된 금형의 온도에 따라 제품의 특성 및 가류 상태가 달라질 수 있어⁽³⁾ 고무 사출 성형기에 있어 가장 중요한 시험이다. 상,하 열판 온도분포도 시험방법으로는 Fig. 3과 같이 상,하 열판 각각 4곳에 HY-550 표면온도계를 설치하고 예열기동을 누른후 설정온도 185℃에 도달 했을때 각 포인트의 온도 값을 측정하였다.

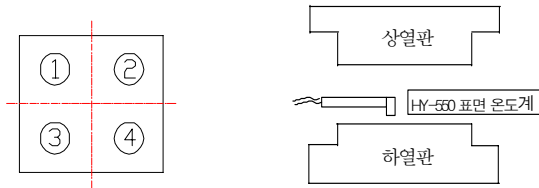


Fig. 3 Locations of thermometers on plates.

Table 3. Temperature distribution of plates (Unit: ℃)

No.	측 정 치					spec.
	①	②	③	④	편차	
상열판	183	185	182	185	3	온도편차5℃ 이내
하열판	187	187	188	189	2	

2.4 사출압력 반복 시험

사출 압력은 매 공정마다 동일한 결과가 나올수 있어야 한다. 사출 압력의 재현성에 오차가 발생할 경우 고무 사출량 의 변화를 초래하여 제품에 버(Burr) 및 미성형 제품이 발생할 수 있다. 이러한 이유로 고무 사출 성형기의 사출 압력은 매우 중요한 인자이며, 유압 장치의 성능이 사출 압력 변화에 주된 영향을 미치게 된다.⁽⁴⁾ 사출압력 반복 시험방법으로는 압력센서를 유압블록의 사출압력 근교정 포트에 설치하고 압력센서를 MX100 데이터 기록 장치에 연결하고 자동 운전 중 모니터링 하여 자료를 저장하여 그래프로 판독하였다.

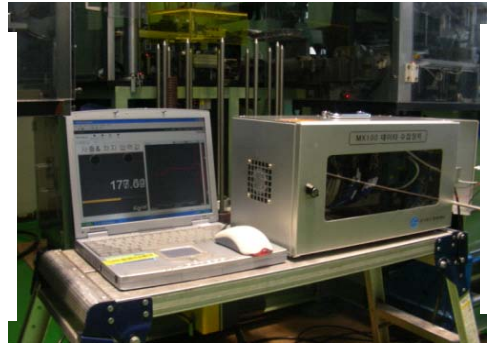


Fig. 4 MX-100 data recorder.

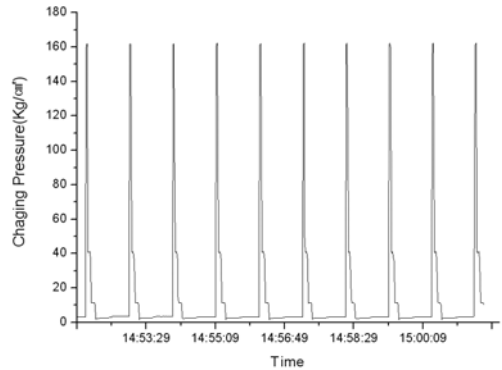


Fig. 5 Repetition test of the injection pressure.

2.5 고무 충전율 시험

충진압력은 사출 장치에서 사출되는 고무량의 계량에 영향을 주는 인자로서 충전압력에 따라 가소화⁽⁵⁾ 되어 사출 장치에 충전된 고무의 충전률에 영향을 주어 고무량 계량에 영향을 준다. 또한 충전압력이 낮은 경우 스크류에 의해 공급된 고무 중의 공기가 제거 되지 않아 제품 내 기포 발생 및 마무리 불량 의 원인이 되기도 한다. 이로 인해 정밀한 고무 사출량 제어 및 가류 제품의 품질 안정화를 위해서는 노즐에서 고무가 누출되지 않는 압력에서 일정 값 이상의 충전압력을 걸 수 있어야 한다. 충전 압력 시험방법으로는 압력센서를 유압 블록의 사출압력 근교정 포트에 설치하고 압력센서를 MX-100 데이터 기록장치에 연결하고 자동 운전 중 모니터링 하여 자료를 저장하여 판독하였다.

2.6 노즐 포인트 측정

노즐포인트는 노즐장치와 금형의 게이트와의 위치도를 확인하기 위함이다. 노즐장치와 금형의 각 케비티별 위치가 기준치 이상 벗어날 경

우 가류 사출 효율의 손실 및 노즐토치부의 고무 누출의 원인이 될 수 있다.

노즐포인트 측정방법으로는 장비의 자동운전으로 시제품을 생산하여 3차원 측정 장비를 이용하여 노즐포인트를 측정하였다.

Table 4. Charge back pressure data (Unit:kgf/cm²)

측정수	NBR	불소	spec.
1	14.22	34.56	NBR: 12 이상 불소: 30 이상
2	14.57	34.42	
3	14.91	34.39	
4	14.57	34.33	
5	14.80	34.30	
6	14.52	34.39	
7	14.66	34.41	
8	14.53	34.46	
9	14.62	34.42	
10	14.50	34.38	
오차	0.69	0.26	

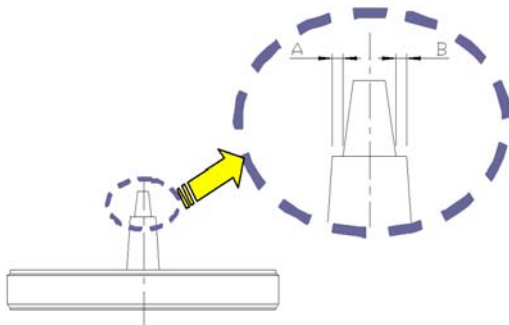


Fig. 6 Nozzle point.

고무 가류 성형품에 있어서 가류시간은 매우 중요한 요소이다. 전체 공정시간 중에서 가류시간이 차지하는 비중은 50% 이상 되기 때문에 가류 시간의 단축은 곧 생산성 향상과 직결된다고 해도 과언이 아니라 이런 이유로 금형 구조 및 조건 변화에 따른 가류시간의 변화를 시험하였다.

가류시간 단축 방안으로는 금형 게이트의 직경을 축소하여 게이트 내부의 고무 온도를 상승시켜 가류시간을 단축하였다.

-기존설비 Gate = Ø2 mm

가류시간 = 400s 이상

-Multi-Nozzle Injection automatic M/C Gate = Ø0.8 mm

가류시간 = 140s 이상

가류(가황)시간 시험방법으로는 장비를 자동운전으로 조작하여 실린더 작동 온도를 80℃로 조정하고, 상 열판 온도는 180℃, 하 열판 온도는 185℃,고무지연시간40s, 고무주입량20cc, 보압시간 1초로 설정 한 다음 가류시간을 80s, 100s, 120s, 140s, 160s, 200s 조건으로 제품의 외관 상태를 검사하였다.

Table 5. Locations of nozzle points (Unit: mm)

No.	Material					
	NBR			불소		
	'A' 구간	'B' 구간	편차	'A' 구간	'B' 구간	편차
Nozzle -1	0.586	0.663	0.080	0.587	0.535	0.052
Nozzle -2	0.697	0.603	0.094	0.593	0.608	0.015
Nozzle -3	0.640	0.631	0.009	0.639	0.728	0.089
Nozzle -4	0.663	0.668	0.005	0.760	0.758	0.002
spec.	편차 0.2mm 이하					

Table 6. Vulcanization time data

	Gate 직경 (φ)	실린더 셋팅 온도 (°C)	Setting 온도 (°C)		가류시간 (s)	고지연시간 (s)	고무량 (cc)	보압시간 (s)	제품상태
			상 열판	하 열판					외관상
1	0.8	80	180	185	80	40	20	1	미성형 (100%)
2	0.8	80	180	185	100	40	20	1	미성형 (100%)
3	0.8	80	180	185	120	40	20	1	미성형 (100%)
4	0.8	80	180	185	140	40	20	1	양호
5	0.8	80	180	185	160	40	20	1	양호
6	0.8	80	180	185	200	40	20	1	양호

2.8 금형온도분포 시험

고무 사출 성형기에 있어서 제품 특성에 가장 중요한 영향을 미치는 것이 금형 내 온도이다. 그러나 금형내의 온도 측정이 불가능하여 주로 설비의 열 분포도 및 제어 능력을 시험방법으로 주로 상하 열판의 온도 분포를 측정하였다. 그러나 실제로 제품에 영향을 미치는 것은 금형의 온도 분포이기 때문에⁽⁶⁾ 열판의 온도 분포를 측정하는 것은 간접적인 방식일 뿐 실제 금형 온도와는 차이가 있을 수 있다.

이에 금형의 실제 온도 분포를 측정하기 위하여 온도를 측정할 수 있는 계측기와 온도 센

서를 취부 할 수 있는 고무 금형을 제작하여 시간의 변화에 따른 실제 금형의 온도 분포를 측정하기 위함이다. 금형온도분포도 시험 방법으로는 기존의 열 분포도 시험은 설정치 온도에 도달했을 때 표면 온도계를 사용하여 각 포인트를 접촉식으로 측정하였다. 이렇게 할 경우 금형을 열어놓고 측정하여야 됨으로써 외부환경에 따른 온도 변화 때문에 정확한 온도 측정이 불가능 하였다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 이번 개발 장비에는 실제 금형 안에서 고무가 가류될 때의 온도를 알아보기 위하여 특별히 금형과 동일한 고무 금형을 제작하여 실제 제품이 생성되는 중심 포인트에 온도센서를 설치하여 금형 개폐 없이 정확한 온도 분포도를 측정 하였으며, MX-100 데이터 저장 장치를 이용하여 금형의 특정 위치에 실시간 온도변화의 모니터링이 되도록 하였다. 측정 방법으로는 먼저 온도계 설정 값을 입력한 후 고무 금형에 총 17개의 온도센서를 고정하고 그 MX-100 데이터 저장 장치에 연결한 후 금형가열을 실시하여 각 포인트별로 온도분포 변화를 모니터링 하였다. Fig. 7 은 금형 온도 분포도 시험 순서를 나타내고 있다.

3. 결 론

Multi-Nozzle Injection Automatic Machine의 설비가 갖추어야 할 조건 및 성능에 관한 여러 방법으로 시험과 측정을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 노즐균형 측정 결과 각각의 노즐에서 사출되는 고무 량이 고무 사출 량의 평균치에 $\pm 3\%$ 이내로 시험 결과가 나왔다. 이결과로 볼 때 사출장치와 노즐장치의 신뢰성 및 사출시스템의 반복 재현성이 확보 되었다.
2. 상·하 열판을 가압하여 측정된 실납 편의 평균오차가 0.01mm~0.02mm로 측정됨에 따라 형체장치 평행정도 유지 및 진공장치의 신뢰성을 확보한 것으로 알 수 있다.
3. 온도분포도 시험결과 상, 하 열판의 온도 편차가 3℃, 2℃ 이므로 온도가 고르게 분포 및 유지됨을 알 수 있다.
4. 사출압력 반복 시험결과를 그래프로 볼 때 사출 압력의 반복과 재현성은 매우 우수하고, 이결과로 유압회로의 신속한 응답성이 이루어짐을 알 수 있다.
5. 고무재질별로 충전배압시험을 한 결과 NBR은 12 Kgf/cm² 이상, 불소는 30 Kgf/cm² 이상 가능하였고, 이로 인해 정밀한 고무제품에 사출량 제어로 가류 제품의 품질 안정화를 확보하였다
6. 가류(가황)시험결과 가류 시간 140 sec 이상의 경우 외관 상태 양호하였다. 이 결과로 기존의 설비보다 생산성이 35% 향상됨을 알 수 있다.
7. 금형온도 분포도 시험결과 측정 시간은 약 4 시간 동안 금형의 온도변화를 분석하였고, 금형가열 후 약 20분 후 설정치 온도에 도달하였으며 이때의 온도 편차는 최대 약 1.2℃ 정도 차이가 발생하였으며 그 후 서서히 온도 평형을 이루어 1시간 후 9.5℃, 2시간 후 8.4℃, 3시간 후 7.7℃, 4시간 후 7.2℃의 온도 편차를 보였음을 알 수 있었다.



Fig. 7 Test procedure of mold temperature distribution.

참 고 문 헌

- 1) F.Johannaber, "Injection Moulding Machines, A Users' Guide," Han-ser Co., 1985.
- 2) John K. Vennard and Robert L. Street,

- "Elementary Fluid Mechanics," 1982. 利澤植, "流體機構," 東明社, 1985.
- 3) 本野洋志, "成形機의 Seal 구조," JP 61106220, A, 1986.
- 4) 藤田 子, "情密成形의 現況과 將來一成形機에서 본 情密成形," 情密工學會誌, Vol.52, No.2, 1986.
- 5) 鄭善謨, 鄭普鐘, "最新機械設計學," 正祐社, pp.164, 1983.
- 6) 古谷正之外, "鼓舞技術 Guide Book," 日刊工業新聞社, NDC 578.2, 1980.
-
- (2007년 2월 7일 접수, 2007년 5월 23일 채택)