

Air-Impulse 造型機

서 병 순, 박 이 윤

1. 서 언

보다 양호한 품질의 확보와 생산성의 증대를 위하여 새로운 조형법을 개발하기 위한 노력이 계속되고 있다. 본 보고서에서는 폐사가 최근에 설치한 공기충격(Air-Impulse)조형법에 대하여 설명하고자 한다. 본 조형법에서는 주형사의 성질이 다양해도 조형후의 충전 밀도가 비교적 균일하며 환경 공해 문제가 적다는 것이다.

현재까지, 점토를 점결제로 사용하는 생형 조형에 있어서, 많은 주물공장들이 jolt또는 squeeze방법을 사용하고 있으며, 또는 jolt-squeeze조형기를 단일 기계로써 또는 기계화·자동화 line 으로써 오랫동안 성공적으로 이용하고 있다. Jolt는 모형측(분할면)이 충전도가 높고, 반면에 squeeze는 주형의 이면의 충전도가 높다. 충전도는 jolting시간 및 squeezing힘과의 함수관계가 있다. 이러한 jolt 및 squeeze의 특성을 적절히 조합하여 성공적인 조형기를 사용해 왔다. 또 다른 개선방법으로써, 단일 평면 squeeze plate대신에, 여러 조각으로 분할한 소위 multipiston squeeze head 를 적용하는 것이다. 이 방법에 의하여, 모형의 형상이 복잡한 물건에 흔히 발생할 수 있는 충전도의 불균일성을 개선하여 비교적 균일하고 충전 밀도가 높은 주형을 제작할 수 있다. 그러나 주형사의 성질 변화에는 대처하지 못했다. Jolt의 소음을 줄이기 위한 여러가지 노력에도 불구하고, 100dB(A)까지의 소음이 발생되고 있으며, jolt는 여러가지 요인에 의하여, 기계의 마모가 심하며, 특히 상하 flask 및 pattern plate에 사용하는 pin-bush의 과도한 마모에 의해서 주물 불량률의 한 요인이 되기도 한다.

최근에 작업 환경의 개선 및 산업안전에 대한 개선 요구가 점차 엄격해 지고 있으므로, 새로운 조형 부산주공주식회사

법의 개발 요구가 필연적이다. 그 한가지 방법이, jolt방법 대신에 주물사를 flask내에 고압으로 취입하거나, 감압에 의해 흡입하여 주물사를 충전하는 방법이다. 이 방법들은 두가지 모두, 일차 충전 후, squeeze를 해야 한다. 과거 수년간 이러한 방법들을 이용한 조형기 및 자동화 line들이 많이 설치되었다. 그 대부분은 소위 shoot-squeeze(또는 blow-squeeze) 조형기이다. 이 shoot squeeze 조형기에서는 주물사의 운동에너지(kinetic energy)를 주물사의 충전에 이용한다. 이 과정은 주물사를 충전하는 데에는 적절한 방법이지만, 주물사의 성질이 균질하고 유동성이 양호해야 한다는 조건이 수반된다. 또, 이 방법에서는 많은 양의 압축공기를 주물사와 함께 이동시켜야 함으로, 적절한 배기를 하지 못하면 air-pocket 에 의한 미충전 부분이 생길 우려도 있다.

취입방법 대신에 흡입(감압 또는 진공)에 의한 충전방법도 있다. 이 방법에 있어서는 취입 방법과는 달리 압축공기를 사용하지 않기 때문에 주물사 입자 사이에 공기의 혼입이 적으므로, 충전도를 개선할 수 있다.

일반적으로, 모든 주물공장에서 상기의 여러가지 방법을 이용한 조형법에 의한 조형기를 성공적으로 사용하고 있다. 즉, shooting(blowing), vacuum, jolting, squeeze, jolt-squeeze, 또는 이들을 조합한 방법 및 pattern plate측에서의 squeeze등의 방법으로써, 조형기를 사용하고 있다.

조형법으로서의 큰 진전은 연소 조형법(combustion molding)이다. 이 방법은 천연 가스 또는 석유 가스를 공기와 혼합하여 일정한 고압용기내에서 점화, 폭발시킴으로써 그 폭발의 충격이 주형의 이면에 작용하여 주물사가 다져지도록 하는 원리이다. 이 방법은 전술한 여러가지 방법들이 가지고 있는 단점들을 보완한 방법이며 조형법의 새로운 개념이다. 그러나, 이 방법은 연속 조업시, 가스의 폭발에 수반되는 열이 축적되어 주물 및 주위 기기의 온도상

승에 따른 주형에 미칠 수 있는 나쁜 영향을 간과할 수 없다.

따라서, 이러한 제반 문제점들을 보완한 조형 방법으로서는,

- 발전된 조형 기술 및 기능에 상응하는 방법일 것.
- 소음을 줄이고, 먼지 및 연기의 발생을 감소시켜, 작업장 환경을 개선하는 방법일 것.
- 에너지 절약형일 것
- 작업의 안전성이 높고, 보수유지가 간단할 것
- 생산성이 높고, 기계화 및 자동화에 적합할 것
- 기존의 에너지 공급 장치(energy utility)를 그대로 이용할 수 있을 것.
- 주물사 관리가 용이할 것.

등의 조형 설비가 되어야 한다고 본다.

이러한 의미에서 공기 충격 조형법 (Air-Impulse process)는 생형 조형법에 있어서 커다란 발전을 가져 왔다.

이 새로운 방법에서는 보통 주물공장에서 사용하고 있는 압력의 압축공기를 이용하여 압력파(pressure wave)를 발생시켜 주형을 다진다. 그 과정은 매우 간단하게 이루어 진다. 주물사를 flask에 넣고(자유 낙하에 의해 투입), valve를 작동하여, 충격파를 주형 이면에 가함으로써 다져 진다. 이때에는, jolt, squeeze, shoot, 및 여타의 어떠한 기계적이거나 물리적인 힘 및 화학 물질이나 화학 연료를 사용하지 않고 다진다.

2. 공기 충격 조형기

그림 1a 및 1b는 Air-Impulse 조형기의 한 예이다. 이 기계에서는 table이 수직으로 작동하며, pattern plate (pattern bolster), flask 및 sand frame 등을 air-impulse compacting unit에 밀착시키거나, 주형을 형성할 때, 모두 아래 위로 수직작동한다. 기계상부에 설치된 주물사 투입 용기 및 충전 장치가 교대로 움직이는 것은 squeeze head 대신에 Air-Impulse compaction unit가 부착된 것 이외에는 일반적인 고압 조형기와 다른 것이 없다. 기본적인 구조는 종래의 조형기와 같으며 조형주기에 있어서 변경된것은 없다. Air-Impulse 조형기는 기계화되었거나 전자동화 line이거나 어떠한 조형 line에도 적합하다고 생각된다.

3. 공기충격

압축공기의 용기의 valve를 신속하게 개방함으로써 공기 충격을 발생시켜 준다. 이 팽창하는 공기가 압력파(pressure wave)를 발생시키며, 이는 valve plate에 의해 조절되며, valve plate의 개방 속도가 빠를수록 그 효과는 커진다. 그 성질은, 주형이면(상부)에 미치는 합성 압력의 미분과 그러한 압력파가 발생하는 데 걸리는 시간의 지수인 압력 구배이다. 충

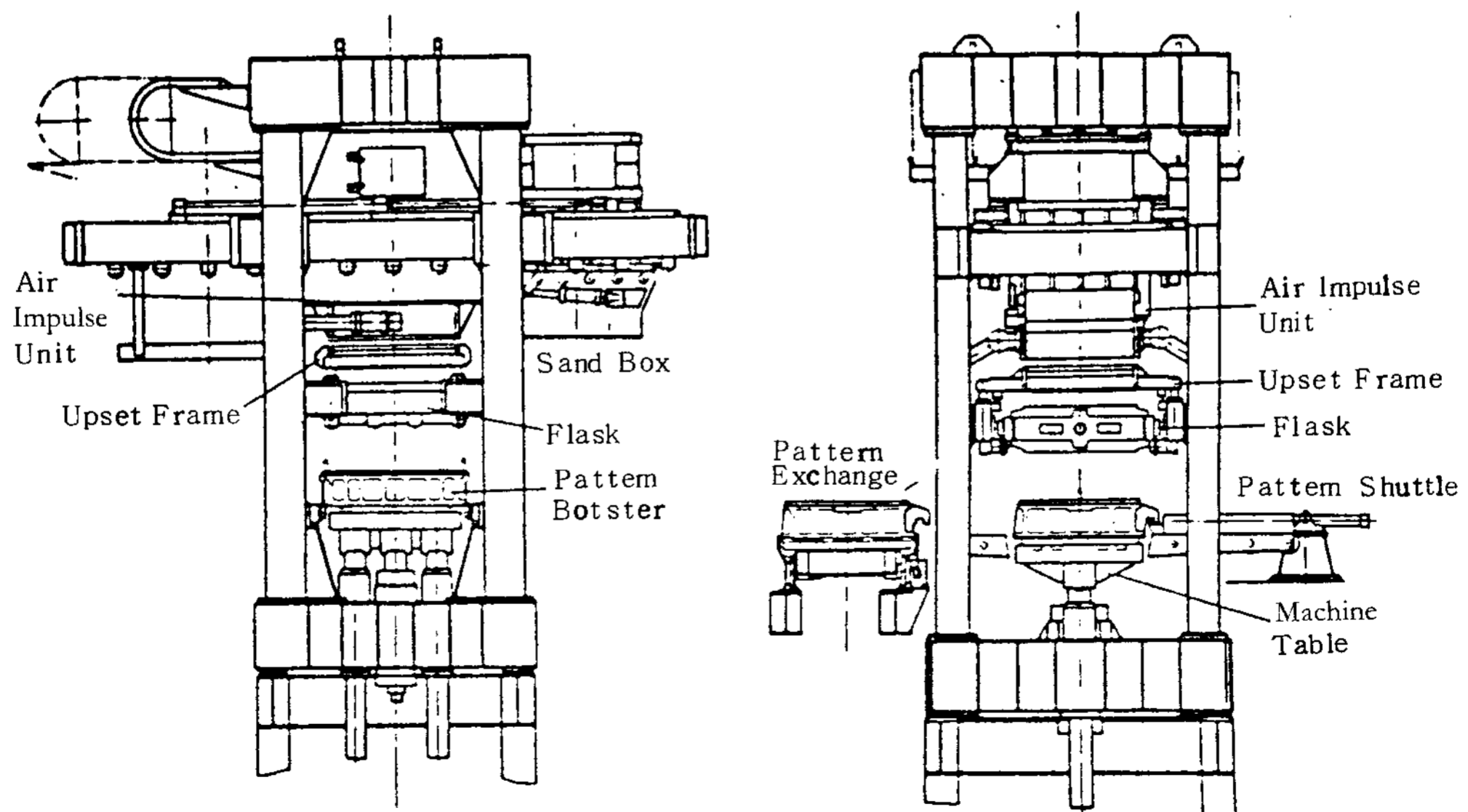


그림 1 공기충격 조형기(AIROMATIC) 설명도

진이 양호하게 이루어지기 위해서는 이 압력 구배가 1400 psi/sec (100 bar/sec) 이상이라야 한다. 실제로는 그 값이 훨씬 높아야 한다. 이 압력과의 발생은 주형이 다져지자마자 정지된다. 이 작용은 계속적인 것이 아니고 단속적이다.

Valve를 개방하자마자 발생하는 최초의 압력파는 주물사의 가장 윗층(이면)을 가속시키며, 이 층이 자신의 운동에너지를 바로 그 다음 층으로 이전시킨다. 이러한 운동에너지의 이전이 계속적으로 전달되어, 이러한 층이 모형과 pattern plate면에 도달하여 주물사를 다져 주고 나면 감속되어 그 힘(운동에너지)은 소멸하게 된다. (당구공을 여러개 놓고 최초의 공이 차례로 다음공을 밀어서 마지막 공까지 밀어 주는 원리와 같음). 이와같은 운동에너지의 다음 층으로의 이전은, 원리적으로, 맨 아래 바닥 층에 이르면 정지하게 된다. 이러한 동작은 연속적으로 일어나고, 또 이러한 주물사층의 가속으로부터 감속으로의 전환은 매우 신속하며, 일초의 몇분일에 해당하는 짧은 시간 내에 주물사를 다져 주게 된다.

공기가 주물사 내부로 침투하는 것을 최소화하기 위하여, 압력파가 모래 상층부를 가속시키기 전에, 그 상층부를 충분히 단단하게 해 주어야 한다. 이를 달성하기 위해서는 팽창하는 공기가 주물사 표면에 균일하게 작용해야 하고, 공기 회오리를 방지하기 위한 특수 valve를 사용한다. 다진후(충전후) 주형 이면에서의 주물사의 높이 차이는 불과 1.5"(38.0 mm)를 넘지 않는다. 이와같이 압력파가 모든 방향으로 진행함으로써, 모형의 수직면이나 역 구배인 면에서도 이러한 다짐 작업이 이루어 진다. 압축공기 용기 내의 압력을 여러가지로 변화시킬 수 있으

로, 압력 구배도 변화시킬 수 있으며, 따라서, 충전 밀도도 변화시킬 수 있다. 수 백 종류의 다른 모형을 이용하여 압축공기 용기내의 압력을 28내지 70 psi(2내지 5bar)로 변화시켜서 시험한 결과, 높은 압력은 단지 몇가지 특수한 경우에만 필요했으며, 시험한 주물의 70%는 35내지 50 PSI(2.5내지 3.5 bar.)의 압력으로써도 건전한 주형을 만들 수 있었다. 이러한 시험은 여러가지 다른 크기의 기계에서도 실시했다.

그림 2는 주물사 충전의 전형적인 진행 과정을 나타내며, 서로 다른 모형으로 반복했을 때, 무시할 정도의 편차만 있었고, 주물사의 충전 밀도에 있어서 분할면 바로 윗층이 가장 높고 분할면에서는 약간 밀도가 떨어지고 주형 윗쪽으로 갈수록 밀도가 낮아지는 현상을 나타내고 있다. 충전밀도는 분명히 주형 제작 및 용탕 주입 양면에서 중요하며, 모형과 같은 주물(true-to pattern castings)을 기대할 수 있는 것이다.

주형 밀도는 N/cm² 단위로 측정된 것이며, 경도계로 측정되는 주형 경도에 적용되는 것은 아니나, 참고로 7-27N/cm²의 주형밀도는 78(주형 이면)내지 97(주형표면)의 생형 경도 값을 나타 낸다.

Air-impulse process 로서는 최소의 압력으로 표면 경도가 높은 주형을 만들 수 있다. 위의 실험에서는 주형을 절단하여 검사했으며 3번 및 4번 실험에서는 주형구석 부분을 절취해 냈다.

Flask의 크기는 31×24×12 (780×626×300mm)이며 충전 전의 주물사 높이는 19 (478mm)이었으며 충전 후에는 13 (336mm)가 되었으며 합성사의 수분은 3.3%이고 사용 공기 압력은 49psi(3.4 bar)였다.

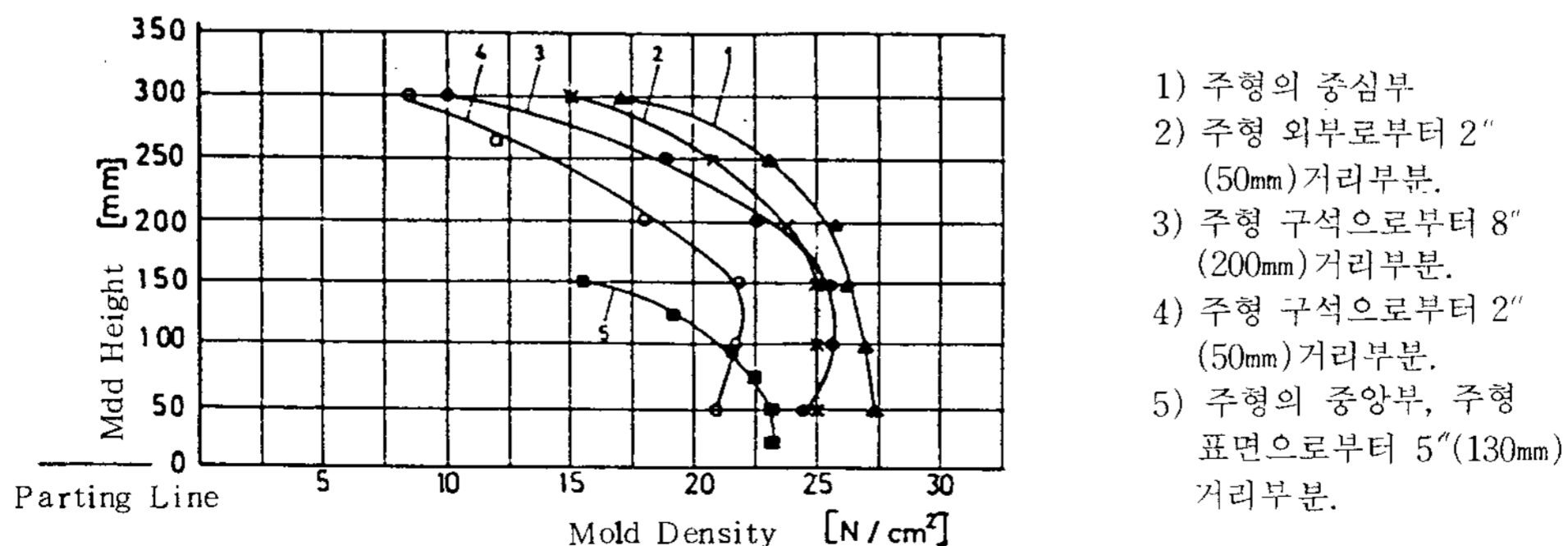


그림 2 주형위치와 주형밀도의 관계

4. 공기충격 밸브

다음에 설명하는 Air-Impulse 의 특성은 그림 3 에 서와 같은 밸브를 개발하기 전에 다음과 같은 중요 한 기준을 충족시킬 수 있는가를 알아 보기 위해서 여러가지 다른 형태의 밸브(flutter valve, diaphragm valve 및 perforated flow valve 등)을 시험했다.

- 공기 흐름의 조절
- 높은 압력의 구배
- 작업 안정성
- 내마모성

Valve plate가 접촉되어 있는 압축공기 용기바닥은 grate모양으로 여러 구멍이 있으며, 그 위에 valve plate 가 있다. valve plate가 닫혀 있는 동안에는 압축공기 용기가 밀폐되어 있도록 닫혀진다. 작동 valve는 압 력용기 내부에 있고, 이는 유압기구로 되어 있으며, valve plate의 작동에 사용된다. 이 유압 valve를 작동 하여 valve plate를 열어주면 압축공기는 바닥의 홈 (구멍)으로 신속하게 빠져 나가게 된다. 이 동작에 의하여 압력파가 발생하여 주형의 충전(다짐)이 이 루어지게 된다. 주형 충전이 이루어 지고 나면 air-impulse unit 와 flask 의 공간은 압력 평형을 이루게 되며 이 작동이 끝나면, valve plate는 즉시 닫힌다.

Air-Impulse unit"와 주형 윗면과의 사이의 압력 을 제거하는 release valve가 장착되어 있어서 잔류압 력을 제거한 후 Air-Impulse unit 와 주형을 분리하 게 된다.

Valve plate가 압력 용기 내부에 설치 되어 있으므 로 오작동에 의한 사고 위험은 없다. 또한 압축 공

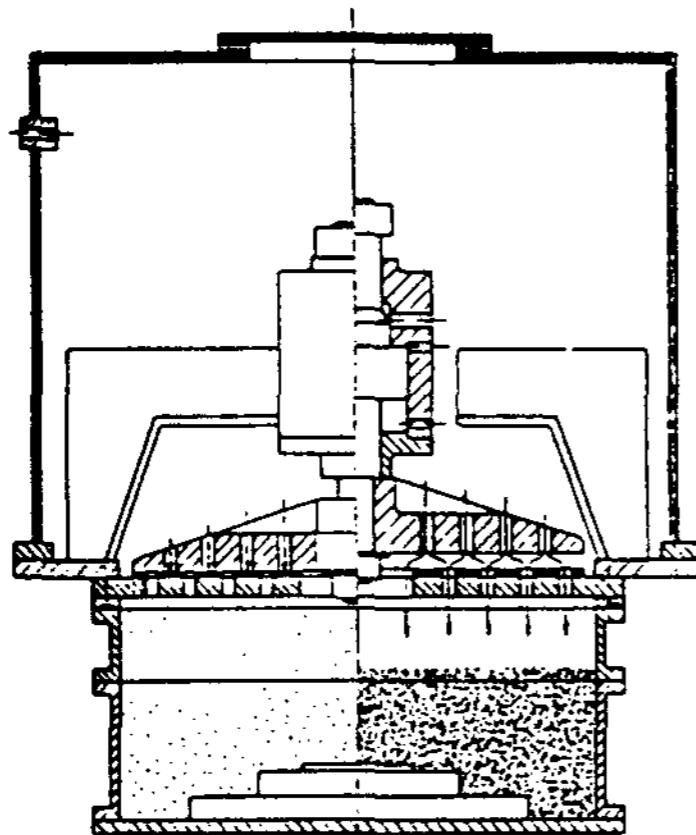


그림 3 공기충격 조형 설비

기는 다 빠져 나가지 않고, 단지, 평형압력과 작동 압력의 차에 해당되는 압축공기 만을 재 충전하면 된다.

그림 4를 보면 압축공기의 소모량을 간단히 계산 한 예이다. 다져지지 않은 주물사의 부피는 32cu / ft 이다. Impulse시의 압력은 58.8 psi(4.2bar) 이었고, impulse후의 평형압력은 50.4psi(3.6bar)를 나타냈 으며, 여기서 재 충전(보충)해야 할 공기압은 4.2bar 이므로 충전시의 압력 손실은 단지 0.6bar 뿐이다.

Air-Impulse Process 의 또 다른 장점은 주물사의 성질이 충전에 영향을 크게 미치지 않는다는 것이 다. 여러가지 성질의 주물사로서 기계를 조정하지 않고도 훌륭한 주형을 조형할 수 있다는 것이다. 여 기에는 여러가지 요인들이 있다. 예를들면, 습태 압 축 강도, 유동성, 충전성(compactibility), 수분함량, 입형, 첨가제의 종류 및 양 등이다. 즉 이러한 요인 들에 의해 크게 영향을 받지 않는다는 것이다.

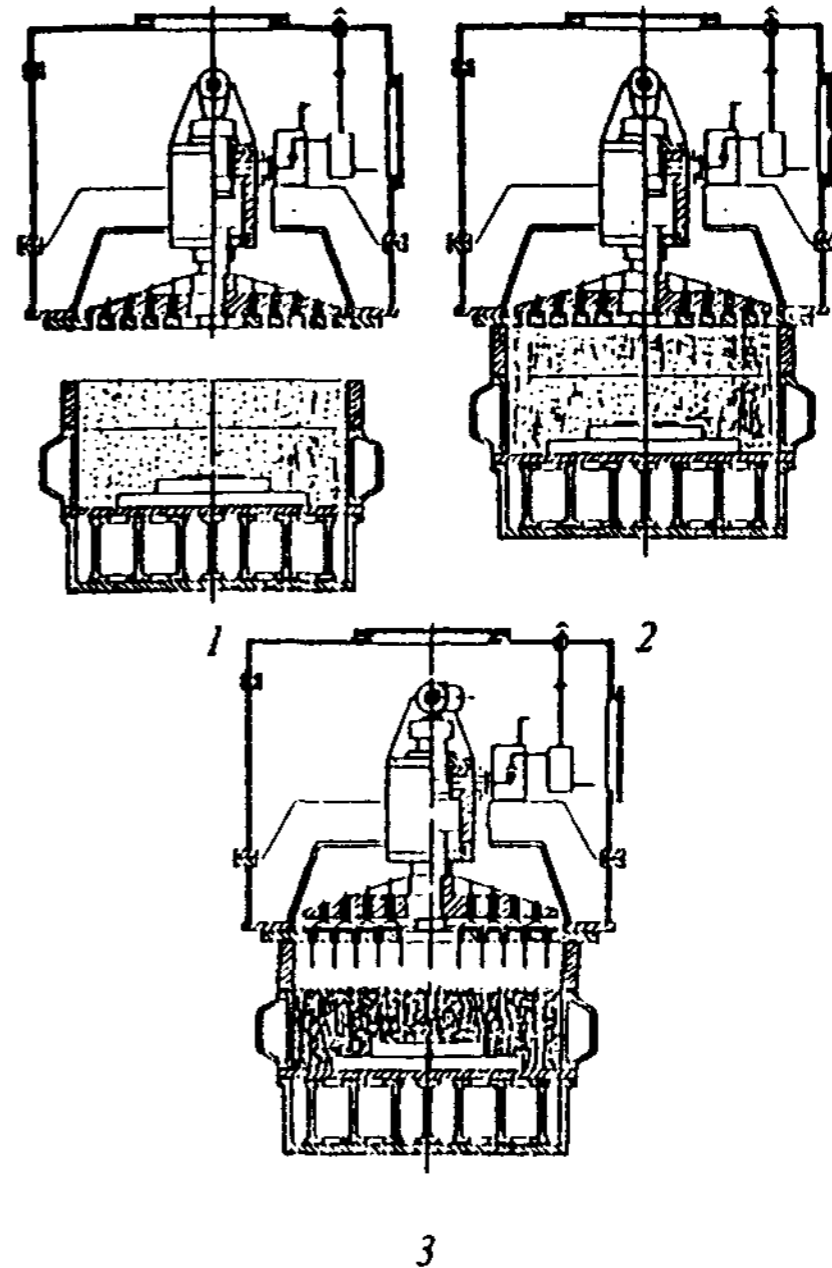


그림 4. 공기충격 조형

- 1) 주물사를 flask내에 채운 후 impulse unit가 조형 위치 에 온 상태.
- 2) 하부로부터의 유압 실린더에 의하여, pattern plate, flask 및 sand frame이 impulse unit에 밀착된 상태.
- 3) valve plate를 유압 실린더의 작동으로 순간적으로 열 어서 압력파(pressure wave)가 주형 뒤면에 도달하여 충전(compaction)이 이루어진 상태. 이때, 주형이 순간 적으로 완성된 즉시, valve plate는 닫히고, 나머지의 압축공기 만이 release valve를 통해서 배출됨.