

技術資料

진동 압축에 의한 고밀도 주형제작

송진수, 이두찬, 김봉완

The Production of High Density Molds by Jolt and Squeeze

J. S. Song, D. C. Lee and B. W. Kim

1. 서론

주조공장에서는 오랫동안 값싸고 신속한 생형조형법을 이용하여 왔다. 이는 대량생산품의 기계화 생산에 적합하기 때문이다. 더욱이 최근에는 높은 압축압력을 갖는 조형기가 개발되었으며 이들은 고전적인 조형법에 새로운 추진력을 부여하였다. 조형기 분야의 발전은 주물공업의 변화하는 요구를 만족시킬 수 있게 되었다. 즉 근래에 이르러 주물품은 고도의 정밀성과 다양성을 요구하게 되었다. 이러한 환경과 관련하여 두가지 면이 검토될 필요가 있다.

- 조형라인의 기계화
- 제작자의 신뢰성

우선적으로 주물의 품질은 주형의 충전도를 증가시키므로써 개선될 수 있다. 주형 충전도는 주형공간은 물론 주물의 정밀도를 증가시키기 때문이다.

현대의 대량생산 공장에서 소위 충전도가 더욱 좋고 보다 정밀한 주형은 높은 압축압력에 의하여 생산될 수 있으므로 그 해결방안은 고압조형법이다. 더욱 높은 주형충전도는 요동(jolting), 진동(vibration), 측면압축과 같은 기타의 방법으로도 얻어질 수 있다. 고압축압력의 기본적인 장점은 소음의 감소와 생산 순환주기의 단축이다. 결과적으로 주입작업에 소요되는 시간도 필연적으로 단축된다. 그래서 주입시간의 단축과 높은 주입율은 양호한 주형사 특성에 대한 요구를 증가시키게 되었다. 고압조형법의 장점은 단점을 훨씬 능가하며, 이들 장 단점은 아래와 같다.

장점

- 강한 주형
- 치밀한 정밀성
- 상자없는 주형의 가능성
- 조형기의 높은 효율성
- 적은 작업소음

단점

- 미국의 문헌에서 고압조형이라는 용어는 더욱 정밀한 고밀도주형으로 대체되었다.
- 기계의 대형화
- 주형사의 뒤 부풀어오름 현상 증가
- 낮은 압축부분의 발생위험
- 다량의 벤토나이트 소요
- 사립의 파쇄

2. 충전방법

근래의 발전 단계에서의 주형은 예를들어 요동(jolt), 압축(squeeze), 또는 요동-압축(jolt-squeeze)에 의하여 생산되며, 이들 충전법의 장 단점은 아래에 상세히 설명한다.

요동법(jolt)

요동법 만으로 생산되는 주형에서는 주형사의 최상부층은 거의 충전되지 않고, 그 경도는 영(zero)에 가깝다. 단편모형(pattern plate) 근처에서는 주형경도가 급속하고 균일하게 증가한다. 그림 1의 곡선은 이들의 특성을 나타낸 것으로, 540 × 330 × 110의 상자를 사용한 경우이다. 이들

경도분포 곡선은 상층부의 주물사는 하층부에 다짐기와 같이 작용하는 것을 보여준다. 이 때문에 주형사층이 높은 주형이 낮은 주형보다 더욱 잘 충전될 수 있다.

요동 후 압축법

요동 후의 압축은 얇은 주형에는 항상 효과적이며 대응하는 경도분포는 그림 1과 같다. 모든 주형사층이 잘 충전되며 단순요동법 보다는 현저한 개선이 이루어진다.

압축법

단순 압축법에 의하여 충전된 주형은 대표적인 U형 종단면 경도곡을 보여준다. 100mm 깊이의 주형상자에 대한 대표적인 곡선을 그림 2에 보여준다. 보다 높은 압축압력에서는 곡선은 단순히 더욱 높은 주형경도 방향으로 이동할 뿐이다.

동시 요동 - 압축법

이른바 현대적인 충전법은 재래방법(요동 후 압축)보다 열등한 것으로 보여진다. 그림 3의 곡

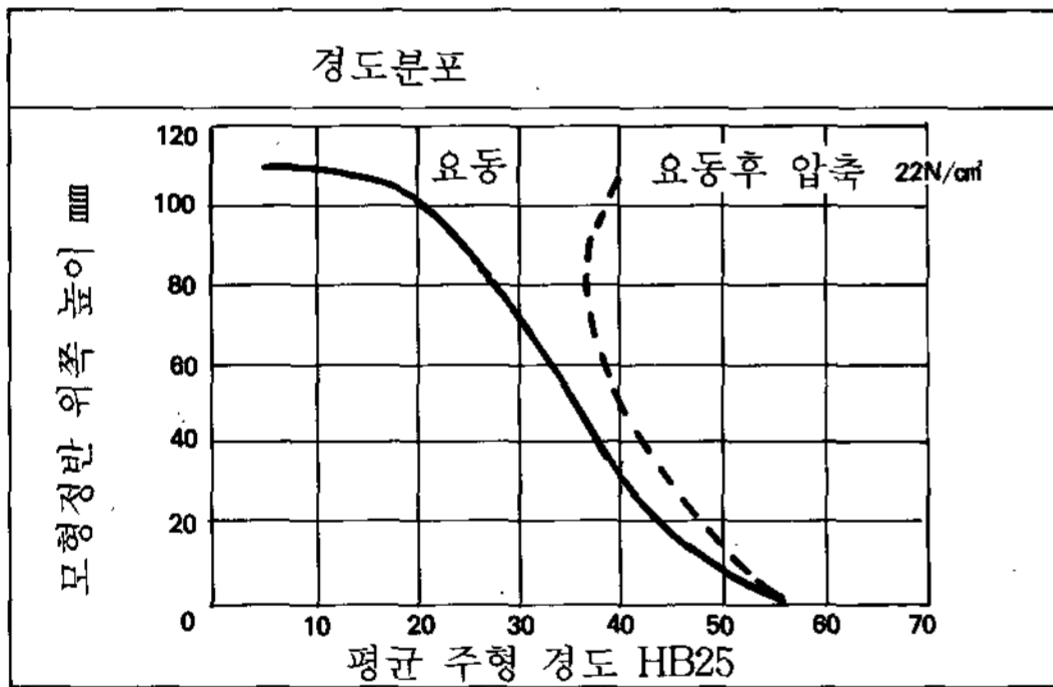


그림 1. 요동 후 압축시 경도분포

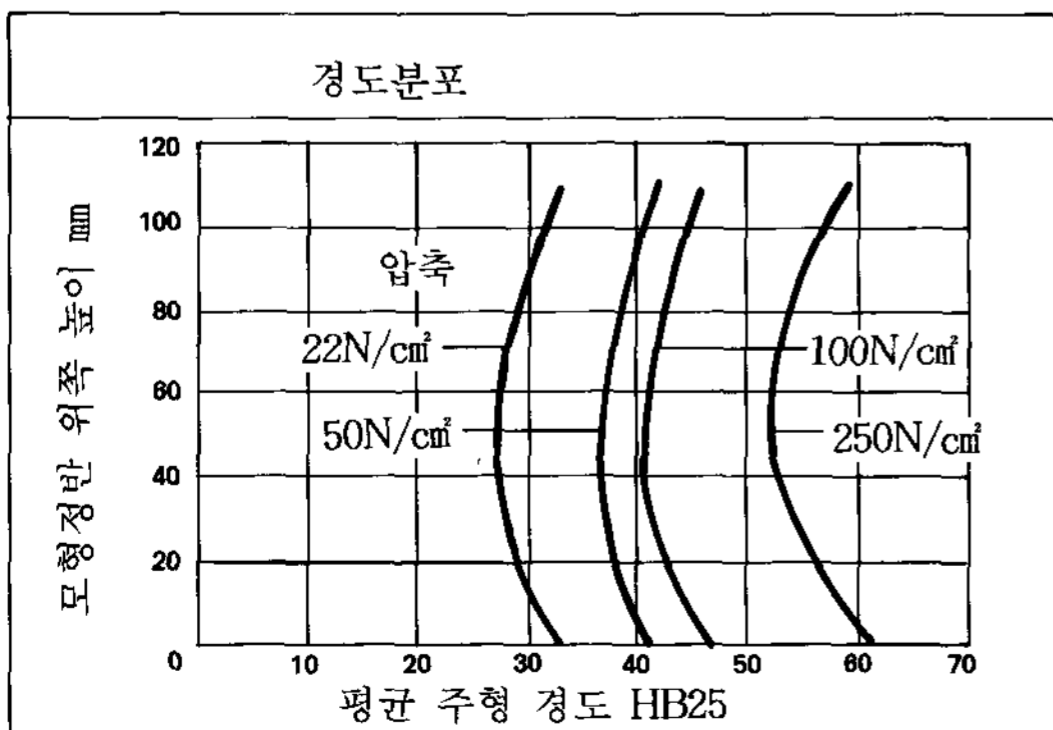


그림 2. 단순 압축시 경도분포

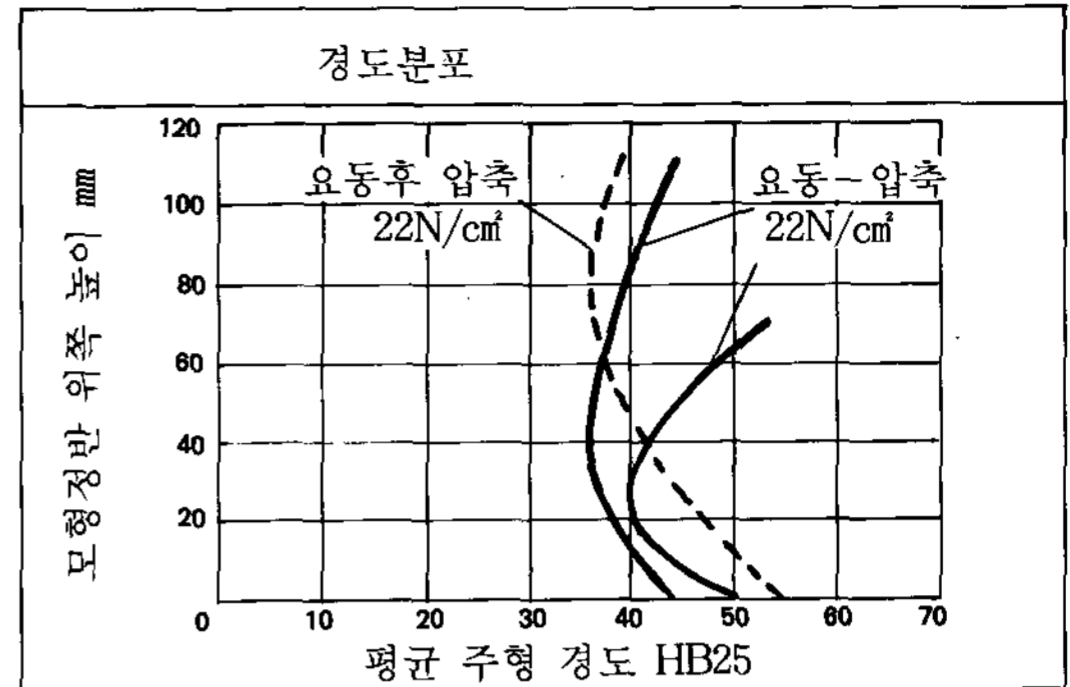


그림 3. 동시요동-압축시 경도분포 평균주형경도

선은 단편모형(pattern plate)에서 얻어진 주형경도가 요동-압축법에 의하면 HB 25-45이고, 반면 요동 후 압축에 의하면 HB 25-55가 얻어지는 것을 보여준다. 매우 평활한 주형상자를 사용하는 경우에만 약간의 개선이 있을 뿐이다.

현대적인 요동-압축법의 성능이 이렇게 놀라울 만큼 불량한 것은 압축판과 단편모형 사이의 주물사립의 접촉효과에 기인하는 것으로 해석되고 있다. 주형사의 압축은 축축한 벤토나이트에 의하여 방해받는다. 요동만으로 주형사 자체 중량 하에서 얻어질 수 있는 것 보다 높은 충전밀도를 얻기 위하여 필요한 조건인 주물사 점결현상의 분리 주형사 자체로서는 불가능하다.

충전도를 향상시킬 수 있는 충분히 무거운 주형사 더미가 있다면 깊은 상자의 주형도 요동법만으로 충분한 경도를 얻을 수 있다고 할 수 있다. 압축은 단지 주형사의 상층부를 충전하기 위하여 이용된다.

얇은 주형상자인 경우에는 추가적인 다짐중량으로서의 무거운 주물사 더미가 존재하지 못하므로 요동-압축법이 더욱 유리하다.

3. 경도분포

그림 1, 2 및 3에 보여준 여러가지 충전법의 경도곡선은 여러 주형사층의 수직방향에서의 평균 경도를 나타낸다. 여러가지 충전법의 각기 다른 효과는 수평방향 주형사층의 경도분포에 더욱 잘 설명된다. 그림 4는 100mm 깊이의 충전주형에 대한 경도분포도이다. 이 주형은 저압조형의 범위에 속하는 22N/cm²의 압축압력으로 생산되었다. 보여준 경도치는 근접한 경도치의 평균이다. 다르게 표시된 구역은 거의 동일한 경도수준이다.

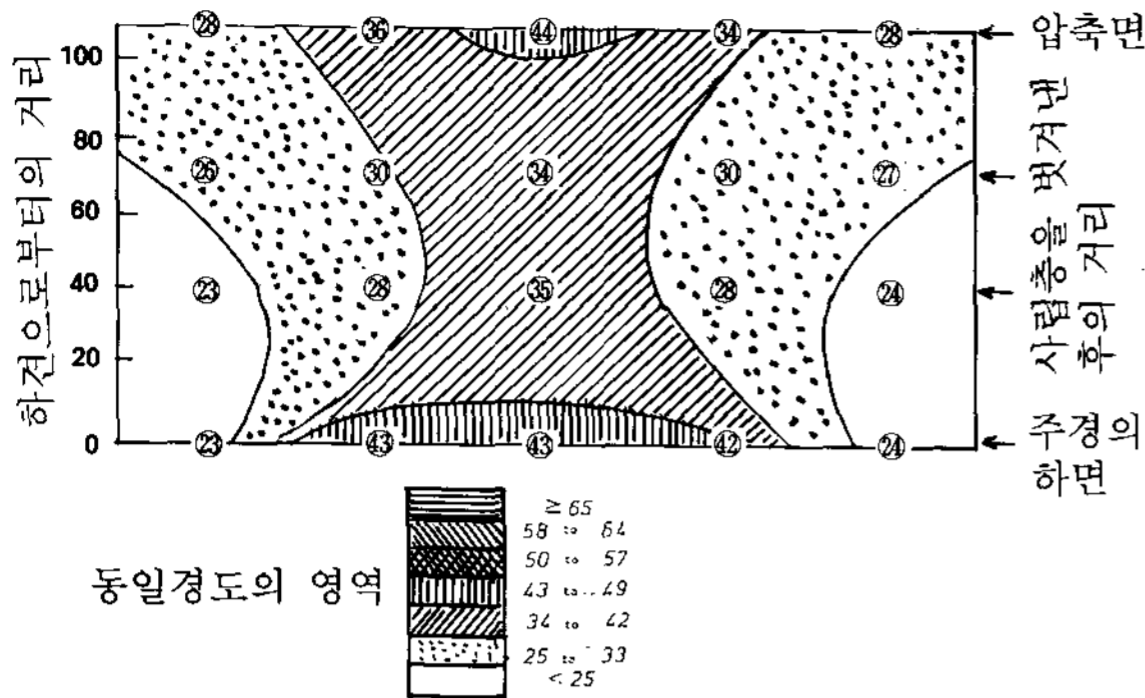


그림 4. 충전주형에 대한 경도 분포(깊이 100mm)

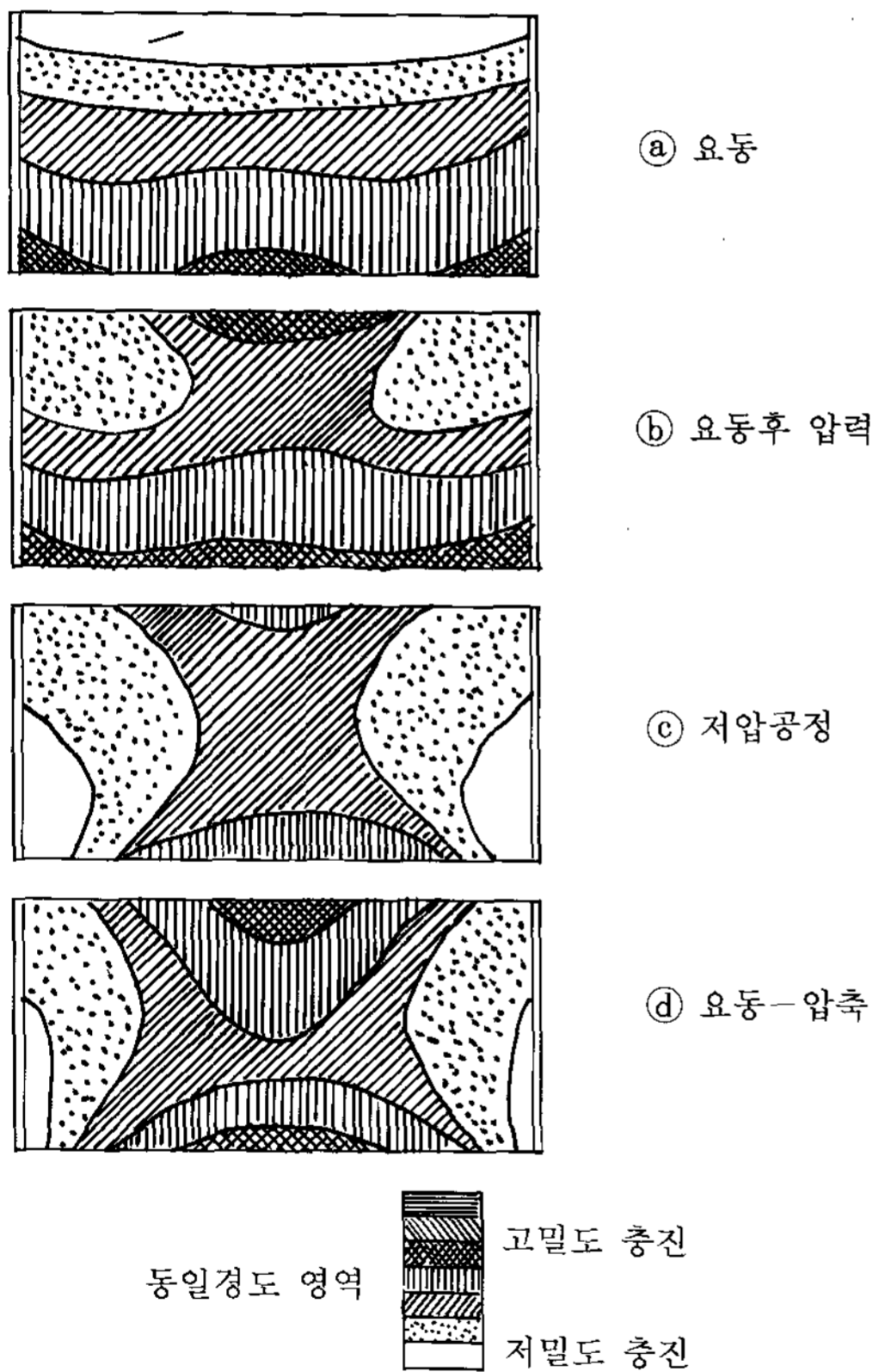


그림 5. 각 충전법에 의한 경도 분포

이 중앙부에서는 높은 경도치를 보여주고 한편 주변에서는 낮은 경도가 얻어진다.

낮은 조형압력(22N/cm²) 범위에서 조형할 때 이미 언급된 각 충전법에 의하여 얻어진 경도분포에 대한 면밀한 검토는 값있는 것임을 알 수 있다. 그림 5(a)에서는 단순요동법에 대하여 얻어진 경도분포를 보여준다.

단편모형(pattern plate)의 바로 윗층에서는 가장 높은 경도수준을 갖는 매우 균일한 주물사층이 발달하며, 이는 주형상자의 모서리에서 아주 현저하다. 이러한 특징은 주형사의 강성과 안전성을 위하여 가장 중요하다. 주형상자의 상층주변부를 향하여 경도는 급속히 감소한다.

진동 후 압축된 주형에서는 유리한 충전은 모형 근처에서 얻어지고, 한편 모형에서 멀리 떨어진 구역에서는 잘 알려진 경도분포의 원뿔형이 형성된다. 그러나 주형상자 모서리 근처 구역은 그림 5(b)에 보여준 것과 같이 잘 충전되지 못하였다.

그림 5(c)는 단순 압축법의 영향을 설명하며, 이 영향으로 중앙부에 높은 경도를 갖는 대표적인 경도분포 원뿔의 형성을 초래하게 된다.

그림 5(d)에는 대표적인 경도분포 원뿔 효과가 심하게 나타나고 있다. 이러한 원뿔형은 주형의 상층부에서는 물론 하층부에도 형성되며, 원형을 이루고 항상 낮은 경도구역으로 둘러싸여 있다. 주형상자의 모형부와 주변부 전반에 걸친 균일한 경도분포는 요동-압축법으로는 완전히 기대할 수 없는 것이다.

요동법은 하면부에서 상면부까지 주형전반에 걸쳐 주형경도를 증가시킨다. 반면, 압축은 항상 상면부와 하면부부터 중심적인 경도분포 원뿔을 형성하고 주형상자의 모서리 부근 구역은 충전이 적어진다.

압축압력을 그 이상 증가하여도 경도분포 원뿔은 남게된다(그림 6). 충전이 낮은 원형구역은 압축압력의 증가로 더욱 충전되나, 주형상자의 벽 방향에 대한 주물사의 유동성은 압력증가에도 불구하고 개선되지 않는다.

4. 종합

위에 언급된 충전방법의 경도분포와 경도윤곽선의 특성에 기초하여 아래와 같이 종합 정리할 수 있다.

1) 압축압력 하에서 요동시키는 현재의 주형 충전방법(jolt-squeeze)은 요동 후 압축의 재래충전법보다 100mm 깊이 이상의 주형에는 확실히 효과적이지 못하다. 이는 약하게 충전되는 모서리 구역을 갖는 중심부 경도분포 원뿔이 형성되기 때문이다.

진동-압축방법은 100mm 깊이까지의 얇은 주형에만 유리하다.

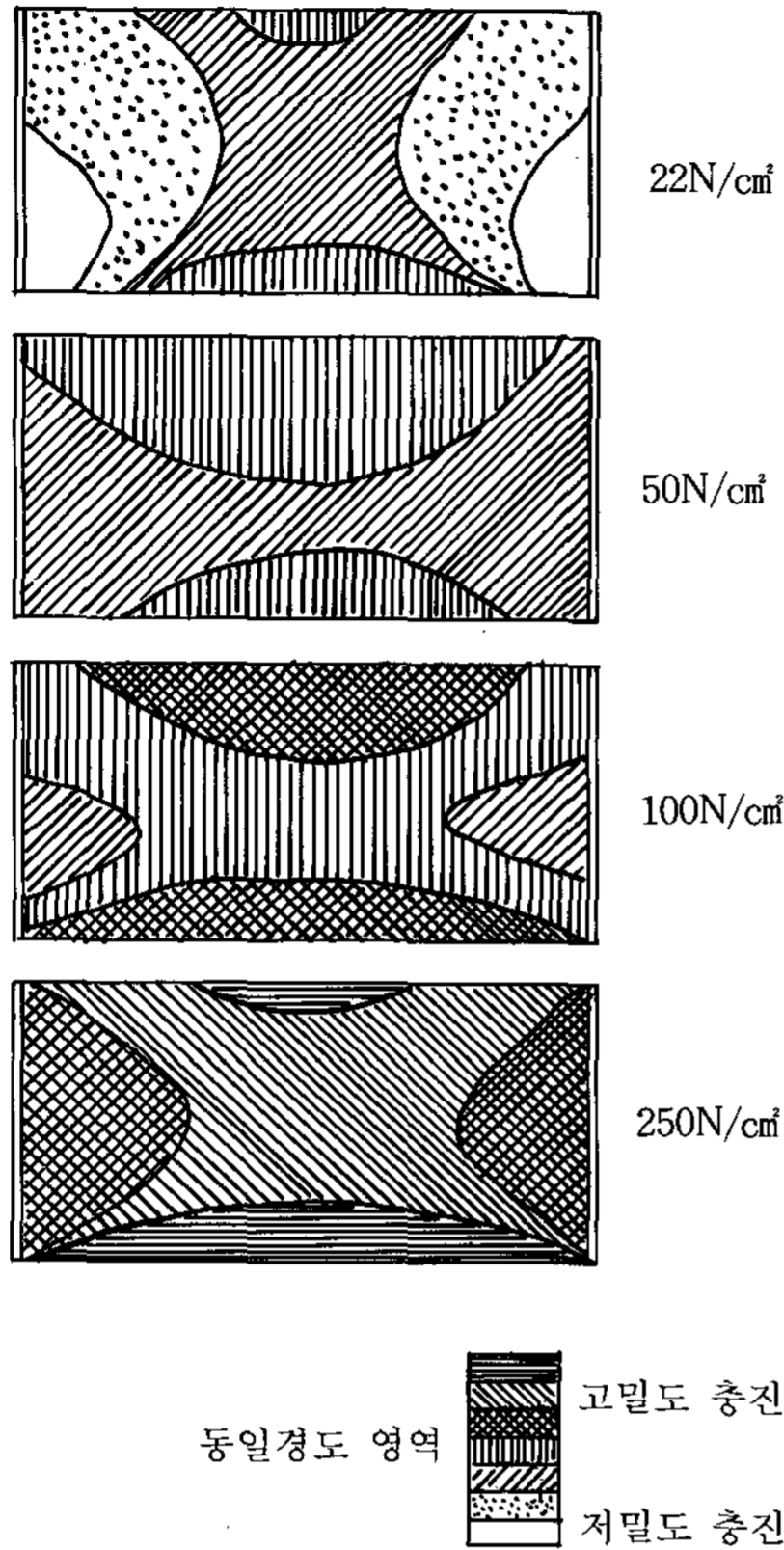


그림 6. 단순 압축법에 의한 경도 분포 (22N/cm² 이상)

2) 단순 압축법은 모든 적용압력(22 - 250 N/cm²)에 대하여 전형적인 중심 경도분포 원뿔을 형성한다. 물론 압축압력 증가와 함께 주형경도는 중앙부에서도 역시 증가한다. 주형상자의 벽 방향으로서는 경도와 충전이 감소한다. 모서리 구역의 불충분한 충전은 보다 높은 압축압력으로 보상될 수 있다. 압축압력이 높아지면 되부풀음(spring back)현상을 촉진하여 주형 내부의 갈라짐이 조장된다. 그러므로 압축압력을 무한히 증가시킬 수 없다. 100 N/cm²의 압력이 상한치이다.

한편, 두 단계 충전법이 여러가지 장점을 제공한다. 100mm 깊이 이상의 주형에 대하여 요동과 압축 두 가지의 장점을 조합하기 때문이다. 일단계에서 주형은 몇초간 요동되어야 한다. 그리함으로써 주형사는 자체하중에서 단편 모형 근처에 균일하게 충전된다.

제2단계에서 주형사의 상층부가 압축 압력하에서 압축과 요동에 의하여 추가로 충전된다. 동시에 치밀한 충전이 모형의 다른 부위에서 일어날 수 있다. 원칙적으로 모형과 주형상자 모서리에서의 균일한 충전과 경도분포는 요동시간을 충분히 길게 함으로써 이루어질 수 있다.

5. 작업사례

850 × 630 × 280/280mm 크기의 주형상자를 사용하는 자동조형기의 작업실례를 들어 설명한다. 주형사의 충전은 압축 또는 요동 - 압축에 의하여 행하여 질 수 있다. 조형기는 중압에서 고압까지의 범위에서 변동 할 수 있는 다축 압축 헤드(multi - piston squeeze head)로 장치되었다.

한개의 완전한 주형조형을 위한 순환시간(cycle time)은 30초이다. 압력 주형은 주형기상에 지시된 바와 같이 100-200bar 범위의 압축압력으로 조형되며, 이 조형기의 주형내 규정압력은 60-120 N/cm²이다. 이는 주형이 중압으로 조형되는 것을 의미한다. 조형압력은 모형의 높이에 따라 조절되었다. 낮고 평활한 주형에 대한 표준작업압력은 85-95 N/cm²이었고, 깊은 모형에 대한 표준압력은 되부풀음(spring back)효과의 발생가능으로 인하여 단지 70-85 N/cm² 범위로 더욱 낮았다.

원칙적으로 고압조형(80N/cm²)은 매우 주의 깊게 적용되어야 한다. 새로운 모형으로 시작할 때에는 압축압력은 60-80 N/cm²의 범위에서 시작하고, 단계적으로 증가시켜야 한다.

단순압축은 280mm의 깊이를 갖는 주형상자에 대하여 위에 설명한 바와 같이 적용되지 않는다. 경도원뿔의 형성으로 주형의 중심부는 충전도가 높고, 반대로 주형의 모서리 구역은 매우 연하게 된다.

요동

요동시간의 정확한 결정이 중요한 요인임이 증명되었다. 진동시에 주물사는 모형부위와 주형상자 모서리 부분에서 수평층으로 자체중량하에서 충전된다. 요동 후에 압축작업이 가해진다. 적용된 압축압력은 모형의 높이, 즉 이미 언급한 바와 같이 쌓인 주물사의 깊이에 따른다. 기본적으로 모형을 우선 요동시켜야 하며, 요동시간은 1~2분

간이다. 요동시간이 길어지면 작업시간만 지연시킬 뿐 더좋은 결과는 가져오지 않는다.

요동시간과 압축압력 사이의 적절한 조합이 각각의 모형에 대하여 결정되어야 한다. 가장 좋은 결과는 몇번의 시험을 통하여 얻어질 수 있다. 예를들면, 모형의 중앙에 있는 깊은 곳을 위하여 15분의 요동시간과 70-85 N/cm²의 규정압력이 채용되었다. 주형상자의 깊이로 인하여 두단계 충전이 모든 모형에 적용되었다. 요동 - 압축.

요동 - 압축

요동 - 압축 작업으로서 후압축(after squeeze)이 역시 실행될 수 있으며, 그점에서 요동시간이 조절 될 수 있다. 일반적으로 요동 - 압축은 매우 주의깊게 숙고하면서 적용되어야 한다. 원뿔형의 중심부 경도분포는 되부풀음(spring back)을 촉진하므로 요동 - 압축작업은 주형의 갈라짐과 주형내 여러부분의 전단변형을 일으킬 수 있음을 지적하고 있다.

예외적인 경우로 주형의 좁고 깊은 부분이 주형상자 모서리 부근에 존재한다면, 요동 - 압축이 유리할 수 있다.

소위 현대의 요동 - 압축 조형기술은 구식인 두단계 충전법보다는 더욱 불리하다는 것을 시험결과 입증되었다. 만일 주형상자가 100mm 이상되면, 요동 - 압축방법을 사용할 때 여러가지 문제점이 발생될 수 있다.

주형상자와 모형의 간격

고압축압력은 좁은 구석을 균일하게 충전할 수 없으므로 상자 모서리에 너무 가까이 모형을 설치하는 것은 현명하지 못하다. 실제 시험결과 다음과 같은 법칙이 공식화 되었다.

- * 100mm 깊이 까지의 모형은 적어도 상자 모서리로 부터 50mm에 설치되어야 한다.
- * 100mm 깊이 이상의 모형은 적어도 상자 모서리에서 80mm 위치에 설치되어야 한다.

주형경도

위에 설명된 원칙을 정확하게 적용하면 모든 주형표면에 90 - 95 GF의 주형경도를 만들어 줄 것이다. 압축압력이 증가하여도 경도를 더욱 높혀주지는 못한다.

그러나 고압조형법이 적용될 때 재래의 경도시험은 그 이상 사용할 수 없으므로 위와같은 결론

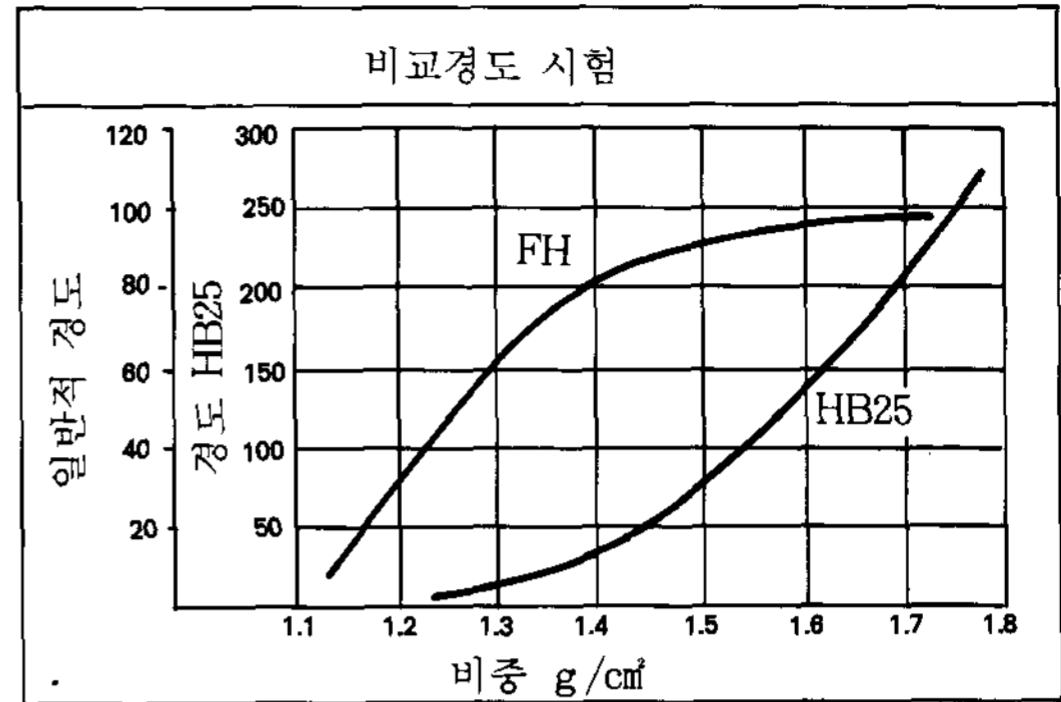


그림 7. 비교 경도 시험

은 잘못된 것이다.

그림 7은 재래의 주형경도와 비중의 증가의 관계곡선이 하강하는 경향이 있음을 보여준다. 25구를 갖는 브린넬(Brinell)형 시험기를 사용하는 경도시험법(Boenish에 의하여 추천됨)만이 그림 7과 같이 비중과 거의 비례하는 결과를 보여준다. 그래서 고압조형에서는 재래의 GF식 경도시험은 충전상태에 대하여 오해될 수 있는 정보를 제공하므로 결코 사용하지 않아야 한다. 정확한 주형경도의 측정으로 지금까지 오해될 수 있는 시험치가 결코 알지 못하여온 적정조건을 실제 보여줌을 알 수 있었다.

6. 고압조형의 특성

주형조형을 위한 고압의 압축압력 적용은 어떤 조건하에서는 주조결함을 초래할 수 있는 몇가지 특수성을 가져온다.

입자파괴

높은 압축압력의 적용은 불리한 조건하에서 사립의 파괴를 일으킬 수 있다. D. Boenish의 시험에 의하면 규사의 입자파괴는 100N/cm² 이상의 조형압력에서 일어날 수 있다. 사립의 각형이 증가할 수록 입계압축 압력은 감소하므로 입자파괴의 결정인자는 주형사의 작형정도이다. 원형의 원만한 입자의 규사는 정상의 압축압력 하에서 입자파괴에 아주 둔감하다. 입자파괴가 일어나면 통기성이 감소하고 벤토나이트 석탄분 및 수분 소요량이 증가한다. 고압의 압축압력 만이 적용되면 평판주형에서 입자파괴는 더욱 민감하다.

되 부풀음(spring - back)

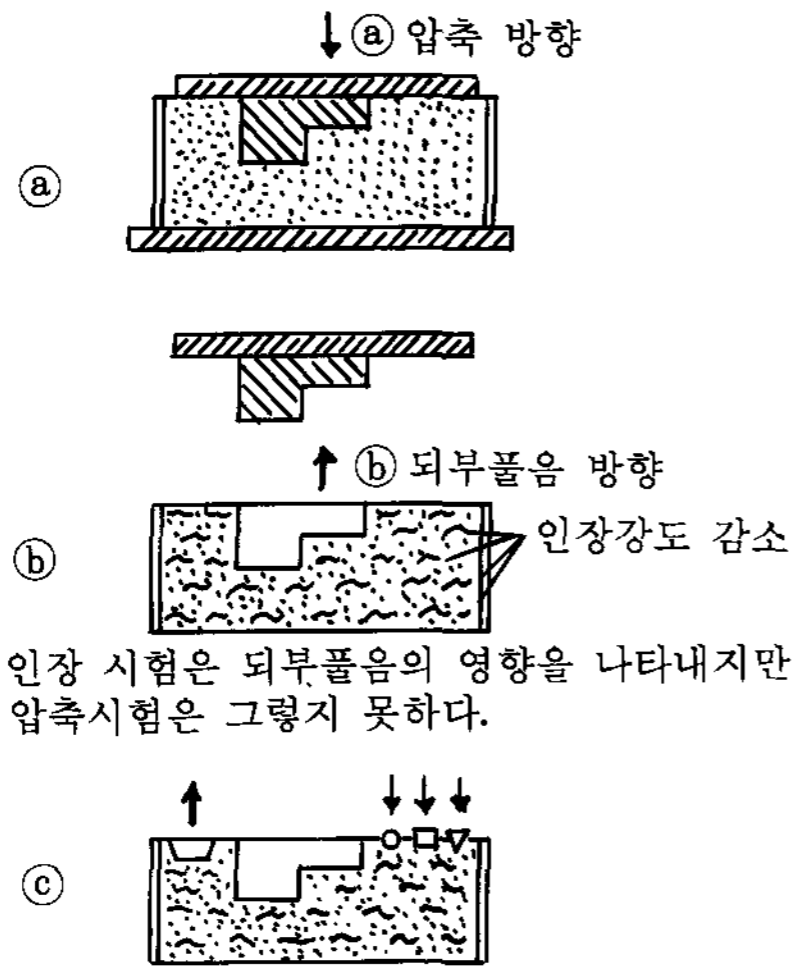


그림 8. 되부풀음(spring back) 발생기구

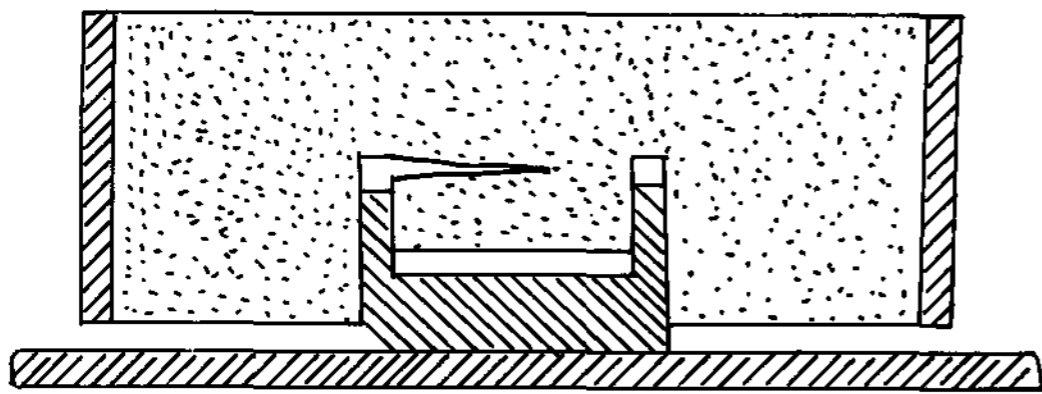


그림 9. 모형으로부터 주형의 불평형 형발시 문제

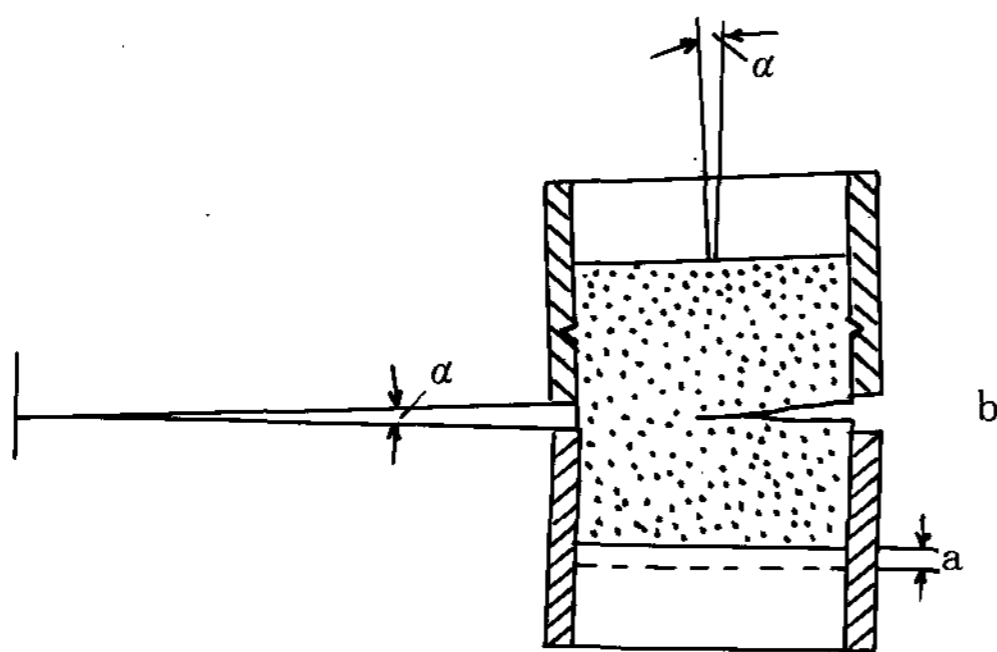


그림 10. 주형의 기울어짐에 의한 경사각 측정

되부풀음을 고압조형의 특징적인 현상이다. 측정하기 어려운 현상이나 실제로 손상된 주형에서 용이하게 관찰될 수 있다. 복잡한 형상을 갖는 모형으로 생산된 주형에서 압축압력의 증가할 수록 깊은 골이 각여 떨어지는 경향이 있다. 되부풀음의 발생기구는 그림 8의 도식해설로써 설명할 수 있다. 압축 후에 압력을 풀면 주형사는 되부풀어 오르고 주형사의 수평층 사이의 점결제의 이완이 일어난다. 결과적으로 일어나는 가는 균열이

모형에서 주형을 빼어내는 동안 깊은 골 부분의 주물사의 절손을 촉진한다.

되부풀음은 경도시험으로 측정할 수는 없다. 그러나 +GF+의 습태인장 시험기 (그림 8의 C) 로써 충전된 주형의 강도에 대한 약간의 정보를 제공할 수 있는 가능성이 있다.

형발작업에 관련되는 어려움은 압축압력이 증가할 수록 증가하는 충전력이 원인이다. 주형이 모형으로 부터 평행으로 형발되지 못하면 실제작업에서 매우 일반적인 문제인 주형균열이 주형의 기울어짐으로 인하여 발생된다(그림 9). 경사각(0~20분)을 측정할 수 있는 특수장치(그림 10)가 사용될 수 있다.

압축압력이 증가함에 따라 임계 형발경사각은 감소하고 형발의 어려움은 증가한다. 이러한 경우 후기 압축, 즉 감소된 압력 하에서의 충격-압축법이 부분적으로 성공적임이 증명되었다.

음영부위(Shadow areas)

높게 충전된 주형은 흔히 각기 다른 색채를 보여준다. 주형경도를 조정 한 후에 이들 부위는 다른 충전정도의 부위임을 알 수 있었다. 그들은 주로 좁고 깊은 골을 갖는 주형부분이나 주형상자 모서리 근처에 위치한 깊은 모형 모형부분이다. 충전정도의 차이는 주형사의 유동성 감소 또는 부적당한 충전방법에 의하여 증가한다. 음영부위는 침투나 소착결함에 매우 민감하다.

7. 주형사 조성

주물사의 입자크기

원칙적으로 규사는 고압조형용으로 적합하다. 원형에 가까운 입형이 중요하며, 평균입자 크기는 0.23~0.27mm 범위로 AFS No 50~60 해당하여야 한다. 주물사는 수세하고 분급하여야 한다.

벤토나이트

고압주형용 주형사는 저압주형용 주형사보다 더 많은 양의 벤토나이트를 필요로 한다. 이러한 특성은 비교적 낮은 수분으로 높은 수준의 기계적 성질이 얻어질 수 있어야 하는 요구조건과 관계된다. 벤토나이트의 함유량은 활성점토량으로 정의되며 8.0~8.5% 범위이어야 한다.

이러한 다량의 벤토나이트는 불활성점토(dead clay)의 발생을 높게하며 변태 광물질화(ool-

itization)를 촉진한다. 그러므로 소량첨가로 높은 강도를 얻기 위하여 높은 품질의 벤토나이트를 사용하여야 한다. 벤토나이트 첨가를 이 수치범위에 제어하여야 하므로 활성점토량은 매일 확인하여야 한다.

미분 및 강열감량

다량의 벤토나이트 사용은 어쩔 수 없이 다량의 미분발생을 가져온다. 예를들어 정상적인 강열감량 범위는 5.0~6.0이고, 미분의 양은 14~15%이다. 미분 및 강열감량 시험은 AFS 표준 주물사 시험법에 의하여 결정될 수 있다.

실제로 채택되는 강열감량은 생산되는 주물의 벽두께에 따른다. 5% 이하의 값은 권장되지 않는다. 그렇지 않으면 석탄분의 파괴작용이 지나치게 낮아지며 열터짐 결합강도가 증가하는 경향이 있다. 그래서 주물공장에서는 강열감량이 낮으며 다량의 광휘탄소를 가지는 대체물질의 사용에 주의하여야 한다. 고압주형에서 일어나는 높은 충전밀도에서는 충분한 완충물질의 존재가 필수불가결하다.

수분함량

수분함량은 원하는 정도의 충전도와 존재하는 미분량에 따라 지배되므로, 절대수분량은 그다지 중요하지 않다. 위에 언급된 벤토나이트와 미분의 양 및 원하는 정도의 충전도에 기초하여 절대수분함량은 2.8~3.5% 범위에 있다고 할 수 있다. 높게 충전되는 주형용으로 사용되는 주형사에 대한 이러한 수분함량은 고립적으로 채택하여서는 안 된다. 문제는 팽윤정도이고, 이는 충전도나 주형사의 겉보기 밀도에 의하여 결정된다.

신사의 첨가

모든 관리된 주형사는 신사첨가에 의하여 새로 보충되어야 한다. 양호한 붕괴특성을 갖는 코어(레진점결 코어 등)를 사용한다면 신사의 첨가는 주로 코어사로 구성된다. 코어사의 입도지수는 주형사의 입도지수에 상당하여야 하고, 추가의 보충사는 필히 신사이어야 한다. 보충에 필요한 실제 신사의 양은 주물/주형사의 중량비에 따른다. 고압조형사에 대하여 최소 신사첨가량은 그림 11에 설명되었다.

평균의 주물/주형사 비만을 아는 것을 불충분하고 주물사의 우수한 관리를 위하여는 주물/주

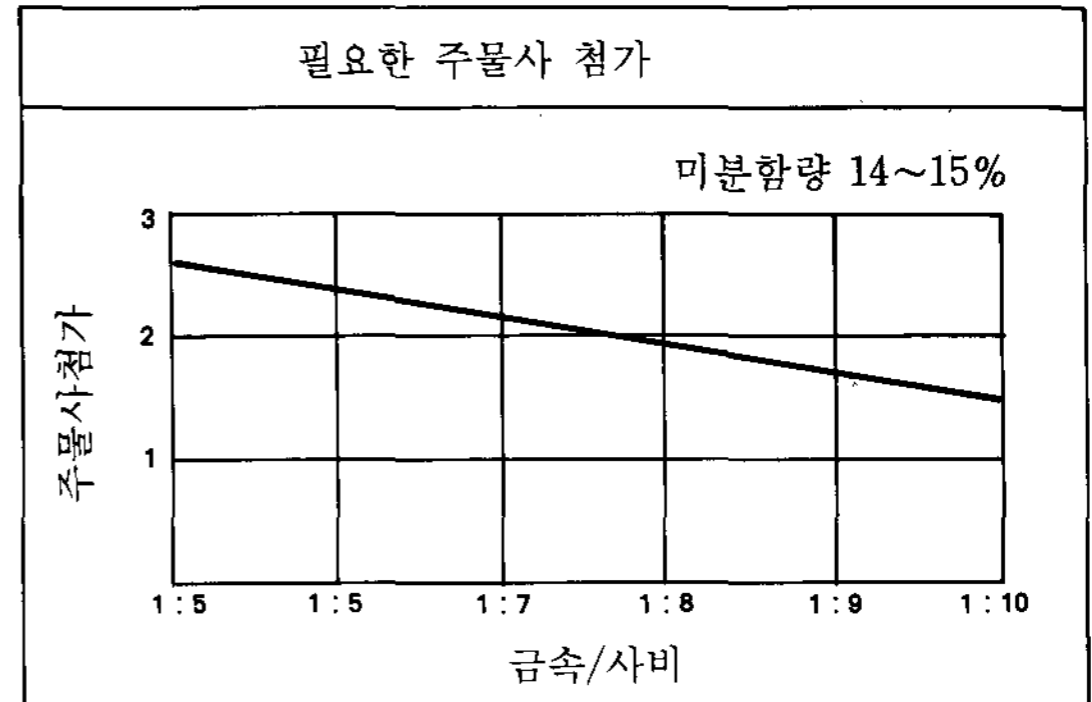


그림 11. 필요한 신사 첨가량

형사비를 매일 결정하고 들어오는 코어사의 양을 계산할 필요가 있다. 이를 기초로 하여 필요한 신사의 양을 결정할 수 있다.

이들 신사의 첨가량을 기준하여 벤토나이트와 석탄분의 소요 첨가량이 매일 결정되어야 한다.

8. 주형사 물리적 특성

충전성

고압주형사에 대한 충전도의 결정은 매우 중요하다. 충전성은 주형사의 조형성 측정의 하나이다. 한편 조형성은 역시 겉보기 밀도법에 의하여 결정될 수 있다.

저압조형(20-30 N/Cm²)과 손조형을 위한 주형사는 45~55%의 충전성을 가지며, 이는 주형사가 손에 쥐어 느낄만큼 습윤되었음을 의미한다.

한편, 굳게 다져지는 주형을 위한 주형사는 36~42의 충전성을 갖는다. 바라는 낮은 충전성을 얻기 위하여 어느 정도의 수분을 첨가할 것인가는 점토함량이 결정하므로 절대수분량은 그다지 중요하지 않다.

이와같은 낮은 수준의 충전성이 요구되는 두가지 이유가 있다. 충전성에 대한 연구에서 낮은 충전성을 갖는 주형사(낮은 수분함량)는 높은 겉보기 비중(900~1100g/Cm²)을 가지는 것을 보여준다. 이러한 주형사는 자중하에서 예비충격(pre-jolting)에 의하여 주형상자, 특히 100mm 깊이 이상일 때 내에 잘 다져지게 된다. 예비충격은 작동거리에서 작동된다. 이와같은 짧은 작동거리는 조형기의 전체 압축압력이 활용되고 주형상자가 충분히 채워지는 하나의 보증이다. 그래서 소위 압축부족 현상을 피할 수 있다.

유동성

고압충전 주형이 상대적으로 수분이 적어야 하는 또 하나의 이유는 압축과정중에 양호한 유동성이 필요하다는 것이다. 유동성과 수분량의 관계는 그림 12에 설명되었다. 특히 요동-압축과 반대로 단순압축에 의한 충전시의 차이는 주형사가 높은 유동성을 가져야 한다는 것이다. 이는 주물사가 수분과 같이 거동하지는 않으나 내부 마찰저항이 증가할 때 증가하는 압축압력 하에서 인성과 탄성이 높아지는 매체물으로써 작용하기 때문이다.

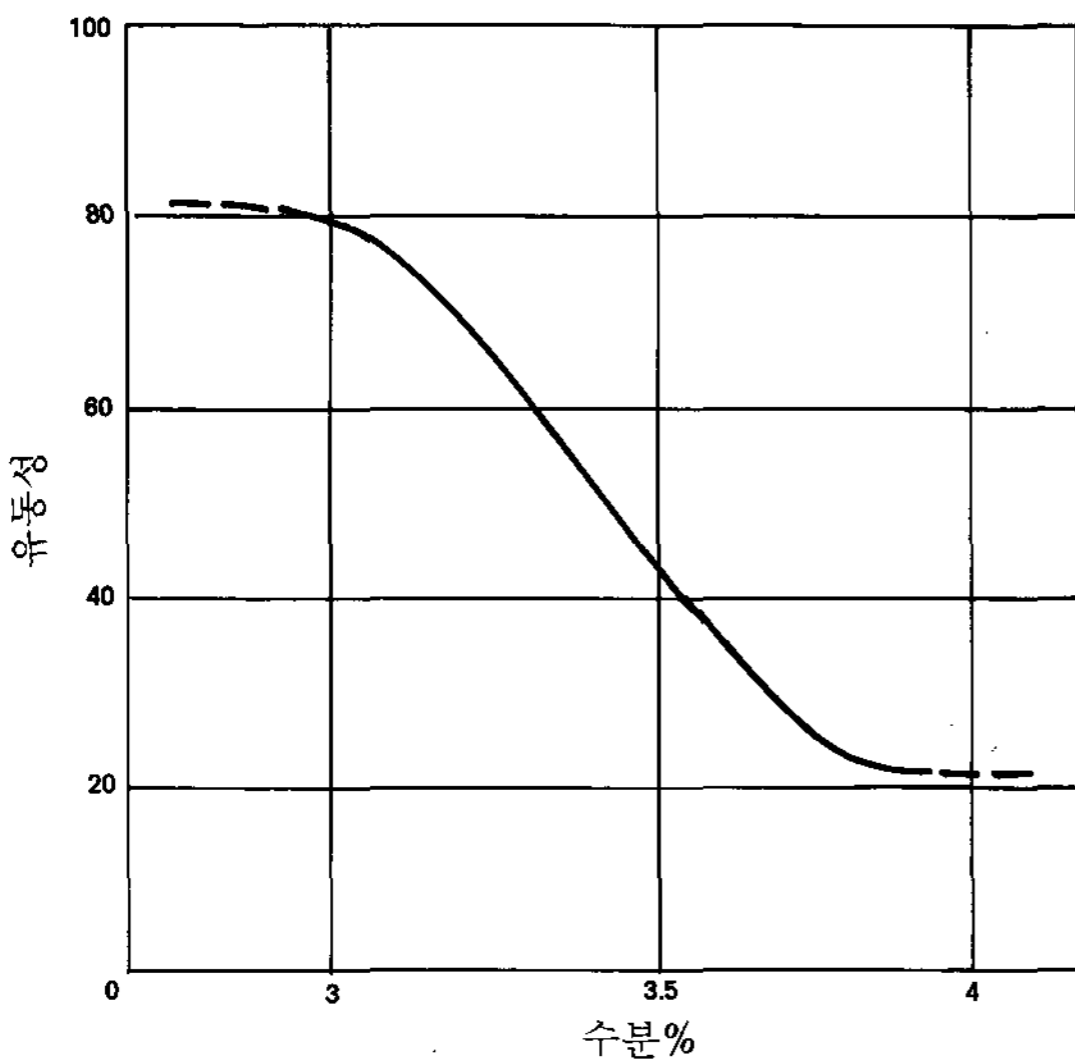


그림 12. 유동성과 수분량의 관계

유동성은 일반적인 모래 다짐기를 사용하여 용이하게 결정할 수 있다. GM Orlov³에 의하여 개발된 방법을 그림 13에 보여준다. 점 A와 B에서 얻어진 경도치의 비율이 백분율(%)로 나타낸 유동성 측정이다.

그림 14의 도표는 주형사에 대한 유동성의 관계를 보여준다(GM Orlov에 의함).

주물사 온도

조압조형용 주형사는 조형기에서 온도의 허용 범위가 아주 좁다. 고압조형에서는 이 인자는 저압조형의 경우보다 더욱 중요하다. 주어진 수분함량에 대하여 온도가 증가함에 따라 충전성은 증가하고 걸보기 밀도는 감소한다. 이러한 현상은 보다 높은 온도에서 주물사의 끈적거림이 더욱 많아지는 거승로 설명될 수 있다. 가열된 주형사는 충전성이 증가하고 유동성이 감소하므로 약하게 다

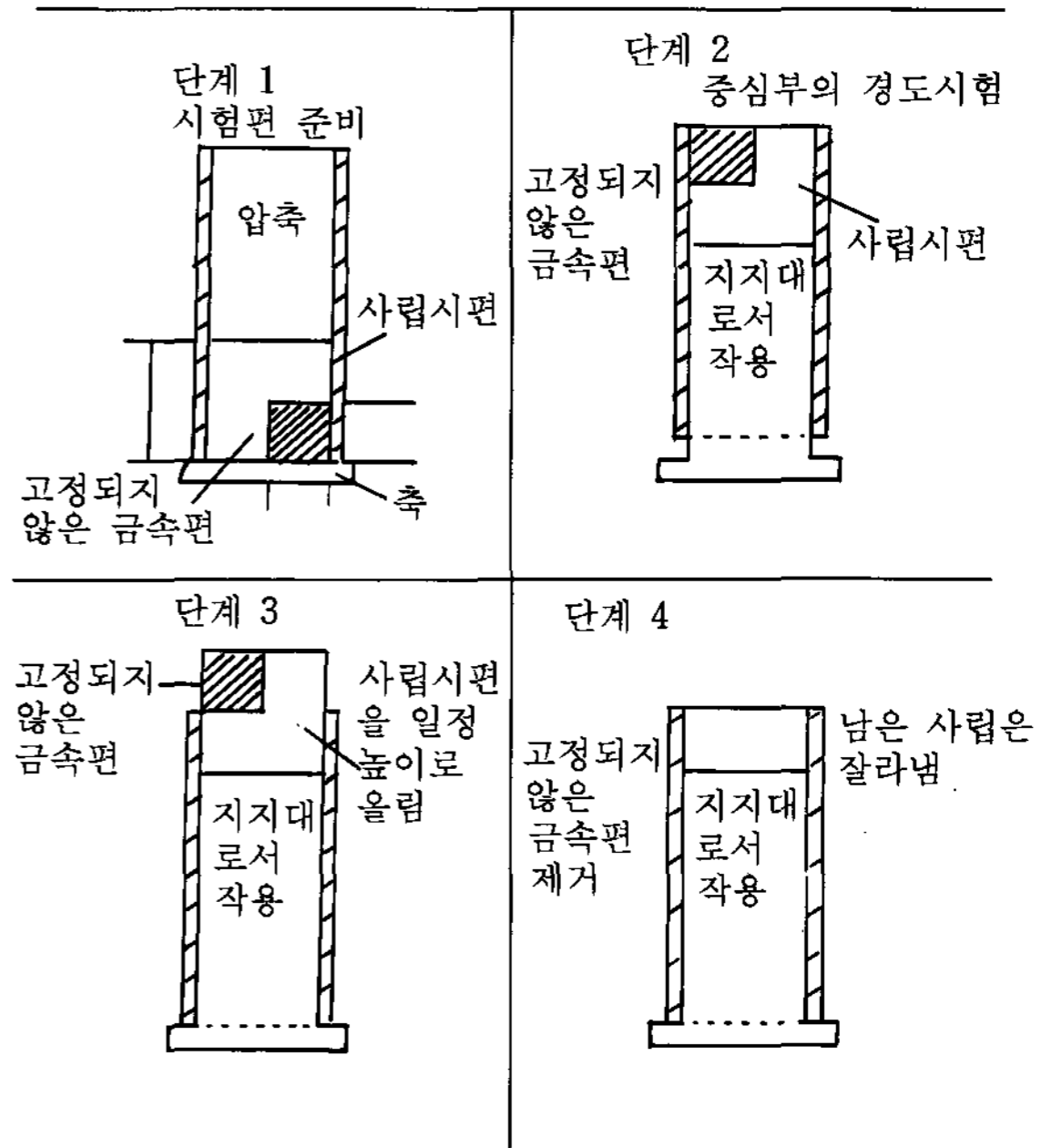


그림 13. 유동성 시험법(GM Orlov)

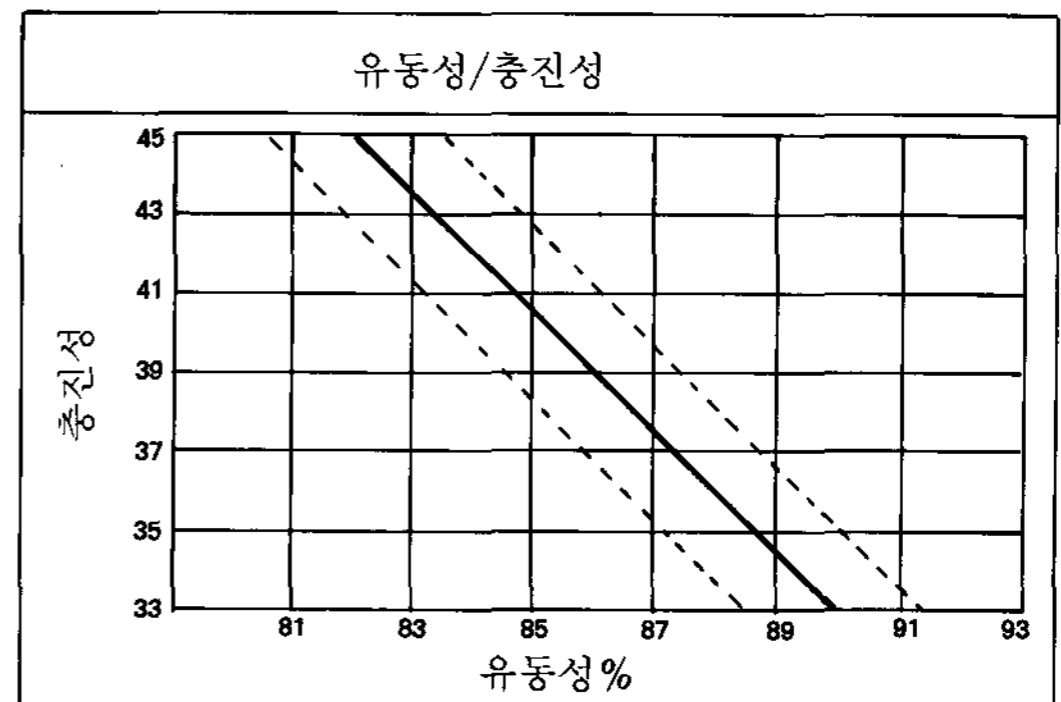


그림 14. 주형사에 대한 유동성과 충전성의 관계
저진 주형을 만든다.

고압조형의 생산을 위한 주형사의 충전성은 예의적으로 중요하고 온도 변화에 매우 민감하므로 주물사가 혼련기에서 배출되기 전에 바라는 정도의 충전성을 위하여 주물사가 요구하는 만큼의 수분만을 첨가하는 것이 필수적이다.

약 일분간의 사이클(cycle)을 현대적인 고성능 혼련기에 대한 필요수분 첨가는 연속 작동하는 +GF+ 조형성 제어기의 설치로써 성취될 수 있다. 이 장치는 주물사온도의 영향을 고려하므로 더욱 중요하다.

압축강도

이미 설명한 바와 같이 고압조형용 주형사는 원

하는 바의 압축강도를 얻기 위하여 보다 많은 양의 벤토나이트를 필요로 한다. 강도는 일반적으로 22-26N /Cm²의 범위이다. 강도가 낮으면 주형결함을 초래하는 반면, 보다 높은 수치는 아무런 이익을 주지 않는다.

분할강도(splitting strength)

분할강도가 더욱 정확하므로 분할강도의 결정은 전단강도 보다 더욱 유리하다. 분할강도로 부터 인장강도는 용이하게 결정될 수 있다. F. Hotmann⁵에 의하면 0.64의 환산계수를 사용한다.

그림 15의 도표로 부터 생형인장 강도의 수치를 직접 읽을 수 있다. 이들 값은 주형사의 열터짐(scab)강도에 대한 중요한 정도기준이다. 고압조형의 분할강도치는 3.5~4.5 N/Cm²범위에 있다.

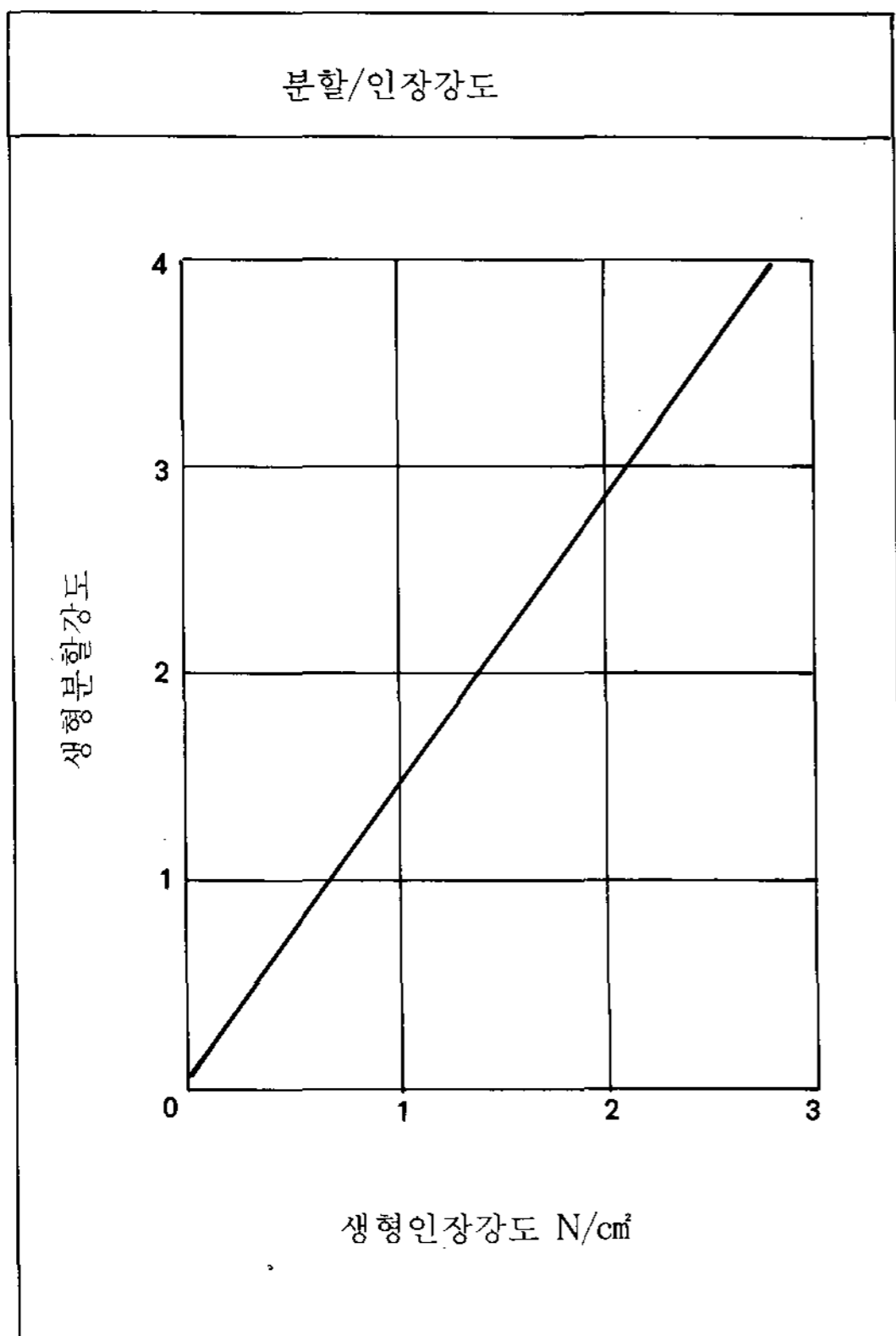


그림 15. 생형에서 분할강도와 인장강도의 관계

통기성

고압조형의 통기성은 저압조형에 대한 통기성과 같은 정도의 것이어야 한다. 80 이하의 통기성은 허용되어서는 안된다.

9. 주물결함

열터짐(scab)

높게 충전된 주형은 자연적으로 사립의 다짐밀도가 높아진다. 표면층은 급속한 가열조건하에서는, 매우 높은 팽창률이 일어나 수분응축대 직하에서 균열이 일어나는 경향이 증가한다. 이러한 열터짐 강도는 활성 벤토나이트의 첨가를 높여주면 감소된다. Na - 벤토나이트는 Ca - 벤토나이트보다 열터짐에 덜 민감하다. 벤토나이트의 변화 특성은 활성화함으로써 주로 제거된다. 수분함량의 감소 역시 열터짐 경향을 갖게 한다.

D. Boenisch⁶에 의하여 고안된 열터짐 도표(그림 16)은 열터짐 경향의 평가를 위한 매우 유용한 기준이 된다. 원래, 결함이 있고, 없는 주물이 만들어지는 조건에 대한 생형인장 강도와 생형압축강도 사이의 관계는 확립되었다. 그림 16은 그와 같은 결함의 발생이 분할의 비는 적어도 0.15이어야 한다. 낮은 값은 열터짐 결함 가능성을 증가시키고 역시 모형빼기 작업중에 주형을 손상시키는 경향을 증가 시킨다.

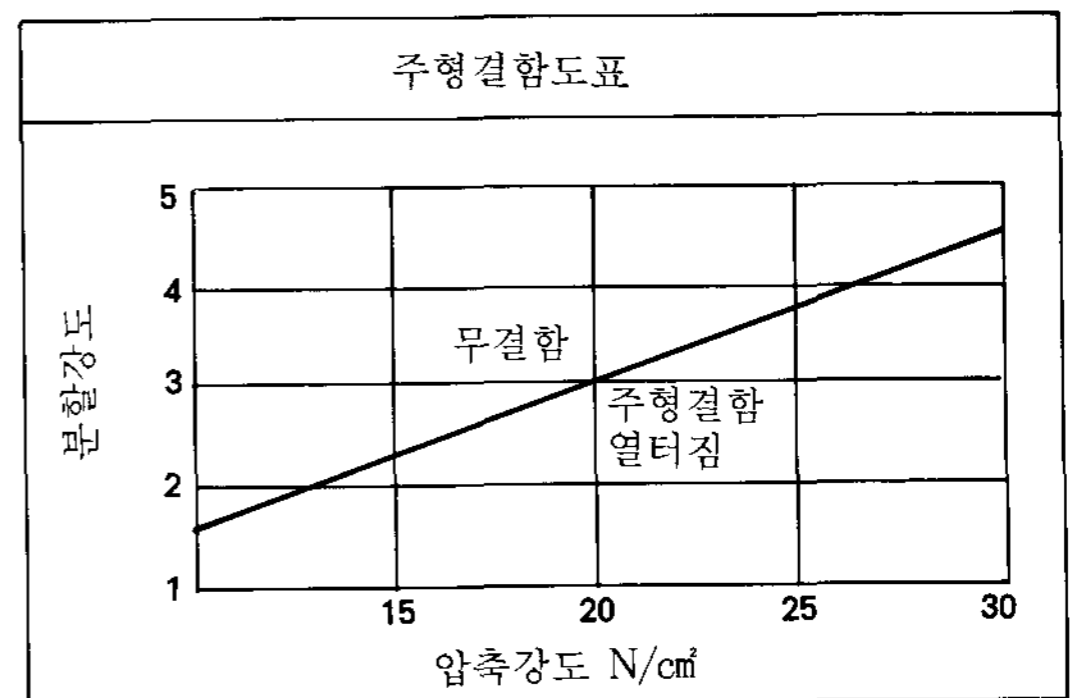


그림 16. 주형 결함도표

고압 충전용 주형사는 다음과 같은 관계를 보여 주어야 한다.

$$\frac{\text{분할강도}}{\text{압축강도}} > 0.17$$

2.0까지의 비례치도 드물지 않다. 이 비례값은 결함 방지를 위하여 하나의 일상관리 표준으로서 매일 측정되어야 한다.

폭발 침투(explosion penetration)

이 결함은 고압충전된 주형에서 생산된 주물의 표면에 넓은 면적의 표면 거칠기나 침투로서 나타날 수 있다. 이 결함은 축축한 주형벽에 대한 용융금속의 충격으로 인한 것이다. 수분이 폭발하고, 용융금속이 사립사이의 공간으로 침투된다. 이러한 결함은 잘 조절된 주형사에서는 나타나지 않는다. 낮은 수분함량과 세립의 주물사를 사용하는 것이 이와 같은 결함을 방지하는데 있어 최선의 해결방안을 제공한다.

침식결함

현대적인 주조공장에 고유한 짧은 주입시간은 주물사 셋감 결함의 위험을 증가시킨다. 이런 위험은 더욱 많은 양의 벤토나이트에 의하여 보상되어야 하는 낮은 수분함량에 의하여 역시 증가된다.

그러므로 주형표면의 침식에 대한 저항은 주형표면의 사립을 단단하게 함으로써 개선되어야 한다. 이것은 다량의 미분을 함유하는 세립사를 사용함으로써 성취될 수 있다. 물론, 주물사의 유동성도 높고, 충전방법도 적당하여야 한다. 이에 관련하여 주형의 불충분하게 충전된 부분인 음영부의 발생을 다시 설명하여야 하겠다. 그와 같은 부위는 침투와 침식결함에 민감하다.

주형의 강성(剛性)

고압주형의 현저한 장점은 생산된 주물에 있어 높은 치수정밀도를 보증하는 단단한 주형의 생산이다. 주형의 강성을 보증하는 최적의 충전법은, 대부분의 경우, 충전성이 낮은 주물사를 사용하는 2단계 충전법이다. 만일 주형이 깊고 균일하게 충전된다면, 주물의 응고중 주형벽 이동은 크게 제

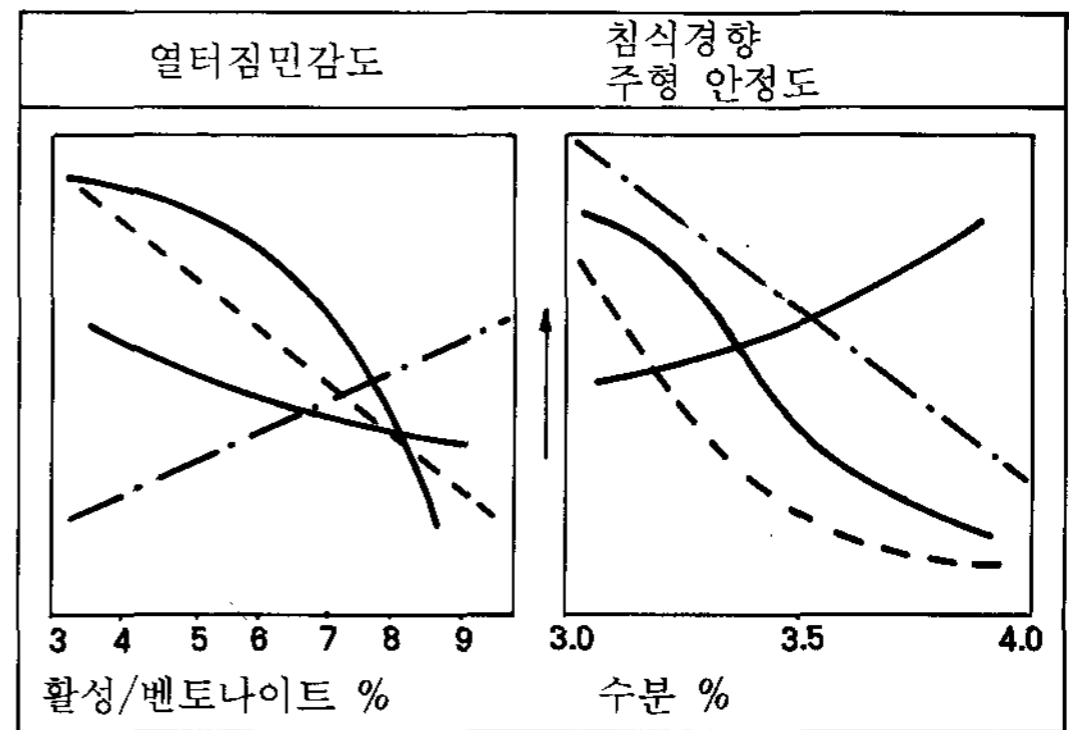


그림 17. 벤토나이트와 수분에 관계되는 주형특성

거된다. 이는 수축감도를 낮게 하며, 정밀한 주물 및 구상흑연 주철에 의하여 발생하는 흑연화 압력은 매우 높으므로 침투가 일어날 수 있다. 이런 경우에 세립의 주물사와 충분히 높은 정도의 강열감량에 주의를 기울여야 한다. 어떤 조건하에서는 압축압력을 줄일 수 있다.

10. 결 론

고압주형의 생산은 많은 절충안을 요구한다. 이 절충안은 충전방법의 선정은 물론 주물사의 상태 조절을 위하여 적용되어야 한다.

그림 17의 도표는 벤토나이트와 수분함량과 관계있는 몇가지 주물사와 주형특성을 보여준다. 곡선으로 부터 얻어진 바의 부분적으로 모순되는 지시는 최적조건을 발견하기 위하여 모든 고유의 장단점을 주의깊게 생각하게 한다. 이와 같은 작업 조건은 주물사 계통의 주의깊은 감독과 관리를 필요로 한다.