

주물사에서의 첨가수분의 영향

김 봉 원*, 남 태 운**

The Effect of Water Addition in the System Sand

B. W. Kim*, T. W. Nam**

팽윤수분(temper water)은 주물공장에서 오랫동안 필요악으로 여겨져 왔다. 수분은 주형사를 적시기 위하여 사용될 수 있는 가장 값싼 윤활제이지만, 잘못 사용되면 가장 비싼 것이 될 수 있다. 수분함량은 기본 주물사의 입도를 예외로 하면 배합주형사의 모든 특성에 영향을 미친다.

팽윤수분은 주물사 조제(鑄物砂 調制)에 있어 가장 중요한 성분이다. 주형사는 수분을 두가지 형태로 함유한다. : 결합수분과, 유리수분.

결정수는 주형사 배합내의 점토및 기타 첨가물과 화학적으로 결합한 수분이고, 유리수는 점토,사와 첨가물을 반죽한다. 주물사의 점토가 양호한 점결강도를 나타낼 수 있는 가소성을 가지기에 충분한 수분을 함유할 때, 주물사는 정확하게 반죽된다. 이 한계를 초과하는 수분은 다발하는 불량 원인이 된다.

첨가제의 영향

사립 벤토나이트 및 각종 첨가제를 함유하는 합성사의 수분함량은 중량으로 2.4%~4.5% 사이에 있다. 전체의 팽윤수분 첨가량은 다음과 같은 방법으로 흡수된다. : 사립자의 표면에 의한, 가소성으로 되는 점토점결제에 의한, 그리고 기타 첨가제에 의한.

그러나 첨가된 팽윤수분은 선택된 점토점결제를 가소화(可塑化)하여 요구강도와 기타 특성을 얻게하는 역할을 한다. 배합사의 팽윤수분 필요량은 아래의 요인으로 변한다. 주물사의 입도, 사용되는 여러가지 첨가제 및 배합물의 표면적에 비해

하는 수분량.

조형성, 생형 압축강도, 건조 압축강도 및 고온 압축강도의 최선의 조합(組合)은 AFS 입도지수 No 62의 사립, 벤토나이트 및 수분의 배합물에서 얻어진다. 수분함량은 배합사의 벤토나이트 중량 퍼센트(Weight %)의 약 50%이다. 기본사의 AFS 입도지수가 증가하면, 배합사의 표면 수분 흡수량은 증가한다. 기본사립의 AFS 입도지수가 62에서 120으로 증가할 때, 팽윤수분에서 0.2% 내지 0.6% 증가한다.

주물사 순환계에서 축적되는 규사분, 부스러기, 불활 점토분 및 기타 미분과 같은 불활성 미분은 순환계 내의 미분 1%에 대하여 0.25% 내지 0.33%의 수분을 추가로 필요로 한다(그림 1).

가소성의 내화점토 점결제에 존재하는 점토광물과 부스러기를 충기시키기 위하여 필요한 수분량은 전체 점결점토 첨가량의 35% 내지 50% 사이이다. 내화점토의 입자도 역시 사용되는 팽윤수분량에 영향을 미친다. 입자가 미세할 수록 팽윤수분의 양은 더욱 많이 요구된다.

곡물 점결제(穀物 粘結劑)는 주형사에 요구되는 부가적인 첨가제인 관계로 최대량의 수분첨가가 필요함을 보여준다. 전분은 수분을 용이하게 흡수하며, 주형사에 첨가되는 옥수수분 %에 대하여 0.15% 내지 0.22%의 수분이 요구된다. 수분을 잘 흡수하는 경향을 가지는 목분(木粉)은 첨가되는 목분 %에 대하여 0.2% 내지 0.275%의 팽윤수분의 첨가를 필요로 한다.

주형사 배합에 첨가되는 석탄분이나 섬유질 입자 %당 0.06~0.1%의 팽윤수분이 추가로 요구된

* 중소기업진흥공단

** 한양대학교

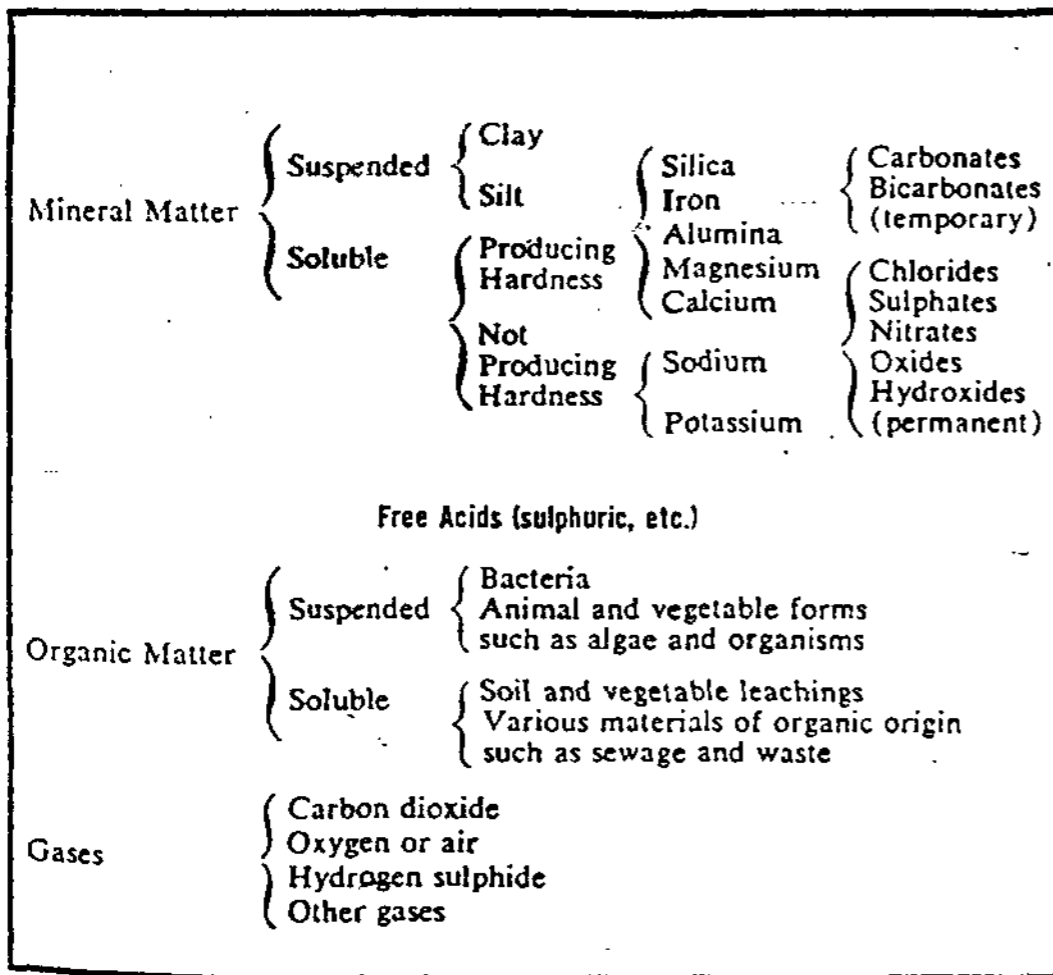


표 1. 용수중의 불순물

다. 석탄분이나 섬유질 입도가 증가할 수록 팽윤 수분은 증가한다.

수분의 조성

순수한 물(H₂O)은 수소와 산소로 구성되어 있다. 산소는 수소의 15.88배 무거우므로, 가스가 결합하여 물을 형성하는 중량비는 수소1(one)에 산소 7.94배이다. 부피로는 2.0024배의 수소에 산소1(one)의 비율이나, 용수(用水)에는 여러가지 불순물이 존재한다(표 1).

조형자의 촉감에 의한 수분측정

주물사 관리작업에서 여러가지의 수분지시기구가 사용되지만, 많은 주형자들은 시험기 측정법에는 무관심하고, 모래더미에 손을 넣어 쥐어보고 불합리한 방법으로 수분함량을 예측하기를 고집한다. 이러한 옛식의 수분측정법은 작업성이나 촉감을 정확하게 측정하려 할 때, 그 결과가 신통치 못하므로, 기기측정으로 행하여져야 한다.

수분측정기의 출현 전에는, 조형자들은 주형사를 어루만지고, 손으로 쥐어보아 주형사의 상태를 판단하는 그의 능력을 신뢰 하였다. 조형공은 손으로 모래를 잡아 꼭 쥐어보고 손을 뺐을 때, 모래가 둥글게 다져진 주형사 덩이 상부에 뾰족한 테두리가 나타나게 된다. 만일 이 테두리가 윤곽선을 뾰족하고 뚜렷하게 나타내면, 수분함량이 충분하고 좋은 주형을 만들 수 있는 점결제가 존재

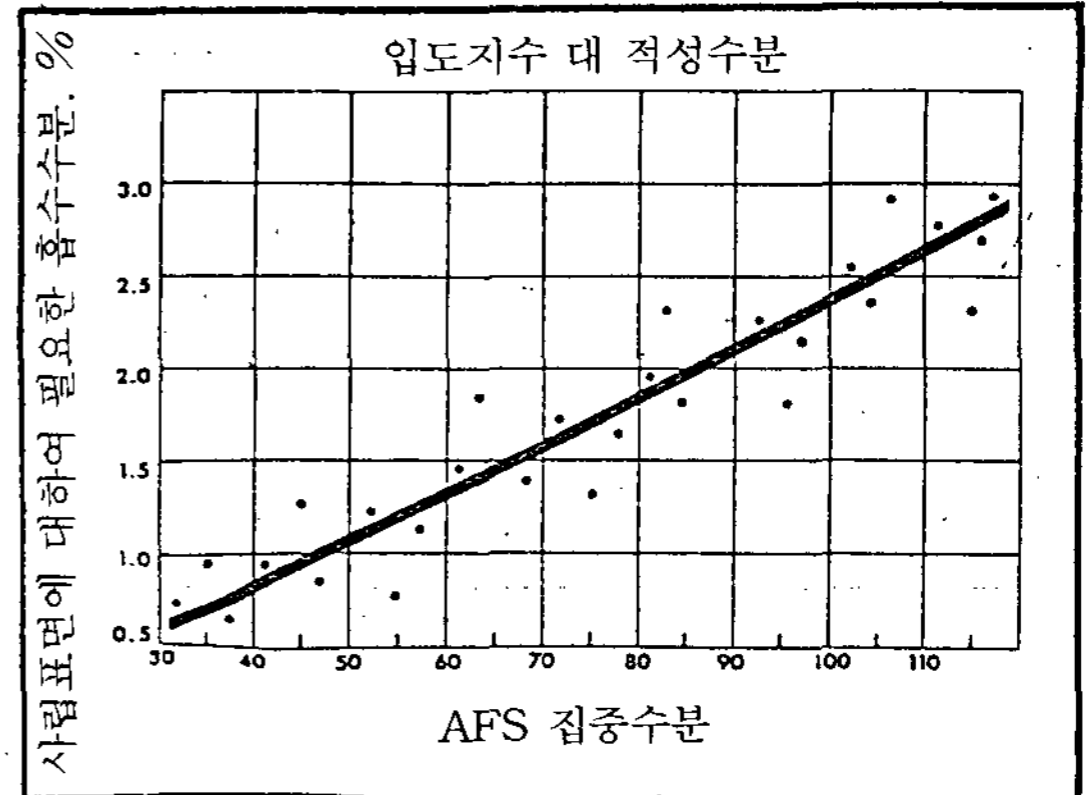


그림 1. 기본사립의 표면적과 AFS 입도지수와의 관계

하는 것으로 만족한다. 만일 그 테두리가 뒤틀리고 거칠며 시편이 부스러지면, 주형사는 조형하기에 너무 약하고 건조한 것으로 결론 짓는다. 만일 쥐어진 주형사의 시편표면이 융단같이 촉감이 매끄럽게 느껴지면, 조형공은 충분히 매끄러운 주물 표면을 확신할 수 있다. 이 쥐어진 주형사 시편의 반대쪽을 쥐고 힘을 주어 부서서, 주형사의 인성과 탄력성을 용이하게 구분할 수 있다. 시편이 예리하게 부서지며 강도를 느낄 수 있으면, 조형공은 그가 요구하는 충분한 압축강도를 가지는 것을 확인할 수 있다.

통기도는 쥐어서 뭉친 주형사 시편의 부서진 일부를 입술에 대고 모래 속으로 공기를 불거나, 담배연기를 쏘임으로써 시험한다. 만일 기기시험을 같이 행한다면, 조형공의 감이 정밀하다는 것을 입증할 수 있으나, 반드시 그런 것은 아니다. 이러한 미숙한 주형사 평가방법의 결점은 그의 지식을 타인에게 나누어 줄 수 없다는 것이다.

촉감의 정확도는 경험에 의하여서만 얻어질 수 있다. 이렇게 감촉으로 부터의 지식은 성급하게 얻어질 수 있으나, 생산라인에서 일어나는 변동에 대한 대책방안을 세워 놓아야 한다. 또한 기기검증을 사전에 확실하게 하여야 한다.

산사의 수분조절

고온의 금속은 수분을 피할 수는 없는 것이다. 수분으로 포화된 물뭍을 사용하는 조형공은 표면이 거친 주물과 불량품 외에 아무것도 기대할 수 없다. 수분을 이용하여 표면사를 다소 약하게 할 때 물뭍을 본래 사용하였다. 그러나 이는 일시적

인 해결방법에 불과하다. 열을 가하면 주형사의 고온강도를 약하게 하며, 과도한 수분은 금속의 씻김작용을 증가시킴으로써 주물의 주물사 혼입을 발전시킬 뿐이라는 사실을 조형공은 무시하고 있다.

주물공장에서 물호스를 아직도 아주 자유롭게 사용하는 것을 일반적으로 볼 수 있다. 호스의 사용은 경험이 없는 작업자에 의하여 행하고 있으며, 이들은 수많은 실수를 경험하고 나서 올바른 사용법을 배우게 되나, 회사에는 희생을 초래하게 된다.

제한적인 장비외에 훈련기를 갖지 않은 주물공장에서 천연점결사에 대한 팽윤수분 첨가 조절은 매우 어려우나, 완전히 불가능 한 것은 아니다. 주물 생산공장에서 팽윤수분은 세가지 주요요인에 대하여 철저하게 검토한다면, 어느정도는 관리될 수 있다. 용금의 온도, 금속의 전체 주입량, 주형 방치시간.

난로판등을 생산하는 주물공장에서 탈사 전에 약 두시간동안 주형을 방치하면, 주입금속 약 50Kg에 대하여 4리터의 수분이 증발한다. 천연점결의 산사를 사용하는 어느 주물공장은 손주입 레이들 하나에 대하여 4리터의 수분을 가한다. 탈사는 주입후 약 두시간 이었다. 용탕주입온도는 1460°C~1480°C 이었다. 수분량은 측정기를 연결한 호스로서 조형장에서 계산된다.

수분관리는 비교적 간단하다. 조형공이 조형장을 구역으로 분할하고 주입사는 구역에서 주입된 래들의 수량을 래들에 표시함으로써 가능하다. 이 주입중량으로써 주형사에 소요되는 수분량을 결정한다. 만일 어떠한 이유로써 탈사가 늦어지면, 두시간의 방치시간 후 30분 경과마다 1리터의 수분을 증가시킨다. 이 방법으로 만족한 결과를 얻었으며, 수분범위는 주형사에서 6~7% 범위내에 관리되었다.

영향인자

주형사의 수분함량은 임의적이거나, 여러가지 요인에 영향을 받는다. 이들 요인 중에는 주물사에 존재하는 점토의 형태와 함유량을 포함한다. 점토의 형태와 함유량이 다르면 요구되는 팽윤수분량이 달라지기 때문이다(그림 2).

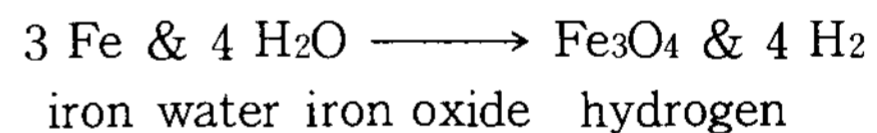
수분량이 높으면, 강도가 약하여 지면서, 주물사의 성형성이 부실하게 된다. 조형자들은 부적절

하게 점결된 주형사를 판단하는 데는 주의를 요한다. 주물사는, 점토점결제를 함유하지 않으면 높은 수분함량에 의하여 일시적으로 점결될 수 있다. 그와 같은 주형사는 건조, 가열강도가 낮고, 주물에서 씻김결함을 만들게 된다. 수분점결력의 완전한 실례는, 강가나 바닷가에서 어린이들에 의하여 증명되는 것을 목격할 수 있다. 이들은 점결제로 수분만을 가지고 모래성이나 모래다리를 쌓는 것을 볼 수 있다. 햇빛으로 대부분의 수분이 증발된 몇시간 후에는, 이들 모래성이나 다리가 알아볼 수 없는 형태로 무너진다. 같은 조건이 주형에서도 일어난다.

금속을 산화시키는 수분

주형의 수분은 주된 산소 발생원인의 하나이며, 수분의 존재만으로 산화된 금속을 결과적으로 초래할 수 있다. 주형내에 환원성 분위기를 제공하여 과도한 산화조건을 극복하려는 실험이 꾸준히 수행되어왔다.

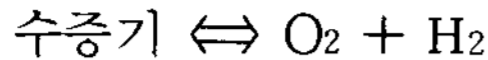
Mg와 철과 같은 금속은 고온에서 급속하게 분해된다. 그러한 경우 금속이 적열상태일때 분해는 가장 영향을 받는다. 이들 조건하에서는, 금속은 수분의 산소와 결합하여 산화물을 형성하고 수소를 유리시킨다. 예를들면, 고온의 철인 경우, 반응은 아래와 같이 일어난다:



열 자체는 매우 높은 온도에서도 경미한 정도이지만 수분을 분해한다. 수분과 같이 열에 의하여 용이하게 분해되지 않는 화합물을 안정된 화합물이라 한다.

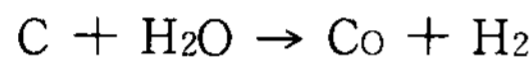
열에 의한 수분의 분해는 가역적이다. 지각할 수 있는 수분의 분해가 개시되는 온도 이상으로 수분을 밀폐 후라스크 내에서 가열할 때 분해된 전체 수증기의 양은 온도상승과 더불어 점차 증가한다. 만일 온도를 어느 온도에서 일정하게 유지한다면, 수분분해는 분명히 정지한다. 실제로 분해는 계속되나 점차적으로 형성된 산소와 수소는 다시 결합하며, 분해된 수분의 양이 산소와 수소의 결합에 의하여 형성된 수증기와 정확히 같아지는 속도로 이루어진다. 다시 말하면, 수증기는 분해 생성물 즉, 산소 및 수소와 평형을 이룬다. 그러므로 산소가 오존(O)으로 변하는 것과 같이, 수증기 변화는 가역적이며, 아래와 같이 표

현될 수 있다.



산화제로써의 수분의 작용

수분은 88.8%의 산소를 함유하므로, 양호한 산화제로 간주될 수 있으나, 일반적으로는 그렇지 않다. 안정한 물질은 반응성이 없으며, 수분의 안정성은 강력한 환원제가 없으면, 수증기가 산소를 내어주는 것을 방해한다. 비슷한 방법으로 적열된 탄소는 증기에 의하여 산화되어 소위 수분분해 가스를 생성한다.



CO와 H₂는 양자 금속에는 해로울 수 있다. 철5 카보닐[Fe(CO)₅ - iron pentacarbonyl]이 철감람석(FeSiO₄ - Fayakute)와 함께 형성될 수 있다. 양자는 과도한 가스와 압력이 존재할 때 주물의 금속침투 또는 금속소착을 일으킬 수 있다.

점토의 수분첨가

점토의 점결력은 점토, 수분 및 사립의 격자층 사이에서의 이온인력(ionic attraction)에 의하여 일어난 정전기적 인력(electrostatic attraction)이다. 수분의 양이 증가하면 점토, 수분 막이 두꺼워 지고, 도리어 정전기력의 접착력을 감소시킨다. 그래서 점토의 가소성은 점토와 결합한 수분의 양과 밀접하게 관계있다. 수분함량이 낮은 자연점토는 취약하고, 반면 수분이 높은 자연점토는 가소성이고 끈적끈적해 진다.

그러나 해석상 주의가 필요하다. 벤토나이트는 다량의 수분을 흡수하나, 카오린(내열점토)은 더욱 소량의 수분을 흡수한다. 그러나 벤토나이트 점결의 주형사가 카오린 점결의 주형사 보다 많은 수분함량에서 처리될 수 있다는 의미는 아니다. 실제로는 그 반대이다. 벤토나이트 점결사는 내열 점토 점결사 보다 낮은 수분으로 사용된다. 사실상, 서부 벤토나이트(Na - bentonite)가 과량의 수분을 흡수하면, 매우 끈적거리고 찰지게 된다. 소량의 수분이 필요하기 때문에 전반적인 전체 필요수분은 적다. 거꾸로 말하면, 내화점토는 아주 소량의 수분을 흡수하므로, 주형사에 대하여 생형 강도를 부여하려면, 더욱 많은 수분이 가해진다. 그래서 내화점토 배합사의 수분은 높아진다.

통기성

생형사에서 상당량의 통기성이 필요한 이유의 하나는, 주형공간에 주입되는 고열의 금속으로부터 발생하는 수증기와 가스를 배출하는 것이다. 수분은 100°C까지 가열할 때, 증기로 변하여 본래 체적의 1600배로 팽창한다. 예를들면, 주형을 1100°C 이상으로 가열하게 되면 3%의 수분을 함유하는 주물사 200Kg에서 약 2260 l의 수증기가 발생된다. 그래서 수분 관리가 아주 중요하고, 배합된 모든 점결제에 대한 수분의 영향은 아주 현저하다.

1000CC의 수분이 0°C에서 100°C까지 가열되면 약 4.3CC까지의 체적 증가가 있는 반면, 같은 방법으로 가열된 같은 체적의 강재는 단지 3CC 팽창한다.

주형에서 일차적인 가스발생의 근원은 수분이다. 이차적인 근원은 석탄분, 코어점결제, 유기물 및 기타 첨가제와 점결제이다. 본보기로 5%의 수분을 함유하는 1.5mm 두께의 주물사 1.0m²는 100°C로 가열될때 0.2m³의 수증기를, 그리고 1100°C에서 0.76m³를 생산한다. 이러한 증기는 매우 급속하게 발생하여 주형은 순간적으로 고압하에 놓이게 되며, 증기는 어떤 조건하에서는 용금내부로 취입될 수 있다.

수분 팽창

4°C의 수분은 수분의 온도가 변할때 그 변화가 어떠한 방향으로 일어나더라도 항상 팽창한다. 100°C 까지 가열되면 연속적으로 팽창하며, 만일 0°C로 냉각되면, 대부분의 액체가 행하는 것과 같이 수축하기 보다는 오히려 약간 팽창한다.

수분의 용적 팽창 효과

초롱에 마른 주물사를 채우고 계량한 후, 초롱을 비워보는 것은 값있는 의미를 가진다. 다음 마른 주물사를 물로 적시고, 그 초롱에 채워보자. 적신 주물사는 모두 담아지지 않고, 그때의 모래중량은 더욱 적어질 것이다.

크기가 다른 사립자는 요구 수분량이 다르다. 수분첨가는 주형사의 밀도에 지대한 영향을 미친다. 예를 들어, AFS 입도지수 100인 건조 주물사 1l는 약 1.50Kg이다. 주물사에 2%의 수분을 첨가

하고, 1ℓ 통에 다저넣으면, 젖은 주물사는 약 1.30Kg이다.

주물사에서 수분의 용적 팽창효과는 적은 주물사를 체적으로 계량할 때 반드시 고려되어야 한다. 코어제작에서 건조사를 원하는 이유의 하나는 코어 취입시의 배합코어사의 체적팽창 효과를 극복하기 위한 것이다. 수분은 주물사에 가해질 때, 사립의 표면을 적신다. 그러면, 각 입자 주위에 수분의 막을 형성하고, 이 수분은 사립간의 공간을 채우는 경향이 있다. 이 표면막은 사립이 서로 떨어지게 하여 체적팽창을 일으키며, 체적팽창 정도는 함유된 수분의 양과 주물사의 입도, 분포에 의존한다.

주물사의 표면적이 증가할 수록 체적팽창효과는 커진다. 최대의 체적팽창효과는 5내지 6%의 수분을 건조사에 첨가할 때 일어난다.

최대량의 체적팽창은 주물사에 따라 다르다. 고운 주물사의 체적팽창은 30% 정도이고, 중간사는 25% 그리고 거친 주물사는 20%이다.

중량으로 1내지 2%의 수분을 첨가하면 몇가지 예에서 19내지 20%의 체적을 증가시킬 수 있다. 16내지 20%의 수분을 첨가할 때, 주물사는 완전히 침수되어, 그의 체적은 건조사의 체적과 거의 같아지거나 단지 근소하게 증가하게 된다.

소량의 수분을 세척된 건조사에 혼합하면 생형강도를 갖게 되며, 주물사의 체적은 증가한다. 수분첨가의 체적팽창효과를 그림 3에 보여준다.

겉보기 밀도는 수분이 첨가됨에 따라 최소가 되며, 그후 증가하여 침수점 부근에서 최대가 된다. 주형경도, 생형압축강도 그에 따라서 증가하며, 수분함량이 증가함에 따라 최대치에 이른다. 사립의 감소에 대응하여 최소 겉보기 밀도는 낮아지고, 생형압축강도와 주형경도는 더욱 커진다. 이들 특성치는 진동이나 달구질 다짐한 기본 주물사에 적용된다.

흠어진 주물사에 대한 체적 팽창영향은 주어진 특성치 보다 30내지 50% 더 커질 수 있다.

수분의 밀도와 중량

물질의 밀도는 물질의 단위체적량의 중량이다. 수분 1 Cm³은 1gr이므로, 물의 밀도는 1gr /Cm³이다. 28ℓ(1 ft³)의 중량은 28Kg(62.51b)이다. 따라서 수분은 yd³(764ℓ)에 대해서는 1687.5 lb(764Kg)이고, 16.41 gr /in³이다. 1 ft³(28ℓ 1728

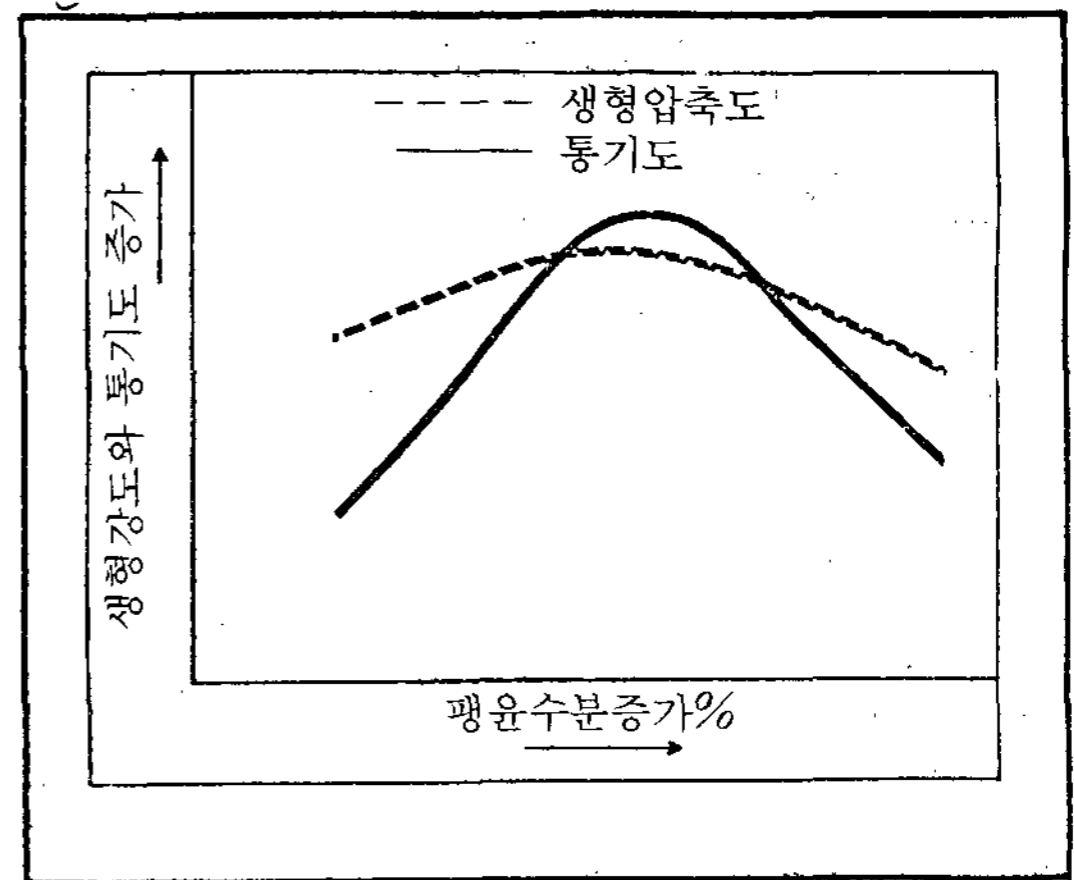


그림 2. 두개의 주형사 성질에 미치는 팽윤수분의 일반적인 영향

in³)의 수분은 7.5 gallon이고, 중량은 62.5 lb (28Kg)이다. 1 gallon(3.8ℓ)의 수분은 231 in³이며, 중량은 8.33 lb (3.8Kg)이다.

28ℓ(1 ft³)의 수분을 증가시키기 위하여는 보통 탄 3.4Kg(7.5lb)의 소비를 요하며, 1 gal(3.8ℓ)당 1 lb(0.45Kg)의 탄을 필요로 한다. 그러므로, 1ℓ의 수분을 증발시키기 위하여는 0.12Kg의 탄이 소모된다.

수분의 열전도

용기에 들어있는 수분은 용기에 열을 가하면 비등한다. 비등하는 물에 열을 떨어뜨리면, 어느 시간동안 녹지않고 떠있게 된다. 이는 수분이 좋지않은 열전도체인 것을 나타낸다.

Temperature Centigrade	Percent of Water Decomposed
1327°	0.0446
1427°	0.0920
1527°	0.1700
1627°	0.3020
1727°	0.504
1927°	1.210
2227°	3.380
2728°	11.110

표. 2 가열온도와 분해수분의 관계 %

주물의 결함

수분은 직접 또는 간접적으로 다음과 같은 결함의 요인이 된다.

- 1. Blows
- 2. Scabs, buckles, rat-tails
- 3. Porosity
- 4. Rough finish on castings
- 5. Burn-on, burn-in, metal penetration
- 6. Pinholes, gas
- 7. Stickers to the pattern, broken molds

주 : 수분함량이 높은 배합사는 주형으로부터의 모형빼기를 좋게하고, 잘 다져질 수 있으나, 일반적으로 생산되는 주물은 과잉의 수분으로 인하여 거친 반점과 분화구 모양의 구멍을 만든다.

주형사 특성에 미치는 영향

주물사의 입도는 예외로 하고라도 수분은 주형사의 모든 특성에 영향을 미치므로, 관리가 극히 필요하다. 수분이 점결사에 가해질 때, 다음과 같은 특성에 영향을 미친다.

1. 생형강도

때때로, 수분은 미덥지 못한 가소성을 제공하여, 조형공으로 하여금 주형사가 생형압축강도를 갖고 있지 않을 때에도 강도를 갖는 것으로 믿게 만든다. 수분함량이 사용된 점결제의 최적 조건 근처일때 압축강도는 최대치가 된다. 배합사에서 6%의 벤토나이트는 3%의 수분함량 근처에서 가장 좋은 상태가 되며, 12%의 내화점토는 5%의 수분함량 부근에서 상태가 가장 우수하다. 또한 천연점결제(산사)는 6내지 8%이다. 이들 수치는 함유된 점결제의 양에 따라 달라진다. 수분함량이 최적의 적정치보다 약간 낮고 마른듯 하게 보일 때, 주형사는 최대의 생형압축강도를 보여준다. 과잉의 수분은 생형압축 강도를 감소시킨다.

2. 건태강도

다량의 수분함량과 함께 점토점결제를 함유하는 주형사에서 건태압축강도는 급격하게 증가한다. 점토 없이 다량의 수분만을 첨가하면, 수분이 사립의 공간을 채우고, 건조될 때 공간을 만들어 주므로 배합사를 쓸모없게 만들며 주형의 건태강도는 떨어진다.

벤토나이트는 수분을 지원하므로, 건태강도의 향상을 위하여는 수분이 필요하다.

3. 고온강도

수분은 고온압축강도를 증가시킨다. 금속이 주위에서 응고할 때 붕괴될 필요가 있는 주형이나, 코어에 대하여 초기 고온강도를 보다 높게 하려면 흔히 수분을 다량으로 사용한다. 주형의 붕괴성은 주물의 갈라짐이나 고온터짐을 방지한다. 고온강도는 점토-수분의 비율을 조절하여 관리할 수 있다.

4. 유동성

초기단계에서는 수분은 주형사의 유동성을 감소시킨다. 유동성은 수분이 증가함에 따라 증가한다. 수분은 여러단계의 다짐 과정에서 채워진 주형사의 층간에 분리면을 만드는 경향이 있다. 대형의 진동조형기(jolting machine)에서, 표면사와 이면사가 수분함량이 유사한 특성을 갖지 않으면, 두가지 주형사 층 사이에는 명확한 분리층이 형성된다. 점토점결제가 최선의 팽윤수분 부근에 있을때, 유동성은 최하위치에 있게 된다. 압축강도는 팽윤수분에서 최대치가 되며, 흐름을 방해한다(그림 4).

5. 통기성

팽윤수분이 최적점에 이른 후의 수분증가는 통기성을 감소시킨다. 통기성은 팽윤수분 근처까지 약간 증가하고, 그 후에는 수분량의 증가와 함께 감소한다. 비슷한 주물사 배합에서 건태 통기성은 습태 통기성 보다 15내지 20% 더 높다. 그래서 수분함량이 많아질 수록, 사배합의 밀집성은 낮아지고, 금속침투나 주물소착 결함을 일으킨다.

6. 팽창과 수축

수분 첨가량이 증가함에 따라 팽창은 증가한다. 배합사의 수분함량이 적정치까지 증가함에 따라 수축량은 급속하게 감소한다. 배합주형사에 수분이 적정치에 이른 후에는 수축은 일반적으로 증가한다.

7. 주형경도

젓거나 또는 마른 주물사는 주형경도가 낮아진다. 만일 주형사의 점결제가 적당하게 습윤된 상태에서 다져진다면, 주형경도는 정상치에 이를 것

이다. 이러한 주형밀도의 증가는 수분변동이 있을 때 다져진 주형사의 팽창 및 수축에서의 돌발적인 변화를 초래한다. 만일 과량의 수분이 존재한다면, 주형밀도 증가는 조악한 주물표면을 더욱 촉진시킨다.

8. 변형

수분은 주형사의 변형을 급격하게 증가시킨다. 과량의 수분을 함유하는 주형사는 싹김, 깎김, 배부름(Swell)의 원인이 된다. 과잉중량이나 과잉치수는 주형사의 높은 변형량에서 초래된다. 변형은 최적의 수분함량에서 최고치에 이른다. 만일 주형사의 변형이 없다면 주형 파손이나 주형 탈락이 일어날 수 있다(그림 3).

9. 강인성

강인성은 주형사의 수분증가와 함께 급격하게 증가한다(그림 4).

10. 밀도

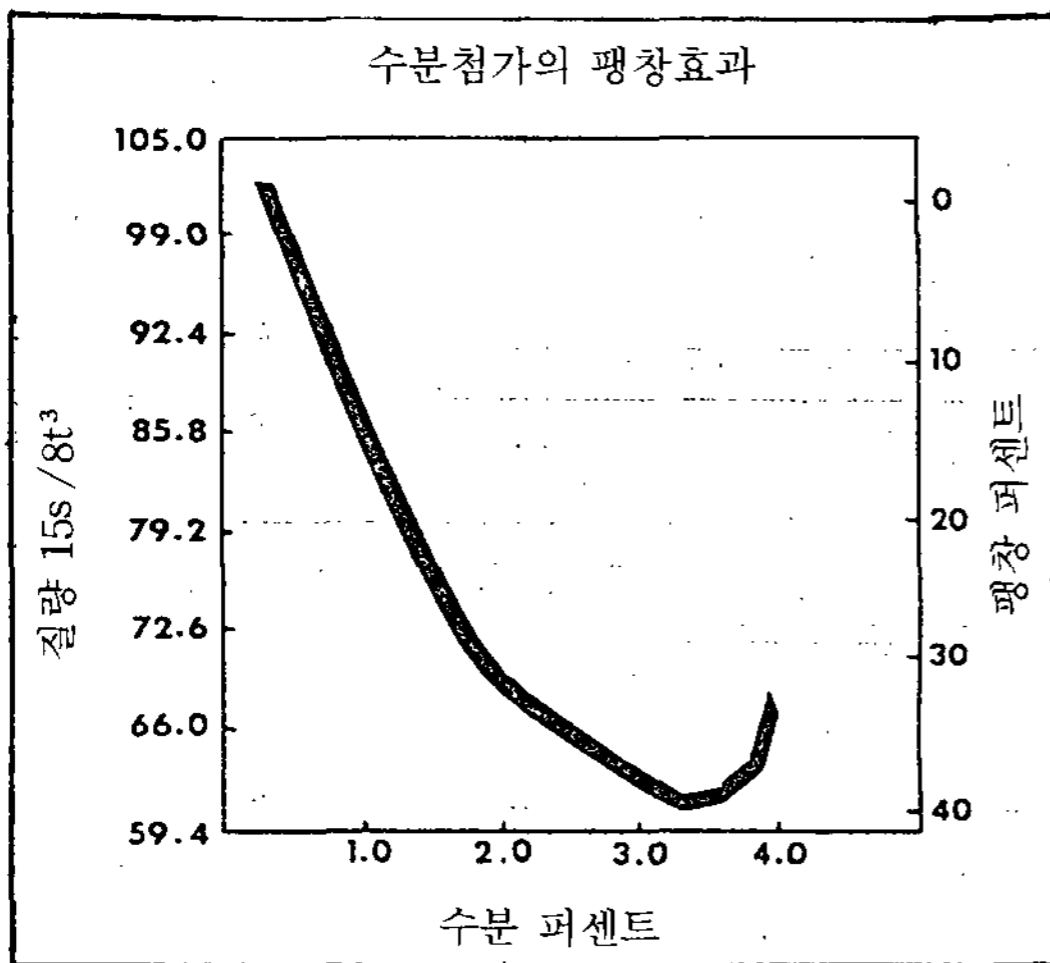


그림 3. 주물사혼합에 중요한 요소로 적용하는 수분팽창

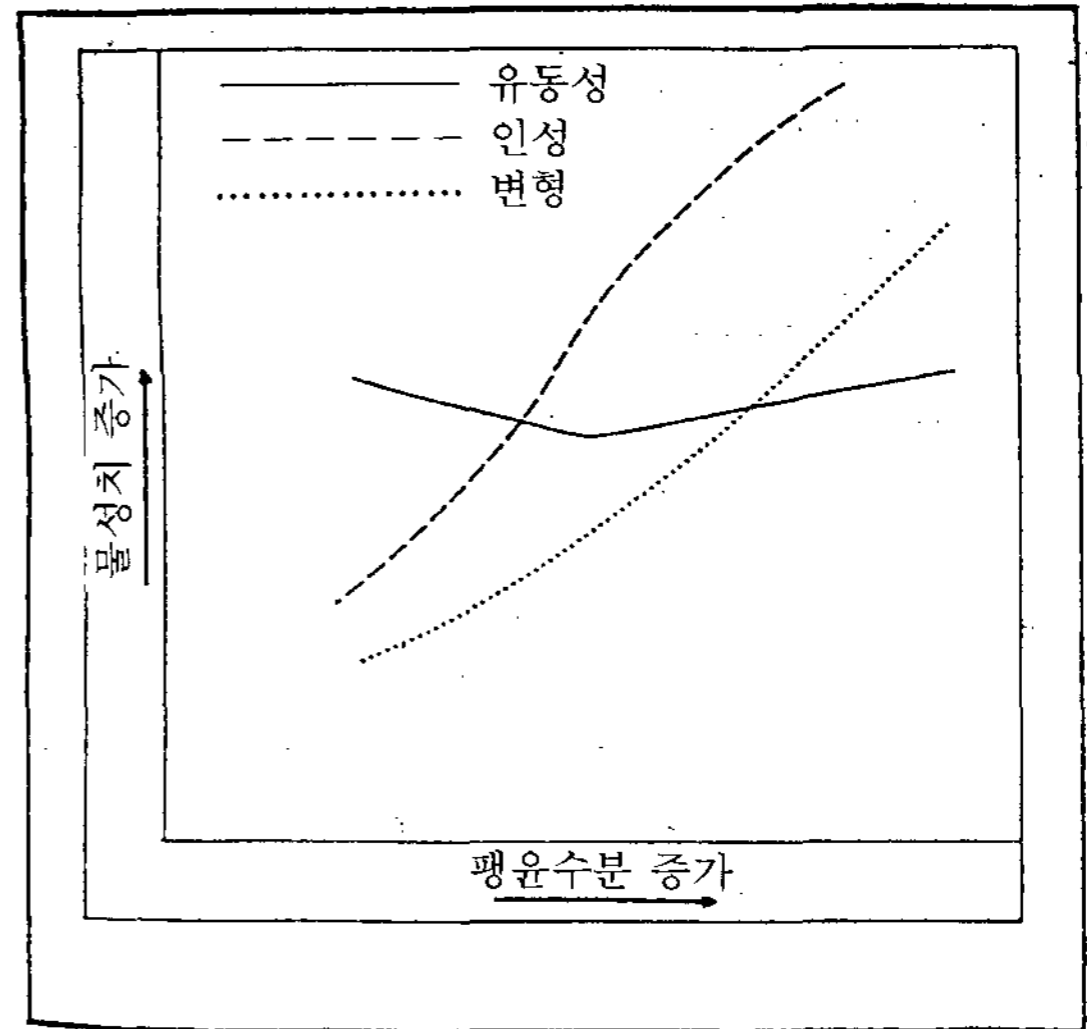


그림 4. 수분량과 물성치와의 관계

2%의 수분변동은 배합주형사 체적에서 10% 변동을 가져올 수 있다. 다져진 주형사의 밀도는 사립사이의 마찰 저항에 의하여 크게 지배 받는다. 마찰저항은 다음과 같은 인자에 기인한다. (1) 사립의 크기, (2) 사립의 형상, (3) 사립의 표면조건, (4) 사립의 입도분포 및 (5) 수분량.

밀도는 입자의 크기와 함께 증가한다. 비슷한 조건 하에서 구형의 사립은 각형의 사립보다 더욱 높은 질량밀도로 담겨진다.

전태겔보기 밀도는 인자간의 공간이 증가할 수록 감소한다. 수분은 다량일때 개별 사립을 수막으로 둘러 쌓으려 할 것이다. 수분은 더욱 두꺼워지고 강해지면서 임계치의 수막두께에 이를 때까지 사립간의 마찰력을 증가시킨다. 수분이 임계점 이상으로 증가하면, 마찰에 어떤 영향을 미치지 못하게 된다. 수분첨가의 임계치는 고운 입자의 주물사 일수록 표면적이 증가하기 때문에 더욱 커진다.