

技術資料

자동차 경량화와 Al합금주물의 품질 향상

北岡山治

Automobile Weight Reduction and Quality Improvement of Al-Alloy Castings

Kitaoka Sanji

1. 일본에 있어 자동차 경량화 동향

CAFE의 움직임과 경제적 번영기에 일치해 수반하여, 급속히 경량화의 파도가 밀어닥친 일본의 자동차 산업에는 한때, 급속한 Al화의 움직임이 보여 자동차에 있어 Al 사용비율의 증가가 보였다(그림 1, 2)[1]. 그러나 그후의 경제적인 정체에 의해 큰 폭의 수정이 행해져, 경량화 활

동이 감속하고 있다. 최근 2~3년은 경량화에 의한 가격상승은 용인되지 않고 경량화와 가격감소가 양립하는 경우만 실시가 허용된다. 극히 엄격한 상황이 되어있다. 본 경연에서는 이와 같은 환경에 있어 경량화 경향에 대해 서술한다.

1.1 전신재의 이용

차체관계에 있어 판재의 이용에 대해서는 경량화 활동 최전성기에 전 Al 차체의 차가 발매되기도 하고, 후드, 웬다등의 Al화가 진행되었지만 현재로는 경제성 증시 때문에 새로운 Al화는 거의 없어졌다.

형재의 이용으로는 세계적으로 화제를 부른 스페이스 프레임에 관한 연구개발이 큰 비율을 점하고 있다. 형재의 3차원 굽힘가공 및 조인트를 중심으로 한 연구가 최근까지 계속되고 있지만 실용화에는 이르고 있지 않다. 강화범퍼는 방대한 설비 투자로 행해져 급속한 Al화가 진행하기 시작했지만 경제적 정체와 함께 Al화의 진전도 정지하고 있다.

단조품의 이용도 마찬가지로 고도의 안정성을 요구하는 서스펜션 아암, 서스펜션 링크, 액슬하우징등의 서스펜션부품을 중심으로 하는 바퀴부위 부품, 혹은 내압성을 요구하는 파워 스테어링 부품, ABS부품 등에 한때 본격적인 Al화의 움직임을 보였지만 현재는 새로운 사례의 출현은 크게 감소하고 있다.

1.2 주물 다이캐스트의 이용

Al합금의 주물 다이캐스트 제품은 종래부터 주철 혹은 그 외의 주강제품 대체에 의한 경량

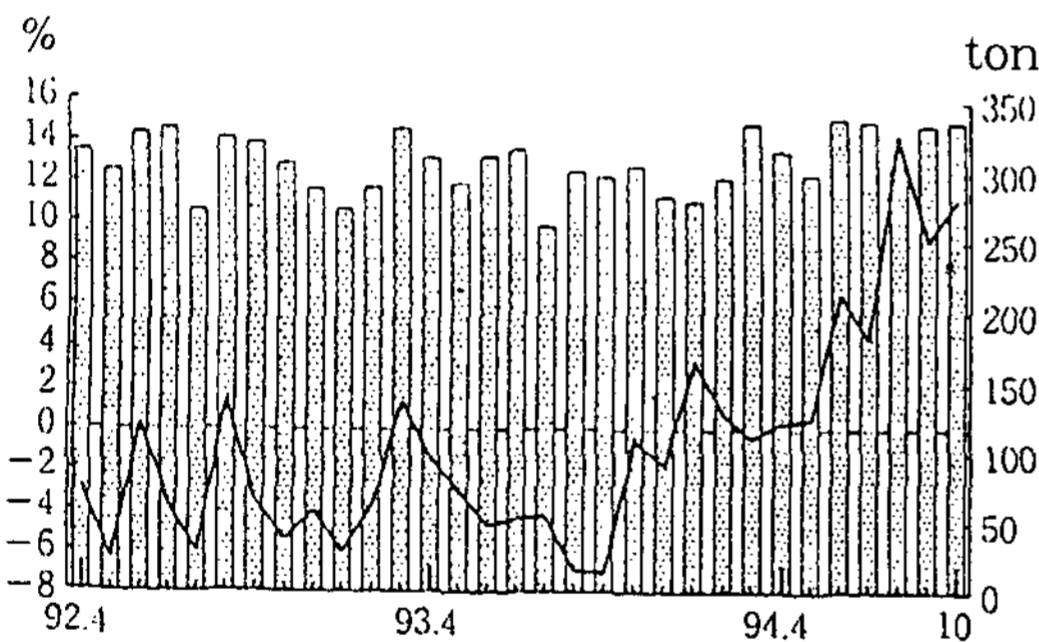


그림 1. 작년 대비 전년도 동월 대비 알루미늄 총수요의 추이

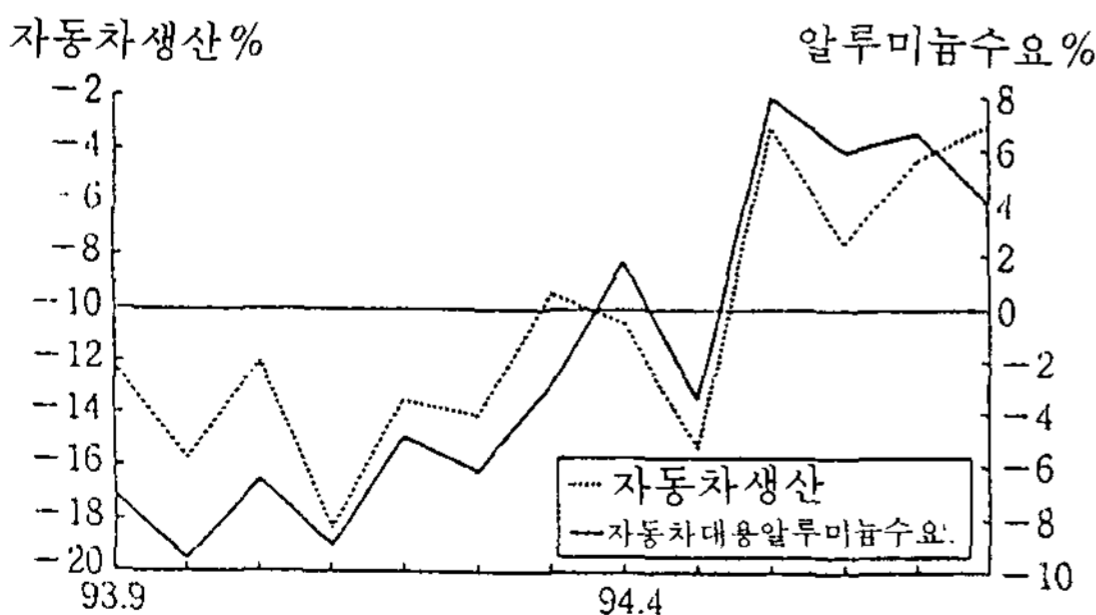


그림 2. 자동차생산과 자동차대용 알루미늄수요 전년도 같은 기간과 비교한 추이

日本輕金屬(株)(1995년도 춘계학술발표 및 기술강연대회에서 강연한 내용임)

화, 나아가 판금 제품의 주물 일체화에 의한 부품 점수, 공수 삭감 등의 이점 때문에 적극적으로 이용되어왔다. 경량화 효과가 큰 부품도 적지 않은 것에서 경제환경의 악화에도 불구하고 비교적 많은 사례가 인정된다.

(파워 트레인관계)

실린더 블록의 Al화는 Al화를 향상에 가장 공헌하고있다고 생각된다. 주철에서의 이행이며 Al 주물 혹은 다이캐스트에 전환하는 것에 의해, 수 10kg 단위의 경량화가 가능하고 경량화 효과가 큰 점에서, 적극적인 전환이 도모되고 있다. 실린더 블록의 제법으로는 저압주조, 보통 다이캐스트, 중압다이캐스트 등 몇가지의 방법이 이용되고 있다. 실린더 블록이 오픈덱키방식이나 혹은 클로즈드덱키방식인가의 선택에 의해 제법도 다르며, 진동, 소음이 적은 클로즈드덱키방식의 경우에는 모래 core사용의 필요성에서 저압주조 혹은 중압다이캐스트가 이용되며, 오픈덱키방식의 경우에는 생산성이 우수해 경제적인 보통다이캐스트가 이용된다. 중압다이캐스트의 이용, 보통다이캐스트라도 사용할 수 있는 core의 개발 등에 의해 전체적으로는 경제성이 높은 다이캐스트를 이용하는 방향으로 움직이고 있다. 라이너레스 실린더 블록은 복합재를 이용한 예가 일부에 확인되는 이외, 일반적이지는 않다.

엔진 마운트 블라켓트는 진동이 큰 엔진을 지지하는 중요한 역할을 진 부품인데 최근 수년 급속히 Al화되어왔다. 스퀴즈 캐스트, 금형주조라 과 하는 고품질 주물의 제조 프로세스가 많이 이용되고 있다.

실린더 헤드에 대해서는 승용차 관계는 거의가 이미 Al화는 완료하여 성능의 향상, 생산성의 향상 등이 검토대상이 되어있다. 꽤 이전부터 Al화되어 있는 피스톤, 록 아암등에 대해서는 특히 큰 변화는 확인되지 않는다. 인데이크 매니홀드도 이미 Al화가 완료했지만 일부 플라스틱에의 이행이 보인다. 현상으로는 이들은 저압주조, 금형중력주조로의 제조가 많지만 사형주조의 활용도 볼 수 있다.

트랜스 미션관계부품에 대해서는 하우징을 중심으로 다이캐스트에 의한 Al화가 이미 완료하였다. 하우징, 쉬프트 후크, 펌프류(AT차)를 비롯 많은 구성부품에 다이캐스트제품이 이용되고

있다.

(바퀴주변 관계)

휠은 이미 최근 수년 생산량이 담보상태이다. Al휠 장착율이 높은 고급차종이 감소한 것, 경제성 우선에서 Al휠의 사용을 피한 것, 통상 사이즈의 휠에 대해서는 수입물이 증가하여 국내생산품의 사용이 억제되고 있는 것등의 이유에 의한 것으로 생각된다.

휠 이외의 바퀴주변 부품 중에서 가장 Al화에 힘을 주고 있는 것은 서브프레임(서스펜션멤버, 크로스멤버)일 것이다. 양산 고급차종에 대하여 저압주조품을 채용하는 예가 보이고 나서 몇가지의 차종에서 Al화되고 있다. 금형주조, 저압주조, 스퀴즈 캐스트 등도 이용되고 있다. FR차에 필요한 디프렌셜 기어 캐리어 커버에 대해서도 다이캐스트에 의한 Al화 예가 보인다.

(그 외)

카 에어컨용 콤프레셔관계 부품의 Al화도 이전부터 진행되고 있다. 진동, 소음이 작은 스크롤형 콤프레셔의 등장에 수반하여 주철에서 Al 주물로 이행하여 스퀴즈 다이캐스트품의 이용이 많아지는 경향에 있다. 카 에어컨용 콤프레셔에는 많은 타입이 있지만 종래 단조품이 많이 사용되었던 부품을 주물 다이캐스트품으로 바꾸어 가격인하를 도모하는 경향도 많이 보인다. 이 경우 고도의 내마모성이 요구되는 경우에는 A390계의 고Si합금이 이용되는 경우가 많다.

브레이크 캘리버 하우징의 Al화도 서서히 진행하고 있다. 금형주조, 스퀴즈다이캐스트가 이용되고 있다. ABS 바디도 종래는 단조품이 주체였지만 스퀴즈 다이캐스트에의 전환이 진행하고 있다.

2. 주물 다이캐스트제조기술의 동향

국내외에서의 경쟁력 확보를 위해 국내각사에서는 생산공정에 있어 자동화, 성에너지 혹은 성인화, 무인화, 라인의 효율화, 생산시스템의 개선 등에 노력하여 가격저감을 도모하고 있지만 엔고의 영향은 극히 커서 생산거점의 해외이전을 촉진하여 많은 문제를 일으키고 있다. 이와같은 환경 하이지만 주조관련 기술에 관해서는 활발한 움직임이 보인다. 이하에 관계 각분야에 있어 주

된 문제, 동향을 기술한다.

2.1 용해 용탕처리기술
(용해로)

양산라인에서 사용하는 집중 용해로는 오일 쇼크이후, 그때까지의 반사로형의 로에서 열효율이 높고 생산성도 좋은 큐포라형의 급속용해로(그림 3)에의 전향이 진행되어 현재로는 거의가 새로운 형으로 치환되었다. 단열재의 이용 보급이 용해로만은 아니고 각종의 용해 주조설비에 효과적으로 이용되고 있다. 적은 양의 생산으로는 열효율, 조작성이 좋은 소형 연속용해유지로의 보급이 현저한데, 특히 용탕품질에 중점을 두고 제품으로는 종래부터의 도가니로 2기를 교대로 이용하는 방식의 것도 계속적으로 인기가 있다.

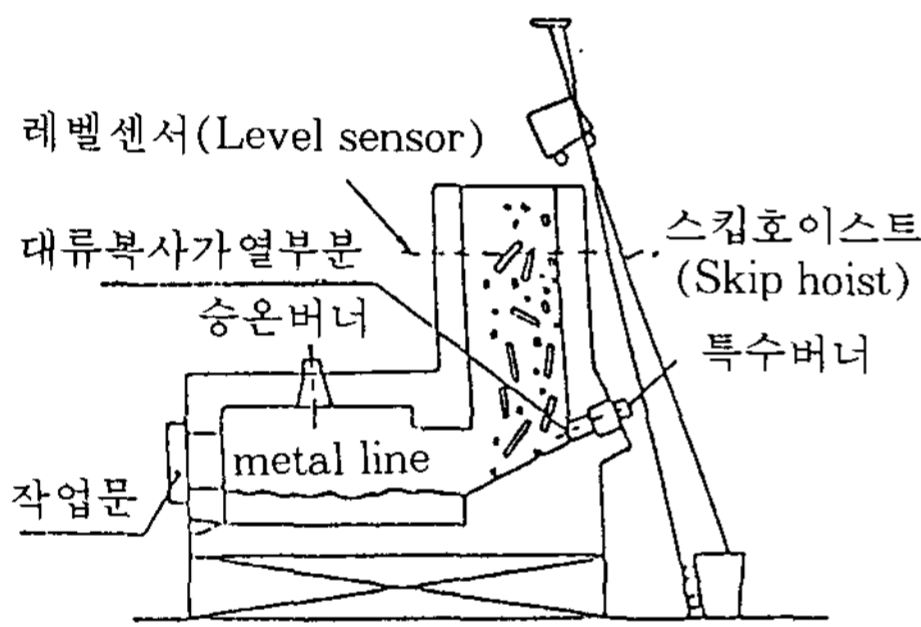


그림 3. 급속 용해로의 개념도

대형 반사로에서의 용해로는 종전부터 진행되었던 버너 성능의 향상, 레큐페레이터의 설치, 연소관리등에 의한 열효율의 개선과 함께, 전자력에 의한 용탕각반이나 진공에 의한 용탕흡입 배출을 이용한 각반장치도 보급하여, 열효율개선과 함께 생산성 향상, 품질향상, 작업환경의 개선 등 많은 효과를 가져오고 있다. 전자식 혹은 기계식의 용탕펌프로 스크랩이나 절삭칩 용해 등에서의 산화손실을 저감시키는 방법도 많이 이용되게 되었다.

종래의 AI용해 주조의 이미지를 일신하는 용해방식도 검토되고 있다. 즉 고주파나 저주파 등의 급속가열, 급속용해가능한 장치를 이용하여 1주조 분씩의 용해를 행하는 방법이다. 실현하면 작업환경을 포함해 주물공장이 기계공장에 약간 가까운 상태가 되는 것도 예상된다.

(배탕)

포크 리프트에 부착된 래들에 의한 용해로에서 유지로에의 배탕이 일반적이지만 용해로와 유지로를 수평통으로 연결한 배탕시스템(롱다 시스템)이 일부에서 이용되기 시작하고 있다. 산화물의 발생이나, 가스의 흡수를 억제하여 용탕품질을 향상시킴과 함께 배탕작업을 없애는 것에 의한 자동화 성인화가 추진할 수 있는 특징이 있다.

(탈가스 가스량 측정)

회전익에 의한 탈가스가 주물용으로서 실용화되고 나서 10년 가깝게 된다. 현재로는 완전히 AI업계에 융화하여 필수품이 되어있다. 이 방법은 종전부터의 라인에 의한 탈가스와 비교해 극히 단시간에 더욱이 낮은 가스량까지 탈가스할 수 있다(그림 4, 5)[2,3]. 종전 방법으로는 수소량을 0.2ppm이하로 하는 것은 용이하지 않았지만, 회전익을 이용한 방법으로는 몇분이내에 0.1ppm가까이 까지 탈가스할 수 있다. 이 때문에 용해로에서 유지로에 배탕하기 전이나 유지로 중에서도 단시간으로 효율 좋은 탈가스가 가능하게 되어 생산성 품질향상에 크게 기여하고있다. 일본에서는 여름철에 습도가 높아지고 충분한 탈가스가 곤란한 것을 고려하면 극히 큰 의미가 있었

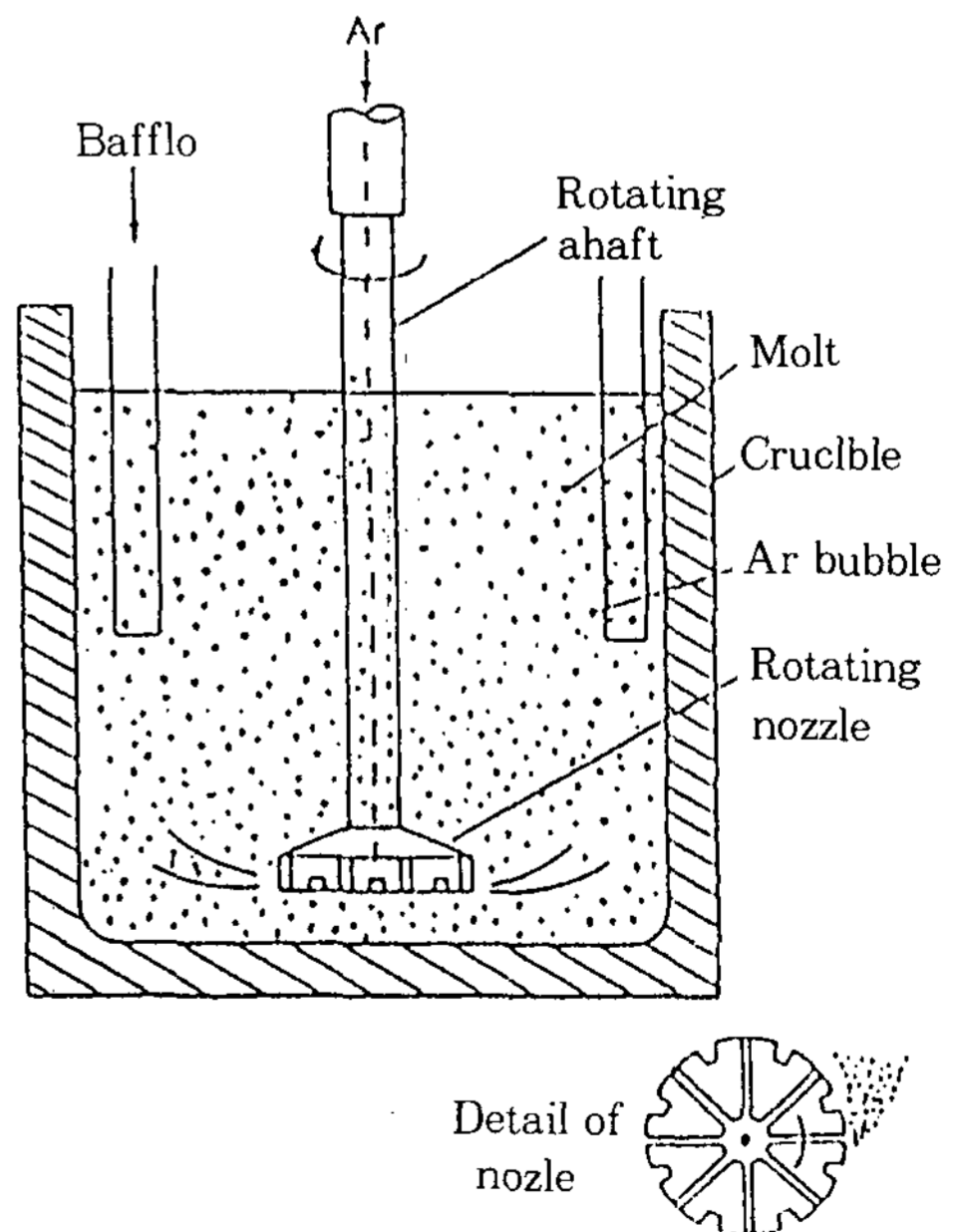


그림 4. 회전날개를 이용한 탈가스 장치의 개념도

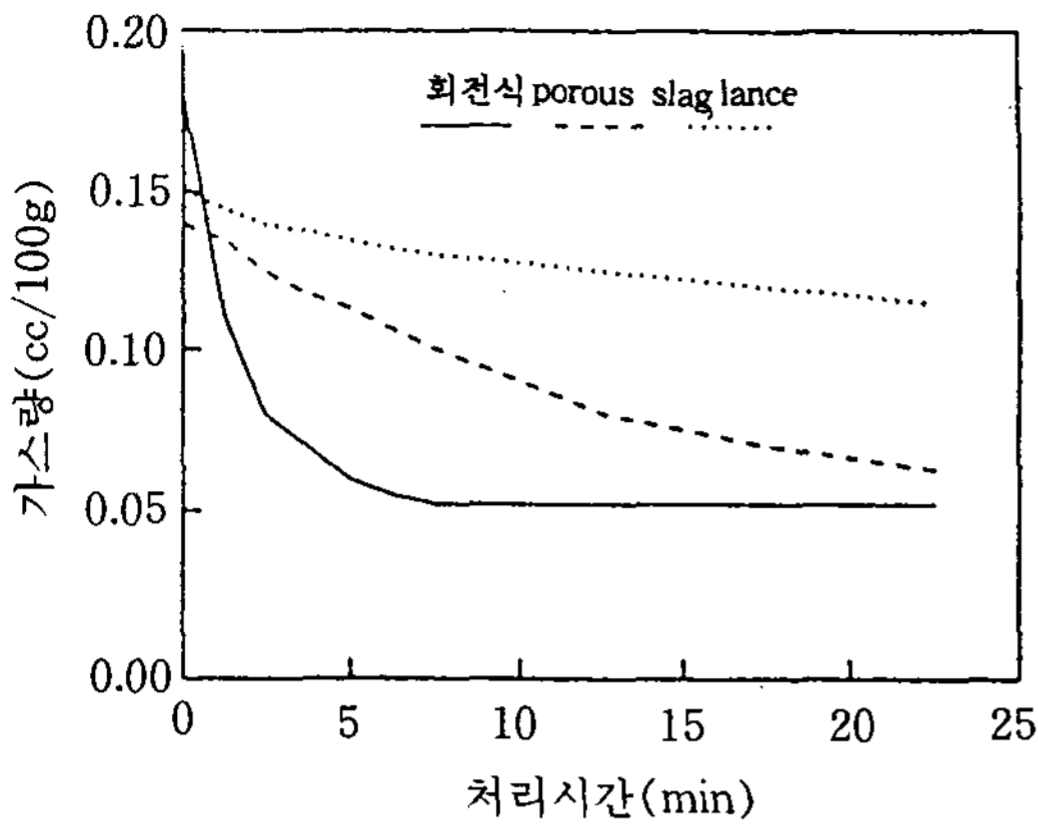


그림 5. 가스 흡입 방법에 따른 탈 가스 특성의 비교(용탕량 200kg)

던 것도 고려된다. 지금까지의 회전식에 의한 탈 가스로는 역의 회전방향이 일방향이며 경우에 따라서는 소용돌이의 발생에 의해 부상 분리한 개재물의 일부가 혼입되는 예가 보였다. 이것을 개량하기 위해 회전방향을 주기적으로 변화시키는 방법도 나타났다.

종래의 초기 바블법, Telegas법, 감압응고법등에서는 측정시간이 수분간 이상은 필요하며 확산속도가 빠른 수소가스의 거동을 충분히 추적하는 것은 할 수 없었다. 근년 프로톤도전성 세라믹에 의한 수소가스측정법이 개발된 것에 의해 거의 실시간으로 수소가스의 변화를 알 수 있게 되었다[4].(그림 6, 7)

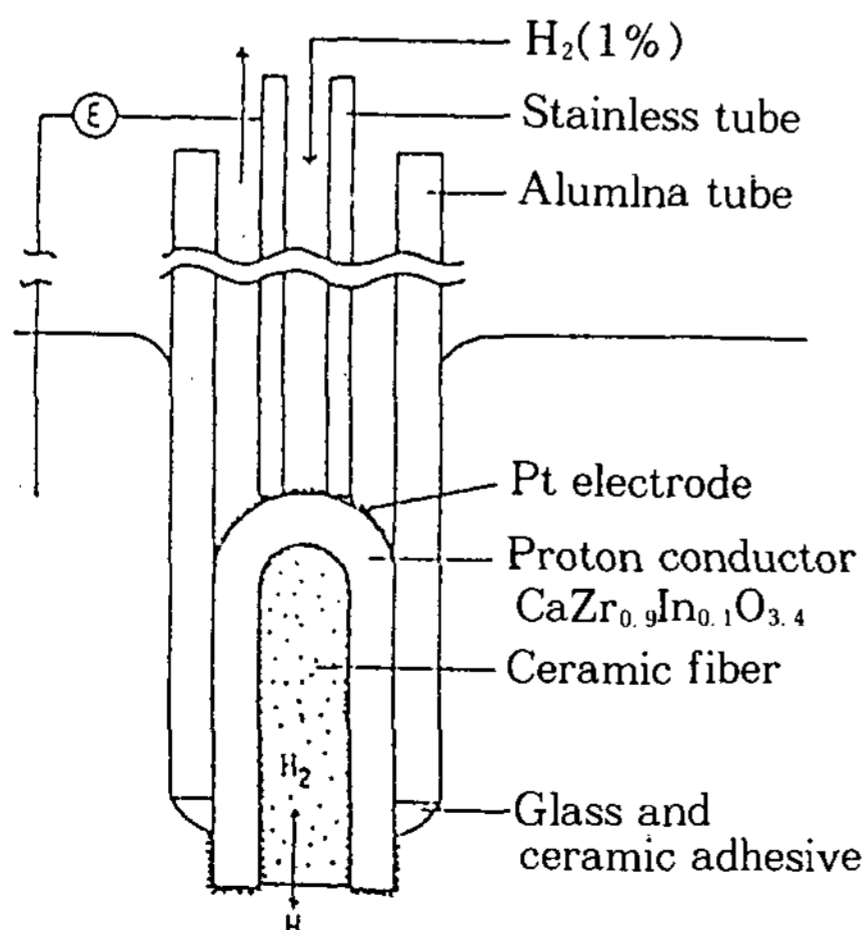


그림 6. 용융 알루미늄용 수소센서의 구조

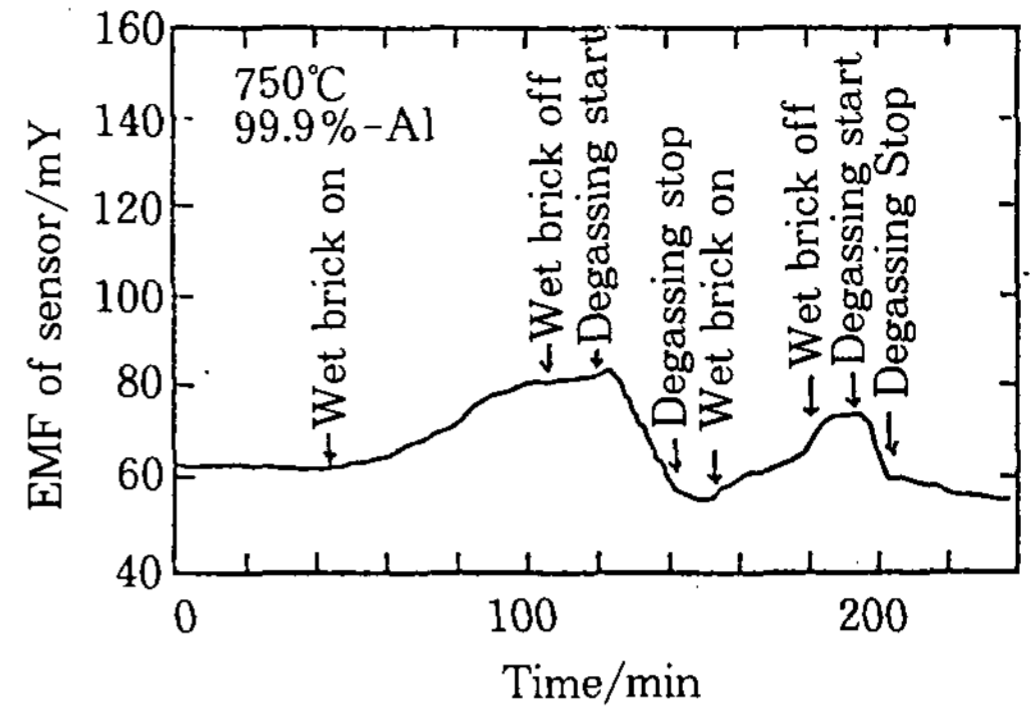


그림 7. 750°C의 알루미늄 용탕에 있어서 수소 센서의 응답거동

(개량처리)

Na에 의한 개량처리로는 불안정한 잔류량, 단 시간에서의 소모, 도가니의 수명단축등의 결점이 있으며, 다른 개량방법을 구하는 움직임이 강하다. 10년 정도전에 첨가가 용이하며 감소도 적은 Sr에 의한 개량이 주목받아 실용화에 향해 많은 시험이 행해졌지만 Sr첨가용의 모합금에 문제가 있어 1차 중단상태가 되어있다. 근년 모합금이 개량되어 실용화가 급속히 계속 추진되고 있다.

Sr에 의한 개량처리로는 모합금에 관한 문제점은 해결되었지만 더욱 불명한 점이 남아있어 문제해명을 위하여 많은 연구가 행해지고 있다 [5,6,7]. 주된 문제점으로는 1) Sr첨가용탕이 가스를 흡수하기 쉽고, 기포를 발생하기 쉽기 때문은 아닌가, 2) Sr에 의한 개량으로는 Na과 같은 수축공과 같은 분산효과가 얻어지지 않는 것은 아닌가라는 2가지를 들 수 있다. 최근의 결과로는 Sr에 의한 개량은 상기와 같은 가스흡수경향과 기포발생경향, 약한 shrinkage의 분산경향이 있는 것이 명확히 되고있으며, 이들의 특징을 고

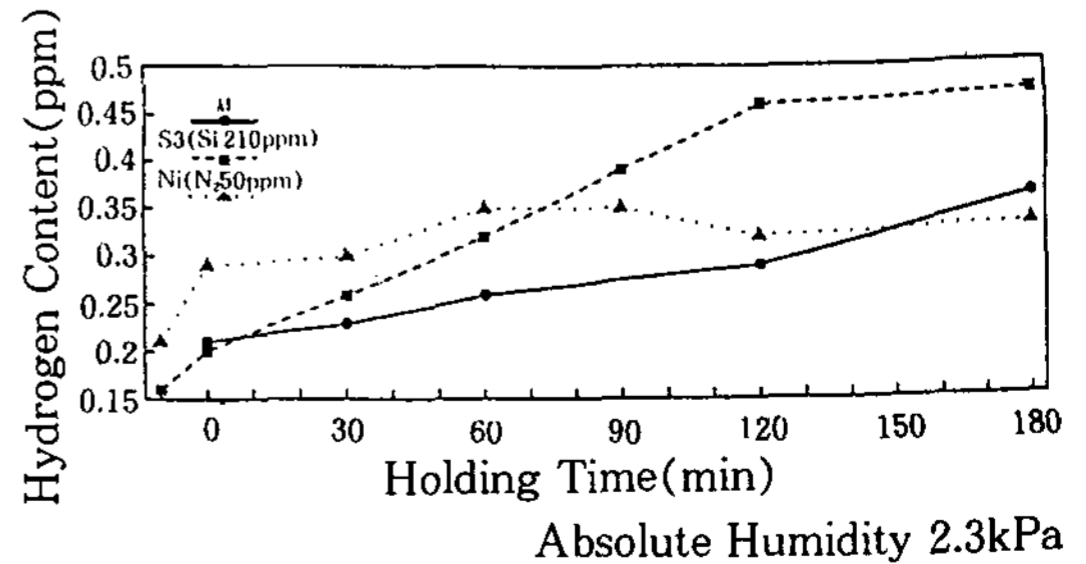


그림 8. AC4CH합금용탕 보지 중의 가스흡수 (Al : 개량처리 않함 S3 : Sr개량 NI : Na개량)

려하여 사용하는 것이 필요하다는 결론이 얻어지고 있다.(그림 8, 9)

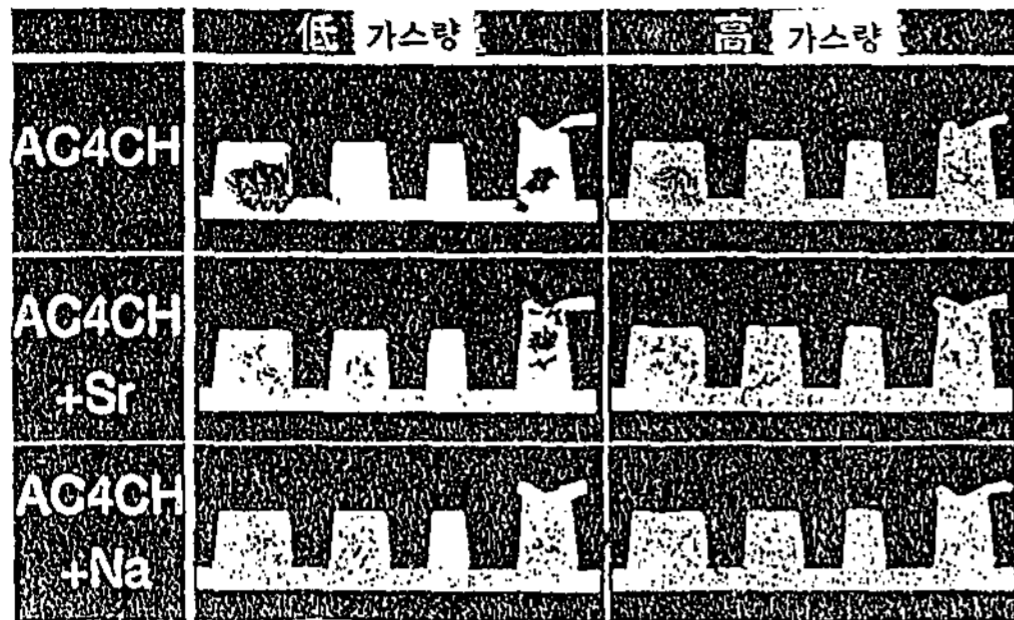


그림 9. 개량처리에 따른 수축공의 비교

(열분석에 의한 용탕품질평가)

Na, Sr등에 의한 개량처리의 불안정성은 늘 문제가되고 있기 때문에 로전검사로서 판단할 수 있는 것이 요구된다. 또 저가격의 재료를 사용하는 기회가 많아짐에 따라 통상의 합금에서도 지그간, 용해로트간등에서의 용탕품질의 차가 문제가 되는 것이 많아지고 있으며 용탕품질의 평가를 간편하게 할 수 있는 방법이 바람직하다. 이

것에 응하는 방법으로 열분석에 의한 용탕의 평가가 본격적으로 실용화되는 경향에 있다. Na나 Sr의 첨가에 따른 공정온도의 변화를 검지하여 판단하는 방법도 이미 이전부터 실시되고 있다. 현재는 컴퓨터에 의한 냉각곡선에서의 주요특성의 자동판도에 의한 열분석이 이용되게되었다. 결정입도의 예상등도 포함하여 금후는 용탕품질의 관리수단으로의 이용이 많아져갈 것으로 예상된다.

2.2 주조기술

(저압주조관계)

저압주조는 주물생산량의 약 50%를 점하여 가장 많다. 눈에 띄는 개량은 없지만 비교적 싼 설비투자로 다양한 제품에 대응할 수 있는 것, 턴 테이블방식의 채용등을 양산에도 충분히 대응할 수 있는 것등의 특징으로 중소물, 소로트물등을 중심으로 이용되고 있다.

사형주조의 분야에서는 로스트폼에 의한 자동차부편의 양산이 국외에서는 본격화하여 인테이크 매니홀드, 실린더 헤드, 실린더 블록등이 양

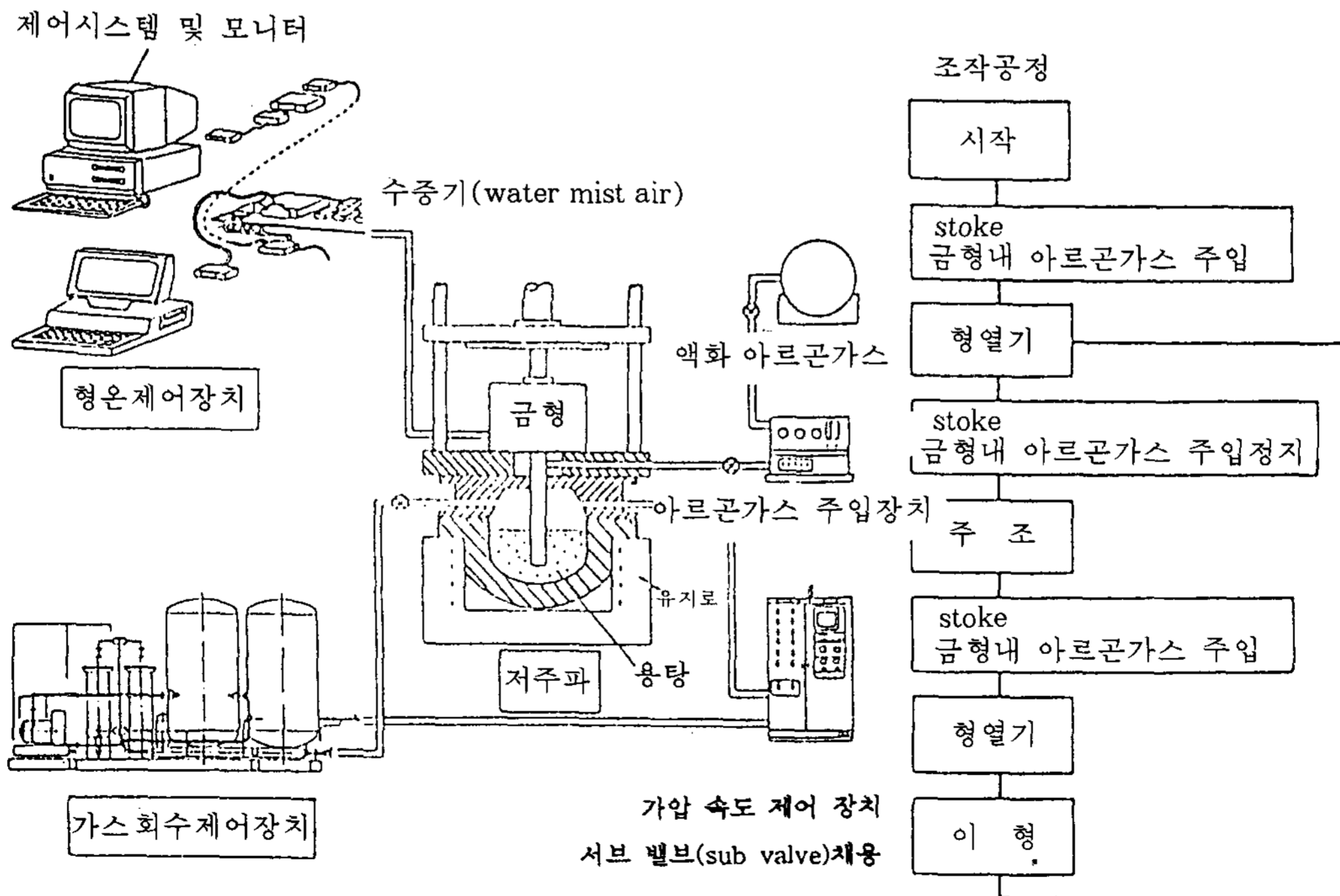


그림 10. 산화물 대책을 시행한 저압 주조의 예

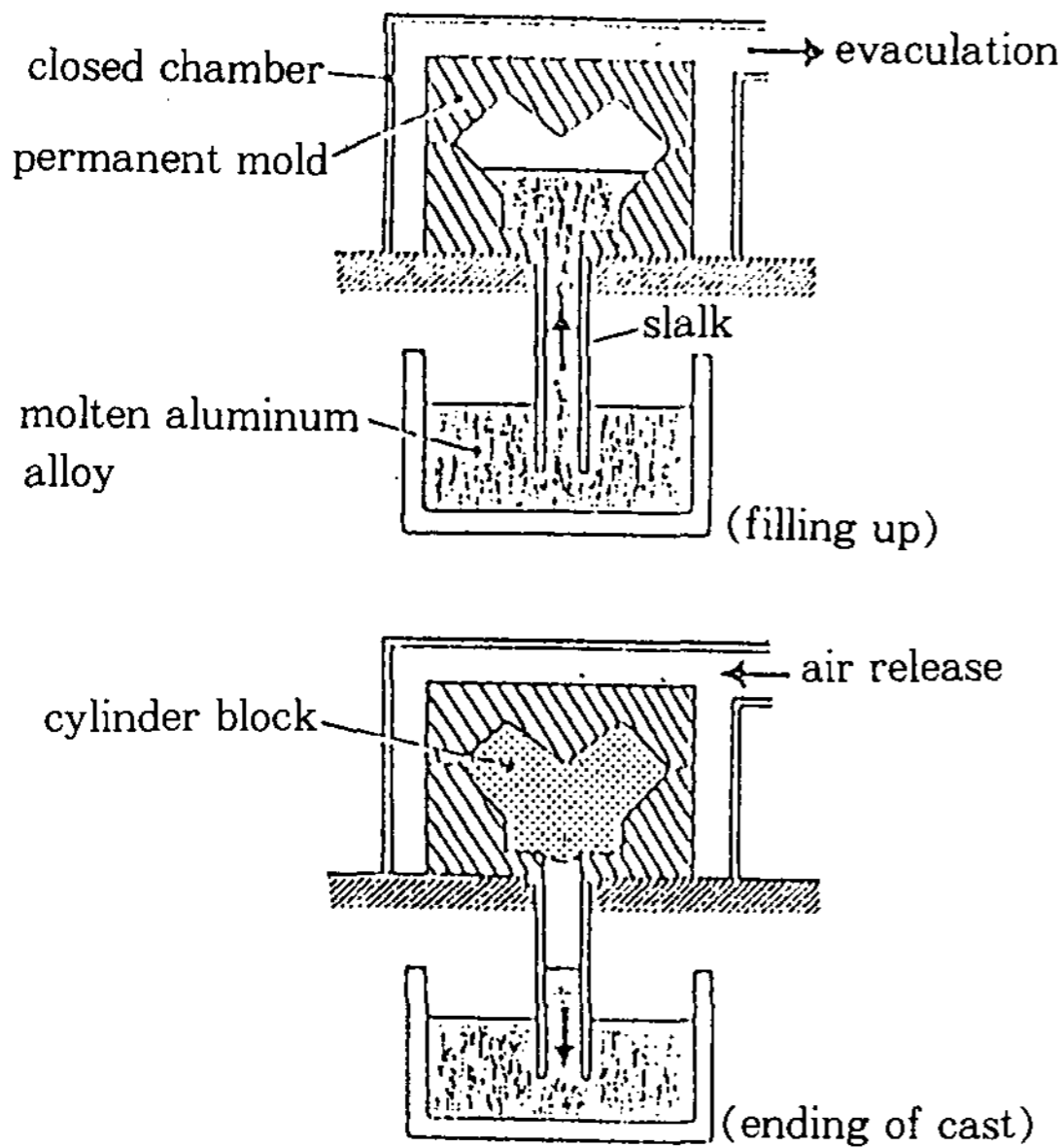


그림 11. 감압 흡인 주조의 개념도

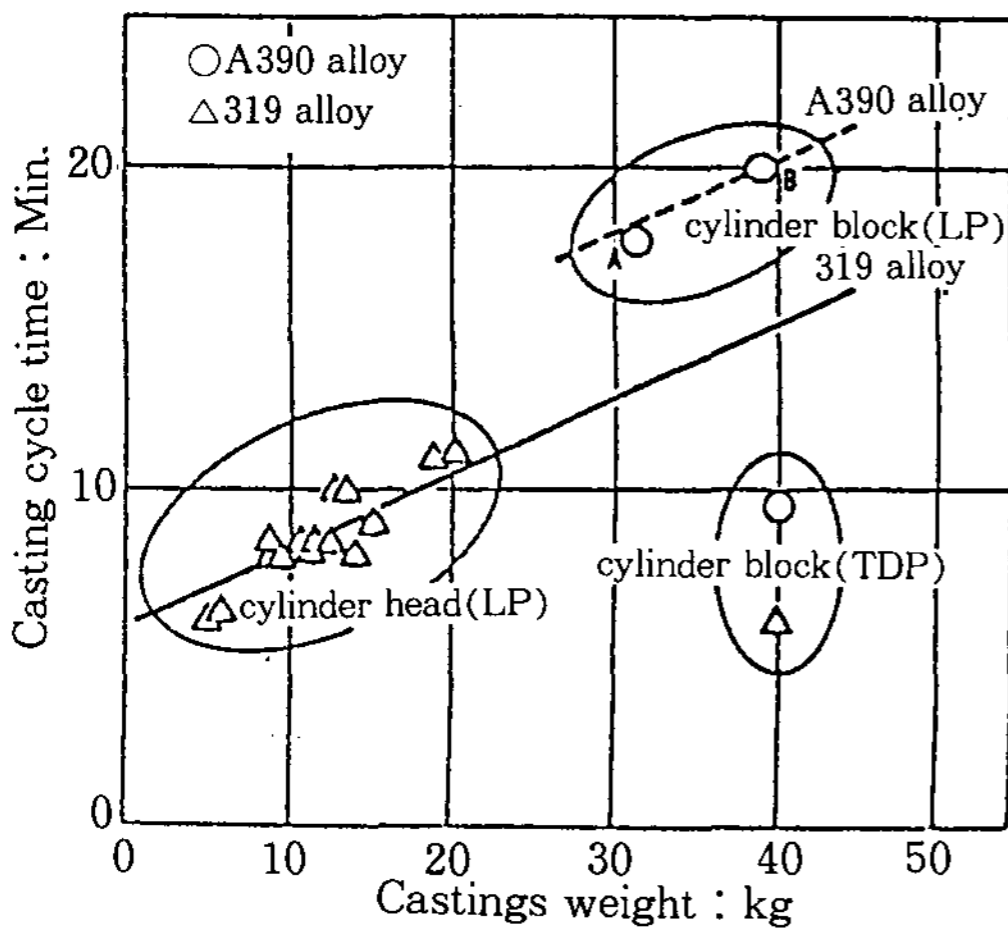


그림 12. 주물 중량과 주조 사이클의 관계(TDP : 감압 흡인 주조)

산되고 있으며 국내에서도 이륜차부품등에서 이용되고 있다. 자동화에 의한 가격감소의 방법으로 검토되고 있다. V프로세스에 의한 일체주조 보드선체의 제조는 종래 건축관계가 중심이었던 이 방법의 새로운 수요를 개척한 것으로 주목된다.

(다이캐스트 중·고압주조관계)

중압다이캐스트의 실용화가 비교적 새로운 기

술이라 말할 수 있다. 다이캐스트용 붕괴성 코아의 개발과 주조압력콘트롤에 의해 종래 코아를 사용할 수 없었던 다이캐스트를 금형주조, 저압주조등과 같은 수준으로 올린 것은 큰 의의가 있다. 전자펌프에 의한 용탕공급기술도 이들의 주조기술개발과 함께 본격적으로 이용할 수 있게 되었다.

고압다이캐스트에 있어서는 열처리에 의한 금형수명의 개선, 분체이형제와 도포기술등도 최근 화제가 되었는데 로봇트를 이용한 자동화, 진공이용, 부분가압등의 각종기술이 착실히 보급하여 품질, 생산성을 향상시키고 있다.

2.3 해석·계측기술

(해석기술)

PC, EWS 수준에서의 응고해석의 이용도 본격화했다. 최근에는 다이캐스트의 용탕흐름등을 대상으로 한 유동해석소프트웨어의 시판도 시작되어 시뮬레이션기술도 통상의 설계, 개발, 생산의 보조수단으로 본격화하고 있다.

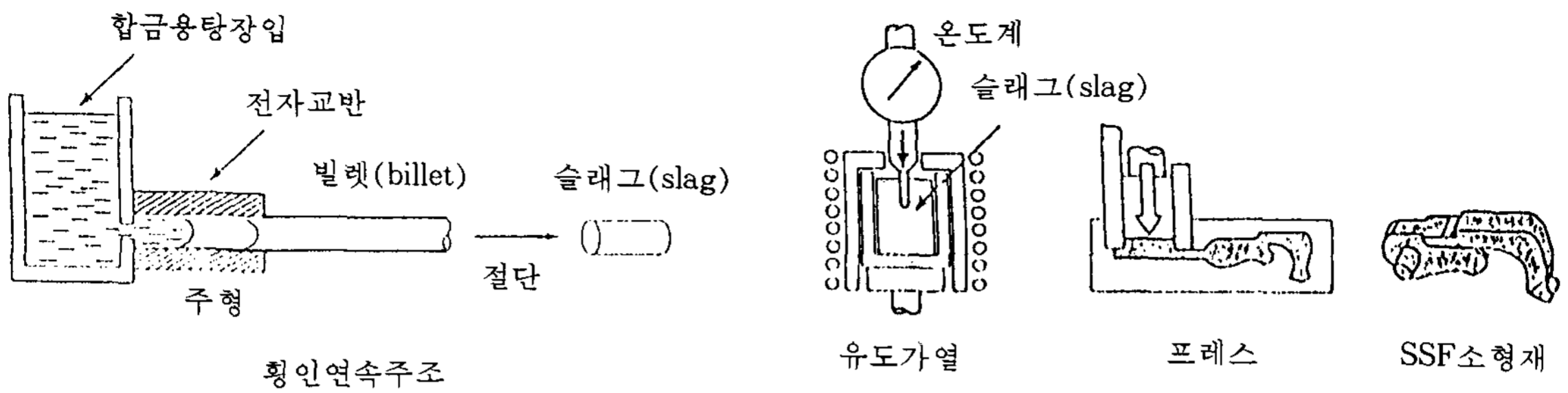
(계측장치)

제품 외관에서 판단할 수 있는 형상불량등에 대해서는 자동검사장치가 개발되어있지만, 수축공, 균열, 그 외의 주조결함의 자동판별은 실용화 예가 그다지 없다. 그러나 X선 CT스캔, 초음파 CT스캔, 마이크로X선, 적외선온도측정 등 여러가지 수단의 응용이 진행되고 있기 때문에 검사의 자동화도 착실히 진전할 것이다.

2.4 새로운 성형기술

주조 단조는 분류상은 단조에 포함해야할 프로세스이지만 주조기술이 큰 의미를 가진다고 말하는 점에서는 그 전개를 주목해야 할 것이다.

MIT의 Flemings교수에 의해 개발된 SSF (Semi-solid Forging)법은 특별히 만들어진 조직 제어된 주괴를 유동 가능한 반용융상태까지 가열하여 주형공간에 압입 성형하는 방법이다(그림 13). 응고수축이 적기 때문에 결함이 적고 치수정밀도가 양호하며 미세 균일한 조직이기 때문에 우수한 기계적 성질을 나타낸다. 구미에서의 실용화를 따라서 국내에서도 실용화 단계에 들어갔다.



횡인연속주조

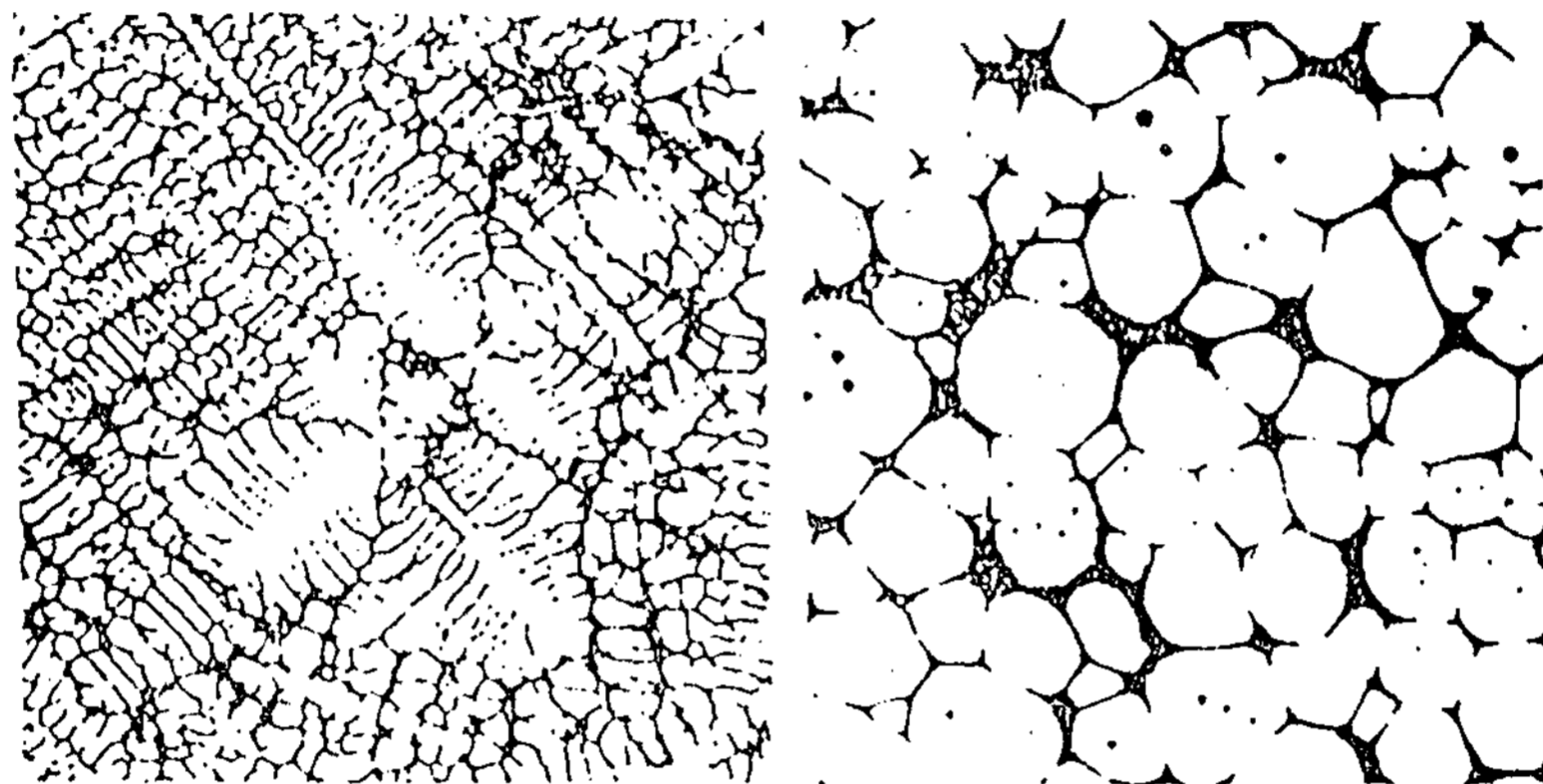


그림 13. SSF 프로세스와 조직 변화(왼쪽 : 통상 주물 오른쪽 : SSF제품)

3. 주물 다이캐스트 품질의 향상

Al합금에 의해 경량화를 도모하려고 하면 그 건전성이 중요해진다. 만약 결함이 많고 기계적 성질이 떨어지면 충분한 경량화를 달성할 수 없다. 따라서 양호한 용탕 품질을 유지하는 것은 중요한 의미를 가진다. 한편으로는 경기정체 혹은 가격경쟁의 격화에 따라 가격감소의 요구가 강해지고 있다. 이것에 따라 사용원재료의 저품질화를 강요당해, 용탕품질의 열화, 불량품의 증가 등의 문제가 많아져 대응이 요구되고 있다. 여기서는 주물 다이캐스트의 품질향상에 대해서 주로 용탕품질의 면에서 검토를 더해 본다.

주물의 품질에 영향을 주는 용탕품질관계의 요인은 수많이 있지만 정리 요약하면 1) 온도, 2) 성분(불순물을 포함), 3) 가스함유량, 4) 개재물 함유량이 될 것이다. 각각이 가지는 의미를 충분히 이해하여 가능한 한 정량적으로 영향을 파악하여줄 필요가 있다. 여기서는 가스의 영향, 개재물의 영향, 미량성분등의 영향에 대해서 기술

한다.

3.1 가스의 영향

가스량의 증가는 주물의 기포를 증가시켜(그림 14, 15), 신장율, 충격치, 피로강도등의 기계

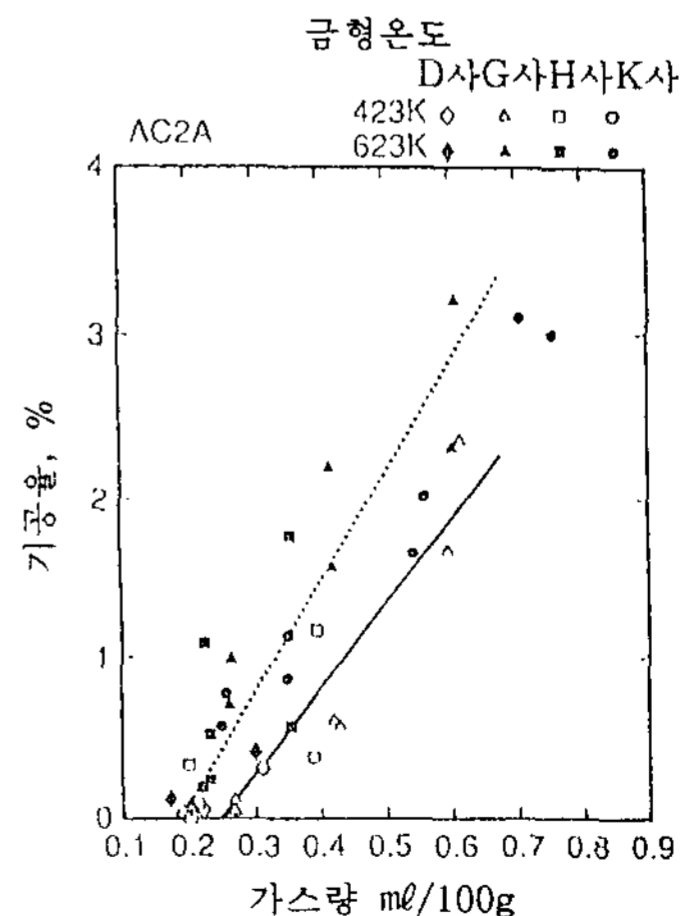


그림 14. AC2A합금 금형 시험편 주물에 있어서 용탕중의 가스량과 기공율과의 관계

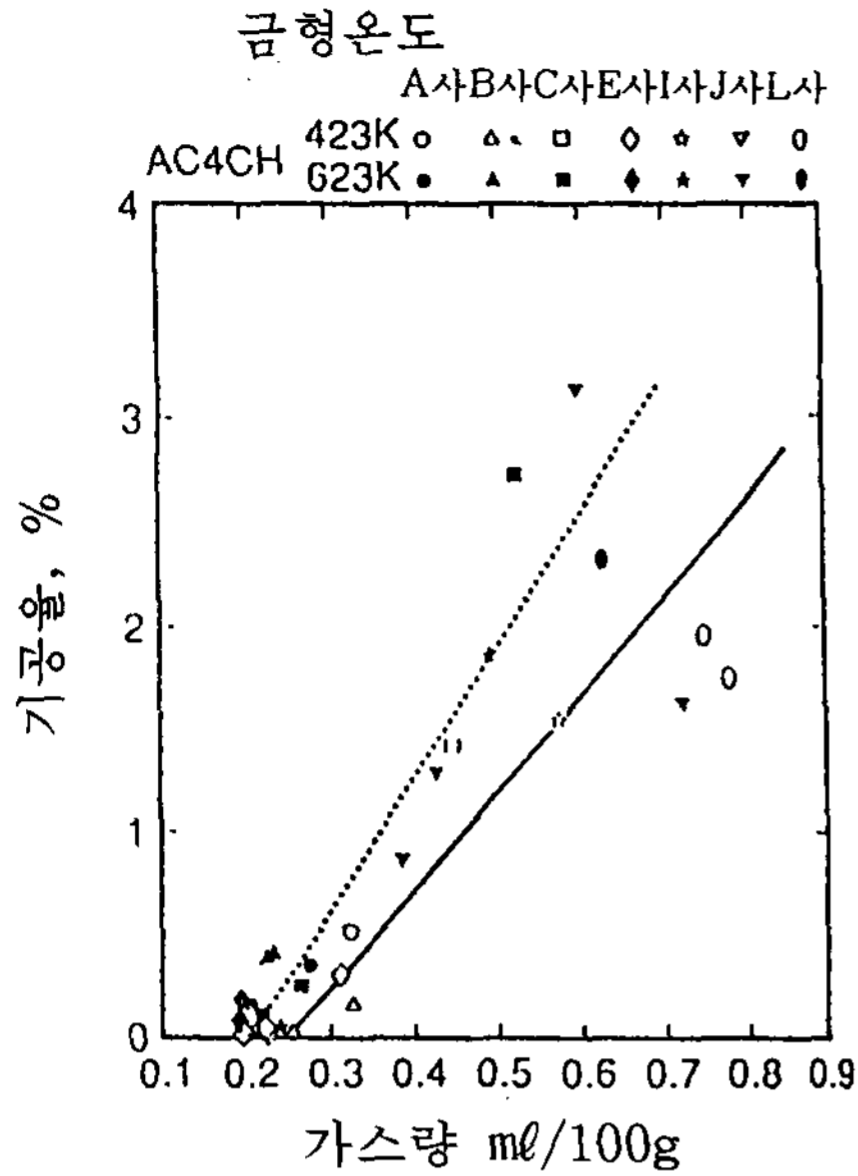


그림 15. AC4CH합금 금형 시험편 주물에 있어서 용탕중의 가스량과 기공율과의 관계

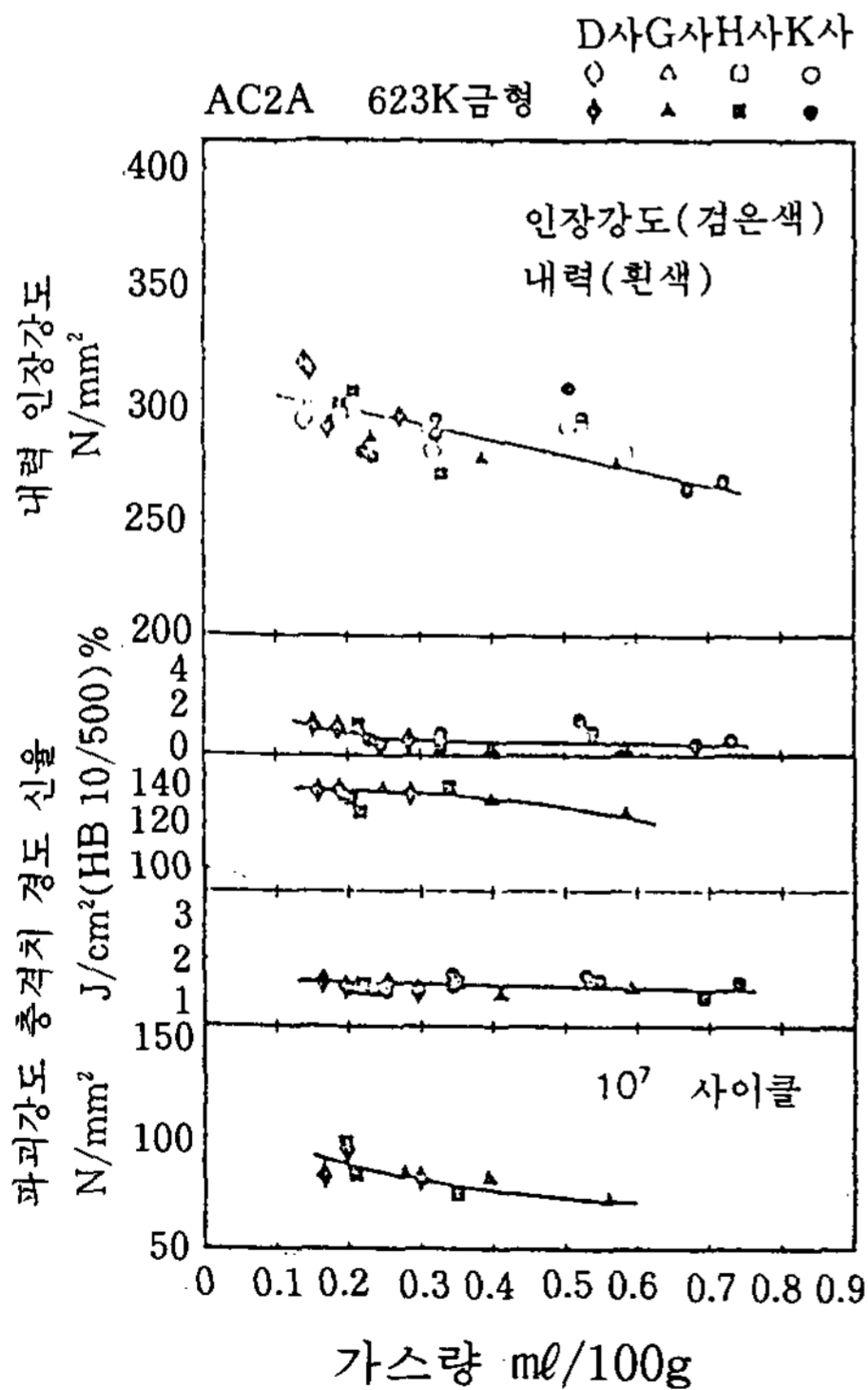


그림 16. AC2A합금의 가스량과 금형 주조 시험편의 기계적 성질과의 관계

적 특성의 저하를 초래한다(그림 16, 17)[10]. 기포발생의 한계가스량(가스허용한)은 합금종류, 냉각속도(응고시간)에 의해 다르다(그림 18) [11]. 따라서 대상으로 하는 합금의 가스허용한

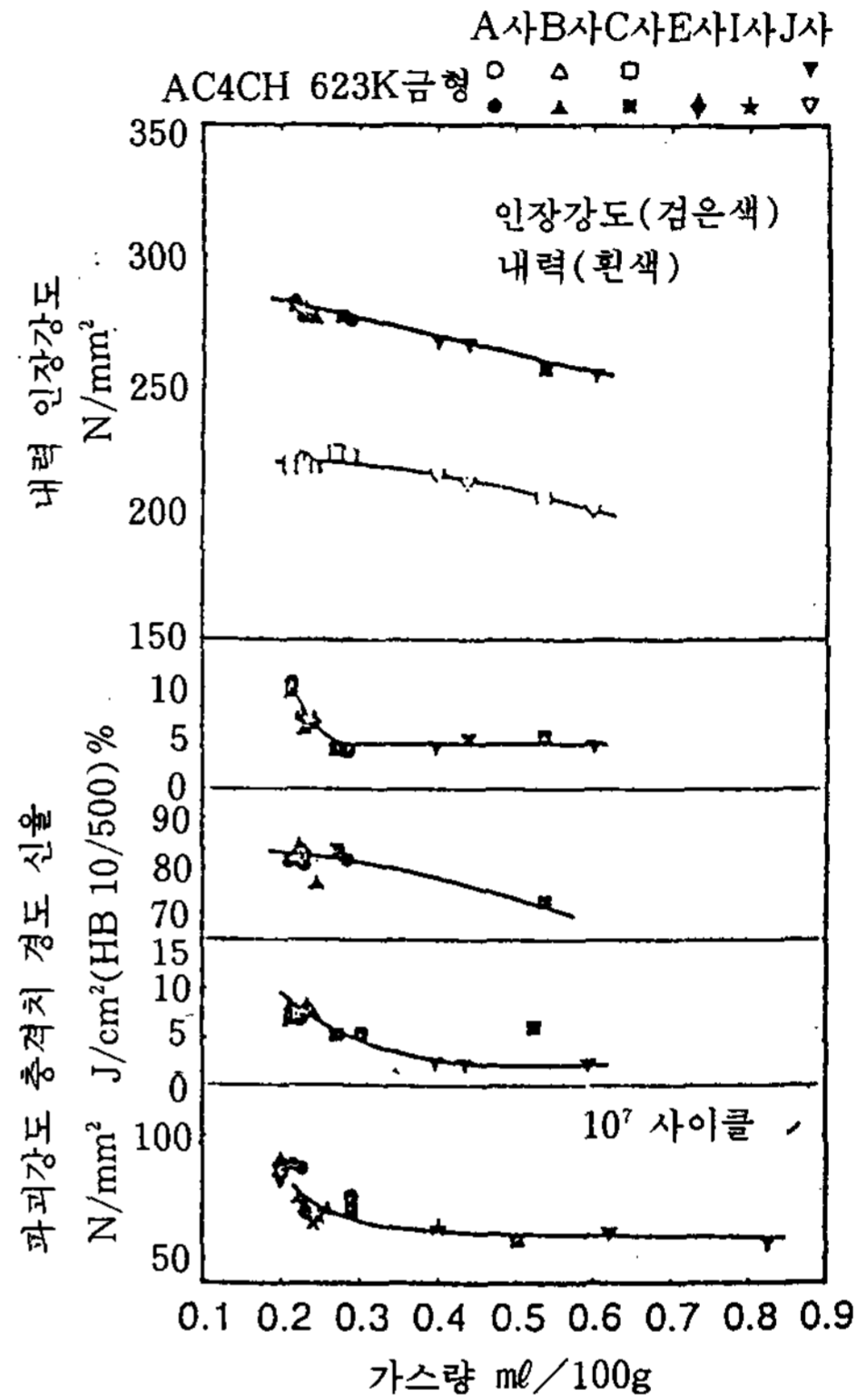


그림 17. AC4CH합금의 가스량과 금형 주조 시험편의 기계적 성질과의 관계

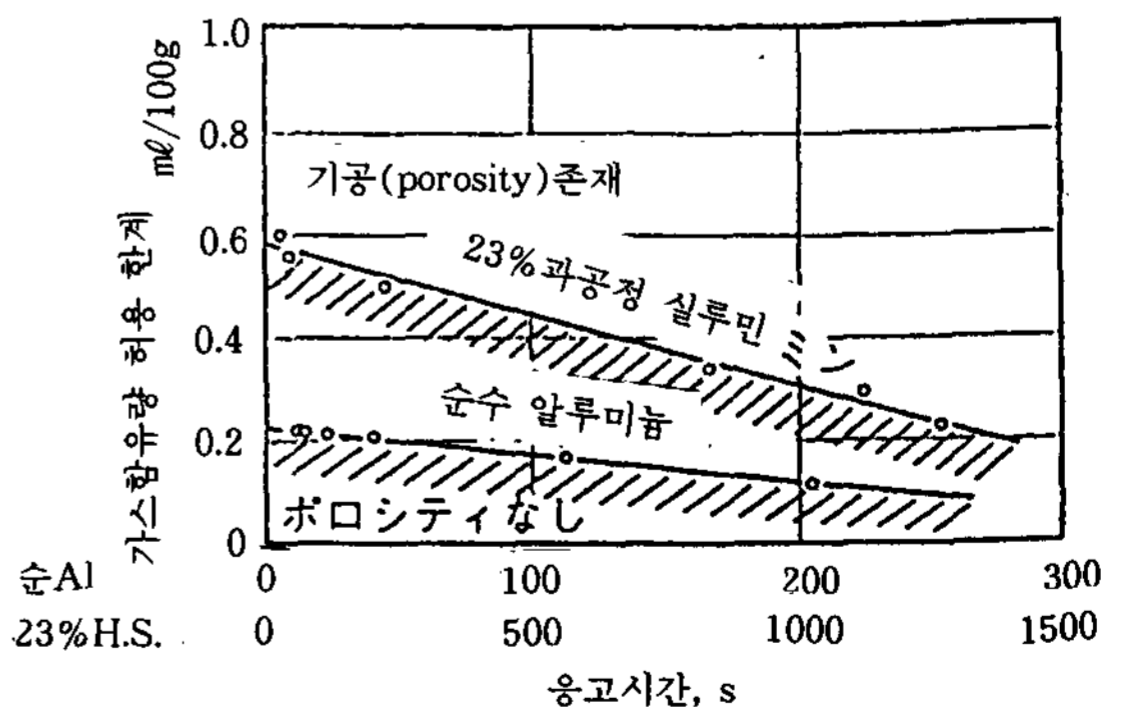


그림 18. 순 알루미늄 및 23% 과공정 실루민(hyper silumin)에 있어서 용탕 가스함유량의 허용 한계(응고 시간은 순수한 알루미늄일때는 993→923K 과공정 실루민일때는 1073→773K 까지의 소요시간을 표시한다.)

을 조사해 주물의 응고시간에 대응한 가스허용한 이하로 탈가스처리를 실시한다. 가스량의 측정도 신속, 정확히 행해 두는 것이 필요하다.

3.2 개재물의 영향

산화피막등의 개재물은 주물의 기계적 성질을 대폭으로 저하시킨다(그림 19)[12]. 특히 신장율, 충격치, 피로강도에의 영향은 크다. 또 산화마그네슘, 스피넬 혹은 알루미나등의 입상 개재물의 혼입은 하드 스폿트가 되어, 절삭시에 큰 문제를 발생한다. 피막상의 개재물은 탈가스나 flux에 의한 탈slag처리로 감소시키기 쉽다. 입상의 것으로는 분리가 불충분하고 필터등의 이용이 필요해지는 경우도 있다.

개재물의 측정법에는 필터를 이용한 방법도 있지만, 노전관리로서는 K 몰드(그림 20)법이 적당할 것이다. 일반적으로 개재물의 증가는 산소, 가스, 기포의 증가를 수반한다(그림 21)[12]. 통상은 개재물로서는 산화피막의 혼입이 가장 많다. 용해원료의 증량에 대한 표면적이 큰 편이나 절분등에서는 특히 많아지기 쉽다(그림 22). 한번 용탕에 들어간 개재물은 유지, 탈가스, 탈슬래그등에 의해 감소하지만(그림 23), 유지로에의 배탕, 주조 중에 다시 증가하는 것도 많다(그림 24)[11].

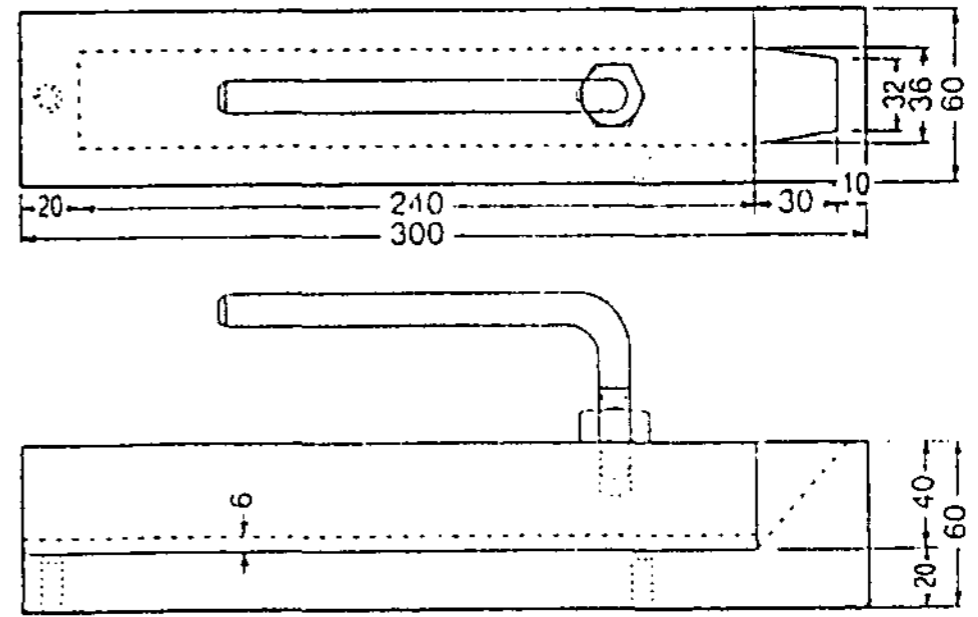


그림 20. K몰드(mold)의 형상, 치수

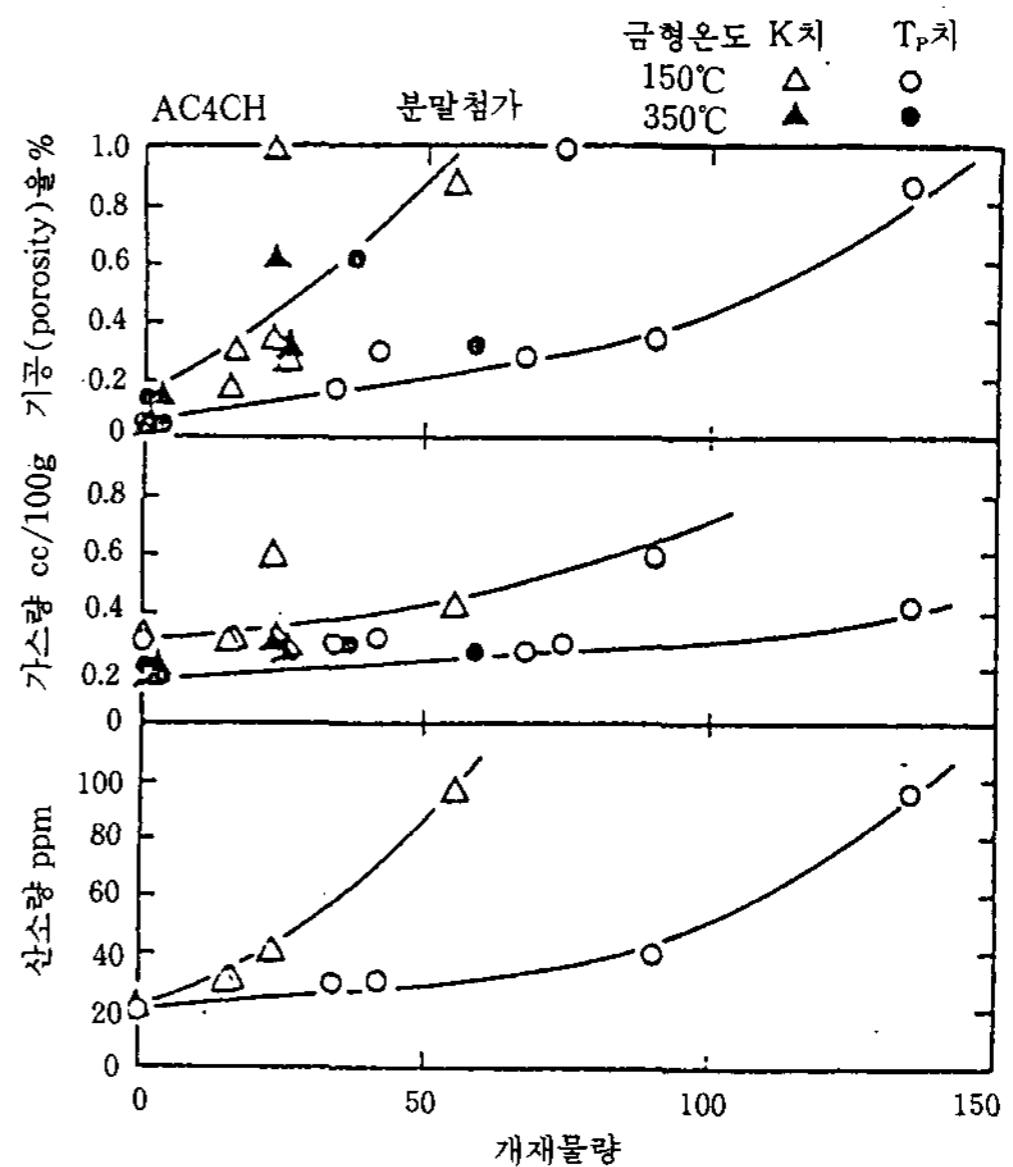


그림 21. 개재물량과 가스량 기공(porosity)량의 관계

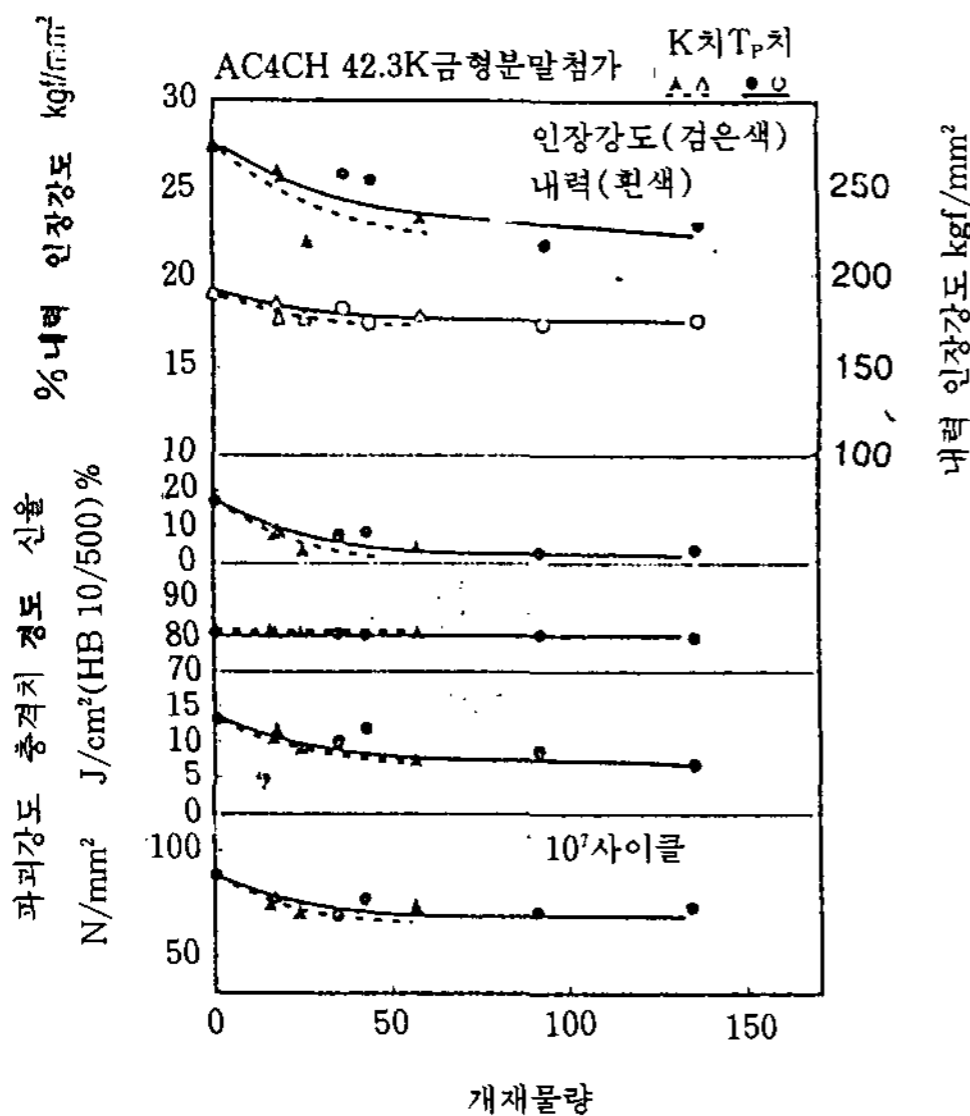


그림 19. 분말 첨가 AC4CH합금 423K금형 주조시료에 있어서 개재물량과 기계적 성질과의 관계

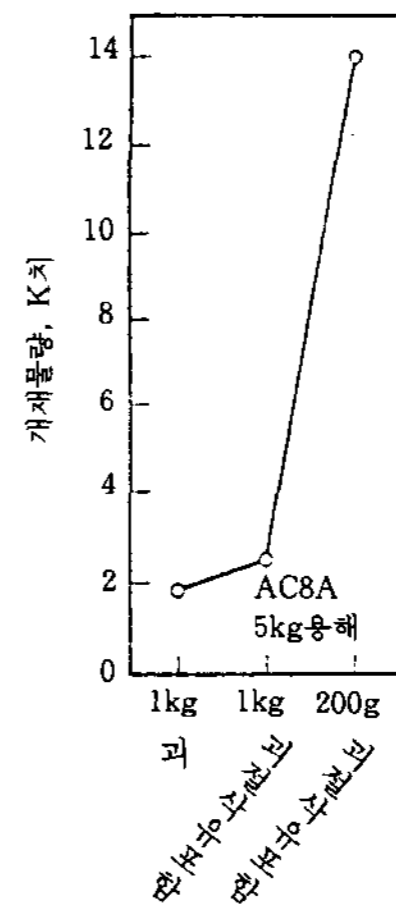


그림 22. 용해 원료에 따른 개재물량의 변화(용해직후)

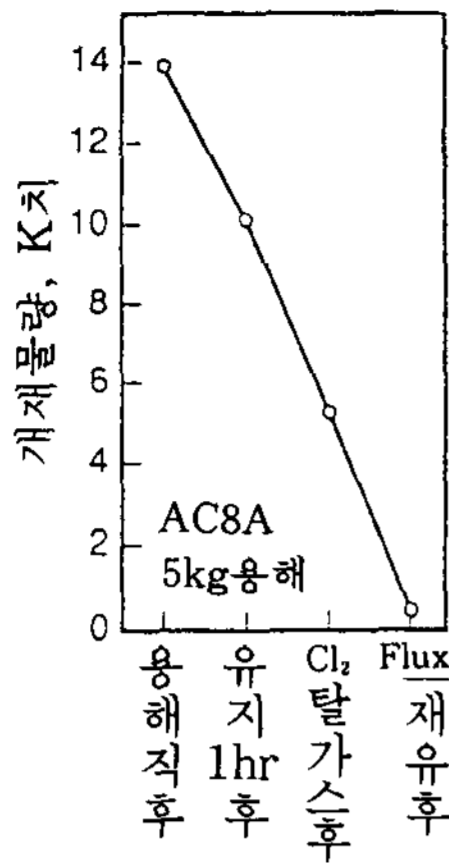


그림 23. 용해공정에 있어서 개재물량의 변화

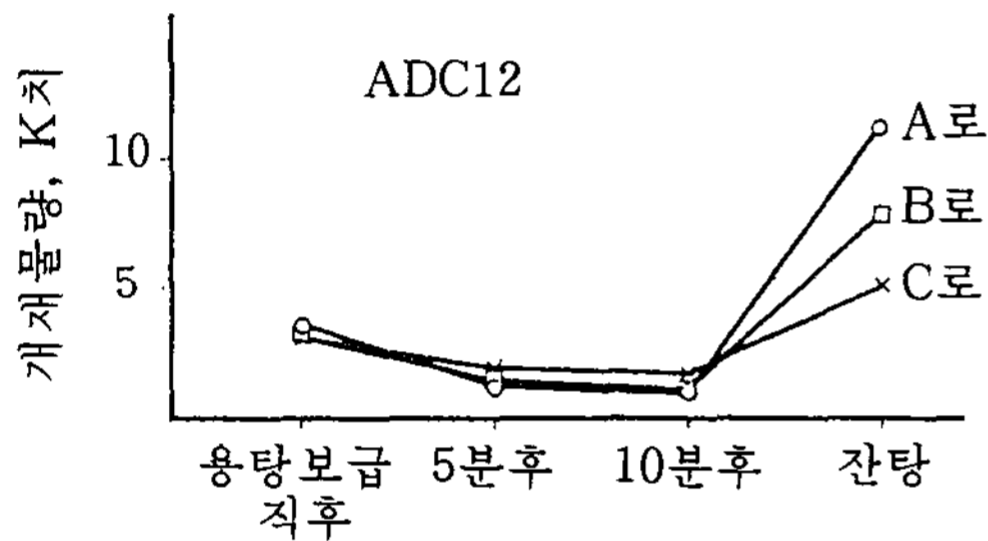


그림 24. 로 내에서의 개재물의 변화(500kg 다이캐스트)

3.3 미량성분의 영향

성분관리는 용탕관리의 가장 기본이며, 규격으로 규정된 주요원소만이 아니고, 각종의 불순물, 미량성분에도 주의를 할 필요가 있다. 대부분의

성분은 발광분석이 가능하지만, 일부에는 불가능 혹은 분석정밀도가 불충분한 것도 있으며, 화학성분의 병용이 필요한 경우도 있다. 이 경우는 노전 분석이 불가능하며 열분석등의 방법을 이용하여 간접적인 평가를 행하게 된다. 더욱 열분석은 미량성분이 영향이나 개량처리의 효과 판정에도 이용할 수 있다.

공정의 개량은 기계적 성질의 개선만이 아니고 수축공의 분산등을 목적으로 하는 경우도 있기 때문에 목적에 응해 나누어 사용할 필요가 있다 (그림 25)[7]. 양쪽의 목적을 만족시키기에는 Na의 이용이 바람직하지만 전자만의 경우에는 Sr로도 유효하다.

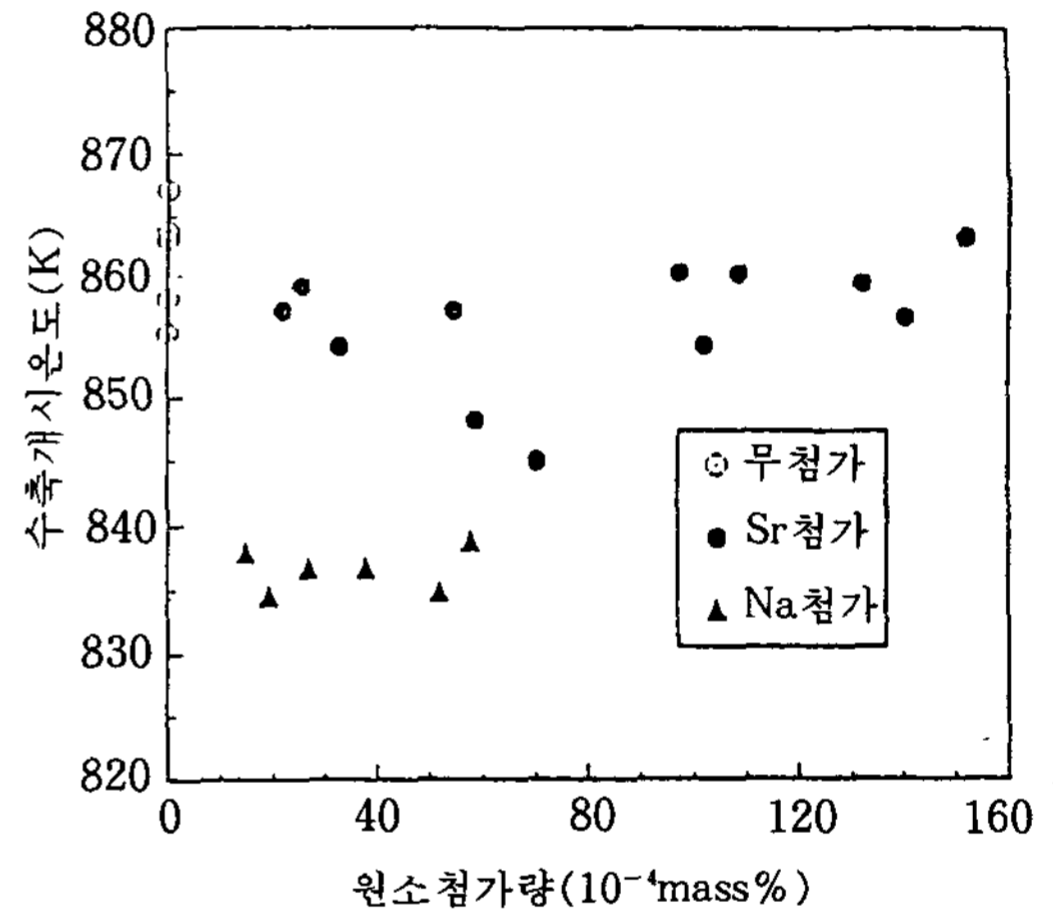


그림 25. AC4CH합금의 수축 개시 온도에 미치는 첨가 원소의 영향

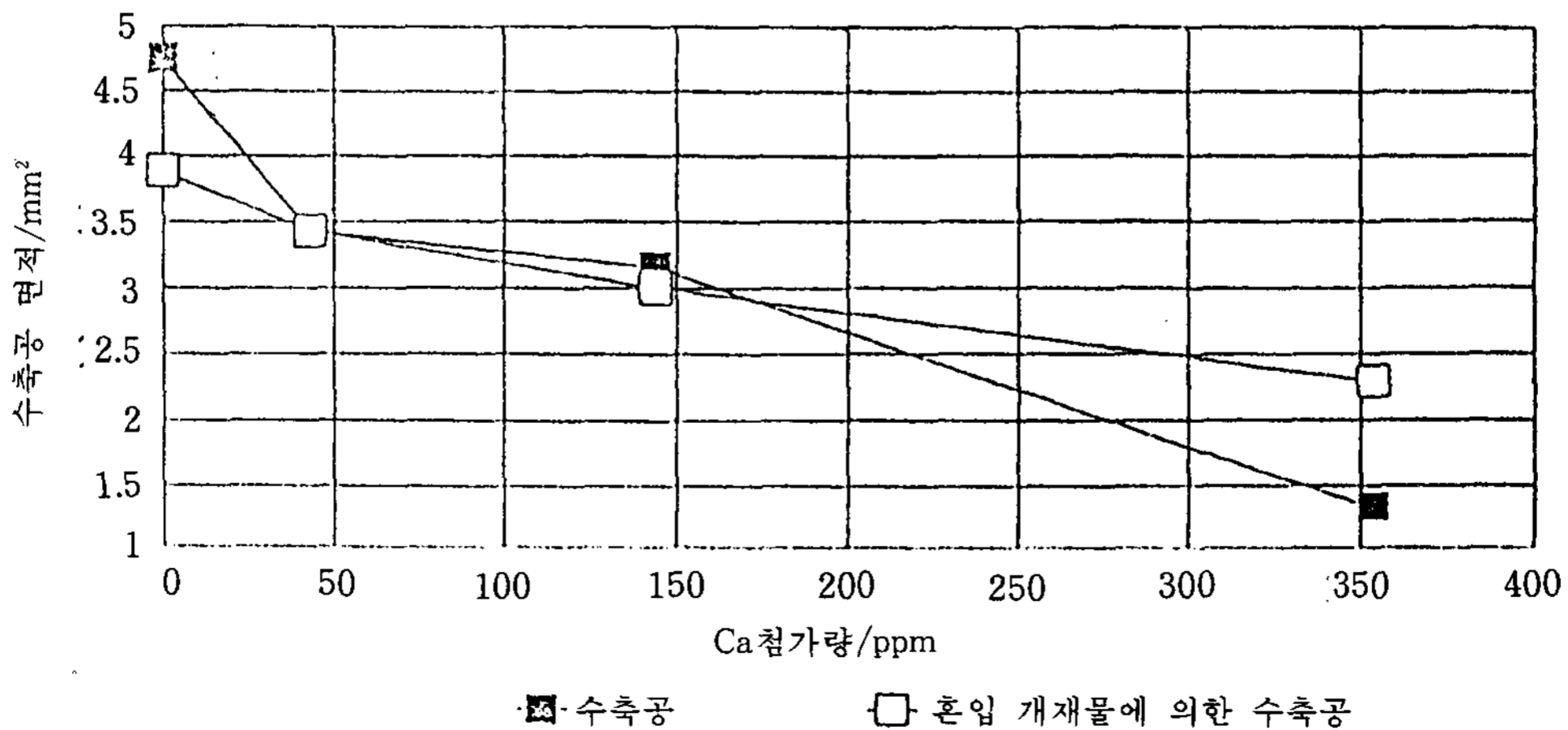


그림 26. Ca첨가량과 수축공 면적의 관계

Ca는 일반적으로는 관리성분으로서는 취급되지 않지만 약간의 개량효과도 있어 수축공 분산 등의 효과를 발휘하는 경우가 많다. D12 다이캐스트폼의 경우에도 같은 예가 인정되고 있다(그림 26)[13].

Ca이외에도 공정조직에 영향하는 성분, 초정에 영향하는 성분등, 미량으로 영향하는 성분도 있으며, 주요성분의 관리와 함께 배려가 필요할 것이다.

4. 결 언

자동차 산업의 발전을 계기로 다이캐스트를 포함하는 Al주물산업은 큰 폭의 진전을 올렸다. 경기변동의 영향은 받지만 본 분야의 기술발전은 아직 활발한 상태이다. 기술에 대한 요구도 질적으로 변화하고 있으며, 보다 넓은 관점에서의 기술 전개를 고려하지 않으면 안되게 되었다. 한편으로는 엄격한 가격경쟁에 대처하기 위해, 보다 일층 일상의 기술을 연마하여 기초기술을 축적 활용하는 것이 필요해졌다.

참 고 문 헌

[1] 경금속용접구조협회: "경금속용접 33"

(1995), 2, 57

- [2] 大塚良達, 谷本繁美, 豊田一雄, 坂口雅司: 輕金屬 40(1990), 290
- [3] Engh, T. A., Pederson, T.: Light Metals 1984 (1984), 1329
- [4] 矢嶋 保, 岩原弘育, 武津典彦, 大橋照男, 小出國博: 輕金屬 42(1992), 263
- [5] Kitaoka, S., Kattoh, H.: "Light Materials for Transportation Systems(LiMAT 93)" (1993), 727
- [6] Gruzleski, J. E., Closset, B. M.: "The Treatment of Liquid Aluminum-Silicon Alloys" AFS (1990)
- [7] 일본주물협회: 연구보고 68, (1994)
- [8] 大西脩嗣, 飯塚康夫: アルトピア (1993), 7, 9
- [9] Kaida, K., Matsubara, N., Minai, C., Hayashi, Y., Masuda, R., Uozumi, M.: SAE Technical Paper 901725 (1990)
- [10] 일본주물협회: 연구보고 41, (1986)
- [11] 北岡: 종합주물, 24 (1983), 8, 10
- [12] 일본주물협회: 연구보고 53, (1989)
- [13] 일본다이캐스트협회, 일본 Al합금협회: "Al합금 다이캐스트(ADC 12)의 내암성에 미치는 Ca, 가스의 영향", (1992)