

論 文

고압주조한 Al-10%Mg 합금의 주조조직 및 기계적 성질에 관한 연구

정우현* 정종연* 이종남**

A Study on Cast Structure and Mechanical Properties of Al-10% Mg Alloy Solidified Under High Hydraulic Pressure

Woo Hyon JEONG*· Jong Yeon JEONG*· Jong Nam LEE**

Abstract

In order to study the cast structure and mechanical properties of Al-10% Mg alloy solidified under the various high hydraulic pressure, ranging from 0kgf/cm² to 2000kgf/cm², the relationship between the cooling rate and the cast structure was observed, and also the mechanical test and the measurement of the specific gravity were carried out.

From this experiment, results were summerized as follows;

- 1. The cooling rate of the alloy increased with increase of the applied pressure.
2. The formation of the piping and the porosity in the castings was surpressed by applying the high hydraulic pressure.
3. The dendrite arm spacing decreased with increase of the applied pressure.
4. Mechanical properties and specific gravity increased with the increase of the applied pressure.

초 록

증가하였다.

1. 서 론

본 실험에서는 고정수압하에서 응고한 Al-10% Mg 합금의 조직 및 기계적 성질에 미치는 가압력의 영향을 조사하기 위하여 압력을 0 kgf/cm², 500 kgf/cm², 1500 kgf/cm² 및 2000 kgf/cm²로 변화시키면서 냉각 곡선, 조직검사, 기계적시험 및 비중 측정을 하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1. 가압력이 증가할수록 합금의 냉각속도는 증가하였다.
2. 기공 및 수축공의 발생은 가압에 의해 억제되었다.
3. 가압력이 증가할수록 dendrite arm spacing 은 감소하였다.
4. 기계적 성질 및 비중은 가압력이 증가함에 따라

용융 혹은 반용융상태에 있는 금속에 중력 이외의 외부적인 압력을 가하여 응고시키는 고압주조는 일명 용탕단조, 압출, 또는 압출주조라고도 불리우며, 이방법에 의해 제조된 주물은 조직이 미세하고 기공 및 수축공등의 구조 결함이 억제되어 기계적인 성질이 다른 주조법에 의해 제조된 주물보다 현저하게 향상되고, 또한 통상의 주조법과는 달리 탕구가 불필요하기 때문에 주조수율이 높고 금속의 구조성능이 거의 문제시 되지 않는다는 특징을 가지고 있다. 이러한 고압주조법에 대한 연구는 1931년 G. Welter¹⁾를 시초로 하여 지금까지 많은 사람들에 의해서 수행되어 왔다. 이들을 재질별로 분류하면 Zn와 Zn 합금²⁾³⁾, Al와 Al 합금⁴⁾⁵⁾, Cu와 Cu 합금⁷⁾⁸⁾ 및 강에 대한 연구로 대별할 수 있다.

* 고려대학교 대학원
** 고려대학교 공과대학 교수

이와같이 많은 사람들의 연구는 저용점인 비철금속에서 부터 고용점인 철계에 까지 다양하지만, 절삭성이 우수하고 강도가 높아 항공기 부품, 카메라 body, 객차 등에 널리 사용되고 있는 ASM 220 (SAE 324)에 상당하는 Al-10% Mg 합금에 관해서는 체계적인 연구가 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 유동성과 내수압성이 불량하고 수축공이 발생하기 용이하여¹⁰⁾ 일반적 주조법에 의해 제조될 때 문제점이 많이 제기되는 Al-10% Mg 합금을 대상으로 이의 결함을 배제할 목적으로 하여 고압주조를 적용하였다. 그리하여 이때의 응고조직 및 기계적 성질에 미치는 가압력의 영향을 검토하기로 하였다.

2. 실험방법

2-1 시편제작

1) 용해준비 및 용해

Al-10% Mg 합금의 여러가지 성질에 미치는 가압력의 영향을 조사하기 위해, 용해한 원료 금속은 Al 지금과 Mg 지금을 사용하였으며 그들의 화학적 성분은 Table 1 과 같다. 이와같은 Al 지금과 Mg 지금은 5 kw 도가니로에서 4 번 흑연 도가니를 사용하여 용해하였다. 또한 용해시 용탕의 산화를 방지하기 위하여 Table 2 에 나타난 flux¹¹⁾를 사용하였다.

Table 1. Chemical composition of charging metals.

Composition	Charging Metals (%)							
	Al	Mg	Si	Fe	Mn	Cu	Zn	Ti
Al	99.92	-	.025	.038	.004	.006	-	.005
Mg	-	99.93	.008	.009	.009	.0045	0.38	-

Table 2. Chemical composition of cover flux.

Composition	K ₂ SiF ₆	KCl
Content	60	40

2) 고압주조

Al-10% 합금의 여러가지 성질에 미치는 가압력의 영향을 조사하기 위하여 주형의 온도를 일정하게 300 °C로 유지한 다음 용탕을 주입하여 75 ton 유압

press 로써 35 mm/sec의 속도로 가압하였다. 가압력의 크기는 0kgf/cm², 500kgf/cm², 1000kgf/cm², 1500 kg·f/cm² 및 2000kgf/cm²로 하였다.

이때에 사용한 주형은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 외경 100 mm ϕ, 내경 40 mm ϕ, 높이 150 mm인 원통형을 사용하였으며 그의 재질은 합금공구강인 SKD 61종으로 하였고, 고압주조한 후 주괴의 이형을 쉽게 하기 위하여 주형의 내면과 punch 를 연마하여 사용하였으며, 주형의 내면에 수용성 흑연인 Foseco 사 제품의 Die coat 55 를 도포하여 용탕의 응고를 지연시켜 가압의 효과를 현저하게 함과 동시에 주괴의 이형성의 향상에 기여하도록 하였다. 또한 응고시의 냉각속도를 측정하기 위해 주형에 열전대를 삽입하였다. 그리고 주입온도는 850°C로 일정하게 고정시켰으며, 주입직후부터 가압개시 까지 소요된 시간은 약 10 초 였다. 이와같이 하여 주조한 주괴의 화학분석치는 Table 3에 나타낸 바와 같다.

Table 3. Chemical composition of ignots.

Composition	Mg	Si	Fe	Mn	Zn	Al
Content	9.95	0.01	0.01	0.01	0.03	Bal.

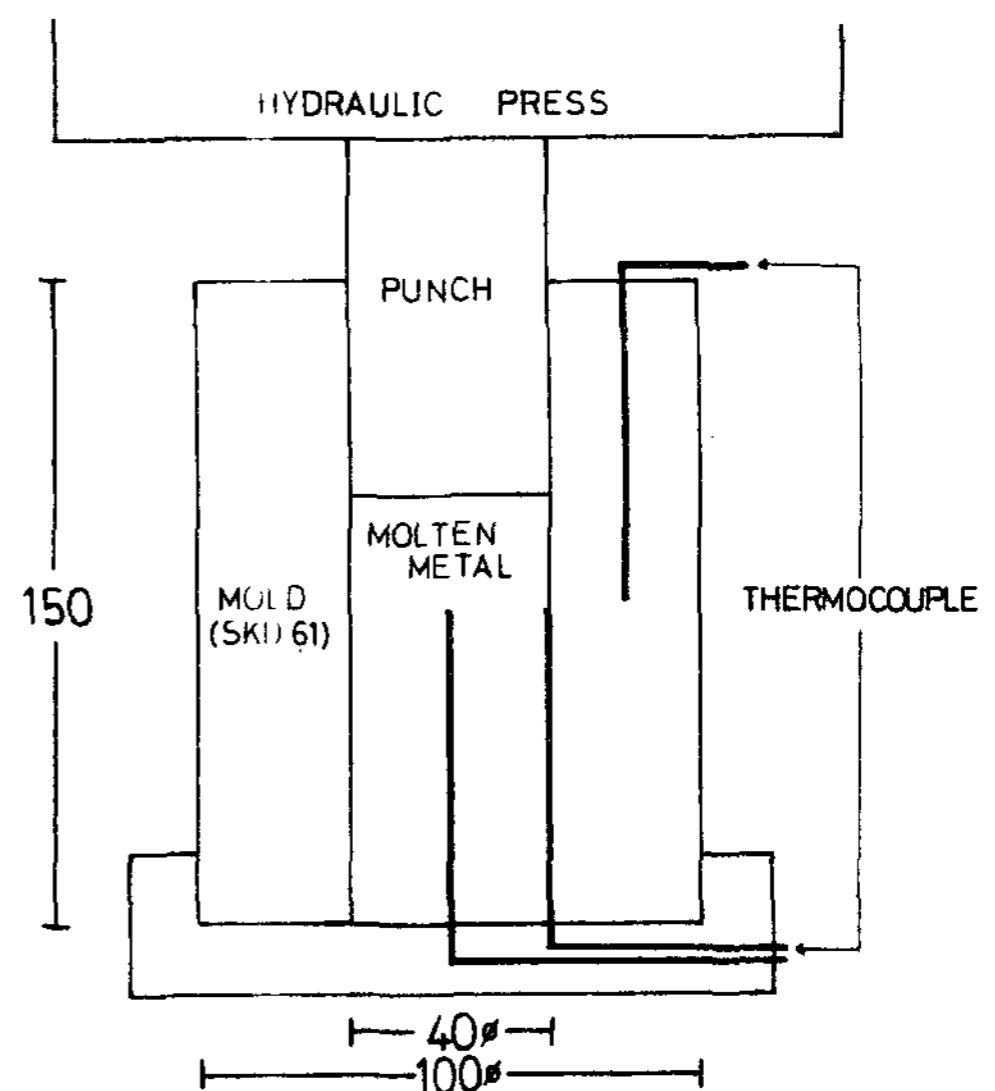


Fig.1 ; Schematic diagram of squeeze casting mold. (Unit : mm)

3) 열분석

Al-10 % Mg 합금의 가압력에 따른 응고조건

변화를 알아보기 위해 주괴의 중심부, 주괴와 주형이 접하는 주괴표면부분 및 주괴표면에서 15 mm 떨어진 주형의 중심부등 3개의 위치에 주형의 밑으로부터 75 mm 떨어진 곳에 Alumel-cromel 열전대를 Fig. 1 과 같이 삽입하여 열분석을 하였다. 이때 사용한 Recorder는 San Ei Visigraph 52를 사용하였으며, Chart speed는 20 mm/sec, Trimming은 0.6sec로 하였다.

2-2 시 험

1) 조직검사

가압력에 따른 주괴의 기공 및 수축공들의 구조 결합과 조직변화를 살펴보기 위해서 육안조직과 현미경조직을 각각 관찰하였다.

육안조직은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 가압하에서 응고한 주괴의 중심부를 길이 방향으로 절단하여 emery paper grit #1200까지 연마한 다음 청봉으로 연마한 후 부식시키지 않고 관찰하여 기공 및 수축공의 유무에 미치는 가압력의 영향을 조사하였으며, 또한 HF 10ml, HCl 15 ml, HNO₃ 25 ml, 증류수 50 ml의 Keller's reagent¹²⁾를 사용하여 부식시켜 주괴의 조

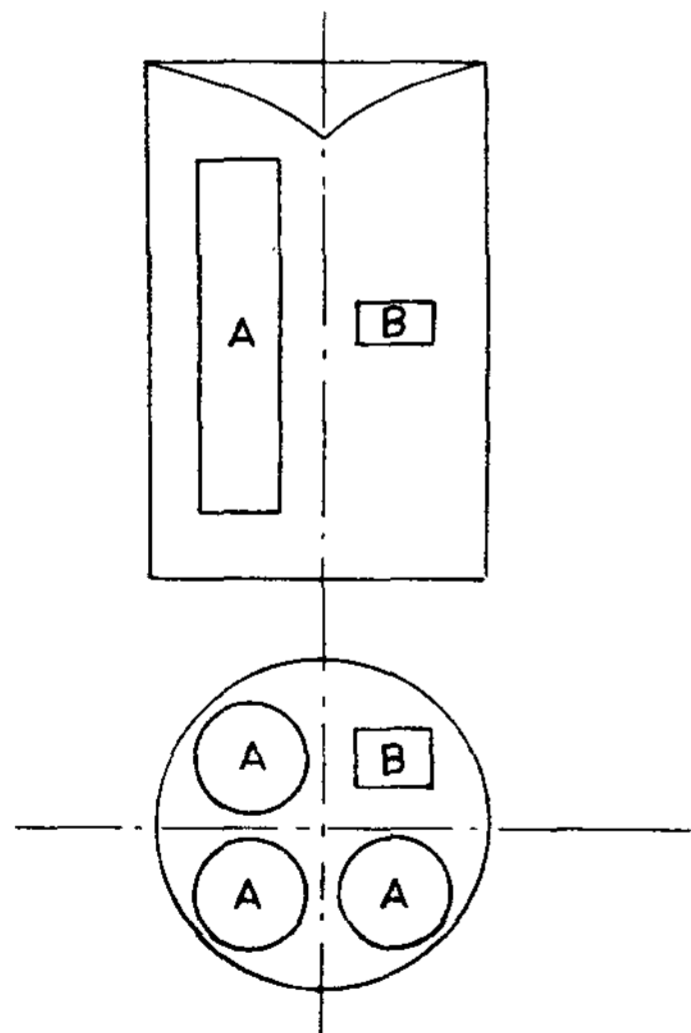


Fig. 2 ; Location of test specimens.
A ; Specimen for tensile test.
B ; Specimen for density, hardness and micro structure.

직을 관찰하였다.

현미경조직은 Fig. 2에 나타낸 부위를 채취하여 0.5% HF로 부식시킨 후 100배의 광학현미경으로 조사하였다.

2) 냉각속도측정

실험결과 얻어진 냉각곡선에서 Fig. 3의 방법¹³⁾으로 냉각속도를 산출하였다. 측정 온도는 용탕을 가압하여 응고시킬 때 가압에 의해서 냉각속도가 제일 현저하게 변화한다고 사려되는 부분 즉 냉각곡선상에서 거의 수직에 가까울 정도로 온도가 급강하는 부분으로 하였다.

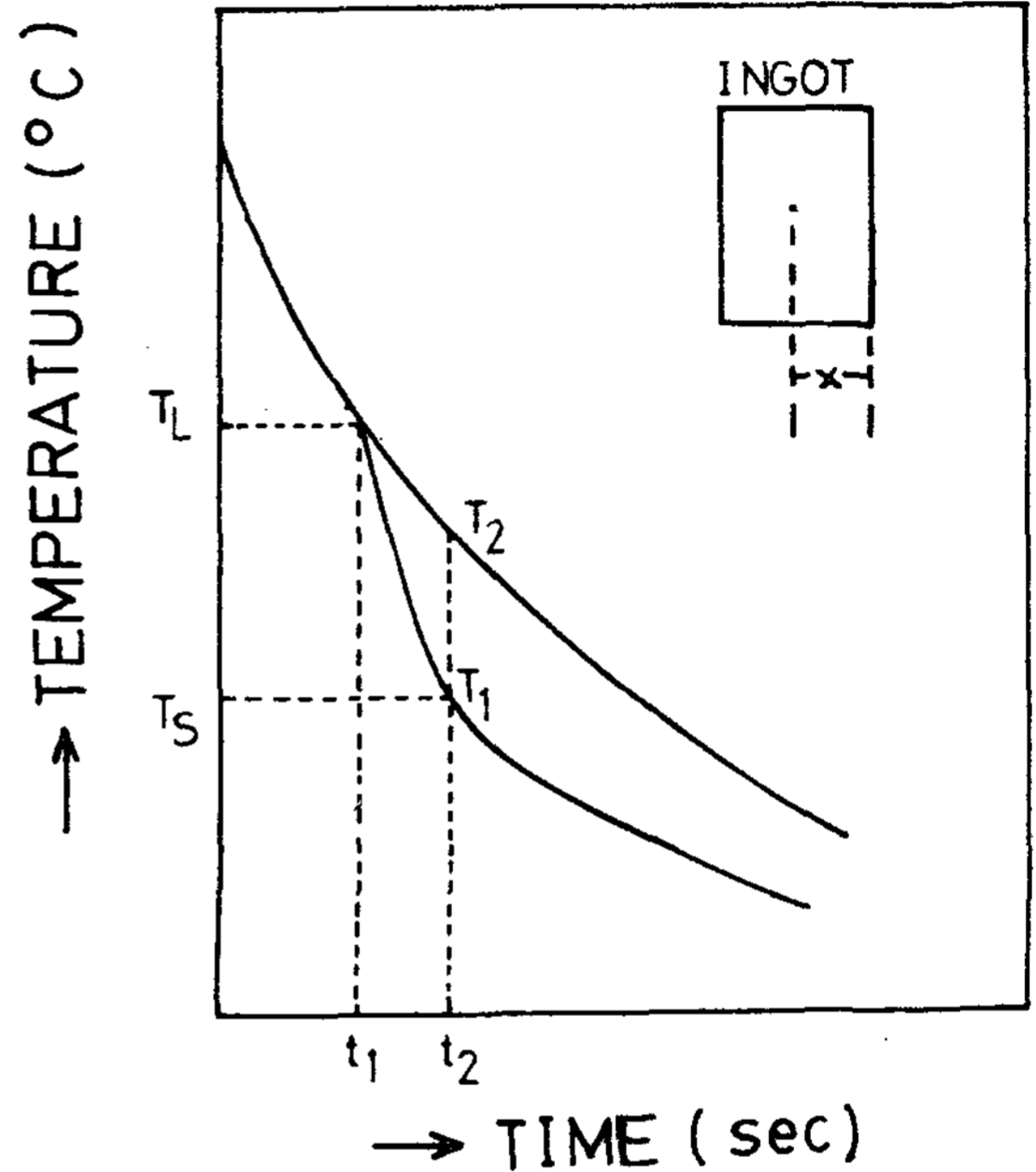


Fig. 3 ; Definition of cooling rate.

$$\text{cooling Rate} = \frac{T_L - T_S}{t_2 - t_1}$$

$$\text{Temperature Gradient} = \frac{T_2 - T_1}{X}$$

3) Dendrite Arm Spacing의 측정

결정의 미세화도의 척도로서 dendrite arm spacing을 측정하였다. dendrite arm spacing 측정은 100배의 현미경 조직사진상의 일정면적 (V) 내에 있는 dendrite의 수 (n)로써 나눈 값의 평방근을 dendrite arm spacing으로 했다.

4) 강도 및 경도시험

인장시험에는 Instron을 사용하였으며, 인장시험편은 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 평행부 길이 32 mm, 표점거리 25 mm, 지름 6.25 mm¹⁵⁾로 하였고, 시험기의 Cross head speed는 20m/min, Chart speed는 25 cm/min로 하였다. 그리고 경도는 Rockwell 경도계 B Scale로 측정하였다.

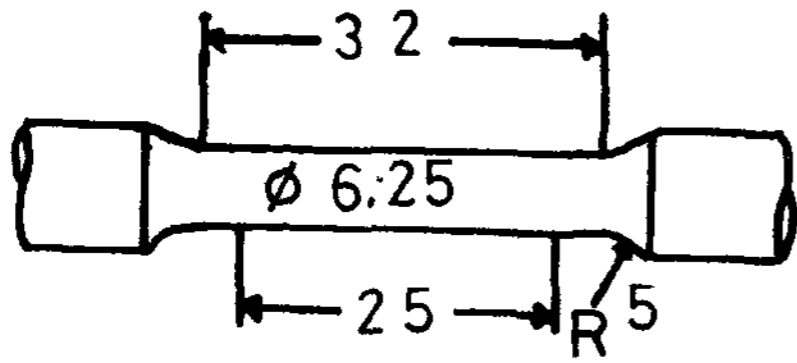


Fig. 4 ; Demension and shape of tensile specimen. (Unit : mm)

5) 비중측정

Fig. 2에 나타낸 부분을 주괴에서 절취하여 K.S.A. 0602의 고체 비중법의 (5)항 및 (7)항에 의거하여 측정했다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1 냉각속도에 미치는 가압력의 영향

가압력에 따른 냉각속도의 변화를 살펴보기 위하여 주입온도를 850℃, 주형온도를 300℃로 일정하게 고정시키고, 압력을 무가압 (0 kgf/cm²), 500 kgf/cm², 1000 kgf/cm², 1500 kgf/cm² 및 2000 kgf/cm²로 변화시켰을 때 주괴의 중앙부에서 얻어진 냉각곡선을 Fig. 5에 나타내었다.

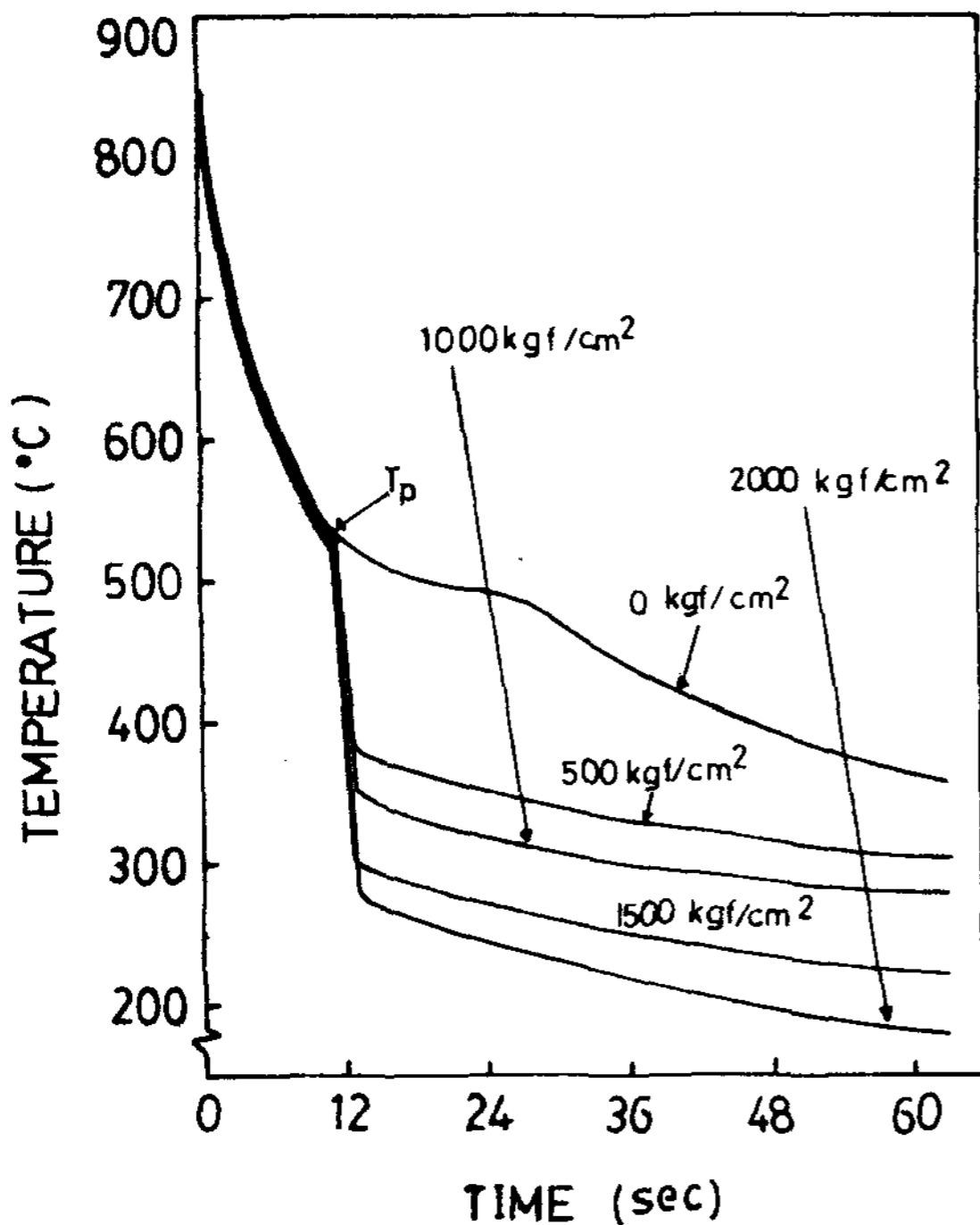


Fig. 5 ; Cooling curves of center of ingot solidified under various high hydraulic pressures.

Fig. 5에서 보는 바와같이 가압시에는 무가압시에 비해 냉각곡선이 현저하게 다르다는 것을 알수 있다. 즉 무가압시에는 용탕을 주입한 후부터 시간의 경과와 더불어 냉각곡선이 완만해지지만 가압시에는 용탕의 주입후 가압개시전까지는 무가압시와 동일한 현상을 나타내나, 가압을 개시함과 더불어 냉각곡선이 거의 수직으로 떨어짐을 알 수 있으며 또한, 가압력이 증가할수록 떨어지는 온도가 점차 낮아짐을 알 수 있다. 이와같은 현상 즉 가압시 냉각곡선이 급격하게 변화하는 것은 가압효과라고 사려되어 이 냉각곡선상의 수직에 가까운 정도로 온도가 급강하는 부분에 있어서의 가압력에 따른 냉각속도를 측정 한 것이 Fig. 6이다.

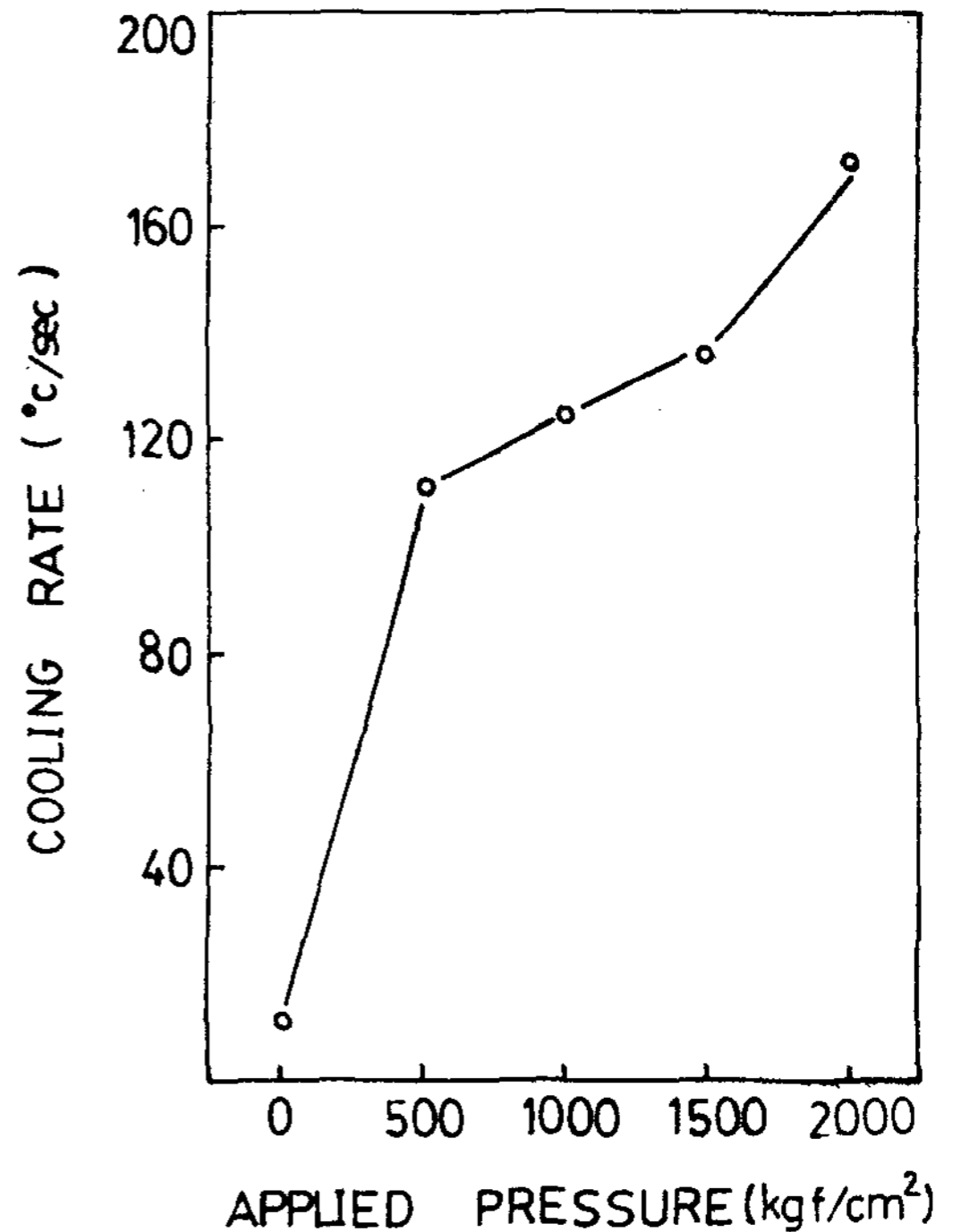


Fig. 6 ; Relationship between applied pressures and cooling rate in the Al-10% Mg squeeze ingots.

Fig. 6에서 보면 무가압시의 냉각속도는 11℃/sec이었던 것이 500kg·f/cm²의 가압하에서 약 96℃/sec로 거의 9배에 가까운 냉각속도의 증가를 나타내고 있으며, 가압력이 증가하면 할수록 냉각속도는 더욱 증가하나 그의 증가폭은 둔화하는 경향을 보이고 있다.

이와같이 용탕을 고정수압하에서 응고시킬 때의 냉각속도가 무가압시에 비해 현저하게 증가하는 현상은 주형과 용탕간의 air gap의 형성이 억제되어 밀착도가 무가압시보다 가압에 의해 현저하게 개선됨으로써 열전

달이 촉진되었기 때문이라고 사려된다. 따라서 가압시에는 용탕과 주형의 열전달이 촉진되어 주형의 가열곡선이 무가압시에 비해 다를 것으로 기대되며, 또한 고압주조의 응고양식¹⁶⁾이 Fig. 7에서 나타내는 바와 같이 주괴의 상단부위가 가장 늦게 응고하는 통상적인 무

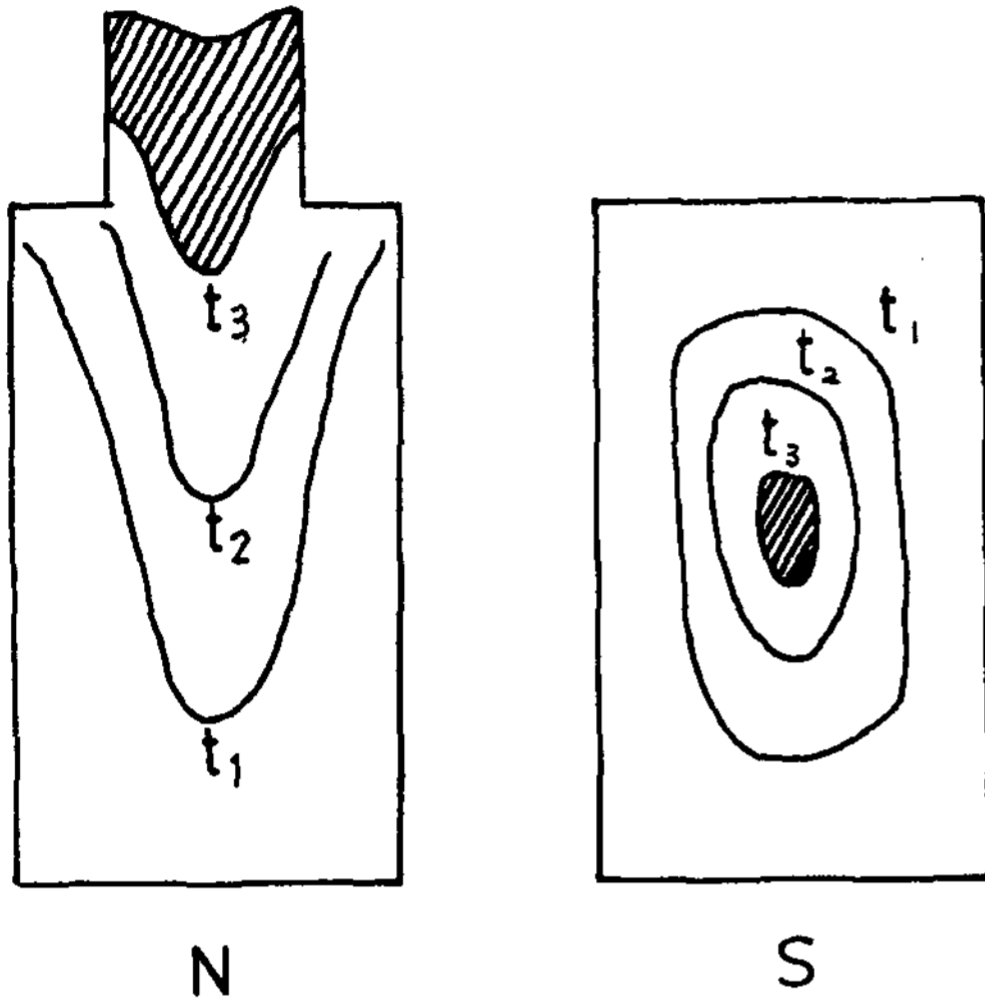


Fig.7; Solidification form.
N; Normal casting.
S; Squeeze casting.
t; Solidification time. ($t_1 < t_2 < t_3$)

가압시의 응고형태와는 달리 응고가 주괴의 표면에서 시작되어 주괴의 중심부가 가장 늦게 응고하기 때문에 주괴의 표면과 주괴의 중심부 사이에 온도구배가 무가압시에 비해 다를 것으로 사려된다. 따라서 본 실험에서는 이들을 조사하여 Fig. 8에 최저압력인 500 kgf/cm^2 으로 고압주조했을 때 얻어진 주형의 가열곡선을 나타내었다. 또한 가압시의 주괴의 중앙부와 주괴의 표면부에서의 온도구배를 무가압시와 비교하기 위해서 열전대를 주괴의 중앙부와 주괴의 표면부에 삽입한 주형에 용탕을 주입한 후 가압하여 얻어진 냉각곡선 중 무가압시와 본 실험에서 사용한 압력중 가압의 효과가 가장 적을 것으로 사려되는 최저 압력인 500 kgf/cm^2 및 가압의 효과가 가장 클 것으로 사려되는 2000 kgf/cm^2 의 것을 Fig. 9에 나타내었다. 주형의 가열곡선인 Fig. 8에서 보면 무가압에 비해 가압시에 주형의 온도상승이 현저함을 알수 있으며 Fig. 9에서는 무가압의 경우 주괴의 중심부와 주괴의 표면부 사이에서 온도구배가 있음을 나타내는데 반해 500 kgf/cm^2 의 가압에 있어서는 주입후부터 용탕을 가압하기 전까지는 무가압시와 동일한 온도구배가 있었으나 가압개시와 함께 주괴

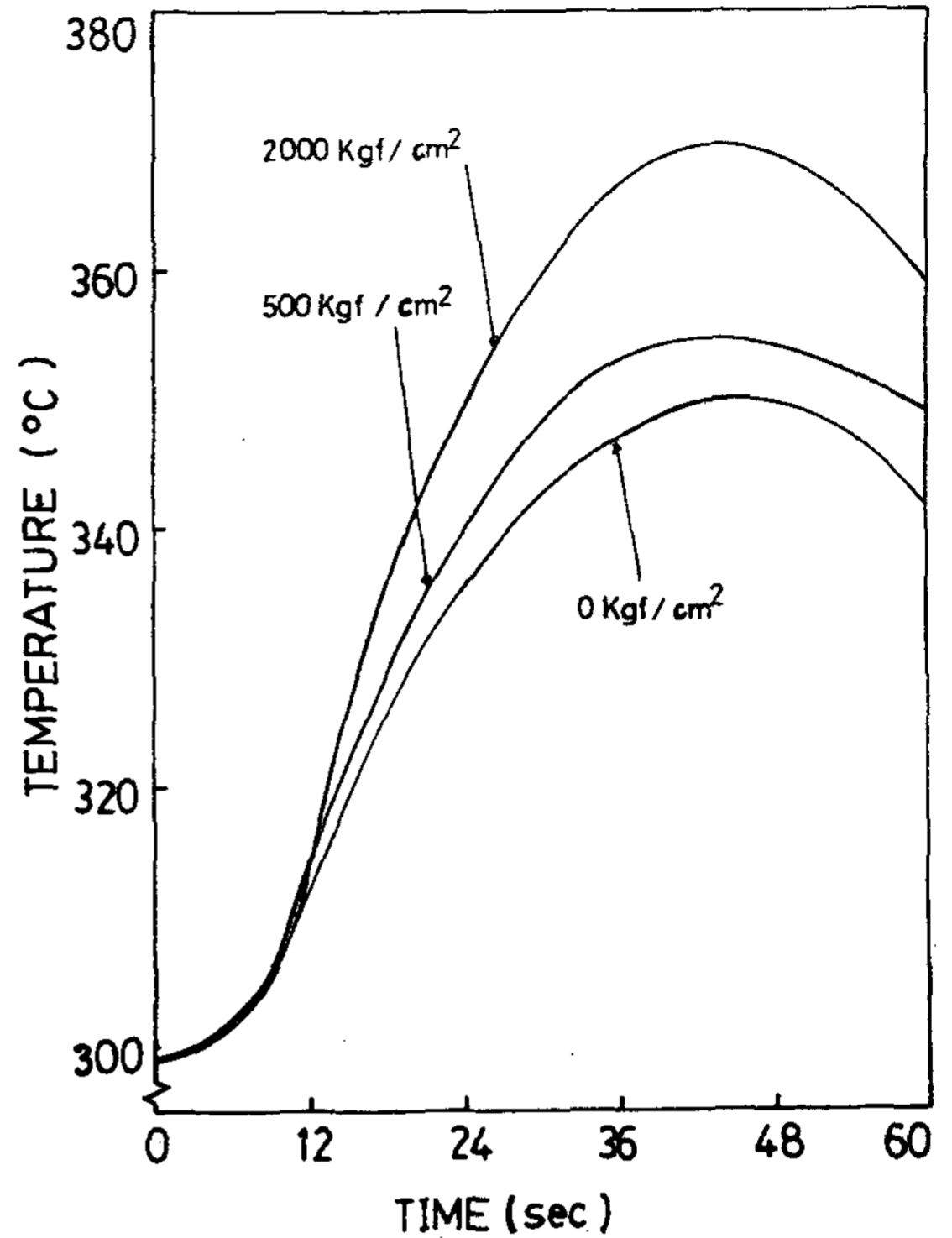


Fig.8; Relationship between heating curves of the mold and applied pressures.

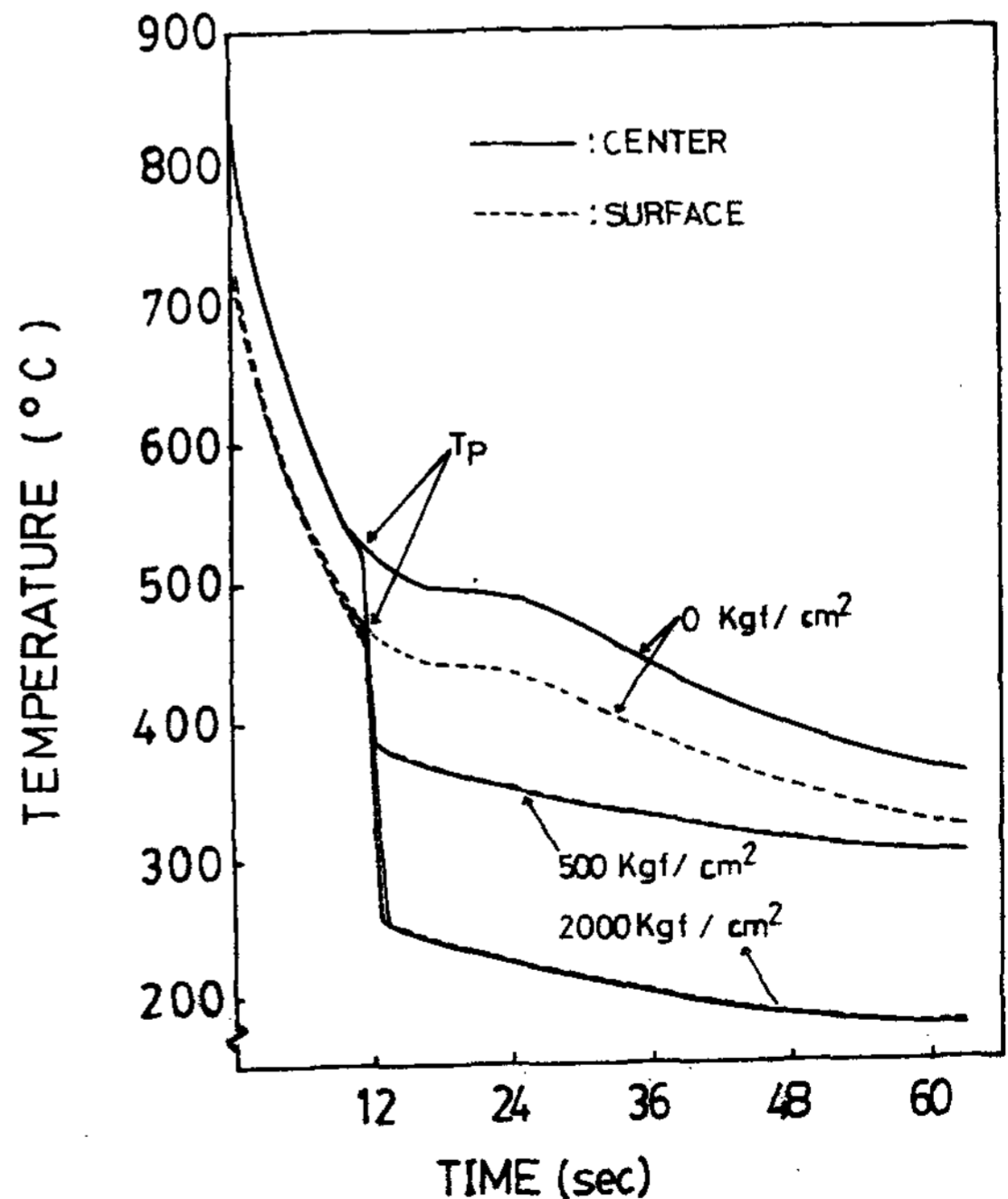


Fig.9; Cooling curves measured center and surface of Al-10% Mg squeeze ingots solidified under various high hydraulic pressures.

의 내부와 표면의 냉각곡선이 같아지고 있음을 볼 수 있다. 가압력이 높은 2000 kgf/cm²의 경우 또는 가압 개시전은 무가압 및 500kgf/cm² 가압시와 동일하고 가압을 개시 했을때는 500kgf/cm²의 경우와 비슷한 현상을 나타내고 있다. 이와같이 Fig. 9의 냉각곡선에서는 가압시 주피의 중심부와 표면부의 냉각곡선이 거의 수직으로 떨어지고 있어 주피 중심부와 주피 표면부의 온도구배를 정확하게 측정하기는 곤란하였으나 용탕에 압력을 가했을때 가해진 압력에 따른 온도구배는 가압력이 높을 때가 낮을때 보다는 온도구배가 상승된다는 것을 알수가 있다. 즉 Fig. 9는 압력이 높아짐에 따라 주피의 중심부와 표면사이에서 온도구배가 상승된다는 것을 나타내고 있다. 이와같이 Fig. 8 및 Fig.9에서 알수 있는 현상들은 용탕을 가압했을 때 가압력이 증가할수록 주피로부터 주형으로의 열전달이 촉진된다는 것을 암시하고 있으며, 이상과 같은 결과로부터 Al-10%Mg 합금의 용탕을 고정수압하에서 응고시키면 냉각속도가 무가압시에 비해 현저하게 증가됨을 알수 있다.

3-2 응고조직에 미치는 가압력의 영향

본 실험에서 얻어진 가압력에 따른 육안 조직을 photo1과 photo2에 나타내었다. photo1은 기공 및 수축공의 유무가 가압력에 따라 변화하는 것을 보다 자세히 관찰하기 위해 주피를 부식시키지 않은 것이며 photo. 2는 주피의 macro 조직을 조사하기 위해 부식시킨 것이다.

photo. 1 및 photo. 2에서 보면 무가압시의 경우에 수축공 및 많은 수의 기공을 관찰할 수 있는데 비하여 가압주조한 것은 500kgf/cm², 1000kgf/cm², 및 2000 kgf/cm²의 가압의 크기에 관계없이 모두 기공 및 수축공을 볼수 없었다.

이와같이 무가압시에 많은 수의 공공이 나타난 것은 Al 주조합금에 용해된 개스와 용탕의 온도강화에 따른 개스의 용해도 감소에 의하여 생성되는 개스로 인한 기공과 응고수축에 의한 수축공의 복합작용으로 사려된다¹⁷⁾ 또한 500kgf/cm², 1000kgf/cm², 1500kgf/cm², 및 2000kgf/cm²의 압력으로 가압한 시편에 있어서 기공 및 수축공이 나타나지 않는 것은 다음과 같이 해석된다. 즉 일반적으로 용융금속에 있어서 기포가 발생하기 위해서는 다음식

$$P_B > P_A + P_M + P_K$$

여기서 P_B는 발생하는 기체의 기체압

P_A는 용탕이 받는 대기압

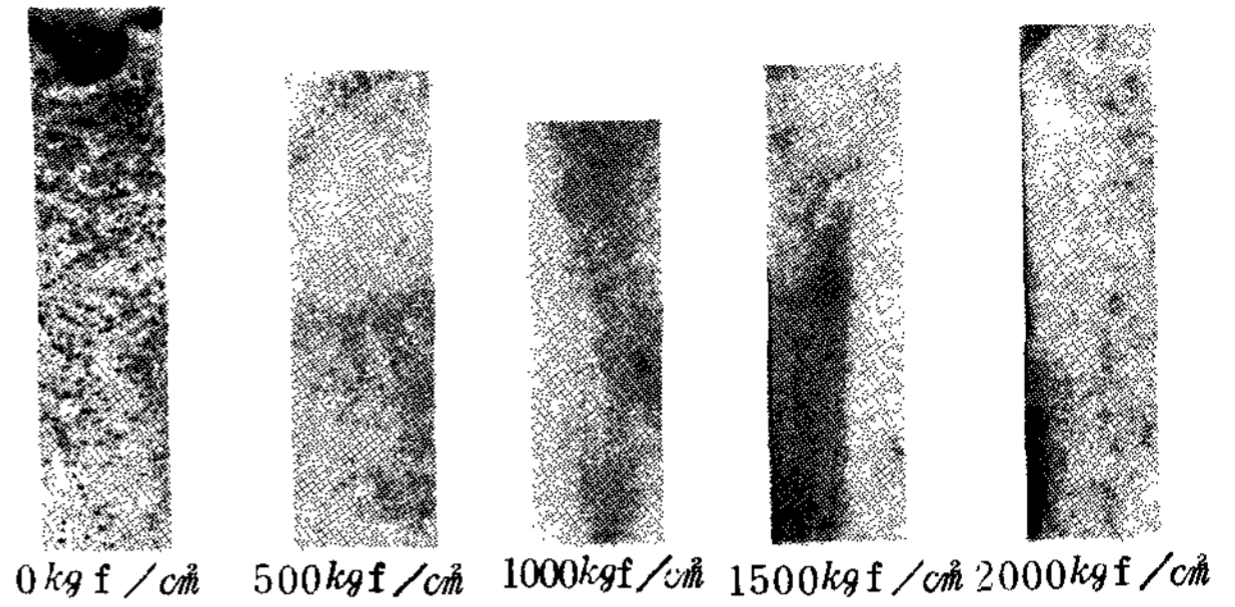


Photo.1; Effect of applied pressure on the shrinkage of Al-10%Mg squeeze ingots solidified under various high hydraulic pressures. (Non etching, Naked eye)

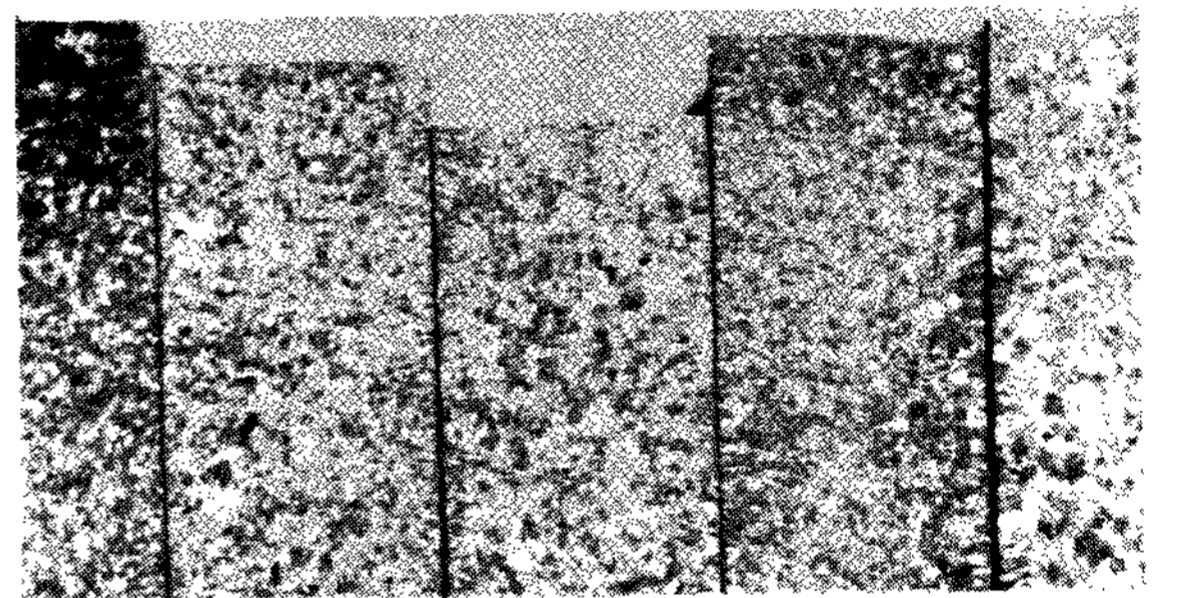


Photo.2; As cast macrostructure of Al-10%Mg squeeze ingots solidified under various high hydraulic pressure. (Etching, Naked eye)

P_M은 용탕의 정압

P_K는 용탕의 응집력에 의해 기포가 받는 압력

을 만족해야 하나 가압의 크기가 증가하면 Fig.6에서 보는 바와 같이 냉각속도가 증가하기 때문에 P_K 값이 커지므로 기포생성이 더욱 어렵게 될 뿐만 아니라,¹⁷⁾

¹⁸⁾ Sivert's law 즉 $C_s = k\sqrt{P}$ (C_s : Solubility k : constant P : pressure) 로 부터 알 수 있는 바와 같이 압력의 증가에 따라 개스의 solubility가 증가하므로 expelling되는 개스의 양이 감소하여 Pore의 생성이 억제되고 또한 Boyle의 식 $Vv = C(\frac{1}{p})$ (V : Volume P : pressure)에 의하여 압력의 증가에 따라 개스에 기인하는 micro pore의 크기를 감소시키기 때문이라 사려된다.

이상과 같은 결과로부터 Al-10%Mg 합금을 고정수압하에서 응고시키면 脱가스 처리를 하지 않아도 500kgf/cm² 압력으로 가압하면 기공 및 수축공이 없는 건전한 주물을 제조할 수 있을 것으로 사려된다.

그리고 가압력에 따라 주피의 macro 조직을 나타낸 P-photo. 2에서 보는 바와 같이 무가압하에서는 전면이 미세한 등축정이었으나, 가압력이 증가할 수록 크기가

약간 조대화하는 경향이 나타났으며, 1500kgf/cm² 및 2000kgf/cm²의 압력에서는 주괴의 주변부에 주상정대가 나타남을 알수 있었다. 이는 Nomoto¹⁹⁾ 등이 Al-Cu 을 대상으로 실험한 결과와 비슷하였다.

이와같이 무가압하에서 등축정이 생기는 것은 gas, impurity 및 pore 등의 결함에 의해 핵생성이 촉진되어 결과적으로 핵생성율이 성장율보다 크게되는데 기인하는 것으로²⁰⁾²¹⁾²²⁾ 사려되며, 또한 가압에 의해 등축정이 약간씩 조대화하는 현상은 본 실험에서 용탕에 가압을 개시할 때의 용탕의 온도가 Fig. 5에서 보는 바와 같이 약 520~530℃의 고액 공존온도에서 가압이 이루어졌다는 것과 가압하에서 일단 생성된 초정의 성장속도가 무가압하에서 생성된 초정의 성장속도보다 빠르다는 Wallace²³⁾의 주장을 고려할 때 가압전에 액상중에서 생성된 표면의 수지상정층의 분리 및 showering¹⁹⁾ 현상이 가압에 의해 조장되고 또한 이 showering 된 수지상정층의 multiplication²⁴⁾에 의한 것이라 사려되나 무가압하에서의 gas, impurity 및 pore 등의 결함에 의한 핵생성율과 가압하에서의 과냉에 의한 핵생성율의 차이가 명확히 규명되지 않았기 때문에 확실한 결론을 내리기는 어렵다. 따라서 앞으로 이에 대한 연구가 필요하다고 사려된다.

그리고 가압력이 높은 1500kgf/cm², 2000kgf/cm²의 것에서 주괴의 주변부에 주상정이 나타난 것은 3-1항에서 전술한 바와 같이 가압에 의해 용탕과 주형과의 밀착이 증가되기 때문에 열전달이 촉진되어 Fig. 9에서 보는 바와 같이 주괴의 중앙부와 표면부 사이에 온도구배차가 발생하기 때문이라고 사려된다.

본 실험에서 얻어진 주괴중 Fig. 2에 나타낸 부위를 채취하여 100배의 광학현미경으로 조사한 현미경조직을 photo. 3에 나타내었다.

photo. 3에서 보며는 무가압의 dendrite는 짧고 짧은데 비하여 가압하에서 응고한 dendrite의 경우는 미세하고 긴 형상으로 나타나고 있는데 이러한 경향은 가압력이 증가할수록 명료하게 나타남을 알수 있다. 그리하여 본 실험에서는 가압력에 따른 조직의 미세화도를 알아보기 위하여 photo. 2에서 dendrite arm spacing을 구하여 그 결과를 Fig. 10에 나타내었다.

Fig. 10에서 보는 바와 같이 가압력이 0kgf/cm², 500kgf/cm², 1000kgf/cm², 1500kgf/cm² 및 2000kgf/cm²의 순으로 증가함에 따라 dendrite arm spacing은 54μm, 33μm, 30μm, 28μm, 23μm의 순으로 감소하고 있는데 그 감소폭은 가압력의 증가에 따라 점차로 둔화됨을 알수 있다. 이와같은 현상 즉 용탕을

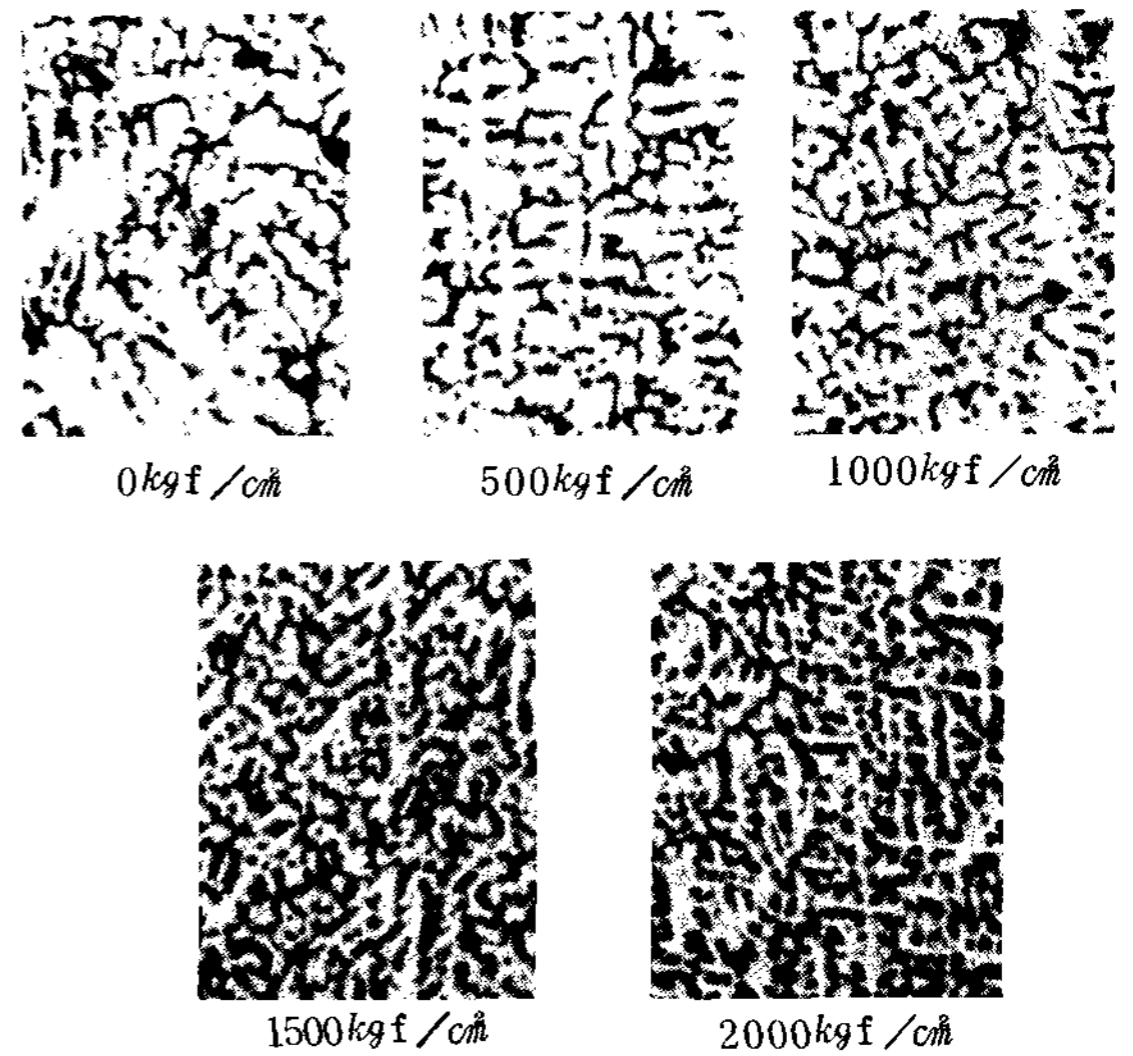


Photo.3 ; As cast microstructure of Al-10% Mg squeeze ingots under various high hydraulic pressure. (x100)

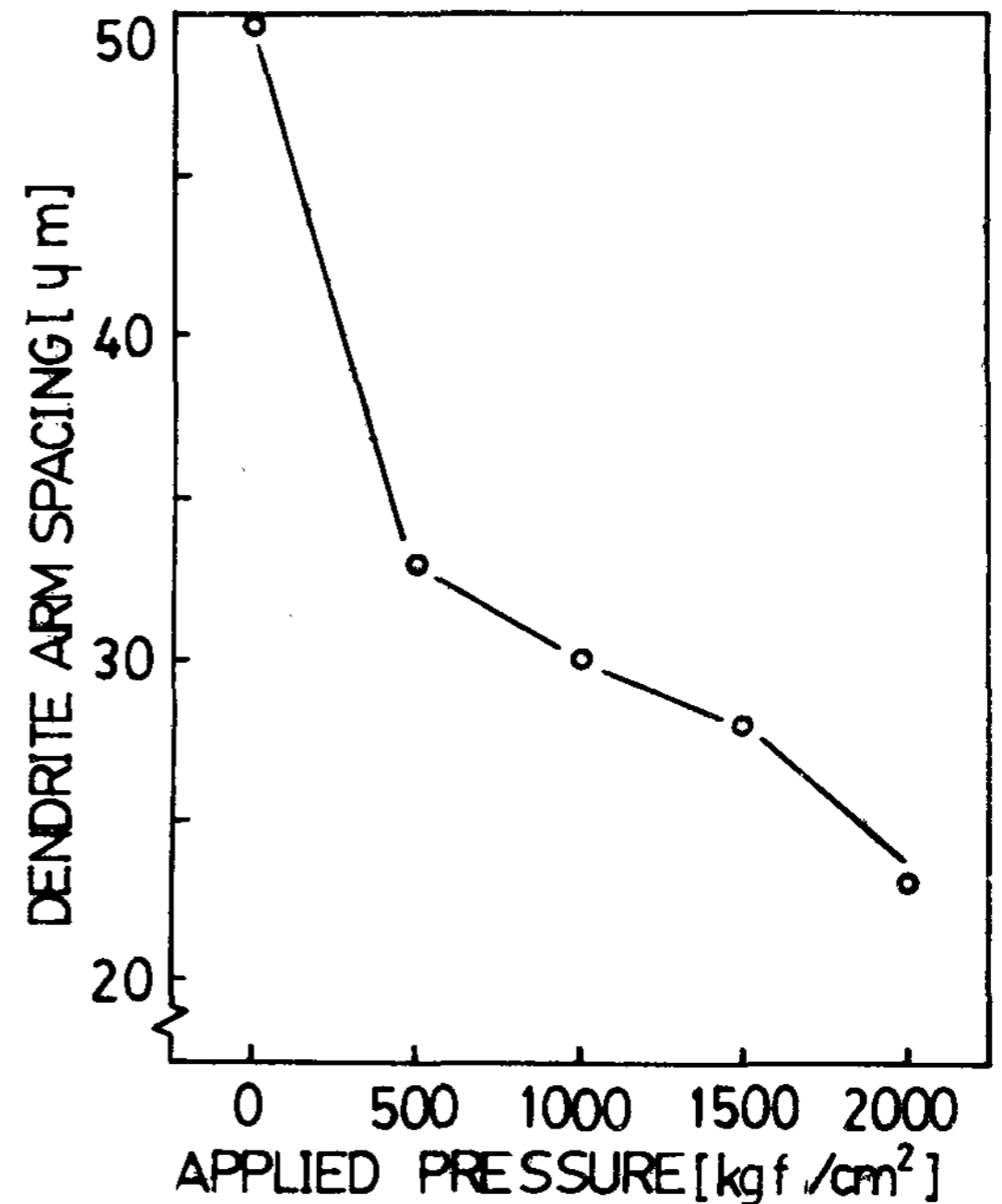


Fig.10 ; Relationship between applied pressure and dendrite arm spacing.

고정수압하에서 응고시키면 조직이 미세하게 되는것은 가압에 의해서 용탕과 주형과의 밀착이 개선되어 열전달이 촉진됨으로써 Fig. 6에서 보는 바와 같이 냉각속도가 상승되고 또한 clausius-Clapeyron의식 $\Delta T / \Delta P = T_m \Delta V / L$ (T_m :melting point L :latent heat of fusion, ΔV :volume change.) 에서와 같이 가압

에 의해 과냉이 촉진되는 데에 기인된다고 사려된다. 또한 가압에 의해서 조직미세화도의 감소폭이 둔화되는 것은 Burke²⁶⁾의 식 $I = A \exp \{ -(U_i + W) / RT \}$ (I: the number of nuclei A: constant, U: activation energy, T: temperature, W: free energy)에서 mobility term과 driving force term으로 구분하여 고찰할 때 가압에 의해 ΔT 가 증가하게 되면 driving force는 증가하나 mobility가 감소하게 되어 어느 임계치에 달하기 때문⁷⁾이라고 사려되며 또한 본 실험에서 얻은 Fig. 6의 결과로부터 알수 있는 바와 같은 냉각속도의 둔화현상도 연관이 있는 것으로 사려된다.

이상의 결과로부터 Al-10%Mg 합금의 응고조직에 미치는 가압력의 영향을 살펴 볼때 macro조직에 있어서는 가압력이 증가함에 따라 등축정부가 약간 조대하는 경향이 있으며 1500 kgf/cm² 이상의 높은 압력하에서는 주상정이 나타났다. 그러나 현미경조직에 있어서는 이러한 사실에도 불구하고 가압력이 증가할수록 조직이 미세해 짐을 알수 있었다.

3-3 기계적 및 물리적 성질에 미치는 가압력의 영향

무가압 및 가압하에서 응고한 Al-10% Mg 합금의 기계적 및 물리적 성질에 대한 실험결과를 Fig.11에 나타내었다. 여기서 보면 인장강도, 경도, 비중 모

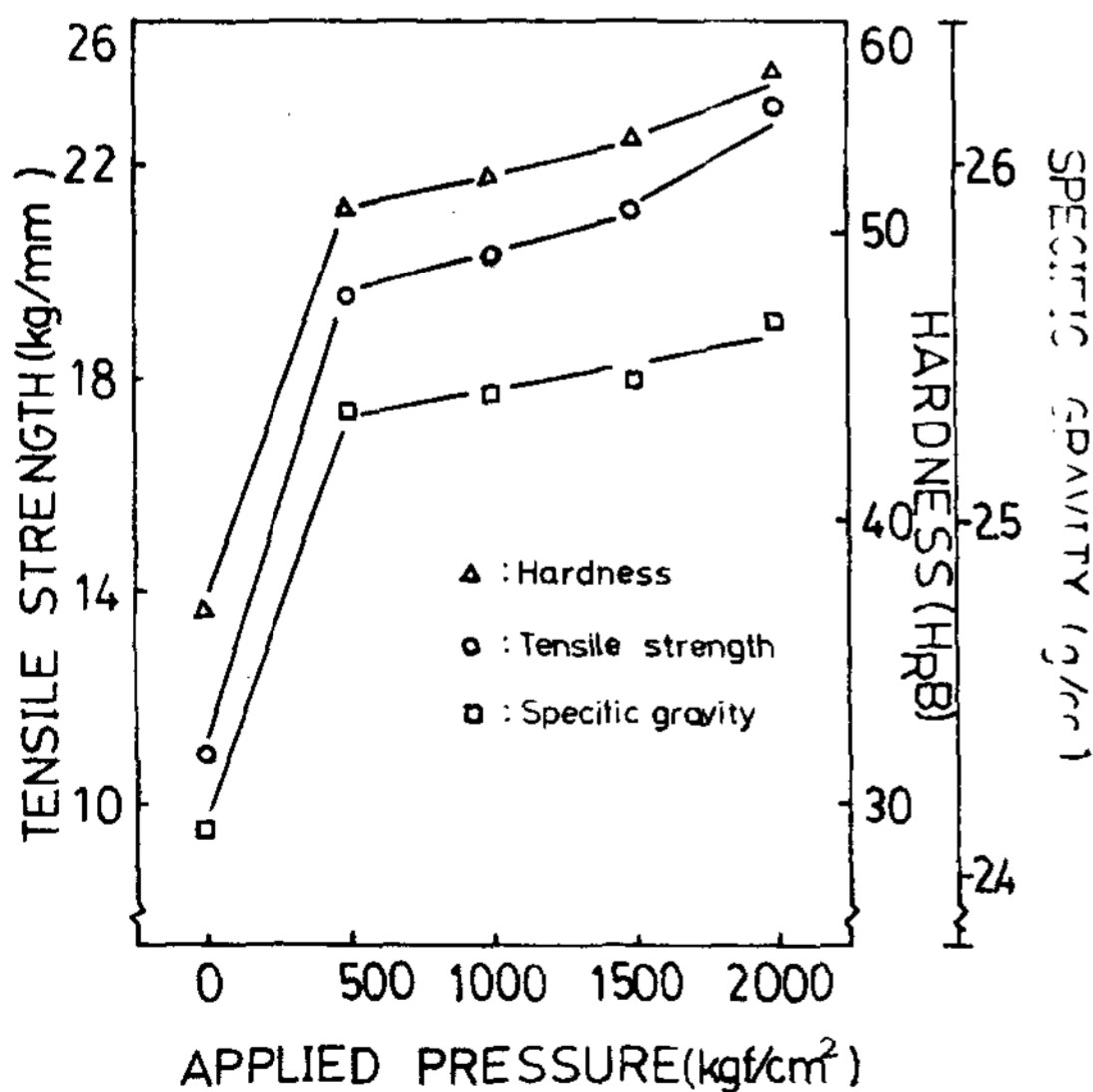


Fig.11; Effect of applied pressure on the mechanical and physical properties of Al-10%Mg squeeze ingots solidified under various high hydraulic pressures.

두가 무가압시에 비해 가압하에서 응고한 것이 월등히 우수하여, 가압력 증가함에 따라 증가하고 있으나 500 kgf/cm² 이상의 가압하에서는 그의 증가폭은 완만함을 알 수 있다.

이와같이 가압에 의해서 기계적 성질이 향상되는 것에 관해서는 이미 많은 연구²⁾¹¹⁾²⁹⁾가 있는데 이는 무가압하에서는 내부 결함이 많기 때문에 기계적 성질 및 물리적 성질이 저하되지만, 가압하에서는 가압력의 크기가 증가함에 따라 Photo.1,2,3에서 보는 바와 같이 shrinkage cavity와 blow hole 등과 같은 주조 결함이 제거됨과 동시에 Fig. 10에서 나타낸 바와 같은 조직의 미세화에 의하여 기계적성질 및 물리적성질이 높은 값을 나타내는 것으로 사려된다. 또한 기계적 성질 및 물리적 성질의 증가가 500 kgf/cm² 이상의 가압력에서 점차로 둔화되는 것과 잘 일치한다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 다른 합금을 대상으로한 실험에서도 지적되고 있음을 볼수 있다.²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾

4. 결 론

본 실험에서는 Al-10% Mg 합금을 가압력의 크기를 달리하여 고정수압하에서 응고시킨 주괴의 냉각속도, 조직, 기계적 및 물리적 성질에 미치는 가압력의 영향을 조사한 결과를 종합하면

1. 가압력이 증가할수록 냉각속도는 증가하였으나 가압력이 증가함에 따라 그의 증가폭은 둔화되었다.
2. 가압에 의해 기공 및 수축공의 발생이 억제되었다.
3. 육안조직은 가압력이 증가함에 따라 주상정이 나타나는 경향을 보이고 있다.
4. 가압력이 증가할 수록 dendrite arm spacing은 감소하였으나 그의 감소폭은 둔화되었다.
5. 경도, 인장강도 및 비중들의 기계적 및 물리적 성질은 가압력이 증가함에 따라 증가하나 500 kgf/cm² 이상의 가압력에서는 둔화되는 경향을 보였다.

참 고 문 헌

- 1) G. Walter; Z. Metallkunde V. 23, (1931), p. 255
- 2) 이 중남; 대한금속학회지, V. 10, No. 1, (1972), P. 190
- 3) 이 중남; 대한금속학회지, V. 10, No. 1, (1973), P. 34

- 4) S.C. Watterjee British Foundryman ;V.11, (1971), P.420
- 5) 雄谷重夫 ; 金屬, V. 18, No. 7, (1968), P.377
- 6) 時末光 ; 輕金屬, V. 28, No. 7, (1978), P.343
- 7) 이종남, 최창욱 ; 대한금속학회지, V. 15, No. 1, (1977), P.16
- 8) 松浦佑次 ; 鑄物, V. 40, No. 8, (1968), P.626
- 9) 雄谷重夫 ; 鑄物, V. 38, (1966), P.31
- 10) Aluminum V, I. ; ASM
- 11) 雄谷重夫 ; 非鐵合金鑄物, 日刊工業新聞社, P.203
- 12) PETZOW, Metallographic etching, P.40
- 13) K. Radhakrishna ; AFS, (1981), P.695
- 14) 윤의박 ; 대한금속학회지, V. 18, No. 5 (1980) P. 378
- 15) ASTM ; B.557-79
- 16) 鈴木鎮夫 ; 日本金屬學會誌, V. 10, No. 7, P.464
- 17) H.F. Taylor. Modern castings ; V. 30, No. 4, (1958), P.129
- 18) 西黒潤 ; 輕金屬, V. 24, (1974), P.245
- 19) 野本光輝 ; 輕金屬, V. 29, No. 2, (1979), P.70
- 20) J.H. Holomon ; The solidification of metal & alloys, AIME (1951)
- 21) D. Turnbull ; Ind & Eng Chem, 44(1952); P. 1292
- 22) A. Cibula ; J. Ind. Met, V. 76, (1957), P.321
- 23) J.F. Wallace ; AFS. Trans, V.69, (1959), P. 366
- 24) Suzuki ; J. of Japan Inst Met, V. 34, (1970) P.808
- 25) W.A. Tiller ; J. Apply Physics, V.36, (5), (1965), P.1680
- 26) J. Burke ; The kinetics of Phase Transformation in Metals, Pergamon Press LTd, (1965), P.105
- 27) Ransley ; J. Ind. Metal, (1947), P.599
- 28) kurino ; Plasticity & Working. (Japan), (1963), 25, P.109
- 29) SUZUKI ; The Report of Ind. Res. Inst. of Nagoya, 10(5), 1961, 11(10) 1962, 12(11) 1963, 14(5) 1965, 16(11) 1967,

