

스퀴즈병용 다이캐스팅법에 의해 제조한 ADC12 합금의 기계적성질 및 미세조직에 관한 연구

김용현* · 김홍식 · 이광학

*영동전문대학 금속과 · 재료공학 · 금속공학부

<요 약>

ADC12 합금의 금형주조시 스퀴즈병용 다이캐스팅법을 적용하여 응고중 부분적으로 소성변형 시킨 결과 변화되는 기계적 성질과 미세조직을 연구하였다. 일반 금형주조시 발생하는 주조품의 내부 결함으로 기공과 편홀등이 스퀴즈병용 다이캐스팅법을 적용하므로써 모두 제거할 수 있었다.

수지상 조정과 알루미늄-규소 망상조직은 소성 변형되어 미세한 결정입자로서 소지금속에 균질하게 분포되었으며, 그결과로서 인장강도와 신율이 일반 금형 주조품보다 2.6배 증가하였다.

A Study on the Mechanical Properties and Microstructures of ADC12 Alloy Prepared by Partial Squeeze Die Casting Method

Kim Yong Hyun* · Kim Heung Shik · Lee Kwang Hak

*Yeong Dong Juni. College, Metallurgical Eng. Dept. of Materials & Metallurgical Eng.

<Abstract>

A research has been conducted on the mechanical properties and microstructure of ADC12 alloy casted by partial squeeze die casting method. Internal defects normally developed in ordinary die casted ADC12 alloy such as blow holes and pipe holes were suppressed by partial squeeze die casting.

Primary aluminium dendrite and aluminium-silicone network structures were plastically deformed and distributed in matrix uniformly as a fine crystalline particles. As a result of plastic deformation of ADC12 alloy during sodification process, tensile properties of the alloy increased 2.6 times higher than that of typically die casted ADC12 alloy.

1. 서 론

자동차용 알루미늄 부품은 압연, 압출 및 단조 등의 공정으로도 생산되고 있으나 거의 대부분은 주조로 생산되고 있으며, 최근에는 자원과 에너지 절약 및 환경 문제로 자동차의 경량화에 대한 요구와 경량화에 따른 안정성의 보장으로 자동차 부품의 고품질화 및 고신뢰성이 요구되고 있다. 이러한 시대적 요구에 따라 주조기술도 많이 혁신되어 왔으며, 현재는 고압주조법중 다이캐스팅이 그 주류를 이루고 있다^{[1]~[3]}. 고압주조에 따른 용탕 가압력은 응고과정중에는 압탕효과와 성형작용에, 응고후 고상에는 소성작용에 영향을 미치게 된다. 즉, 1)고압하에서 응고하기 때문에 응고수축에 대한 압탕효과로 수축공의 생성을 억제할 수 있으며, 2)수소가스의 용해도가 증가하여 강제 고용되므로 기공발생이 감소되고, 3)용탕과 금형의 고밀착으로 air gap의 발생을 억제하여 응고속도가 증가하므로 조직미세화와 기계적 성질이 향상되며, 4)금형의 profile 재현성이 우수하므로 고정밀도의 near-net shape한 제품을 얻을 수 있는 장점이 있다. 하지만 다이캐스팅법은 용탕이 고속고압으로 금형 공동에 충전되므로 가스의 혼입으로 인한 기공이나, 충전응고중 공동부 보다 입구부가 먼저 응고하므로써 최종응고부의 수축분에 대한 용탕보충이 어렵기 때문에 이로 인하여 발생하는 수축공 등의 내부결함이 존재하기 쉬우므로 내압기밀성이 요구되는 부품에는 다소 제한을 받는다^{[4]~[5]}.

이러한 결함을 제어하기 위하여 accurad casting, vacuum die casting과 pore free die casting 등의 주조법이 있으나, 이들 방법으로도 수축공의 생성을 억제시키기 어려우므로 완전한 내압기밀의 신뢰성은 떨어지기 때문에 용탕을 직접 가압하는 방식인 스퀴즈 캐스팅법^[6]이 대두되었다.

스퀴즈 캐스팅은 다이캐스팅에 비하여 고압으로 인해 열전도도가 4배정도 향상되어 냉각속도가 증가하므로 응고조직이 미세할 뿐 아니라 가압에 의한 금형 밀착 등 잔류가스를 제거하므로써 기공이나 수축공 등의 결함이 발생되지 않아 건전한 주물을 주조할 수 있는 유리한 주조법으로 알려져 있다^{[7]~[9]}.

현재까지 이 스퀴즈 캐스팅에 의해 주조되고 있는 Al합금의 조직변화, 기계적 성질 및 첨가원소 등의 영향에 관한 연구보고^{[10]~[12]}가 있으나 이들은 고가의 스퀴즈 캐스팅 설비가 필요할 뿐만 아니라 또한 저속충진법이므로 이에 적합한 합금설계가 요구되며 다이캐스팅에 비해 약 20%정도의 제조경비가 높은 문제점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 다이캐스팅법의 특징인 고생산성과 우수한 용탕충진성에 스퀴즈 캐스팅법의 장점을 첨가하여 주물의 후육부분만 스퀴즈 핀으로 가압하는 방법인 스퀴즈병용 다이캐스팅법^{[13]~[15]}을 자동차용 air compressor front housing(이하 front housing이라 함)에 적용하여 스퀴즈병용 다이캐스팅의 최적 주조조건을 찾고자 하였다.

2. 실험방법

Front housing을 제작하기 위하여 본 실험에 사용한 주조설비는 다이캐스팅주물제작에 일반적으로 사용되고 있는 cold chamber die cast machine을 일부분 개조하여 가압 plunger를 장착한 스퀴즈병용 다이캐스팅기(TOSHIBA, 350ton)으로서 Fig. 1에 그 장치의 개략도를 나타내었다.

금형의 기본구성은 입구 및 공동부로 다이캐스팅과 동일하며 스퀴즈 가압기구를 금형내에 내장시켜 가압 plunger를 유압 실린더에 의해 가압전진, 후퇴 및 가압력의 크기를 조절할 수 있도록 하였다.

한편, 스퀴즈병용 다이캐스팅의 기구를 Fig. 2에 나타내었으며, 스퀴즈가압은 용탕이 공동에 충전완료된 후 짧은 time-lag을 두고 가압개시하여 주물 전체가 완전히 응고 완료할 때까지 가압을 유지시키며 응고 후에 plunger를 분리시켜 제품을 취출하였다.

본 연구에 사용한 재질은 현재 front housing에 적용되고 있는 Al-Si합금인 ADC12로 재질의 화학성분을 Table 1에 나타내었다.

또한 주조조건은 주입온도를 $670^{\circ}\text{C} \pm 5$ 로 하였으며 사출압력은 $850\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 그리고 성형시간은 12sec로 하였다.

또 건진한 front housing 제품을 얻기 위하여 후육부분을 스퀴즈 핀으로 가압하였으며 이때 가압력은 사출압력보다 크게하여 $1500\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 $3000\text{kg}/\text{cm}^2$ 까지 $500\text{kg}/\text{cm}^2$ 씩 증가하여 4단계로 변화시켰으며 가압개시 시간도 0.5sec에서 2.0sec까지 0.5sec씩 변화시켰다. 가압개시시간은 Fig. 2에 보인바와 같이 용탕사출이 끝난 후 스퀴즈 핀이 가압해 들어가는 시간이며, 본 실험에 대한 주조조건은 Table 2에 나타낸 바와 같다.

제작된 front housing은 X-ray사진을 통하여 내부결합의 존재 유무를 조사하였으며 또한, 밀도측정기(SD-120L)를 이용한 비중측정으로 시편의 밀도를 조사하였고, 스퀴즈 핀의 가압조건에 따른 조직변화는 주사전자현미경(SEM)을 통하여 조직을 비교 관찰하였다.

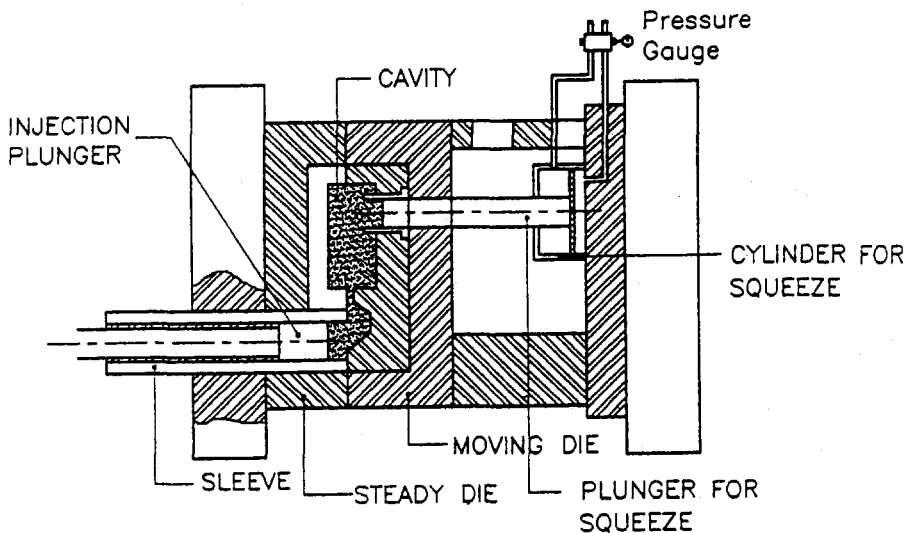


Fig. 1. Cross sectional view of partial squeeze die casting machine.

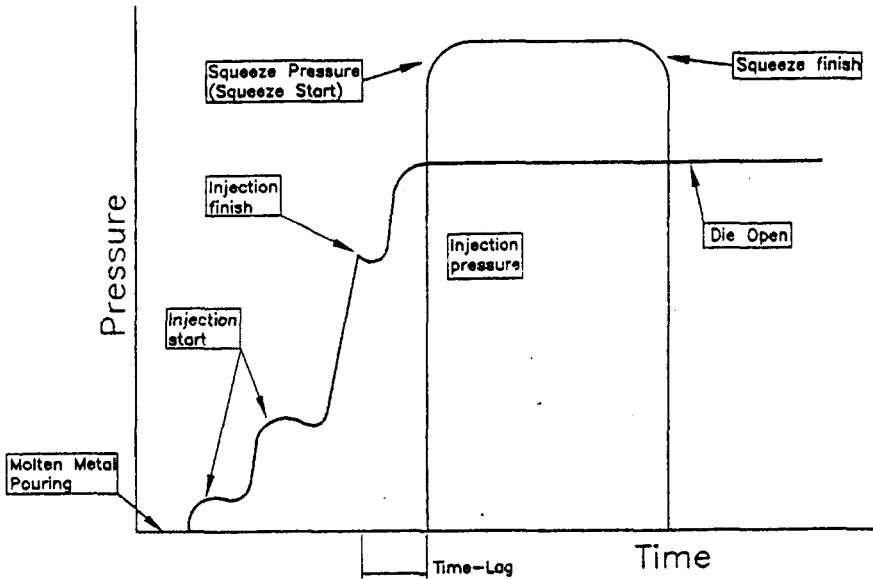


Fig. 2. Pressure vs. time curve of partial squeeze die casting method.

Table 1. Chemical composition of ADC12 alloy(wt.%).

Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Ni	Sn	Fe	Al
11.0~11.5	2.0~2.3	0.25	0.9	0.25	0.03	0.03	0.7~0.9	bal

Table 2. Experimental casting condition of front housing.

pouring temperature		670°C ± 5°C
injection pressure		850 kg/cm ²
injection speed	1st	0.20 m/s
	2nd	1.80 m/s
squeeze pressure		1500, 2000, 2500, 3000 kg/cm ²
time-lag		0.5, 1.0, 1.5, 2.0 sec
cycle time		40 sec

3. 연구결과 분석

3.1 고압력에 따른 미세조직 변화 및 기계적 성질

알루미늄 합금은 고압하에서 응고하면 대기압하에서는 등축정이 생성하는 조건에서도 금형벽에서 중심까지 주상정이 발달하기 쉽다. 또 고압하에서는 용탕이 강제적으로 금형과 밀착된 상태로 응고하기 때문에 열전달이 양호하게 되어서 냉각속도의 증대 및 큰 온도구배가 생기며 응고계면은 비교적 평활하다.

본 연구에 사용된 ADC12 합금의 응고양상은 초정 Al수지상 (이하 초정 α 상이라함)이 생성되고 그 수지상의 계면사이에 침상 형태의 Al-Si의 공정상 및 CuAl_2 등의 금속간 화합물이 생성되어 응고가 완료된다.

다이캐스팅법, 스퀴즈 다이캐스팅법 및 스퀴즈병용 다이캐스팅법으로 제작된 front housing의 내부조직을 비교하기 위하여 front housing의 후육부분을 동일채취하여 SEM으로 관찰한 결과를 Photo. 1에 나타내었다. 다이캐스팅법으로 주조한 (a)의 경우는 용탕이 고속 고압으로 사출되어 난류로 인한 공기의 포집과 입구부가 먼저 응고되므로 응고완료시까지 충분한 가압이 이루어지지 않아 주물의 후육부에 많은 수축공, 기공 등의 내부결함이 형성되어 있음을 볼 수 있으며, 또한 비교적 불균일한 조대 초정 α 상의 형성과 편석되어 있는 침상의 Al-Si공정상이 관찰되어 불건전한 조직을 이루고 있음을 알 수 있었다. 스퀴즈 다이캐스팅법으로 저속 고압주조한 (b)의 경우에는 응고완료까지 주조압력이 가해지므로 충분한 압탕의 효과로 다이캐스팅법에 비해 내부결함이 없는 비교적 건전한 조직을 관찰할 수 있었다. 본 연구에서 처음으로 시도한 스퀴즈병용 다이캐스팅법인 (c)의 경우는 고속 고압으로 용탕사출 후 주물의 후육부에 2000kg/cm²의 고압력으로 용탕을 직접 가압하여 주므로서 공정조직에 가깝던 ADC12 합금의 조직은 초정 α 상의 면적율이 현저히 증가되어 공정 Si정출이 억제되고 있다. 이는 고압력의 작용으로 인한 용점 및 상평형의 변화로 인한 과냉의 증가, 응고속도의 증가에 기인하여 Al중에 Si의 고용한도가 증가하여 초정 α 상의 고용체가 많이 생성되었기 때문인 것으로 사료된다.

또한 다이캐스팅, 스퀴즈 다이캐스팅 및 스퀴즈병용 다이캐스팅법으로 주조한 제품의 표면과 중심부에서 dendrite arm spacing(DAS)을 측정하여 그 결과를 Fig. 3에 나타냈으며 각 주조법에 따라 측정한 DAS와 아래식으로 부터 응고속도를 계산하여 Fig. 4에 나타내었다^[9].

$$d = 29 \times C^{-0.36} \quad \{d : \text{DAS의 크기, } C : \text{냉각속도(}^\circ\text{C/sec)}\}$$

표면층은 단면에서 0.5mm의 부위를 기준으로 측정하였으며, 중심층은 주조품의 중심부를 각각 5곳 이상 측정된 평균값을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 표면에서 중심부로 갈수록 DAS가 증가함을 알 수 있으며, 표면층과 중심층의 조직 편차는 각각의 주조법에 따라 상이하게 나타났다. 다이캐스팅법의 경우 가장 큰 DAS편차를 보였으며, 스퀴즈 다이캐스팅법의 경우에는 비교적 편차가 작음을 알 수 있었다. 이는 다이캐스팅법은 고속 고압주조법인 반면에 스퀴즈 다이캐스팅법의 경우는 초저속 고압주조법으로서 응고완료시까지의 충분한 가압효과 때문이며, 스퀴즈병용 다이캐스팅법의 경우는 후육부의 가압효과로 인해서 표면층은 다이캐스팅법과 유사하며 중심층은 스퀴즈 다이캐스팅법과 비슷한 비교적 양호한 조직 분포를 나타낸 것으로 보인다.

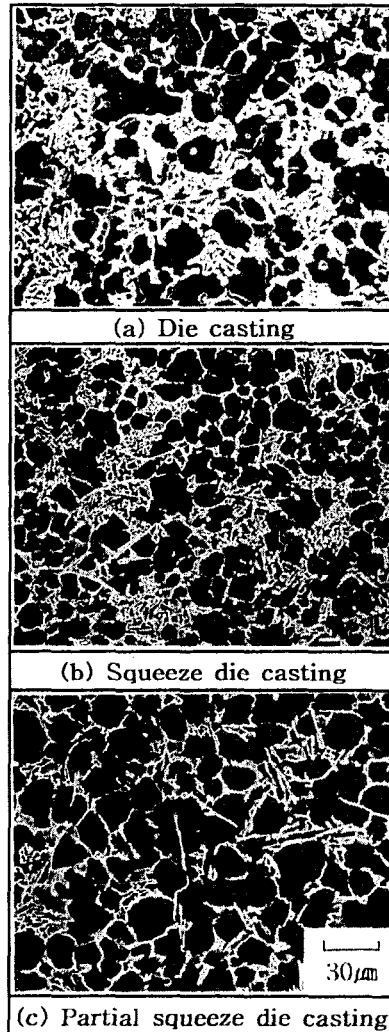


Photo. 1. Cross sectional view of ADC12 alloy cast prepared Die casting, Squeeze die casting and Partial squeeze die casting methods showing the dendrite morphology and the difference of defect formation.

또한 냉각속도가 증가하면 조성적 과냉각이 증가하여 수지상 간격이 좁아지는 반면에 냉각속도가 감소하면 수지상 성장이 지연되어 DAS가 넓어진다. 그러나 다이캐스팅법은 비교적 높은 주조압력으로서 응고속도가 증가하여도 중심부로 갈수록 가압의 효과는 떨어져 수지상이 분리되지 않으므로 DAS가 넓게 형성되며, 수지상 사이의 용질원자의 농도가 높아져서 침상의 Al-Si공정상과 기공등이 편석되어 응고하는 양상을 보인다. 그리고 스퀴즈 다이캐스팅법은 공동의 응고완료까지 가압이 지속되므로 수지상이 어느정도 분리되어 DAS가 좁아질 뿐 아니라 용질원자도 계속 액상쪽으로 밀려나서 최종응고부에 편석이 집중하게 되므로 다이캐스팅법에서 볼 수 있는 거시적 편석이나 기공 등의 내부결함이 감소하기 때문에 거시적인 내부결함은 찾아 볼 수 없었다. 한편, 스퀴즈병용 다이캐스팅법으로 주조된 front housing의 후육부분의 조직사진인 photo. 1의 (c)는 스퀴즈 다이캐스팅법과는 달리 응고완료전에 직접 용탕이 가압을

받기 때문에 가압개시전에 형성된 수지상이 완전히 분리되어 2차 arm이 서로 합쳐져서 응고하는 것으로 생각되기 때문에 공정 Si의 편석은 거의 없으며 또한, 초정 α 상의 면적을 Al-Si 아공정 합금과 유사한 정도로 성장하는 것으로 사료된다.

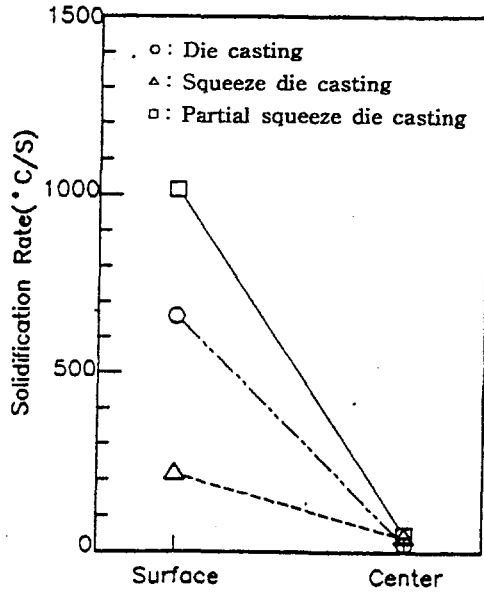


Fig. 3. Dependent of dendrite arm spacing(DAS) on various high pressure casting methods.

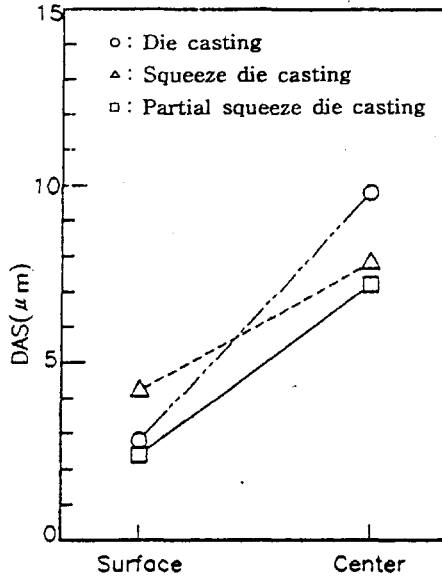


Fig. 4. Solidification rate of various high pressure casting methods calculated from dendrite arm spacing(DAS).

한편, 각 주조법에 따른 인장강도, 경도 및 비중을 측정한 결과의 평균치를 Table 3에 나타내었다. 이 Table에서 인장특성을 비교하여 보면 다이캐스팅법의 경우에는 인장강도가 18.8kg/cm² 정도이지만, 스퀴즈 다이캐스팅법의 주조재인 경우는 26.3kg/cm²로 인장강도가 증가하였으며, 스퀴즈병용 다이캐스팅법의 주조재인 경우는 26.5kg/cm²로 인장강도가 향상되었음을 알 수 있었다. 연신율의 경우도 0.5%에서 1.3~1.5%정도로 향상되었다.

이 이유를 규명하기 위해 SEM으로 미세 조직 검사, 파단면관찰을 하였다. 앞서 전술한 바와 같이 다이캐스팅법에서는 많은 내부결합의 발생을 확인할 수 있었으나, 스퀴즈 다이캐스팅법과 스퀴즈병용 다이캐스팅법에서는 내부결합이 없는 비교적 건전한 조직을 관찰할 수 있었다. 또 다이캐스팅법에 비해 스퀴즈 다이캐스팅법과 스퀴즈병용 다이캐스팅법에서는 침상의 공정 Si, 초정 α 가 균일하게 분포하고 있으므로 인장강도가 향상하는 것으로 판단된다. 특히 고압력의 영향정도가 클수록 초정 α 의 면적율이 증가하였으며 또 밀도측정기(SD-120L)에 의한 비중측정으로 비중의 증가도 확인할 수 있었는데, 이것이 연성향상의 주원인인 것으로 사료된다.

Table 3. Mechanical properties of ADC12 alloy tensile specimens in various high pressure casting methods.

	yield strength (kg/cm ²)	tensile strength (kg/cm ²)	elongation (%)	hardness (Hv)	specific gravity (g/cm ³)
Die casting(F)	12.1	18.8	0.5	88	2.710
Squeeze die casting(F)	14.3	26.3	1.3	105	2.731
Partial squeeze die casting(F)	14.5	26.5	1.5	104	2.736

또한 각 주조법에 따른 인장 파단면의 측면 미세조직을 photo. 2에 나타내었는데 스퀴즈 다이캐스팅법 및 스퀴즈병용 다이캐스팅법인 (b)와 (c)의 경우 고압력의 작용으로 초정 α 상의 미세화 및 균일분산의 효과로 균열은 공정상 영역과 α 상 입내를 통과하고 있으나 계면 전위밀도 증가와 계면 결합력의 증가로 인장방향과 수직방향으로 균열이 전진하였으므로 인장강도가 향상되었으며, 다이캐스팅법인 (a)의 경우에는 조대 α 상의 발생량이 많고 공정상도 조대 α 상의 간격사이에 편재되어 있어서 스퀴즈 다이캐스팅법과 스퀴즈병용 다이캐스팅법에 비해 불균일한 조직을 보이고 있으므로 균열의 양상은 계면을 따라 진행하고 있으며 부분적으로 조대 α 상 입내의 통과도 관찰할 수 있었다. 따라서 주조조직이 미세하고 균일한 경우에는 연성적인 파괴가 주체가되며, 소성영역에서의 변형량이 많아져 인장강도 및 신율을 향상시키는 것으로 생각된다.

또한 공정상이 편재된 조직의 경우 공정 Si 혹은 금속간 화합물은 α 상에 비해 극히 취약하기 때문에 균열전파를 촉진시키며 주물의 소성변형량이 적은 시점에서도 쉽게 파괴가 일어나는 것으로 사료된다.

이상의 결과로 미루어 볼때 고압력의 작용은 주물의 인성을 향상시키는 효과를 나타내었으며 이같은 인성향상의 주요인으로서 밀도의 향상, 조직의 미세화, 그리고 가압에 의한 상평형의 변화로 인한 초정 α 상 면적율의 증가가 주요한 원인이라고 생각된다.

압력에 의한 상변화는 Clausius-Clapeyron의 용점상승의 식으로 추측할 수 있으며, 鈴木^[16]의 논문에서도 압력에 의한 상변화와 용점상승이 보고되어 있다. 또한 초정 α 상의 면적율증가는 본 실험에서도 가압력의 효과가 가장 큰 스퀴즈병용 다이캐스팅법(2000kg/cm²)의 경우가 다이캐스팅법과 스퀴즈 다이캐스팅법에 비해 확연히 증가함을 관찰할 수 있었는데 이러한 현상은 Chatterjee^[17]등의 보고와도 잘 일치하고 있다.

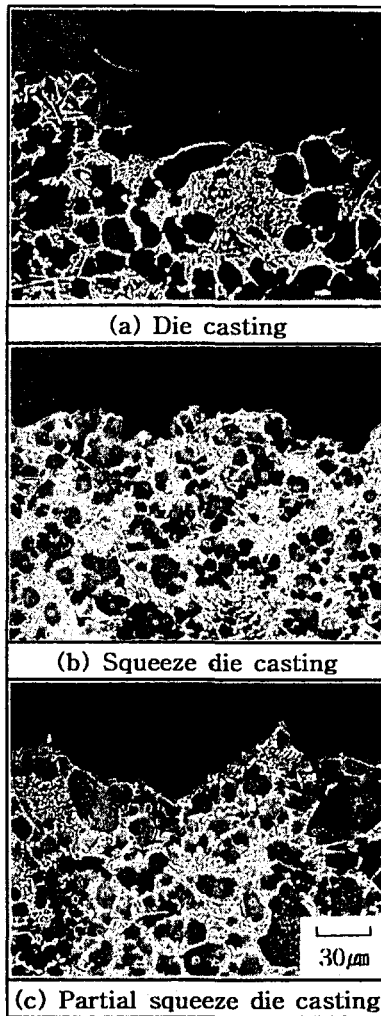


Photo. 2. Cross sectional view of fractured tensile specimens.

3.2 가압력의 변화에 따른 미세조직 관찰

가압개시시간을 1.0sec로 일정하게 하고 스퀴즈 가압력을 1500, 2000, 2500 및 3000kg/cm²로 변화시켜 4개의 front housing을 주조하였다. 이들 각각의 내부조직을 Photo. 3에 나타내었다.

스퀴즈병용 다이캐스팅으로 주조된 제품들은 초정Al 수지상과 Al-Si망상조직의 계면과 Al-Si망상조직 중에 발생하는 수축미세공도 거의 없음을 조직사진으로부터 확인 할 수 있었으며, 또한 스퀴즈 핀에 의해 용탕이 직접 가압됨으로서 초정Al 수지상이 파괴되고 Al-Si망상조직도 파괴되어 Si가 미세한 침상의 형태로 응고하였음을 알 수 있다. 가압력이 낮은 (a)의 경우는 응고층의 변형저항력이 커서 squeeze stroke가 짧아지기 때문에 초정Al 수지상과 공정상의 파괴정도가 작으므로 침상의 Al-Si망상조직이 조대하게 성장하여 있음을 볼 수 있다. 또 가압력이 높은 (d)의 경우는 time-lag이 짧아서 응고가 시작되기 전에 squeeze stroke end point에 도달하므로 응고된 초정 Al 수지상이나 Al-Si망상조직이 파괴될 수 없기 때문에 수축미세공의 결함이 다소 존재하고 있음이 관찰되었다.

그러나 (b)에 보인바와 같이 2000kg/cm²의 가압력과 1.0sec의 time-lag으로 주조된 최적조건에서는 침상형 공정의 정출이 다소 감소하였고, 결정입계부근에 아주 미세한 입자상의 공정Si가 형성되어 있는 편식이 없는 양호한 조직임을 관찰할 수 있다. 이는 용점상승과 상평형의 변화로 설명할 수 있는데 먼저 열역학적으로 보면 아래에 나타낸 단열압축계에 대한 Clausius-Clapeyron식을 이용하면 Al-Si합금의 경우 1000kg/cm²의 가압하에서는 약 7°C 정도의 용점이 상승됨을 알 수 있다.

$$\frac{dT}{dP} = \frac{T_f(V_L - V_S)}{L_f}$$

여기서 T_f : 평형응고온도, V_L : 액체의 체적, V_S : 고체의 체적, L_f : 응고잠열이다. 또한 Welter^[18]에 의하면 20,000kg/cm²의 가압에 의해 공정점은 18%Si으로 이동하고 Al중에 Si의 고용한도는 약 3%까지 증가된다고 보고되었는데 본 실험에서도 고압력의 작용으로 전술한 용점 및 상평형의 변화로 인한 과냉의 증가, 응고속도의 증가로 인하여 Al중의 Si고용한도가 증가하며 또 초정Al고용체가 많이 생성되는 미세한 조직을 얻을 수 있었던 것으로 사료된다.

한편 가압력의 변화에 따른 밀도 차이를 확인하고자 가압개시 시간은 2.0sec로 일정하게 하고, 가압력을 변화시킨 조직사진을 Photo. 4에 나타내었다. 이 조직사진에서 가압력이 1500kg/cm²인 (a)의 경우는 가압력도 낮을 뿐 아니라 가압개시시간도 2.0sec로 늦기 때문에 응고층의 변형저항력이 커져 가압효과가 감소하여 Al-Si망상조직이 기지조직에 일부 모여 있으며 수축미세공도 존재하고 있다. 가압력이 3000kg/cm²인 (d)의 경우는 가압력이 너무 높기 때문에 가압 plunger의 stroke가 응고전에 end point에 도달하여 가압효과가 불충분해지므로 Al-Si망상조직과 기지조직 사이에 기공이 다소 생성되어 있음을 볼 수 있으며, 2000 및 2500kg/cm²인 (b)와 (c)의 경우는 비교적 양호한 상태로 나타났다.

Pin hole의 원인이 되는 수소가스의 용해도는 압력의 평방근에 비례하여 증가하므로 사출압력 800kg/cm²일때와 스퀴즈 가압력 2000kg/cm²일때의 압력차이 1200kg/cm²증가에 대한 가스의

용해도는 약 35배 정도 증가한다. 이는 Ransley^[19]의 논문에서도 보고되었다. 이와 같이 고압력 작용하에서는 대기압하의 용탕중에 수소가스가 과포화 되어 있더라도 응고시 강제응용 되기 때문에 다이캐스팅에서는 제거가 어려운 미세기공도 스퀴즈 가압으로 이들 기공의 생성을 억제할 수 있었던 것으로 사료된다. 따라서 미세한 침상의 형태인 Al-Si망상조직의 기지조직 내 분포도와 그 형상과 크기 그리고 기공 및 수축미세공의 생성여부등을 고려할 때 가압력이 2000kg/cm²이고 가압개시시간이 1.0sec일 때가 가장 양호한 주조조건임을 알 수 있었다.

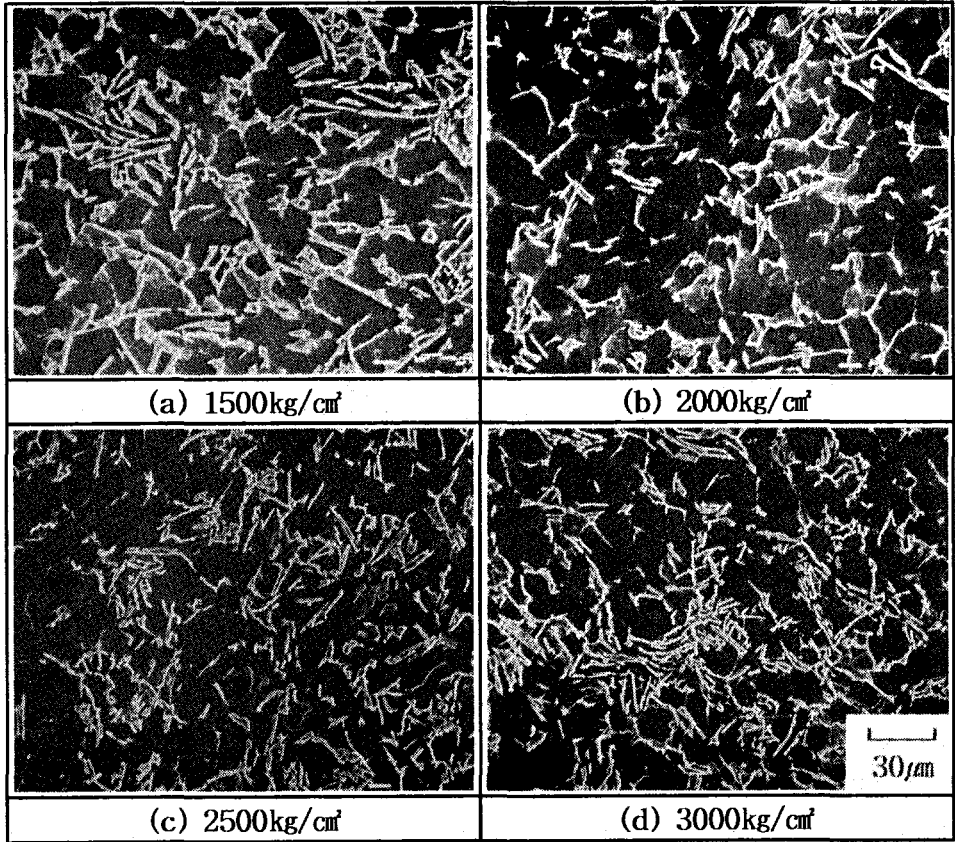


Photo. 3. SEM photographs showing the effect of squeeze pressures at time-lag 1.0sec.

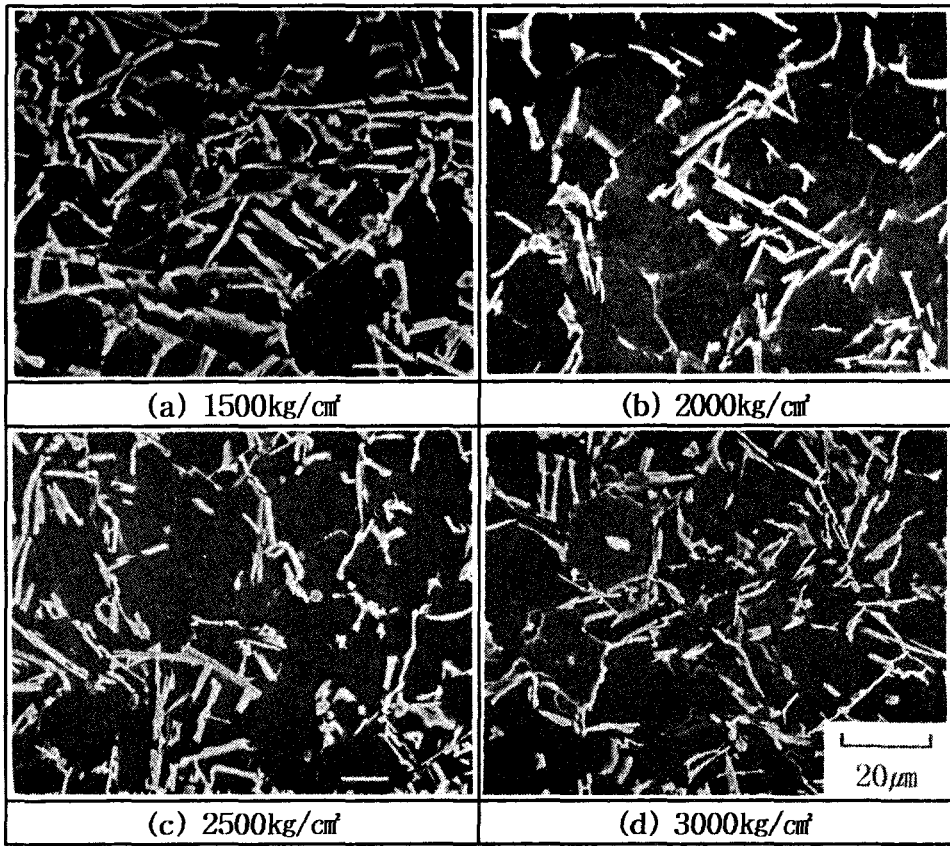


Photo. 4. SEM photographs showing the effect of squeeze pressures at time-lag 2.0sec.

4. 결 론

고압주조한 ADC12 합금의 고압력 작용에 따른 미세 조직 및 기계적 성질의 특성변화를 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 다이캐스팅법에서 필연적인 문제로 대두되던 후육부의 기공과 수축 미세공의 내부결함은 스퀴즈 다이캐스팅법 및 본 연구에서 처음 시도한 스퀴즈병용 다이캐스팅법으로 거의 억제할 수 있었다.
- 2) 다이캐스팅법 및 스퀴즈 다이캐스팅법의 경우 초정 α 와 공정 Si의 분포가 비슷하였으나, 스퀴즈병용 다이캐스팅법에서는 초정 α 의 면적율이 증가하였고, 공정 Si량은 감소하였다.
- 3) 인장강도 및 신율은 스퀴즈 다이캐스팅법과 스퀴즈병용 다이캐스팅법의 경우가 다이캐스팅법에 비해 인장강도는 $18.8\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 $26.3\sim 26.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 약1.4배 그리고 신율은

0.5%에서 1.3~1.5%로 약 2.6배 이상 향상됨을 확인할 수 있었다.

- 4) 가압력을 증가시킴에 따라 최대 밀도를 보이는 가압개시시간은 증가하였으며, 가압력이 2500kg/cm²인 경우에는 가압개시시간이 약 1.2sec, 그리고 3000kg/cm²인 경우에는 가압개시시간 1.5sec에서 최대 밀도가 각각 2.736g/cm³ 및 2.732g/cm³를 나타내었다.
- 5) 스퀴즈 펀의 용탕 가압으로 인하여 초정 Al 수지상이 파괴됨과 동시에 침상의 Al-Si 망상조직도 파괴되어 미세한 결정으로 기지조직에 고르게 분포하고 있음을 관찰할 수 있었다.

5. 참 고 문 헌

- [1] B. A. CHIN : Journal of Mater. sci. 26 (1991) 993.
- [2] 芹田 陽, 石川 敏雄, 木村 藤夫 : 輕金屬 Vol. 20, No. 1 (1970) 1.
- [3] 藤井 則久, 藤井 滿, 森木 庄吾, 岡田 千里 : 輕金屬 Vol. 34, No. 8 (1984)446. [4] 山本 善章, 岩田 靖, 中村 元志 : 輕金屬 Vol.39, No.1 (1989) 21.
- [5] 堀田 昇次, 猿木 勝司, 淺野 高司, 中村 元志 : 輕金屬 Vol.39, No.1 (1989) 203.
- [6] Yasuhisa Kaneko, Hideki Murakami, Kunio Kuroda and Shingo Nakazaki : Foundry Trade Journal, February 28 (1980) 399.
- [7] G. A. Chadwick and T. M. Yue : Casting technology, January, (1989) 6.
- [8] Shu Suzuki : Modern casting, October, (1989) 38.
- [9] 鈴木 鎮夫, 後藤 靖夫, 片岡 義典 大福 根 康夫 : 住友輕金屬技報, Vol.27, No.2 (1986) 32.
- [10] 松原弘美 : アルトピア, 4, (1985) 11.
- [11] 安達 充, 和久 芳春, 岩井 英樹, 西 正, 吉田 淳 : 輕金屬, Vol.39, No.7 (1989) 487.
- [12] 安達 充, 和久 芳春, 岩井 英樹, 岡本 昭男, 植木 正:輕金屬, Vol.39, No.7(1989) 494.
- [13] Squeeze併用 die casting 鑄造法 : 輕金屬, 日本電裝(株) 論文報告 (1987).
- [14] Al合金の溶湯鑄造 : (株) 小出製作所 調査.
- [15] Squeeze 鑄造理論 : (株) 小出製作所 調査.
- [16] 鈴木 : 日刊工業 (1968) 335.
- [17] S. Chatterjee, A. Das : The British Foundryman 66 (1973) 118.
- [18] V.G. Welter : Zeitschrift fur Matallkunde, 23.
- [19] C. E. Ransley and H. Neufeld : "The Solubility of Hydrogen in Liquid and Solid Aluminum" J. Inst. Metals, Vol.74, (1948) 599.