

技術資料

주조용 과공정 Al-Si 합금

정운재, 김기태, 김상훈

Hypereutectic Aluminum-Silicon Casting Alloys

W. J. Jung, K. T. Kim and S. H. Kim

1. 서론

지난 수십년 동안, 특히 자동차 및 항공기등의 수송 산업 분야에 있어서 Al 합금 주물의 생산 및 사용량은 급격하게 증가하여 왔다. 이중에는 Si을 약 5-13% 포함하는 아공정 Al-Si합금이 그 상당부분을 차지하고 있었으나, 근래에 들어와서는 14-25% Si을 함유하는 과공정합금에 대한 관심이 점차 증가하고 있다¹⁾. 이들 과공정 합금은 공정기지에 단단한 비금속 Si 초정 입자가 박혀 있는 천연의 복합재료조직을 가지고 있다. 따라서 과공정 Al-Si합금은 높은 비강도 및 우수한 고온 경도와 강도, 내식성, 내마모성과 기존에 사용되던 Al합금보다 작은 열팽창계수, 양호한 주조성 및 높은 열전도도를 나타낸다. Al-Si 과공정 합금은 이러한 여러 우수한 제반 성질들을 가지고 있기 때문에 자동차 엔진 블록, 피스톤, 실린더, 펌프등과 항공기 엔진부품등에 사용되고 있다.²⁾

1970년 이전까지만 하더라도 과공정 Al-Si 합금은 아공정 Al-Si 합금에 비하여 상대적으로 큰 관심의 대상이 되지 못하였으나, 1970년대 Reynolds Aluminum社에 의하여 자동차 엔진용 390합금이 개발되면서부터 단독적인 연구분야로 커다란 주목을 받게 되었으며, 여러 선진국에서도 이를 바탕으로 새로운 합금개발 및 제조에 관련된 연구가 꾸준히 확대되어가고 있다. 따라서, 본 자료에서는 주조용 과공정 Al-Si합금의 구조 및 성질을 간단히 서술하였으며, 특히 최근 주목받고 있는 초정 Si형상 제어에 관하여서도 소개하고자 한다.

2. 합금원소의 효과

가장 널리 이용되고 있는 과공정 Al-Si합금 중 중요한 몇가지 합금의 화학 조성을 표 1에 나타내었다. Si은 이 합금에서 가장 중요한 합금원소인데, Al의 비중 2.7g/cm³에 비교하여 볼때, Si의 비중은 약 2.35g/cm³으로 제품의 성질 개선뿐 아니라 합금 경량화에도 중요한 역할을 하는 원소 중의 하나이다. Si은 재료 본래의 아주 높은 경도 때문에 내마모성을 증가시킨다. 예를 들면, Al 합금 기지의 미소경도는 약 KHN 180정도이나, 초정 및 공정 Si상의 미소경도는 KHN 1100이상을 나타내고 있다. 따라서 Si의 함량이 커질수록 합금의 내마모성은 증가하게 된다. 그리고 Si은 합금 용탕의 유동성을 증가시키는 효과도 가지고 있는데, 약 18-20%의 조성범위에서 용탕의 유동성이 최대가 된다고 알려져 있다²⁾. 하지만 Si의 양이 이 범위 이상으로 과다하게 첨가되면 기계 가공성과 주조성을 해치게 된다. 한편, 합금의 열팽창 계수는 Si의 양이 증가함에 따라 감소하는 경향이 있다. 그러므로 과공정 Al-Si합금 중 일반적으로 이용되고 있는 Si의 양은 약 14-25%범위로 한정되어 있다.

Cu는 Al내에 고용되는 양이 상당히 크고 강화 효과가 있기 때문에 대부분의 과공정 Al-Si합금에 첨가되고 있으며, 상온 및 고온강도, 경도와 가공성 향상에 효과가 있는 것으로 알려져 있다³⁾. Cu의 첨가량은 합금에 따라 약 0.5-4.5%로 상당히 범위가 넓다. 또한 Cu를 첨가하면 적당한 열처리에 의하여 경화능을 증가시킬 수 있는 장점이 있으나, 내식성을 저하시키는 단점이 있다.

표 1. 주조용 과공정 Al-Si 합금의 성분조성⁴⁾

합금명	주조법 **	Si %	Fe %	Cu %	Mg %	Zn %	Ni %	Mn %	기 타 %
390	D	17	<1.3	4.5	0.55	<0.1	-	<0.1	-
A390	S,P	17	<0.5	4.5	0.55	<0.1	-	<0.1	-
B390	D	17	<1.3	4.5	0.55	<1.5	-	<0.5	-
392	D	19	<1.5	0.6	1.0	<0.5	-	0.4	-
393	S,P,D	22	<1.3	0.9	1.0	-	2.25	-	0.12V
Mercosil	-	16-19	<1.4	0.15	0.4-0.7	-	-	<0.3	-
3HA	-	13-15	0.3-0.4	2.0-2.2	0.4-0.6	-	2.0-2.5	0.4	0.05Zr, 0.06 Ti, 0.04 Sr
LM28(UK)	-	17-20	0.7	1.3-1.8	0.8-1.5	0.2	0.8-1.5	0.6	0.6 Cr, 0.1 Pb, 0.1 Sn, 0.2 Ti, <0.05Co
LM29(UK)	-	22-25	0.7	0.8-1.3	0.8-1.3	0.2	0.8-1.3	0.6	0.6 Cr, 0.1 Pb, 0.1 Sn, 0.2 Ti, <0.05Co
LM30(UK)	-	16-18	1.1	4.0-5.0	0.4-0.7	0.2	0.1	0.3	0.1Pb, 0.1 Sn, 0.2 Ti
A-S18UNG(France)	-	16.5-19.5	0.75	0.8-1.5	0.8-1.5	0.2	0.8-1.3	0.2	0.1Pb, 0.05 Sn, 0.2 Ti
A-S25UNG(France)	-	23.5-27	0.75	0.8-1.5	0.8-1.5	0.2	0.8-1.3	0.2	0.1Pb, 0.05 Sn, 0.2 Ti
GAISI21 CuNiCo(Italy)	-	20-22	0.9	1.4-1.8	0.4-0.8	0.2	1.4-1.6	0.6-0.8	0.2 Ti, 0.1 Co
AK21M2, 5N2, 5(Russia)	-	20-22	0.9	2.2-3.0	0.2-0.5	0.2	2.2-2.8	0.2-0.4	0.2-0.4 Cr, 0.04 Pb, 0.01 Sn, 0.1-0.3 Ti

* 잔부-aluminum and unlisted impurities

** D-diecasting (pressure), P-permanent-mould (gravity-die) casting, S-sand casting

Mg역시 대부분의 과공정 Al-Si합금에 첨가되며, 열처리에 위해 강도, 경도, 가공성 및 경화능을 개선하는 역할을 하여 Cu와 거의 비슷한 효과를 보인다³⁾. 과공정 Al-Si 합금에서 Mg은 통상 약 0.5-1.0%의 범위로 첨가된다.

Fe의 경우 사형주조 또는 중력금형주조합금에서는 1%미만, 다이캐스팅 합금에서는 1%이상 첨가되고 있다. Fe가 약 0.2%이하로 미량 첨가될 경우 인성과 연성을 부여하는 효과를 보이고 있다⁴⁾. Fe 함량을 높이면, 기계적 성질과 용탕의 유동성에 치명적이나, 다이캐스팅시 die의 燒着(die soldering)을 줄이는데는 효과적이다.

Ni와 Co는 고온에서의 기계적 성질을 향상시키는 데 효과가 있는 것으로 알려져 있는데^{3,4)}, Ni의 경우 합금에 따라 약 2.5%까지 첨가되고, Co는 주로 0.4-1.2%의 범위에서 첨가된다.

Cr의 경우 간혹 1%미만의 범위에서 소량첨가되는 경우가 있는데, 0.3-0.4% 조성에서는 강도 증가에 기여를 하며, 0.5-1%에서는 장시간 고온 노출시에 강도의 안정성 향상에 기여한다. Fe 함량이 높을 경우에 약 1%의 Cr이 첨가되면 침상 β(Al-Fe-Si)를 미세화시켜서, 구상 Fe-Cr화합물의 양을 감소시킨다³⁾.

Mn은 1%이내의 범위에서 사용되어 인장특성을 개선시키는 역할을 하지만, 첨가량을 높이면 주조성과 주조품의 품질을 저하시킨다³⁾.

P는 과공정 합금에 반드시 첨가되는 원소로서 초정 Si상의 미세화제로 사용된다. 지금까지 보

고된 바에 의하면 효과적 조성 범위는 0.005-0.3%³⁾이다.

Zr은 보통 0.01에서 0.1%사이의 범위에서 첨가되어 과공정 Al-Si합금의 고온 성질을 개선시키는 효과가 있다.

Ti는 0.01-0.1%의 범위로 표 1의 3HA합금에 첨가되기도 하는데, 널리 알려진 결정립 미세화제로서 주조성과 기계적 성질을 향상시킨다. 합금원소 첨가시에 Ti 또는 Ti-B 모합금으로 첨가된다.

B는 수수백분의 1%의 극히 미량의 합금원소로 보통 Ti와 함께 첨가되어 결정립을 미세화시키며, 채용해시에 미세화 효과를 증가시킨다.

Sr은 공정조성 근처의 (12.5-15%Si) 과공정 합금에 0.01-0.05%범위로 첨가되어 공정 Si의 개량제 역할을 하는데, 3HA합금에서는 초정 Si이 없는 공정조직을 형성시킨다⁵⁾.

Na는 3HA합금에서 Sr과 비슷한 용도로 첨가되나, (NaAl)Si₂가 존재할 때 이 합금의 내식성에 악영향을 미친다.

3. 기계적 및 물리적 성질

가장 널리 이용되고 있는 과공정 Al-Si합금 중 중요한 몇가지 합금의 기계적 성질을 표2에 나타내었다. 경도, 인장강도, 항복강도 및 피로강도는 기존의 상용 Al합금과 거의 대등함을 알 수 있다. 하지만 Al-Si과공정 합금은 전형적으로 낮은

표 2. 과공정 Al-Si 합금의 기계적 성질⁴⁾

합금명	주조법*	열처리	인장강도	항복강도 (MPa)	연신율 in 50mm(%)	경도 (BHN)
A390	S	F	180	180	<1	100
		T5	180	180	<1	100
		T6	280	280	<1	140
	P	T7	250	250	<1	115
		F	200	200	<1	110
		T5	200	200	<1	110
		T6	310	310	<1	145
390	D	T7	260	260	<1	120
		F	280	240	1	120
392	D	T5	295	265	1	-
		F	290	260	<0.5	-
Mercosil 3HA	S	F	165	115	1	-
		F	225	-	-	110
		T6	375	-	-	155
LM29(UK)	S	TE	120	-	-	100-144
		TF7	120	-	-	100
	P	TE	190	-	-	100
		TF7	190	-	-	100
A-518 UNG (France)	P	Y35	170	130	-	85

연성을 가지고 있다. 자동차 엔진블럭과 같은 용도에는 연성보다는 고온강도와 피로수명이 더욱 중요시 되고 있기때문에 Al-Si과공정 합금이 현재 엔진블럭용 소재인 주철의 대체재료로서 적합하다.

또한 Al-Si과공정 합금은 우수한 고온강도를 가지고 있으며, 장시간 고온에서 유지시킨 뒤에도 안정된 상온강도를 가진다. 390합금의 열전도도는 회주철보다 약 3배이상 큰데, 이 또한 Al-Si과공정 합금이 엔진 재료로서 이용될 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

4. 열처리

390합금과 같이 고온용 Al-Si합금은 고용체내에서 Si의 석출현상때문에 영구변형이 일어나기도 하는데, 이러한 변형은 230°C에서 약 8시간 열처리를 함으로써 방지할 수 있다.

대부분의 과공정 합금의 조성은 용체화 처리 후 시효 처리(T6 또는 T7)에 의하여 우수한 성질을 얻을 수 있도록 설계되었다. 많은 합금들이 시효경화를 일으키는 원소인 Cu와 Mg를 포함하는 것도 이 때문이다. 이러한 열처리는 사형 또

는 중력 금형주조재의 기계적 성질을 최적화하는데 적합하다.

다이캐스팅 주물은 일반적으로 용체화 처리를 하지 않는데, 이는 주조과정에서 생기는 기공내의 압축가스 때문이다. 따라서 다이캐스팅 주물을 용체화 처리 온도인 약 480-540°C에서 열처리하면, 기공내의 압축가스가 팽창하여 블리스터링(blistering)의 원인이 된다. Diecavity를 산소 또는 활성 가스로 채워주는 새로운 다이캐스팅법(Pore Free Diecating : PFD)을 적용하면, 이러한 문제점을 해결할 수 있다.

5. 주조성

390합금은 유동성이 매우 좋으며, 내고온균열 및 내압성도 아주 우수하다. 390 합금의 유동성이 우수한 이유는 같은 부피의 Al의 잠열에 비하여 Si의 잠열이 약 4.5배정도 더 크기때문인 것으로 보고되었다⁵⁾. 일반적으로 유동성은 응고시 수반되는 잠열의 양에 비례하는 것으로 알려져 있다. 과공정 Al-Si합금의 응고시에 방출되는 열은 응고 초기 단계, 즉 매우 작은 분율의 초정 Si이 형성되는 단계에서 대부분 방출된다. 따라

서 Si의 함량이 증가할수록 잠열의 양도 증가하여 결과적으로 유동성이 증가하게 된다. 그러나 이러한 경향은 18% Si 조성까지는 일치하지만 그 이상의 조성에서는 오히려 유동성을 감소시키는 경향이 있는 것으로 보고된 바 있다⁵⁾.

한편, Rooy등에 의하면 이러한 합금은 압탕 효과가 좋지 않기 때문에 건전한 주물을 얻기 위해서는 용탕량을 충분히 공급하고 온도구배를 높일 필요가 있다고 지적하고 있다³⁾.

6. 가공성

과공정 Al-Si합금을 실용화 하는데에는, 가공성이 가장 큰 문제가 된다. 자동화용 Al합금 주물의 가공성은 대략 다음과 같은 요인들로부터 영향을 받는다.

- (1) 화학조성, 미세조직 및 성질
- (2) 주조방법
- (3) 미세조직을 변화시킬 수 있는 여러가지 후처리 방법
- (4) 재료의 강도
- (5) 금속 또는 비금속 불순물

Al-Si과공정 합금에서 Si은 마찰제로서 작용해 공구의 수명을 단축시킨다. Cu와 Mg는 합금의 경도를 증가시켜 가공면을 매끄럽게 한다. 초정 Si의 미세화와 공정 Si의 개량처리는 공구의 수명을 연장시킨다. Rooy³⁾는 C89합금(20%Si)에서 초정 Si을 미세화시켰을 때, 공구의 마모량이 사형, 중력금형과 다이캐스팅 주물에서 각각 70%, 50% 및 36%로 감소되었다고 보고하였다. P에 의해 Si이 미세화 처리된 합금은 매끄러운 가공 표면을 나타낸다⁶⁾. 과거의 Al-Si과공정 합금의 가공성 문제는 새로운 공구재의 개발과 다결정 다이아몬드 공구 및 특수 코팅된 공구등의 개발에 따라서 현재는 상당히 개선되었다. 하지만 공구의 수명을 더욱 연장시키기 위해서는 적절한 가공조건 및 절삭유의 선택이 필요하다.

7. 미세조직

일반적으로 과공정 Al-Si합금의 미세조직에는 두가지 중요한 특징이 있는데, 초정과 공정조직이다. 초정은 거의 순수한 Si결정으로 이루어져 있으며, 공정은 주로 Si, Cu과 Mg이 함유된 Al고

용체와 공정 Si로 구성되어 있다.

초정 및 공정 Si의 형상, 크기와 분포는 냉각속도, 불순물과 핵생성등의 응고조건에 따라 현저하게 달라진다. 이러한 응고조건에 따라 합금의 특성이 현저하게 변화되기 때문에 건전한 주물을 얻기 위하여는 응고 및 주조공정에 대한 정밀한 조절이 필요하다.

실제 주조 작업시 일어나는 응고현상은 복잡하기 때문에 미세조직도 복잡하게 된다. 따라서 Si의 형상에 대한 체계적인 연구는 주로 일방향응고법을 이용하여 진행되어 왔지만⁷⁾, 어떤 형상의 조직이 초정이며 공정인지에 대해서는 연구자들에 따라 아직 의견이 일치되고 있지 않다. 이는 Si의 형상이 성장 속도, 온도구배 및 조성등의 응고 조건에 아주 민감하기 때문이다. 하지만 일반적으로 주물에서 관찰되는 Si형상을 다음과 같은 9가지로 간단히 요약할 수 있다.

1. Star-like primary Si(그림 1 a) : 합금원소가 첨가되지 않고, 냉각속도가 느릴 때의 전형적인 조직으로 하나의 핵에서 생성되어 5개의 축방향으로 성장한다⁸⁾.
2. Polyhedral primary Si(그림 1 b) : 인(P)이 첨가된 합금의 전형적 조직으로 단면은 육각 또는 팔각형이다.
3. Plate-like Si : 이 Si의 형태는 아직 초정 또는 공정인지 확실히 분류되지 않았다⁹⁾.
4. Dendritic primary Si(그림 1 c) : 이것은 Na와 Sr이 첨가된 합금이 비교적 큰 과냉도를 가지고 응고할 때 발생한다.
5. Spheroidal primary Si(그림 1 d) : Na이 첨가된 합금이 빠른 냉각속도로 응고할 때 생긴다.
6. Feathery Si(그림 1 e) : skeleton, web, fishspine, lamellar, feathery dendritic Si등의 여러가지 이름으로 불리워진다. 공정 Si으로 보고되기도 했으나⁹⁾, 아직 정확히 규명되지는 않았다. 과냉도가 크고 Si의 농도가 작을 때 형성된다. 3차원적으로 이 Si결정은 다면체를 형성하며, 내부에서는 단범위 확산에 의한 lamellar성장을 한다.
7. Y-like Si(그림 2 a) : angular Si이라고도 불리우며, 공정 Si으로 분류된다⁷⁾.
8. Flake-like eutectic Si(그림 2 a) : 다른 합금원소가 첨가되지 않고 인(P)이 첨가된 합금에서

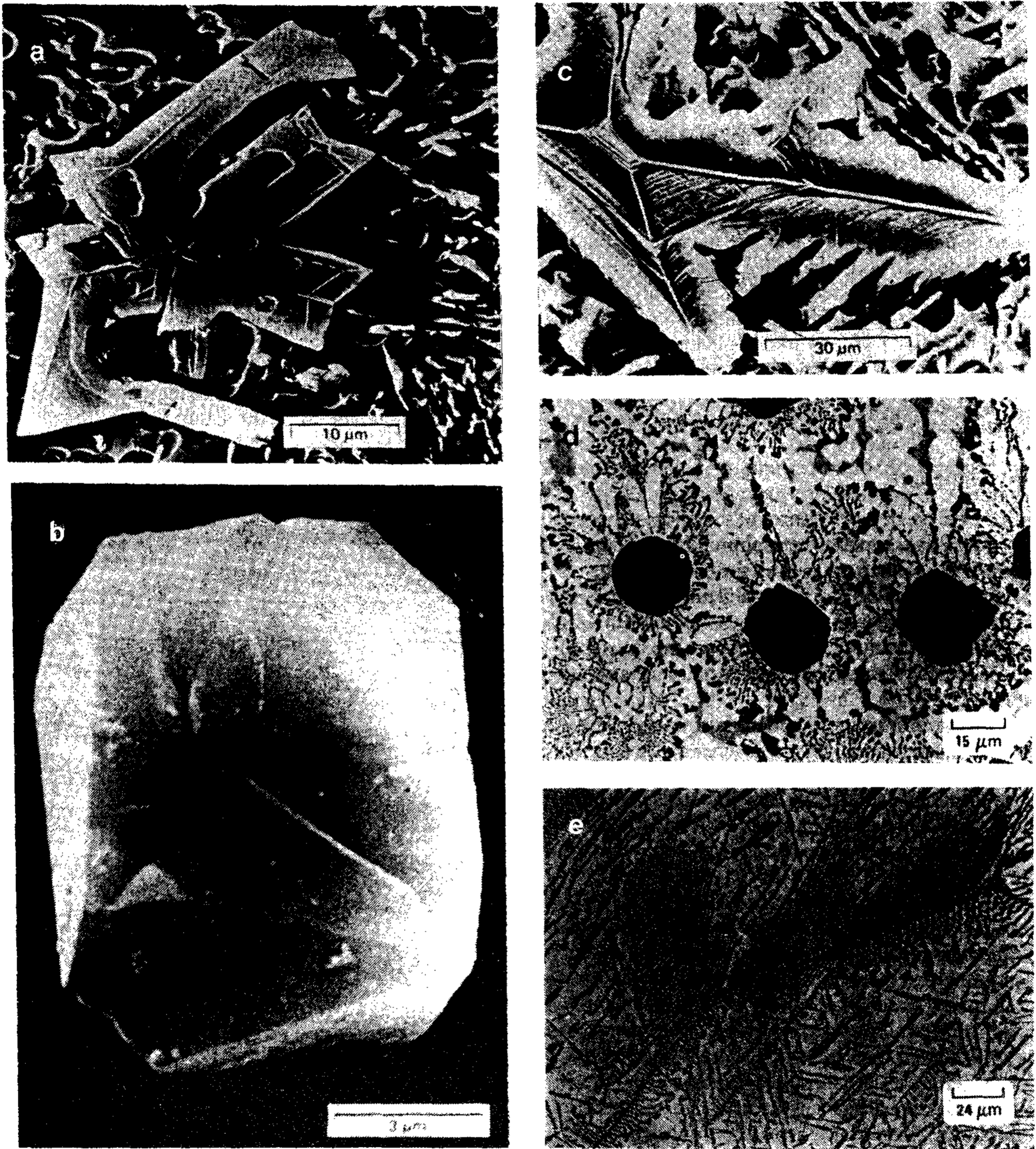


그림 1. 초정 Si의 형태¹³⁾ : (a) starlike, (b) polyhedral, (c) dendritic, (d) spheroidal and (e) feathery.

발견되며, 단면은 물결 또는 곧은 침상으로 보인다.

9. Fibrous eutectic Si(그림 2 b) : 개량처리된 합금에서 나타나며, 그 형상은 단면에서 구형 입자로 보인다.

미량원소가 첨가되지 않은 2원계 과공정 Al-Si 합금의 미세조직은 전형적으로 Al기지내에 수 mm크기의 조대하고 불규칙한 형상의 초정 Si 결정과, flake형상의 공정 Si로 구성되어 있다. 이러한 종류의 조직에서는 초정 및 공정 Si이 응력 집중

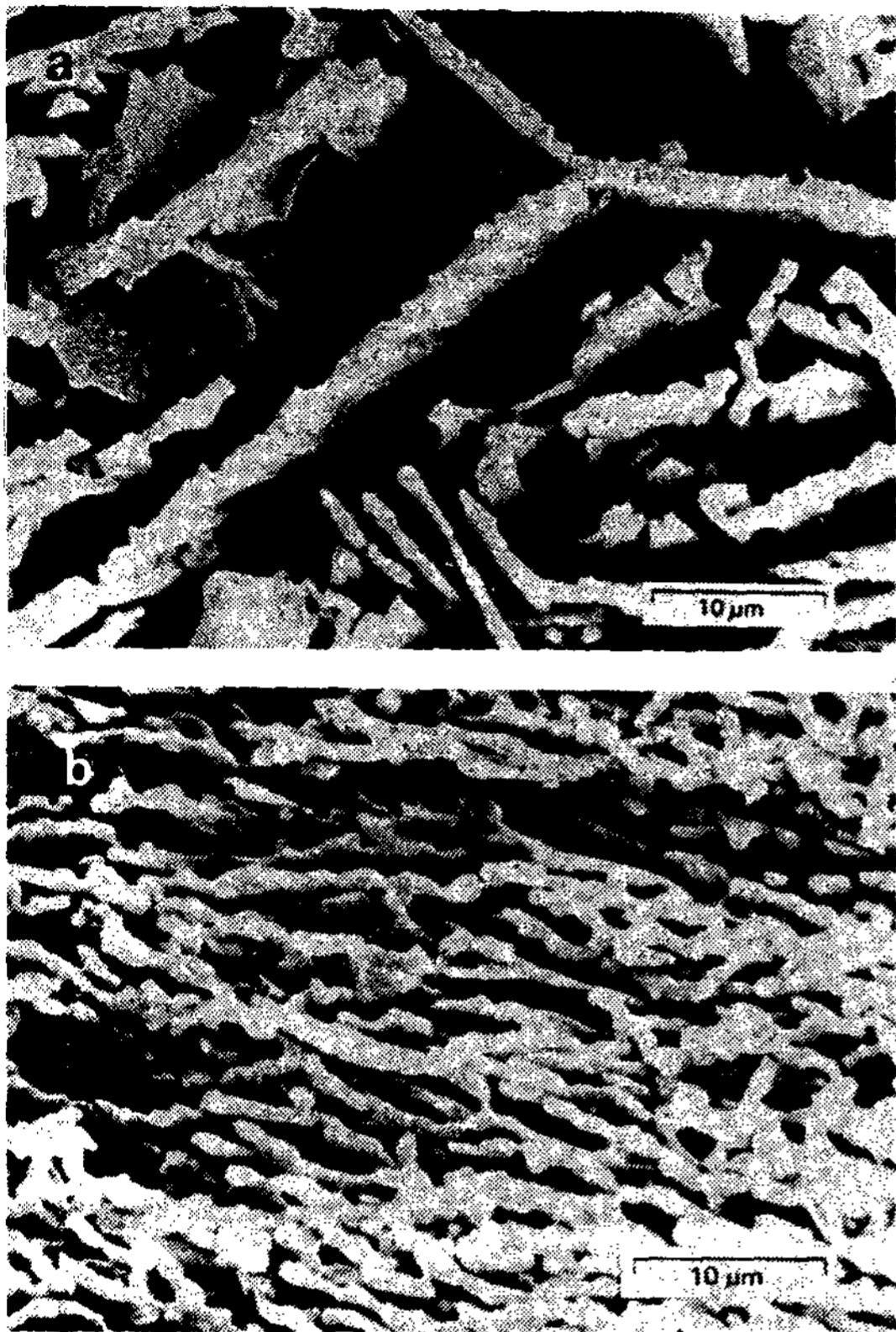


그림 2. 공정의 Si의 형태¹³⁾: (a) flake-like and (b) fibrous

부로 작용하기 때문에 나쁜 기계적 성질을 나타낸다.

8. 초정 silicon의 편석과 미세화

15% 이상의 Si를 함유하는 합금에서의 가장 큰 문제점은 사형구조에서와 같이 냉각속도가 느릴 때 발생하는 Si의 거시편석이다. 다시말하면, 중력 편석에 의하여 주물 상부에서는 Si의 농도가 높아지고, 주물의 하부에서는 Si가 거의 나타나지 않는다. 이것은 Si의 부유에 의하여 야기되는 중력 편석의 예라고 할 수 있다^{10,11,12)}. 비록 Al과 Si의 입자크기와 밀도차이가 아주 작더라도, Si입자의 부유는 일어난다. P에 의하여 미세화된 합금에서의 초정 Si의 핵생성은 보통 미세화되지 않은 합금보다 약 20°C정도 위에서 일어난다. 이에 따라 온도가 높고 점성이 낮은 용탕에서는 Si의 부유시간이 더 길어지게 된다. 또한

Sr은 초정 Si의 크기를 감소시키고 응고 온도 구간을 좁히는 효과가 있다. 이러한 효과를 이용하여 편석을 줄일 수 있으며, 또한 응고중 냉각속도를 15°C/sec이상으로 하면, 편석이 완전하게 제거될 수 있다.

초정 Si의 편석은 P가 첨가된 합금에서도 상당히 나타난다. 미량 합금원소가 첨가되지 않은 합금에서는 초정 Si의 크기가 상당히 커지게 되고, P첨가재의 경우는 적절한 미세화 처리가 되지 않으면 초정의 응집현상이 나타나게 된다.

과공정 Al-Si 합금에의 인(P)첨가는 초정 Si의 크기, 형상 및 분포에 큰 영향을 미친다. P가 첨가되면 우선 초정 Si의 크기가 약 5-10배 정도 미세화된다. 또한 P는 초정 Si의 수를 증가시키며, 합금전체에 걸쳐 초정 Si를 균일하게 분산시키는 효과도 가지고 있다. 더우기, P는 불규칙한 초정 Si의 형상을 다면체로 변화시킨다.

이러한 미세화 효과로 인하여, 과공정 Al-Si합금의 인장강도와 연신율은 각각 최소 15% 및 25%이상으로 향상되었다고 보고되었으며⁶⁾, 심지어는 인장강도와 연신율 모두 100%이상 향상되었다는 연구보고도 있다¹¹⁾. 용탕에 P가 첨가될 때는 순수한 P, PCl₅, Cu-8%P, Cu-15%P와 특수한 첨가제 및 AlP, Mn₃P등 여러가지 형태로 첨가된다^{14),15)}. 이러한 P첨가제는 용해속도, 회수율과 안정성등을 가장 먼저 고려하여 설계 및 사용되며, 부수적으로 첨가시 수소 및 다른 불순물의 혼입과 단가 측면도 역시 고려해야 한다. 지금까지도 Cu-8%P가 효율적 측면과 편리함에서 가장 널리 사용되고 있다^{11),16)}.

초정 Si를 미세화시키는 다른 금속학적인 인자로는 냉각속도, 주조법, 합금첨가방법, 첨가제의 형태, 첨가온도 및 용탕온도, 탈가스 방법, 탈가스제의 종류, 과열도, 주입온도, 플럭싱과 재용해등을 들 수 있다^{3,5,16,15,17)}. 이러한 변수들은 다양하고 서로 연관되어 있기 때문에 이들의 영향을 일반화하여 정리한다는 것은 어렵지만, 상대적으로 볼 때, 냉각 속도가 클수록 미세화 효과가 커지고 따라서, 첨가되는 P의 양이 작아져도 된다. 통상적인 과열의 범위는 약 100-150°C인데, 좀더 우수한 미세화 효과를 얻기 위하여 과열도와 주입온도를 높이는 것이 유리하다. 재용해는 약 5회 반복시까지만 미세화에 효과를 미친다. P의

표 3. Si과 AIP의 결정학적 상수들

	Cristal Stmmetry	Edge Length A	Melting Point °C
Si	Diamond Cubic	5.42	1414
AIP	Cubic(ZnS type)	5.45-5.47	app. 2500

첨가후에 Cl을 이용한 탈가스는 초정 Si의 미세화에 도움을 주는 것으로 보고되었다³⁾.

P가 초정 Si을 미세화시키는 기구에 대해서는 많은 보고가 되어왔는데^{6,11,18,19)}, 이들에 따르면 P는 용탕내의 Al과 반응하여 AIP화합물을 형성하고 이 AIP의 결정구조와 격자상수가 Si와 유사하여 Si의 핵생성 장소로 매우 유리하다는 것이다(표 3). 이러한 불균일핵생성에 의한 미세화 효과는 P가 존재할 때 아주 빠른 냉각속도하에서도 용탕의 과냉도가 매우 작다는 사실로부터도 추론할 수 있다.

만일 미세화를 위해 P를 첨가할 경우 용탕내에 Na, Sr과 Ca성분이 존재하게 되면 P의 미세화 효과를 감소 또는 상쇄시킨다. 이는 각 원소들의 화학 반응때문에 야기되는 것으로 알려져 있는데^{2,6,15,18,19)}, 예를 들면 응고 온도에서의 P의 Na에 대한 친화도는 Al에 대한 것보다 훨씬 크기 때문이다⁶⁾.

P이외에도, 초정 Si의 미세화제로서 여러 원소들과 화합물이 연구되어 왔고, 이러한 원소들 중 가장 관심을 끌고 있는 원소는 S로서 우수한 미세화제로 보고되기도 했지만²⁰⁾, 아직까지 P를 대체할 만한 것은 없는 실정이다^{3,12,15,20)}.

6. 전망

아직까지 과공정 Al-Si합금의 구조와 성질에 대한 이해는 아공정 합금과 비교해볼 때, 상당히 빈약하다. 과공정 Al-Si합금의 높은 경도 및 내마모성과 같은 우수한 기계적 성질은 높은 Si함량으로부터 기인되지만, 이러한 높은 Si함량은 이 합금의 제조 및 가공에 어려움을 가져다 주고 있다. 왜냐하면, 아주 빠른 냉각속도를 제외하고는 항상 상당한 거시편석이 발생하며, 초정 Si은 본래 조대하기 때문에 P에 의하여 결정립 미세화를 시켜야 하는데 P에 의해서는 초정 Si이 미

세화됨과 동시에 개량처리된 공정조직을 얻는 것이 어렵기 때문이다.

아마도 현재 쓰이는 합금보다 더 높은 Si조성의 합금을 사용한다면 경도와 내마모성은 증가할 지도 모른다. 하지만 현재로서는 어느 정도의 범위까지 Si의 조성을 올릴 수 있는지는 알려져 있지 않다. 용탕의 유동성과 같은 주조성에 연관된 성질은 Si함량이 증가함에 따라서 나빠지며, 편석문제를 더욱 가중시킬 것이다.

이러한 문제점으로 인하여, 비교적 응고속도가 낮은 일반적인 주물공장에서는 과공정 합금의 실용화에 제약이 따르고 있다. 이러한 합금을 개발하기 위해서는 가장 먼저 급냉응고법이 개발되어야만 한다. 비록 급냉응고되었을 때의 조직에 관하여는 거의 알려진 바가 없지만, 합금원소 첨가에 의해서가 아닌 냉각속도 단독에 의한 결정립 미세화가 가능할 것으로 보이며, 거시편석도 일어나지 못할 것으로 보인다.

현재 사용되고 있는 과공정 합금은 앞으로도 계속 사용될 것으로 보인다. 현 시점에서는 Si의 편석이 어느 정도 허용이 되고 있고, 그 나름대로의 상당한 응용분야를 가지고 있으나, 앞으로 보다 나은 Si의 형상 및 분포를 얻기 위한 방법이 개발되어야만 이들 과공정 Al-Si합금의 완전한 개선 및 개발이 이루어질 것이라고 보인다.

참 고 문 헌

1. N. Tenekedijev and J.E. Gruzleski : Cast Met., 3 (1990) 96
2. J.L. Jorstad : AFS Trans., 92 (1984) 573
3. E.L. Rooy : AFS Trans., 80 (1972) 421
4. J.E. Hatch : "Aluminum properties and physical metallurgy", ASM, Metals Park, Ohio, 1984
5. J.L. Jorstad : AFS Trans., 79 (1971) 85

6. K. Schneider : AFS Trans., 68(1960) 176
 7. O.A. Atasoy, F. Yilmaz and R. Elliott : J. Crystal Growth, 66 (1984) 137
 8. J.C. Weiss and C.R. Loper, Jr., : AFS Trans., 95 (1987) 51
 9. H. Fredriksson, M. Hillert and N. Lange : J. Inst. Met., 101 (1973) 285
 10. C.R Loper, Jr., C.B. Kim, K.M. Htun and R. W. Heine : AFS Trans., 75 (1967) 520
 11. M.G. Urdea and Y.P. Telang : Met. Eng. Quat., 1 (1961) 54
 12. S. Grosh and W.J. Mott : AFS Trans., 72 (1964) 721
 13. R. Elliot : "Eutectic Solidification Processing", Butterworths, London, 1983
 14. M.G. Day : J. Met. (1969) Apr., 31
 15. Y. Telang : AFS Trans., 71(1963) 232
 16. J.L. Jorstad : Trans. Met. Soc. AIME., 242 (1968) 1217
 17. F.L. Arnold and J.S. Priestley : AFS Trans., 69 (1961) 129
 18. A. Hellawell : Prog. Mat. Sci., 15 (1970) 3
 19. P.B. Crosley and L.F. Mondolfo : AFS Trans, 74 (1966) 53
 20. G.K. Sigworth : AFS Trans., 95 (1987) 303



구상흑연주철 및 타 주조금속의 역학적 거동에 관한 국제회의

(International Conference on Mechanical Behavior of
Ductile Iron and Other Cast Metals)

일 시 : 1993년 7월 29일(금) ~ 8월 2일(일)
 장 소 : 일본 北九州시 국제회의장
 내 장 : 구상흑연주철 및 타 주조금속의 피로, 정적·동적파괴, 파손해석, 제조공정과 열처리, 이론해석, 컴퓨터 시뮬레이션, 실제적 응용, 규격 등
 일 정 : 7월 29일(목) 등록
 7월 30일(금) 개회식, 연구발표, 환영회, 복구주축제 관람
 8월 1일(일) 연구발표, 폐회식
 8월 2일(월) 공장견학(Hitachi Metal Co., Ltd.)

참 가 비 : 30,000¥ 혹은 U.S. \$ 240

* 자세한 내용이나 참가를 원하는 분은 학회로 연락바랍니다.