

.....
 論 文

용탕교반법에 의한 SiC 입자강화 Mg기 복합재료의 기계적 특성

임석원*, 長陸郎*, 박용진**

Mechanical Properties of SiC Particulate Reinforced Mg Matrix Composites Fabricated by Melt Stirring Method

Suk-Won Lim*, Takao Choh* and Young-Jin Park**

Abstract

SiC particulate reinforced magnesium matrix composites were fabricated by melt stirring method. The effect of several factors on mechanical properties and the efficiency of melt stirring method from the viewpoint of these properties were investigated.

The tensile strength increased and the elongation decreased with decrease of the particle size or the increase of the particulate volume fraction for pure magnesium matrix and Mg-5%Zn alloy matrix composites.

A longer stirring time improved the tensile strength of these composites. The tensile strength of Mg-5%Ca alloy matrix composites which shows no uniform particulate distribution was a little lower than that of matrix alloy. Rapid solidification rate is preferred for the improved tensile strength of these composites. The pure magnesium matrix and Mg-5%Zn alloy matrix composites have tensile strength of about 400MPa. This value agrees with the tensile strength of some magnesium matrix composites fabricated by liquid infiltration method or powder metallurgy method at the same volume fraction of reinforcements of whisker or particle.

Therefore, the melt stirring method which has the advantages of simple process is considered to be efficient in fabricating magnesium matrix composites. (Received August 30, 1993)

1. 서 론

복합재료는 모재와 강화재의 조합방법에 의하여 그 성질이 얼마 정도 인위적으로 조절이 되므로, 각 방면에서 많은 관심을 모으고 있다. 그 중에서도 금속기 복합재료는 다른 재료에서 얻을 수 없는 우수한 고온강도 및 피로강도, 치수 안정성 등의 특성에 기대가 되고, 자동차 및 항공·우주기기 분야에서 그 적용이 생각되고 있다.

Mg은 그 낮은 밀도 때문에 종래에서부터 경량화재료로서 주목을 받아오고 있으며, 근년에는

기계적 성질의 한층 향상을 목표로 하여, 이것을 ceramic 입자에 따른 강화대상으로서 연구가 진행되고 있다.

앞서 저자 등은 SiC 입자강화형 Mg기 복합재료의 제작과 기초연구로서 용융Mg 중 SiC입자의 분산거동에 미치는 합금원소의 영향에 관해서 보고했다¹⁾. 그 결과, 용융 순Mg에서는 SiC입자의 혼입시간은 극히 짧고, 입자의 분산상태도 용융 순Al의 경우²⁾와 비교하여 대단히 양호한 것으로 명확하게 판명되었다.

그래서, 다음의 본 연구에서는 Mg의 상온강도

*나고야대학교 재료프로세스공학과(Dept. of Materials Processing Eng., Nagoya University)

**홍익대학교 금속재료공학과(Dept. of Metallurgy & Materials Science, Hong Ik University)

향상원소³⁾로 알려진 Zn을 함유한 Mg-5%Zn합금, 그외 Mg-5%Ca합금 및 순Mg를 기지로 한 SiC입자강화형 Mg기 복합재료를 용탕교반법에 따라서 제작하고, 기계적 특성을 측정함과 동시에 이 재료특성의 관점으로부터 용탕교반법의 유효성에 대하여 검토하였다.

2. 실험방법

Mg 혹은 Mg합금의 용해 및 입자의 분산조각의 경우와 동일한 방법으로 행했다⁴⁾. 우선 기지를 이루는 약 60g의 Mg 혹은 Mg합금을 Ar분위기하의 고주파 유도로를 사용하여 용해하였고, 973K의 소정온도를 유지하였다.

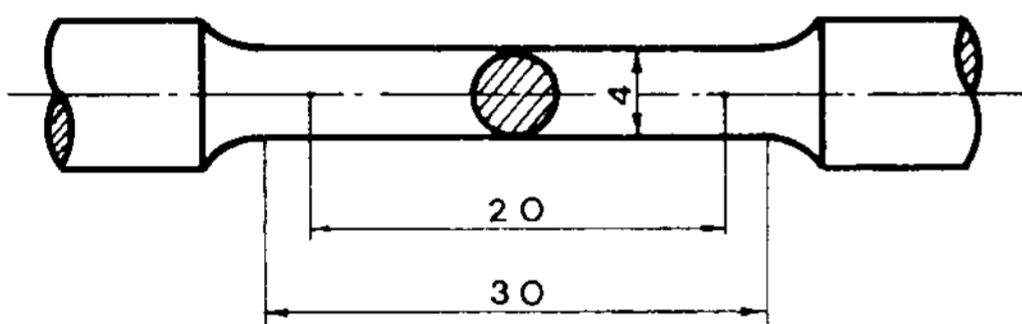


Fig. 1. Shape and dimension of specimen for tensile test(mm).

다음에 Al박(약 0.5g)에 봉입하여 분산용 SiC 입자를 용탕표면 직상에서 약 420s간 예열후, 용탕중에 첨가하고 동시에 Al봉을 이용하여 수동 교반을 시작한다. 이때 입자의 직경(평균입경 0.6, 1.2, 4.0, 8.0, 14.0 μ m), 입자의 체적(3, 5, 8, 10, 12%) 및 교반시간을 변화시켜 복합화한 후, 용탕을 금형에 주입한다. 다만 입자혼입 후 고점도로 되고, 충분한 주조가 되지 않는 시료에 대해서는 도가니에 넣어 그대로 노냉시켰다. 또한 주조가 가능한 일부의 시료에 대해서도 응고속도와 기계적 성질과의 관계를 조사하기 위하여 노냉시켰다. 다시 이것들을 시료 및 비교를 위하여 기지재에 대하여 직각 다이스 공경 8mm, 다이스 내경 40mm(압출비 25), 온도 673K의 조건에서 압출을 행하였다.

이것들의 시료로부터 Fig. 1에 나타낸 것이 평형부경 4mm, 표점간거리 20mm의 인장시험편을 제작하였고, cross head speed 5mm/min로 인장시험을 행하였고 인장강도 및 최대강도까지의 신장을 나타낸 연신율을 측정하였다.

결국 강화입자는 α -SiC입자(98.2% SiC, 0.22% free carbon, 0.6% free Si, 0.8% SiO₂ 등등), 기지는 Mg(99.96% Mg), Ca(99.8% Ca) 및 Zn(99.96% Zn)을 소정조성의 배합으로 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 재료압출에 의한 조직변화

용탕교반법에 있어서 그 제조공정상, 교반중의 용탕내에 gas가 말려들어 가게되므로 시료중에 공공이 생성되는 것을 면할 수 없다. 그래서 본 연구에서는 압출에 의하여 이들 공공의 감소 및 손실을 꾀하였다.

예로서 순Mg를 기지로 하였고, 평균입경 1.2 μ m의 SiC입자를 체적 5%로 분산시켰을 때의 입자분산상태를 Fig. 2에 표시하였다. 그것에 의하면, (a) 입자혼입후 다시 교반을 240s간 계속하였고 즉각적으로 금형에 주조한 직후의 시료는 분산입자가 작기 때문에 입자끼리 cluster를 형성하고 또 작은 공공을 볼 수 있다. 한편 (a)의 시료를 압출비 25로 열간압출을 한 복합재료의 횡단면도를 보고, (b)에서 나타낸 바와 같이 압출에 의하여 입자의 균일 분산성이 향상되고 또 공공의 감소를 볼 수 있다. 그렇지만, 압출방향의 조직사진 (c)에 의하면, 주조후의 cluster 조직은 압출방향으로 신장하여 분산입자가 배열되고 반드시 균일하다고 할 수 없는 것이 명백하다.

어느쪽이라 할지라도, 압출함에 따라서 입자의 균일 분산성은 소량 향상하였고 재료중의 공공은 감소하는 등 복합재료의 강도향상에 대한 압출효과에 기여가 훨씬 크다고 생각된다.

3.2 기계적 특성에 영향을 미치는 입경의 영향

먼저, SiC입자의 입경을 변화시켜 SiC입자강화형 순Mg 및 Mg-5%Zn합금기 복합재료를 제조하였다. 얻어진 재료의 인장강도 및 연신율을 Fig. 3에 나타내었다.

다만, 이들의 시료에서 V_f (체적률)는 5%, 교반시간은 240s이다. 어느것의 경우 기지에서부터 인장강도가 높고, 게다가 입경이 감소함과 동시에 인장강도가 증가함을 볼 수 있다. 다만, Mg-5%Zn 합금계에서는 특별히 입경이 클 경우에는

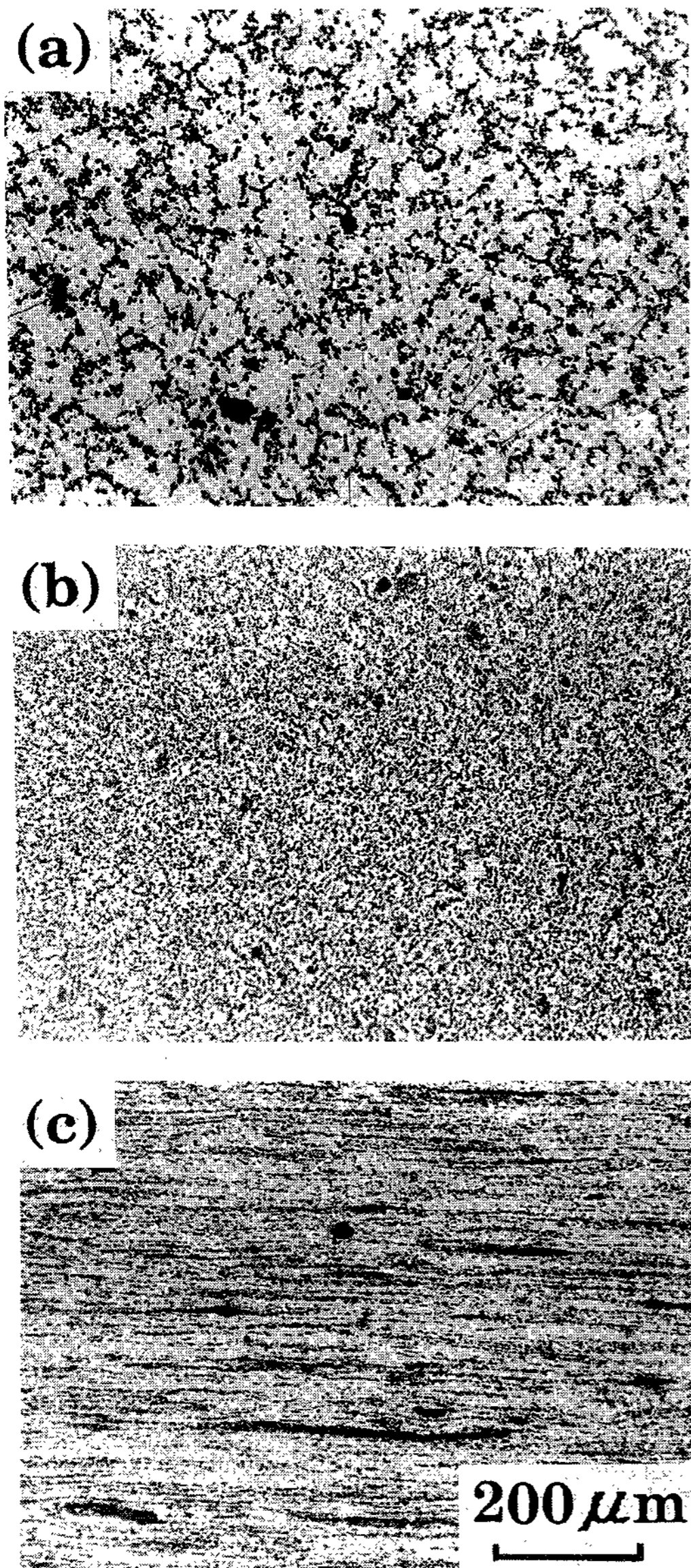


Fig. 2. Microstructure of SiC_p/pure Mg composites. (a) as cast, (b) transverse and (c) longitudinal section of the extruded.

인장강도가 기지와 차이가 없고 기지강도의 상승에 의하여 저하하고 입경이 감소함에 따라 저하하고 있다는 것이 명백하다.

분산입자에 의한 강화기구에 관해서는 여러가지가 제안되고, 각각에 관해서 실험적인 확인을 하고 있고 모두에 대한 설명이 가능한 정설이 아직까지는 없는 것 같다^{5~7}). 이것은 각각의 합금

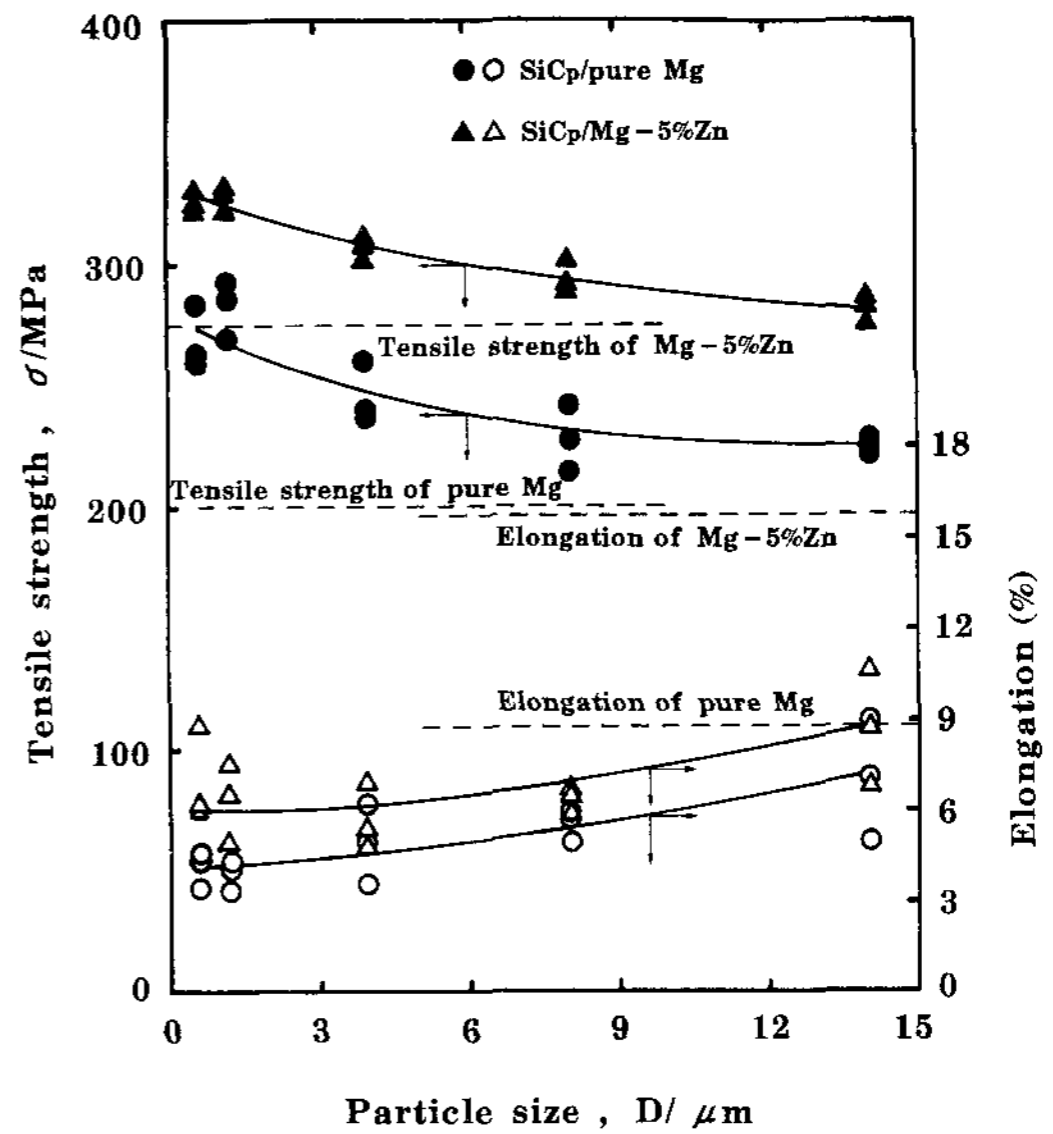


Fig. 3. Relation between particle size and mechanical properties of SiC_p/pure Mg and SiC_p/Mg-5% Zn composites(*V_f* : 5%, stirring time : 240s).

계, 제작방법, 분산입자의 종류, 입자분산방식 등에 따라 사정이 다르고 또 전위와 입자의 상호작용이 매우 복잡하게 된다고 생각된다.

분산강화가 일어나는 이유는, 우선 입자가 전위의 작용을 방해하여 충분한 강도가 필요하지만, 입자의 체적률 *V_f*, 입자의 크기 *d* 및 입자간의 거리 *λ* 등의 기하학적 분포에 의한 영향이 크다. 고전적인 Gensamer 등의 이론에 의해서, 이들 변수의 사이에서의 관계이다^{8~9}).

$$\lambda = \frac{2d}{3V_f} (1-V_f) \tag{1}$$

또한, Kelly에 의하면 입자분산강화의 경우에 항복강도는 입자간 거리 *λ*에 크게 의존하고, 식 (2)에 나타낸 것 같이 *λ*의 역수에서 대부분 비례하여 증가한다¹⁰).

$$\tau_y \approx \tau_m \frac{G_m \times b}{\lambda} \tag{2}$$

여기서 *τ_y*는 입자분산강화의 경우에 항복응력, *τ_m*은 기지의 항복응력, *G_m*은 기지의 강성률, *b*는 Burgers Vector가 크다.

그러므로, 식 (1), (2)로부터 보면 입경이 작아진 만큼 입자분산강화형 복합재료의 항복강도는 증대하고 이 관계는 정성적에서 본 실험결과와

일치한다.

3.3 기계적 특성에 미치는 입자 체적률의 영향

일반적으로, 용탕교반법에 있어서 입자/기지 간에 젖음성이 나빠지는 경우에는 입자가 혼입되지 않고, 혼입되었다 하더라도 입자가 cluster를 형성하고, 또한 V_f 의 증가와 동시에 용탕의 점성이 상승하여 교반이 곤란하게 되는 경우이다. 그렇지만, SiC 입자강화형 Mg기 복합재료에서는, Mg-Ca를 없애고 입자가 cluster를 나타낼 일이 없고, 개개의 입자가 균일하게 분산하고, 기지로의 SiC입자의 혼입시간도 Al계에 비하여 대단히 빠르다. 이것은 Mg의 양호한 젖음성에 기인한다.

그래서 본 연구에서는 이와같은 결과를 근거로 하여 우선 순Mg계 및 Mg-5%Zn 합금계에 있어서 복합재료의 기계적 특성에 미치는 입자체적률의 영향을 측정하고, 용탕교반법의 유용성에 관해서 생각하였다. 사용한 입자의 평균입경은 $1.2\mu\text{m}$ 이고, 교반시간은 V_f 에 의해서 입자의 혼입시간이 다르므로 혼입후 다시 240s 동안 연속교반을 하였다. 또, V_f 는 3%, 5%, 8%, 10%, 12%

로 하였으나, 그 이상의 V_f 에서는 용탕의 점성이 높아지고 교반이 곤란하였다.

우선 순Mg계에 관해서 보면, 인장강도는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 어느쪽의 경우에도 기지에 비하여 커지고, 게다가 V_f 의 증가도 같은 효과를 나타낸다. 특히 $V_f=12\%$ 의 경우는 기지의 2배 정도의 약 400MPa에 달하고, 두드러진 강도의 향상을 얻었다. 이와 같이 입자의 체적률이 클수록 강도가 증가한다는 것은 식 (1), (2)에 부합하고 있다. 또 연신율은 어느쪽의 경우에도 기지에 비하여 저하하였고, V_f 의 증가에 따라 저하하는 것이 명백하다.

한편 Mg-5%Zn기 복합재료에 있어서도 V_f 가 증가함에 따라 인장강도의 향상 및 연신율의 저하를 알 수 있다. 다만 이 경우의 인장강도값은, V_f 가 높은 경우에도 순Mg와 거의 같고 또는 약간 낮으며, 기지강도의 향상은 입자분산효과를 저하시키고 있다. 더욱이 $V_f=12\%$ 의 시료는 도가니 내에서 응고한 것으로, 금형에 주조한 다른 경우와 강도의 차가 생긴다는 것도 고려되나, 후술하는 바와 같이 시료를 압출하였으므로, 그의 영향은 희소하다고 생각된다.

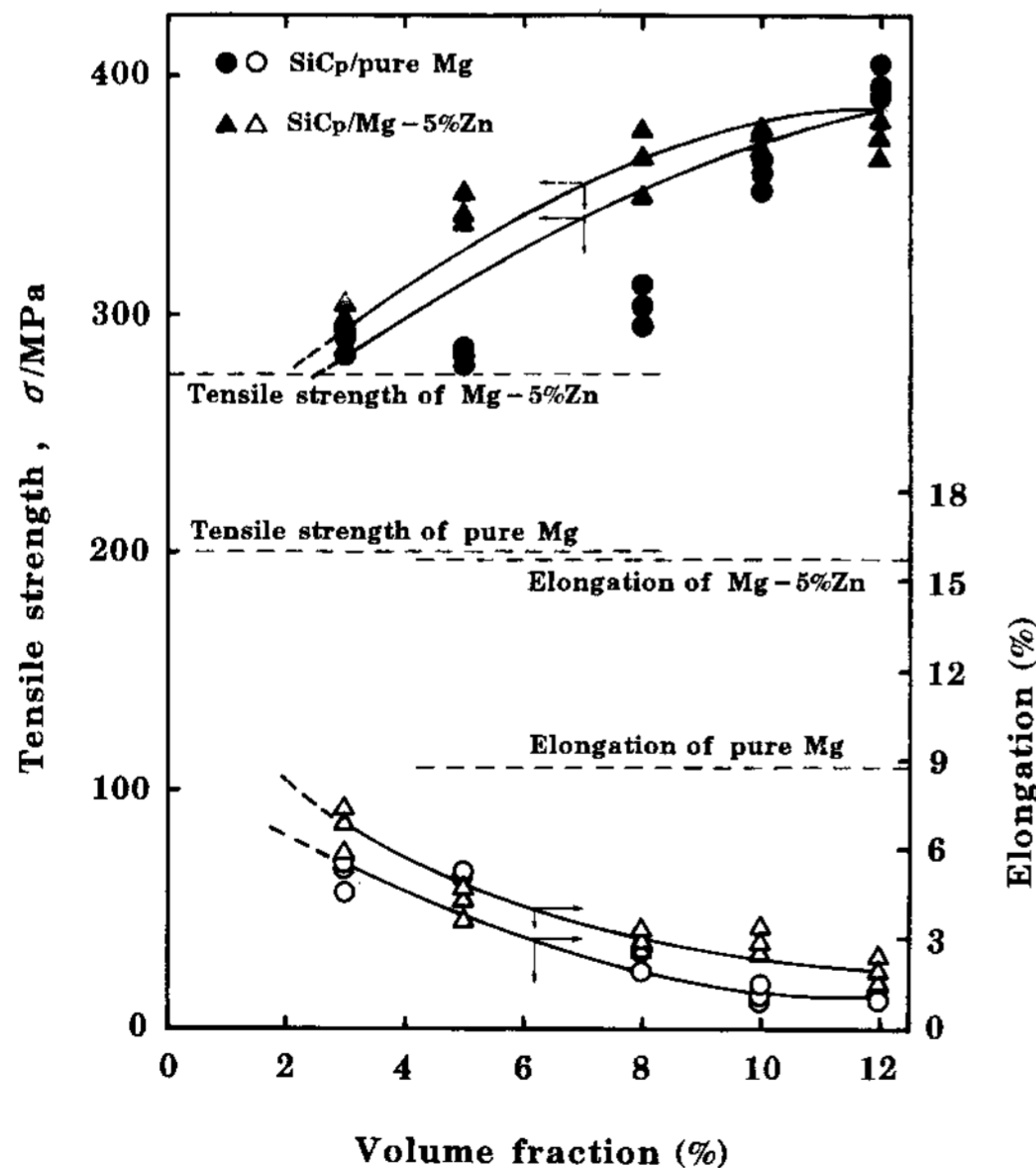


Fig. 4. Relation between volume fraction and mechanical properties of SiC_p/pure Mg and SiC_p/Mg-5%Zn composites (particle size : $1.2\mu\text{m}$, stirring time : 240s after incorporated).

3.4 기계적 특성에 미치는 교반시간의 영향

다음에, 지금까지와 같은 형태의 2개의 계에 대하여 평균입경 $1.2\mu\text{m}$ 의 SiC입자를 사용하고, V_f 12%에 있어서 입자혼입후에 연속교반하고 기계적 특성에 영향을 미치는 교반시간을 측정하였다. 그 결과 Fig. 5와 같은 순Mg기 복합재료의 인장강도는 분산되어 커지나, 교반을 오랫동안 함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 한편 연신율은 어느쪽이든 2% 이하의 값을 보였다. 또 Mg-5%Zn 합금계에 있어서도, 교반시간의 증가와 같이 인장강도는 약간 증가하고 연신율은 어느쪽이든 약 2%의 값을 보였다. 특히 교반시간 600s의 경우, 기지의 1.5배 정도의 약 410MPa의 인장강도를 얻었다. 이들의 결과에 대해서는 4가지 이유를 생각할 수 있다.

첫번째 이유는 불충분한 교반시간 즉, 입자와 기지간의 반응시간이 짧아지고 입자와 기지간의 결합력이 불완전하고 계면강도가 저하됨을 들 수 있다.

그래서, 순Mg계 및 Mg-5%Zn 합금계의 경우

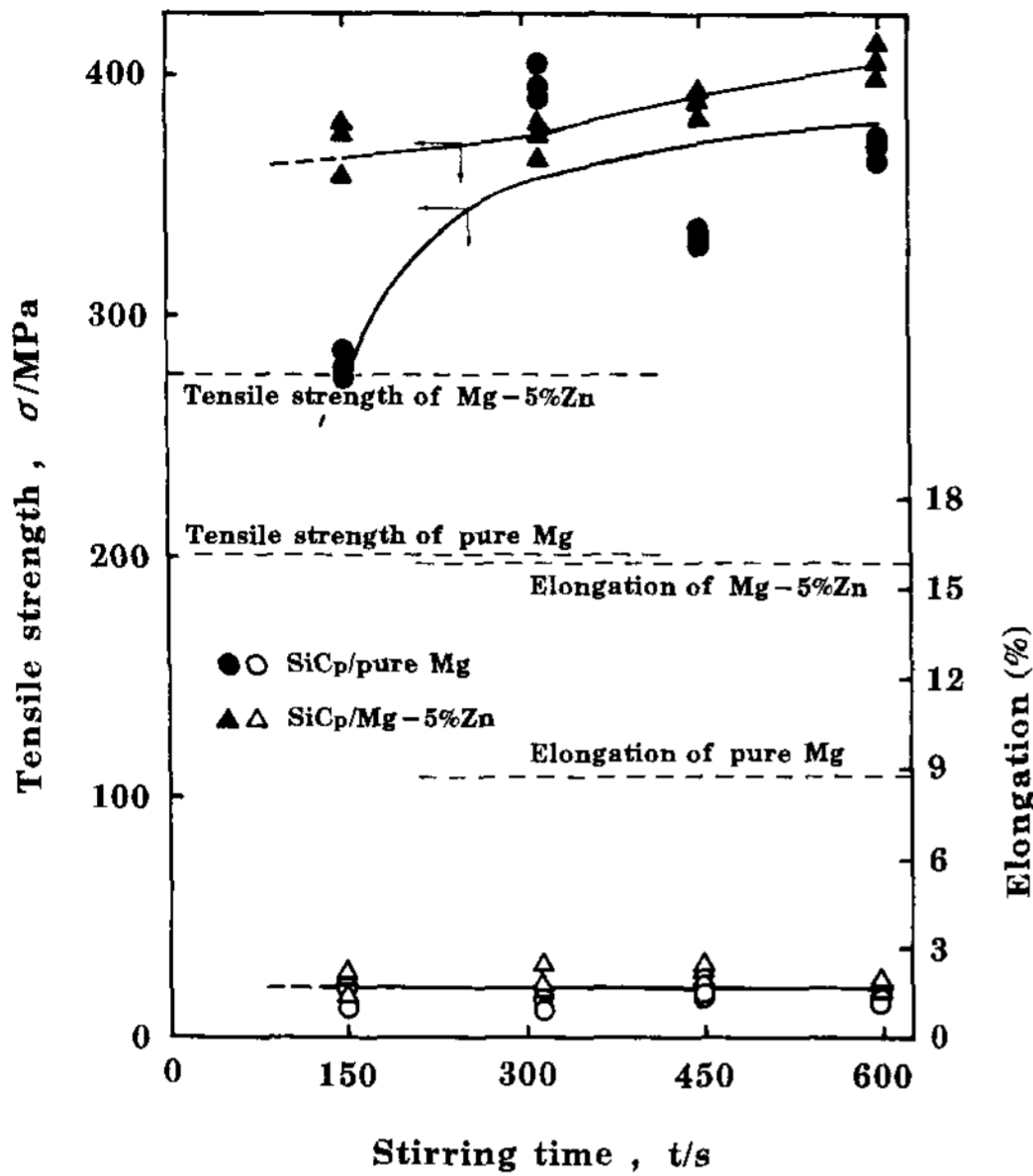


Fig. 5. Relation between stirring time and mechanical properties of SiC_p/pure Mg and SiC_p/Mg-5%Zn composites (particle size : 12μm, V_f12%).

에 있어서 교반시간이 제일 짧은 150s의 시료에 대하여 SEM관찰을 시행한 결과, SiC입자와 기지간의 불완전한 결합부분은 발견되지 않았다. 순Mg계에서, 교반시간 150s의 측정값이 낮다는 것은 이와 같은 것에 의한 가능성도 있다.

두번째의 경우에는, SiC의 분해반응에 의한 기지중 SiC량의 증대라고 생각된다.



그래서 각각의 시료에 있어서 기지 부분의 Si정량분석을 행한 결과, 기지중의 Si량은 매우 미량(소수점 이하)이고 이와 같은 효과를 기대할 수 없음이 명백하다.

세번째의 경우는, 연속교반에 의한 입자의 균일분산성의 향상을 생각할 수 있다¹¹⁾.

그렇지만, 분산입경이 1.2μm로 작고 또 입자체적 배합률이 12%로 크므로, 용탕이 고점도로 되고, 주조가 되지 않고, 시료를 도가니 안에서 노냉을 시키기 때문에, 예를 들면 Mg-5%Zn 합금계에 경우에 대해서 Fig. 6에 나타낸 바와 같이, 분산정도는 (a)~(d)에 대부분 구별이 되지 않아 나쁘고 이 관점에서의 해석은 곤란하다.

네번째의 경우는, 교반시간이 길어짐에 따라 Mg 증발량이 증가하고 이에 수반한 입자체적률

이 상승함을 고려할 수 있다.

Fig. 6 특히, 교반시간이 제일 짧은 150s의 시료 (a)와 제일 긴 600s의 시료 (d)를 비교하면 교반시간이 길어짐에 따라 입자의 체적률이 약간 증가하고 있는 것처럼 생각된다. 그래서 입자를 포함하지 않은 상태에서 입자혼입시와 같은 양을 교반하였고, 순Mg 증발량을 시료 중량변화로부 터 측정하였다.

그 결과 Mg의 증발량은 일정 속도에서 진행되었고 증발속도로서 0.013kg/mm²s가 얻어졌다. 이제 입자/금속 간의 젖음성이 양호함을 배려하여 입자표면을 금속으로 전면피복하고, Mg는 금속/기상의 전 계면을 통하여 증발한다고 보았을 때의 입자체적 배합률을 계산하면, 교반시간 150s, 300s, 450s 및 600s에 있어서 각각 약 13.5%, 14.2%, 14.6% 및 15.2%가 된다. 따라서 교반시간을 150s와 600s를 한 후에 V_f의 변화는 기껏해야 2% 정도이고 Mg-5%Zn계에서는 Mg 증발량에 수반하는 V_f의 증대가 강도상승을 가져옴을 볼 수도 있으나 순Mg계에서는 150s와 600s를 한 후의 V_f의 변화는 기껏해야 12% 정도이고 Mg-5%Zn계에서는 Mg 증발량에 수반하는 V_f의 증대가 강도상승을 가져옴을 볼 수도 있으나, 순Mg계에서는 150s와 600s에 있어서의 강도차 약 90MPa를 설명하기는 어렵다.

역시 순Zn의 증가압은 순Mg에 같은 정도 또는 이것을 약간 상회하는 것으로 Mg-5%Zn계에서는 Mg와 동시에 Zn의 증발을 고려해야 한다. 그렇지만 Mg-5%Zn 합금중 Zn의 활동도가 현저히 낮으므로 Zn의 증발량은 Mg증발량에 비교하여 무시함이 좋을 것으로 사려되고 순Mg계와 같은 모양의 기구가 적합하다고 생각된다.

이상 4가지 원인을 들었지만 상술한 바와 같이, 무엇보다도 지배적인 원인을 특정짓는 것은 곤란하고, 어쩌면 이것들의 원인이 각각 작용하고 교반시간의 증가를 동반하고 강도가 상승한다고 추측된다. 다만 순Mg계의 교반시간 150s의 시료를 압출한 후, 조직을 관찰한 결과 Fig. 6 (a)~(d) 이상에 큰 입자집합조직을 볼 수 있고 이것이 인장강도를 저하하는 한 원인이라 생각된다.

또는 기보¹⁾에 진술함과 같이, 순Mg 혹은 Mg 합금기 SiC입자 분산재료에 있어서는 종종 Mg₂

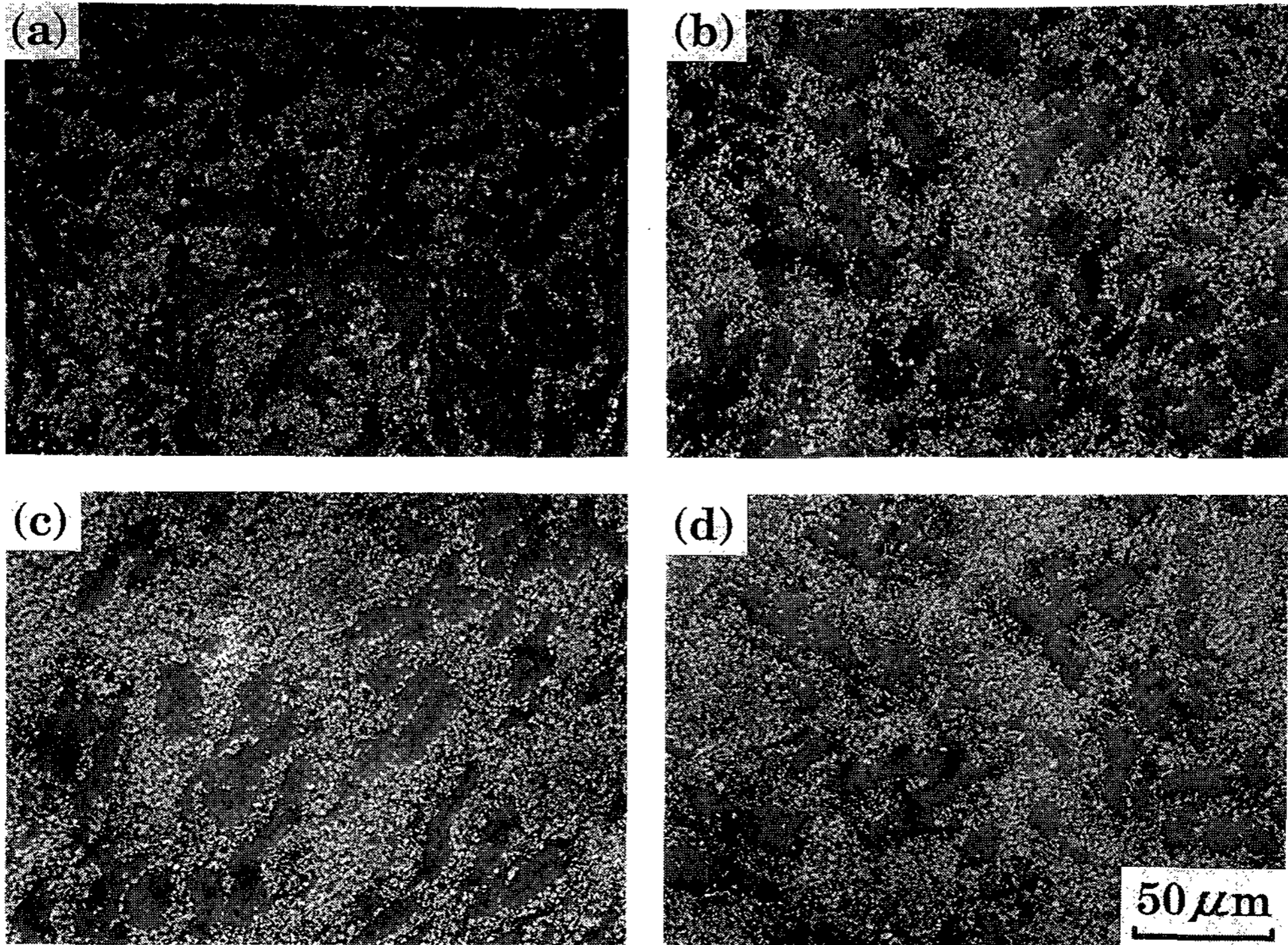


Fig. 6. Microstructure of SiC_p/Mg-5%Zn composites. Stirring time : (a) 150s, (b) 316s, (c) 450s and (d) 600s.

Si의 생성을 알 수 있다. 본 연구의 시료에 있어서도, 같은 방법으로 Mg₂Si를 생성하고 장시간 교반의 경우에는 그 영향이 있다고 생각되지만 강도특성에 미치는 Mg₂Si 생성의 영향을 특정짓기까지는 도달하지 않고 있다.

3.5 기계적 특성에 미치는 응고속도의 영향

지금까지의 결과에 의하면 입경이 작을수록, 입자의 체적률이 높을수록 강도가 향상되는 것이 명백하였다. 그렇지만 전술한 바와 같이 미세입자를 높은 체적률에서 분산시킬 때, 용탕이 고점도가 되고 주조가 되지 않는 시료를 노냉할 경우이고, 응고속도의 영향 또는 입자불균일분산의 영향을 명백하게 해야 한다.

그래서 입경 4μm, V_f 10%의 시료에 있어서 기계적 특성에 미치는 응고속도의 영향을 측정한 결과 Fig. 7에 나타낸 것 같이 인장강도, 연신율과 함께 서냉(노냉)시료에 비하여 급랭(주조)시료가 약간 우수함이 명백하다.

그래서 순Mg계에 대하여 양 시료의 입자분산 상태를 관찰한 결과 교반완료 후, 노냉을 하면

Fig. 8 (a)에서 명백한 바와 같이 냉각속도(약 30K/min)가 느리기 때문에 응고시의 입자가 입계에 압출되어 집적하고, 또 큰 기공을 볼 수 있다.

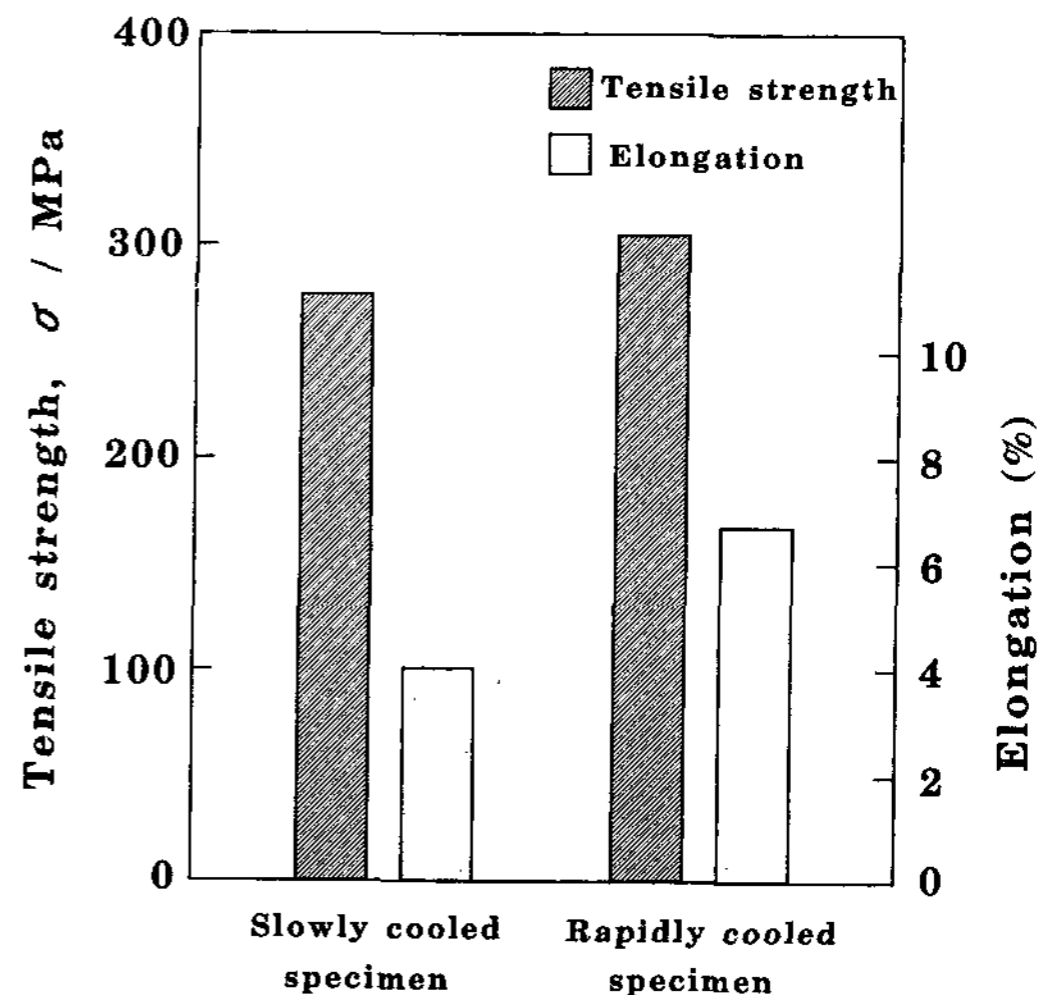


Fig. 7. Relation between cooling rate and mechanical properties of SiC_p/pure Mg composites.

또 교반완료 후, 바로 금형(직경 35mm)에 주조할 경우에 Fig. 8 (b)에 나타낸 바와 같이, 상당히 양호한 분산상태가 얻어졌다. 이는 주조에 의해 빠른 응고 때문에 응고중에서 SiC입자가 입계에서 이동이 약간 억제되고 또 다른 예는 결정입계에 이동하였다 하더라도 급랭에 수반하는 기지결정입이 미세화에 의해 전체의 편석이 저하한다는 것을 알 수 있다.

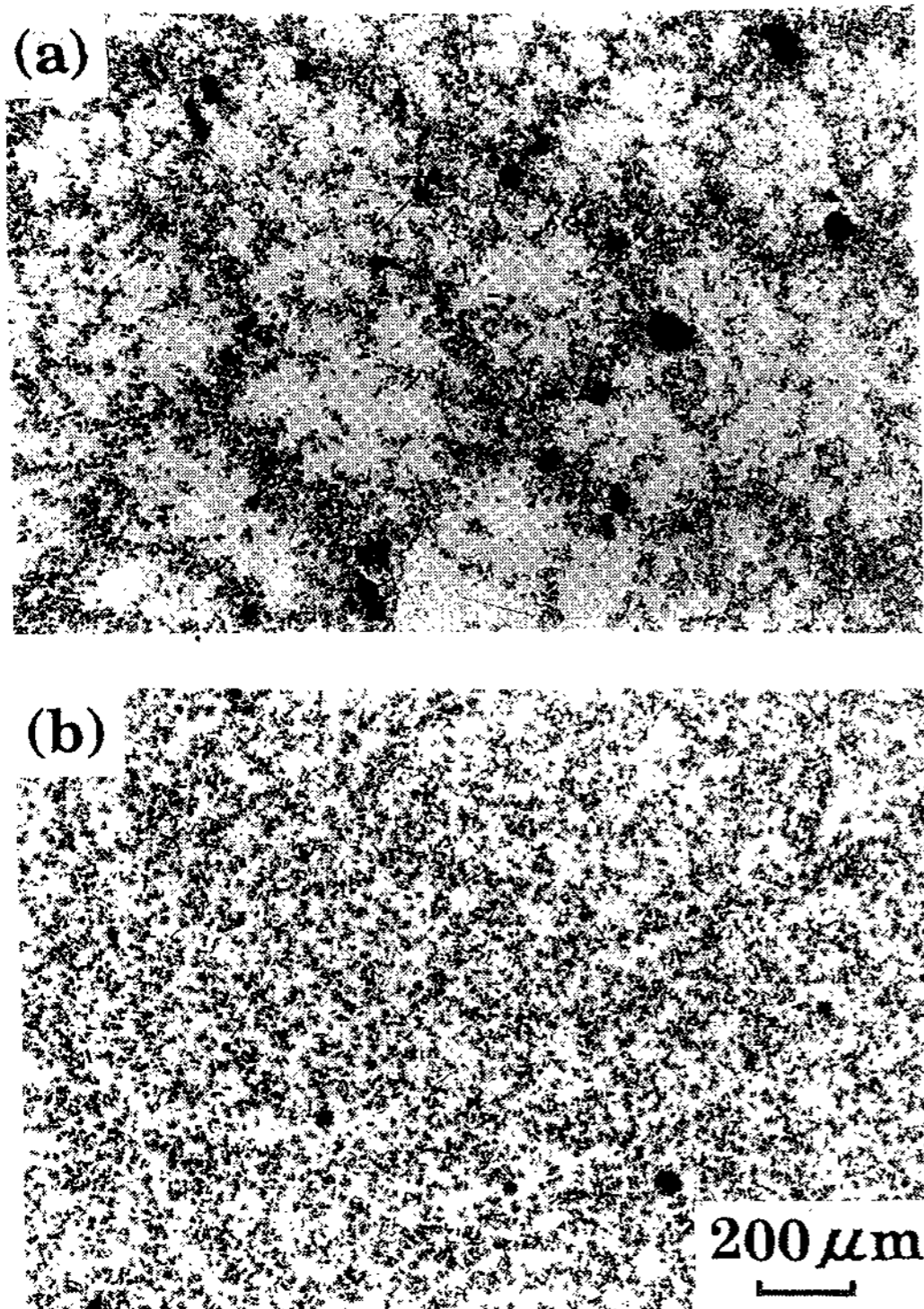


Fig. 8. Microstructure of SiC_p/pure Mg composites. (a) slowly and (b) rapidly cooled specimen.

따라서, 입자강화형 금속기 복합재료에 있어서 강도특성으로서 응고속도가 중요한 인자이다.

더욱이 이 경우의 입자는 cluster 모양을 나타내지만 금속/입자간은 완전히 젖음상태이고, 다음 절에 기술할 피상조직과는 본질적으로 다르다. 따라서 냉각온도가 느린 시료에 있어서도 인장강도는 기지를 하회하지 않는다.

3.6 기계적 특성에 미치는 Ca의 영향

Mg은 여러 장점을 갖고 있으나 대기중에서 산화하기 쉬운 큰 단점이 있다. 그래서 Mg의 산화

방지원소로 알려진 Ca를 첨가하고 만들어진 Mg 입자강화형 Mg-Ca기 복합재료 및 기지에 대한 인장강도 및 연신율을 측정하였다. 그 결과 Fig. 9에 나타낸 바와 같이, 순Mg계 및 Mg-5%Zn 합금계의 경우와는 다르게 복합재료의 인장강도, 연신율과 함께 기지에서 아주 약간 저하한 값을 나타내었다.

저자 등은 용융 Mg-Ca 합금계의 SiC입자분산에 있어서는 입자의 분산상태가 대단히 나쁘고, 입자가 다수 모인 피상조직을 형성하는 것이 명백하다¹⁾.

즉, 이 계의 경우에 금속/입자간의 젖음상태가 나쁘고, 젖음이 있는 입자를 포함한 피상조직으로 되어 있는 불균일 입자분산 상태에 있어서는 기계적 특성의 향상을 기대할 수 없다.

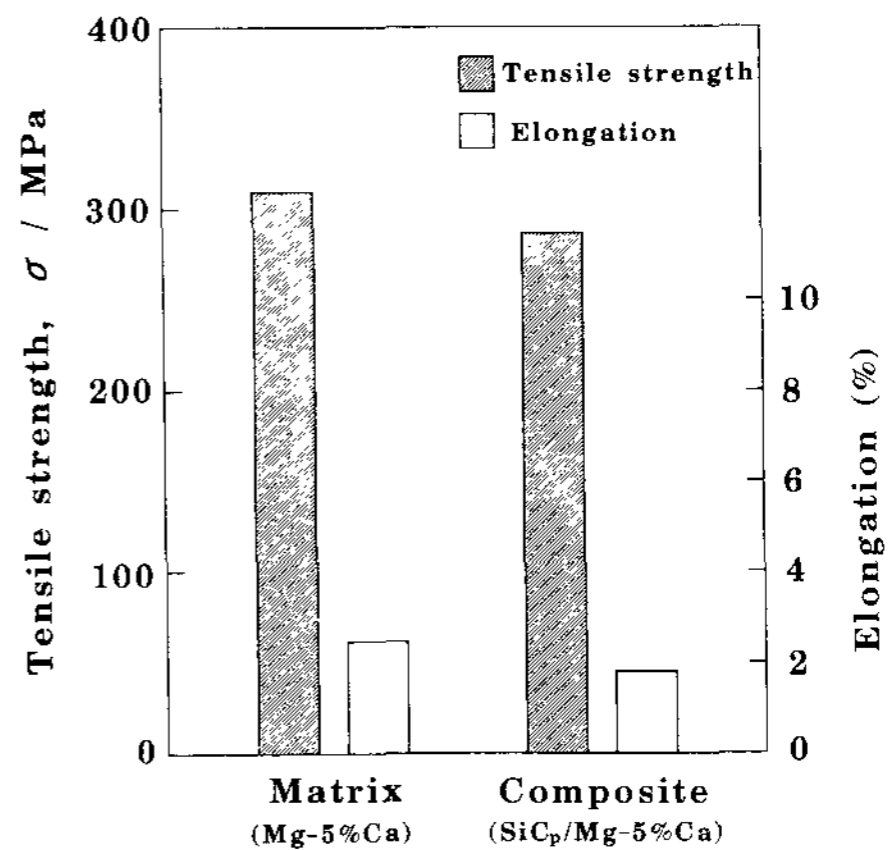


Fig. 9. Mechanical properties of Mg-5%Ca alloy and SiC_p-Mg/5%Ca composites.

3.7 기타 복합재료와 인장강도의 비교

이상 기술한 바와 같이, 용탕교반법으로 제작한 SiC 입자강화형 Mg기 복합재료에 있어서도 순Mg계에 관해서는 기지의 약 2배, 또 Mg-5%Zn 합금계에 경우는 기지의 약 1.5배의 높은 강도향상이 얻어졌다.

그래서 본 연구에서 사용한 용탕교반법에 의하여 제작한 SiC입자/Mg-5%Zn합금기 복합재료의 인장강도를 용탕단조법 등 제조방법이 다른 입자강화 Mg기 복합재료 또는 SiC whisker 등 기타의 강화재료를 사용한 Mg기 복합재료의 값과 비교하였다.

그 결과 용탕단조법에 의한 (a) SiC whisker/AZ31Mg합금, (b) SiC whisker/AZ91Mg합금, (c) SiC whisker/Mg-12%Li합금, 또는 분말야금법에 의한 (d) SiC입자/AZ91Mg합금의 인장강도 값은 Fig. 10에서 명백한 바와 같이, 본 연구결과와 큰 차이를 나타내지 않았다.

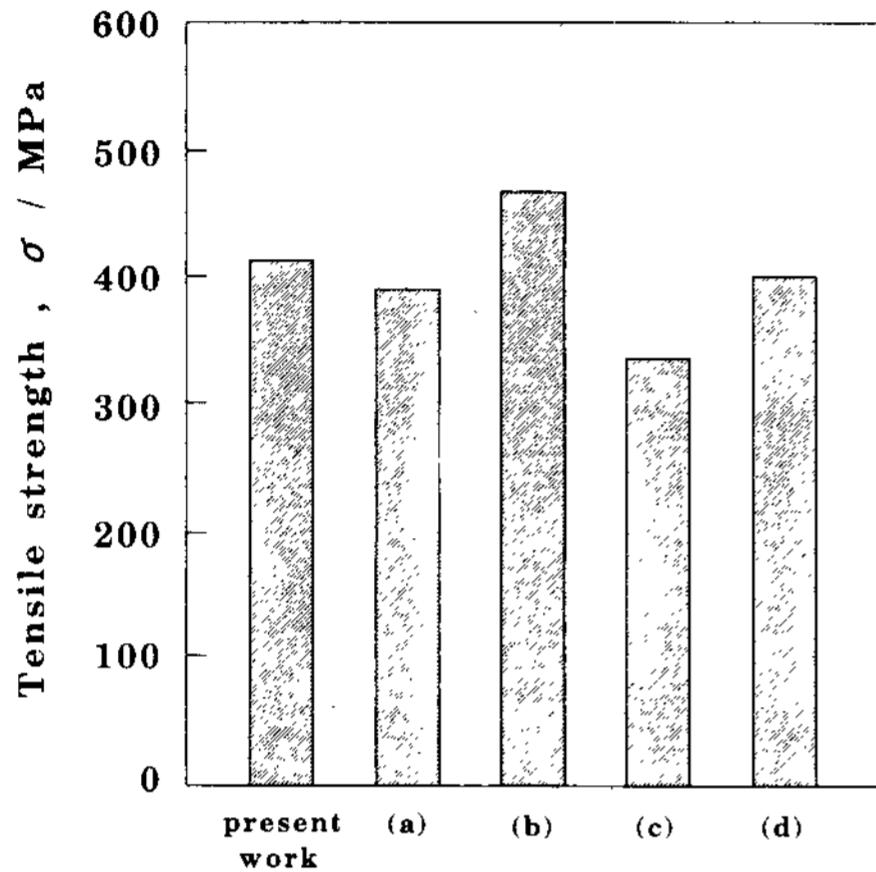


Fig. 10. Tensile strength comparison of some magnesium matrix composites and present work (particle size : $1.2\mu\text{m}$, V_f : 12%). (a) $\text{SiC}_w/\text{AZ31}$ (V_f : 20%)¹²⁾, (b) $\text{SiC}_w/\text{AZ29}$ (V_f : 20%)¹³⁾, (c) $\text{SiC}_w/\text{Mg-12\%Li}$ (V_f : 20%)¹⁴⁾ by liquid metal infiltration method and (d) $\text{SiC}_p/\text{AZ91}$ (particle size : $6.5\mu\text{m}$, V_f : 15%)¹⁵⁾ by powder metallurgy method.

즉 금속의 용해, 입자첨가, 교반이라는 일련의 제조공정이 간단하기 때문에 cost의 절감을 꾀할 수 있는 용탕교반법은 Mg기 복합재료의 제작방법으로서 대단히 유효할 뿐만 아니라 강도특성이 whisker강화 복합재료와 필적함이 주목된다.

거듭 본 연구에서 제작한 SiC입자/순Mg기 복합재료와 Al기 복합재료에 대해서 비강도를 비교한 결과 Fig. 11에 나타낸 바와 같이 Mg기 복합재료는 (a) SiC whisker/6061Al합금기 복합재료 및 (b) SiC입자/A356Al 합금기 복합재료보다 우수한 비강도를 나타낸다.

4. 결 론

용탕교반법에 의한 SiC입자강화형 Mg기 복합

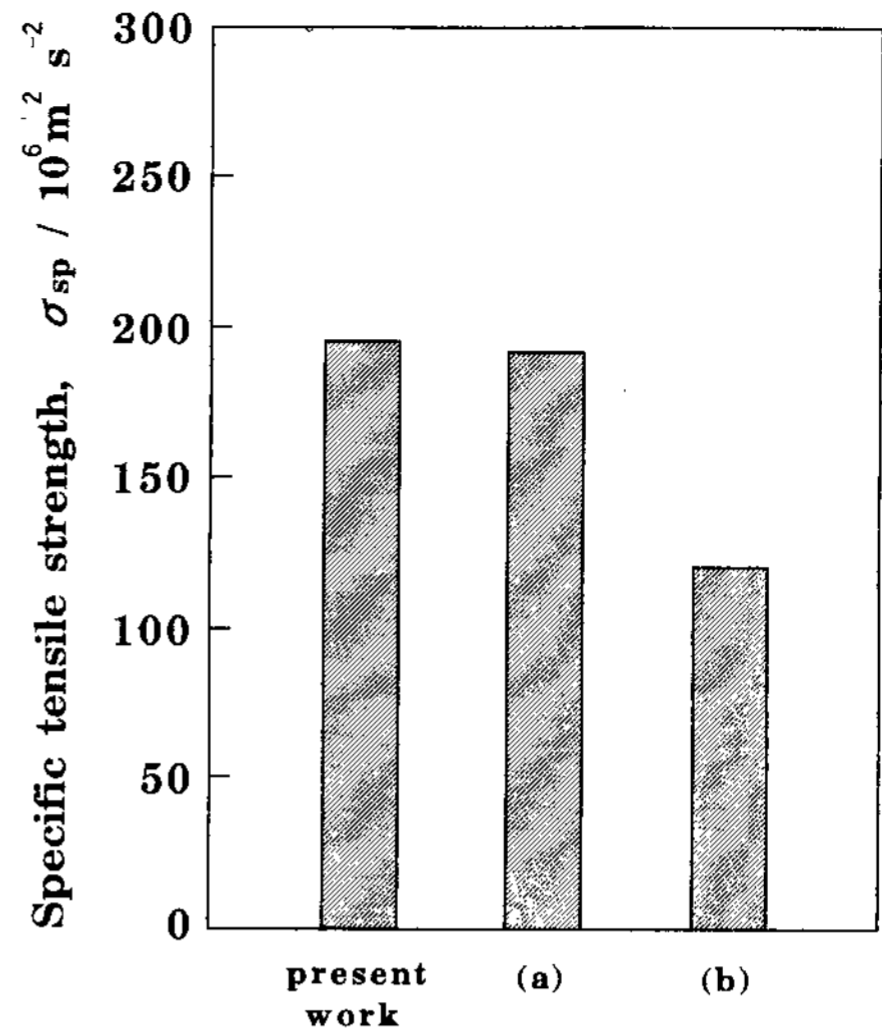


Fig. 11. Specific tensile strength comparison of some aluminum matrix composites and present work (particle size : $1.2\mu\text{m}$, V_f : 12%). (a) $\text{SiC}_w/6061\text{Al}$ (V_f : 20%)¹⁶⁾ and (b) $\text{SiC}_p/\text{A356}$ (particle size : $3\mu\text{m}$, V_f : 15%)¹⁷⁾.

재료를 제조하여 복합재료의 기계적 특성에 미치는 각종 인자의 영향을 조사검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 순Mg계 및 Mg-5%Zn 합금계 공히 입경의 감소에 따라서 인장강도는 약간 증가하였고 연신율은 저하하였다.
- 2) 순Mg계 및 Mg-5%Zn 합금계 공히 체적률이 증가함에 따라 인장강도가 증가하였고 연신율은 저하하였다.
- 3) 순Mg계 및 Mg-5%Zn 합금계 공히 교반시간의 증가에 따라서 인장강도가 조금씩 증가하였다.
- 4) 순Mg계에 있어서 입경 $1.2\mu\text{m}$, V_f 는 12%, 교반시간 300s의 경우, 기지의 2배 정도인 약 400MPa의 인장강도를 얻었다.
- 5) Mg-5%Zn 합금계에 있어서 입경 $1.2\mu\text{m}$, V_f 12%, 교반시간 600s의 경우, 기지의 1.5배 정도인 약 410MPa의 인장강도가 얻었다.
- 6) 응고속도가 빠른 시료가 느린 경우보다 인장강도, 연신율은 공히 약간 우수해졌다.
- 7) 입자분산성이 나쁜 Mg-5%Ca 합금계에 있어서는 복합재료의 인장강도 및 연신율이 기지보

다 약간 저하되었다.

8) 용탕교반법에 의한 SiC입자강화형 복합재료의 강도는 용탕단조법에 의한 whisker강화복합재료와 필적할 만하고, Mg기 복합재료 제조방법으로서 유효하다는 것이 명백하게 되었다.

참 고 문 헌

1. 林爽原, 長陸郎 : 日本金屬學會誌, 56 (1992) 210
2. 小橋眞, 長陸郎 : 日本金屬學會誌, 54 (1990) 77
3. R. Busk : Treatise on Mater. Sci. Technol., 31 (1989) 668
4. S. W. Lim and T. Choh : Int. Conf. on Recent Advances in Science and Engineering of Light Metals, Japan Inst. Light Metals, (1991) 175~176
5. A. Kelly : Strong Solids, 2nd edn., Oxford University Press, 1973, Chapter 5
6. J. D. Eshelby : Proc. Roy. Soc., 241 (1957) 376~396
7. G. S. Ansell : Met. Soc. Conf., 47 (1968) 61
8. M. Gensamer, E. B. Pearsell, W. S. Pellini and J. R. Low : Trans. ASM, 30 (1942) 983
9. M. Gensamer : Trans. ASM, 36 (1946) 30
10. A. Kelly and R. B. Nicholson : Progress in Material Science, Macmillan, New York, 10 (1963) 151
11. 小橋眞, 長陸郎 : 日本金屬學會誌, 55 (1991) 82
12. 猪瀬康誌, 金子純一, 菅又信 : 輕金屬, 40 (1990) 225
13. 金俊洙, 菅又信, 金子純一 : 日本金屬學會誌, 55 (1991) 526
14. J. F. Mason, C. M. Warwick, P. J. Smith, J. A. Charles and T. W. Clyne : J. Mater. Sci., 24 (1989) 3944
15. J. Schroder, K. U. Kainer and B. L. Mordike : 3rd European Conf. Compos. Mater., Elsevier Applied Science, (1989) 225
16. 大內權一郎, 森本啓之, 南出後幸 : 神戸製鋼技報, 37 (1987) 32
17. I. A. Ibrahim, F. A. Mohamed and E. J. Lavernia : J. Mater. Sci., 26 (1991) 1143