

동과 SM25C의 마찰용접 특성에 관한 연구

A study on the Friction Welding Properties of Cu and SM25C Carbon Steel

신석우* · 이준형* · 민택기**
 * 충남대학교 대학원 기계공학과
 ** 충남대학교 기계공학과

1. 서론

마찰용접¹⁾은 열을 발생시키고 소성유동(Plastic flow)으로 두 표면의 금속을 교환하기 위하여 회전하거나 움직이는 공작물끼리의 가압 접촉을 일으켜 금속을 접합하는 고상태(Solid state)의 용접이므로 마찰용접은 하나의 재료가 다른 재료에 대해 상대적인 운동을 하며 두 재료 사이에 힘이 가해질 때 금속조직학적으로 하나의 제품을 생산하는 과정으로 볼 수 있다.

마찰용접의 특징^{2)~4)}은 순수하게 접합면에서만 발열하여, 발열이 대단히 좁은 범위에 균등하게 발생하므로 열 손실이 작고 에너지 효율이 높으며 용접 변형이 대단히 작아 치수 정밀도가 높다. 특히 이종금속의 접합에 효과적이며, 타 용접에 비해 용접온도가 낮아 금속간 화합물의 발생이 적고 고온균열이 적다.

Cu는 우수한 내산화성, 내수성, 내염수성 및 전기 전도도, 열 전도성이 우수하여 전기 및 전극재료, 열전도재료, 방전가공용 전극, 급수관, 화학용기, 양조설비, 선박부품, 열교환기등에 널리 사용되고 있다.

동(Copper, 이하 Cu로 약칭)과 SM25C의 접합은, 브레이징에 의하여 접합하고 있다. 이러한 브레이징 접합은 용접부의 강도가 낮고 용접품질이 불균일하여 제품의 결합율이 낮은 단점을 갖고 있다⁵⁾.

본 연구의 목적은 마찰시간과 압력(Force)을 주요 변수로 하여 Cu와 SM25C를 직경 20mm로 가공하여 마찰용접하였고 용접부의 인장시험, 전단시험, SEM 분석을 하여 용접부의 특성을 고찰하고자 한다.

2. 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 Cu와 SM25C이며, Cu는 정련동(Electric Tough-Pitch Copper : ETPC)을 사용하였다. 시험편의 형상 및 치수는 직경 20mm, 길이 100mm의 환봉형태로 가공하여 실험하였다.

사용된 재료의 화학성분과 기계적 성질을 Table 1과 Table 2에 각각 나타내었다.

Table1 Chemical compositions of materials

Materials	Chemical compositions(wt. %)				
	C	Cu	O	Fe	S
Cu	-	Bal.	0.037	0.0006	0.0005
SM25C	0.26	0.10	0.12	Bal.	0.035

Table 2 Mechanical properties of materials

Materials	tensile strength (MPa)	shear strength (MPa)
Cu	311	196
SM25C	656	446

3. 실험결과 및 고찰

3.1 인장 시험

Fig. 1은 주축 회전수(N) 2,000rpm, 압력(P₂)을 100MPa로 고정하고 마찰시간(t₁)을 변화시킨 경우에 마찰시간과 용접부의 인장강도와의 관계를 나타내었다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 Cu-SM25C 마찰용접부의 인장강도는 마찰시간의 증가와 더불어 증가하다가 마찰시간이 1.8초에서 인장강도가 247MPa로 최대값을 나타낸 이후 감소하였다.

3.2 전단시험

주축회전수(N) 2,000rpm, 업셋시간(t_2)이 2.0초, 마찰압력(P_1)과 업셋압력(P_2)이 각각 80MPa, 100MPa인 조건에서 마찰시간($t_1=1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0$ sec) 변화에 따른 전단강도 분포를 Fig. 2에 나타내었다.

마찰시간의 변화에 따라 미세한 강도증가를 보이다가 마찰시간 1.8초를 정점으로 하여 서서히 감소하는 형태를 보였고 인장강도와 비교하여 증가 또는 감소 폭은 상대적으로 커짐을 알 수 있었다.

최대 전단강도는 업셋압력 100MPa, 마찰시간 1.8초에서 147MPa를 나타내었으며 이는 Cu모재강도(196MPa)의 75%에 해당되는 수치이다.

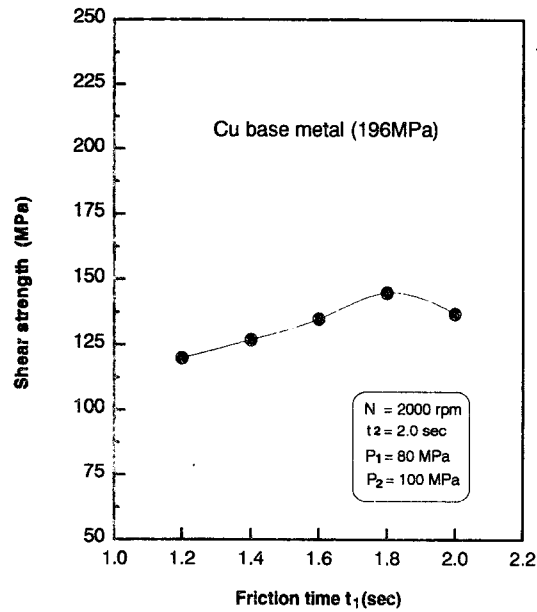
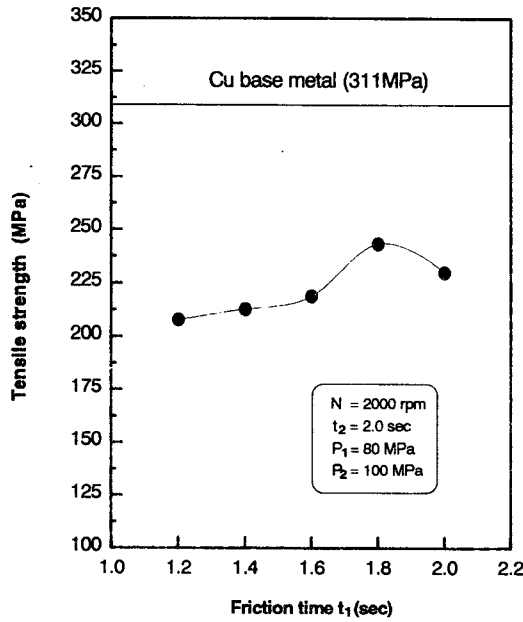


Fig. 1
Relation
ships
between
friction
time
Fig. 2
Relation
ships
between
friction
and
tensile
strength
($P_2=100$

MPa) time and shear strength

3.3 접합부의 SEM 분석

Photo 1은 최고인장강도와 전단강도를 나타내었던 조건($t_1=1.8$ sec, $t_2=2.0$ sec, $P_1=80$ MPa, $P_2=100$ MPa)에서의 SEM 사진이다.

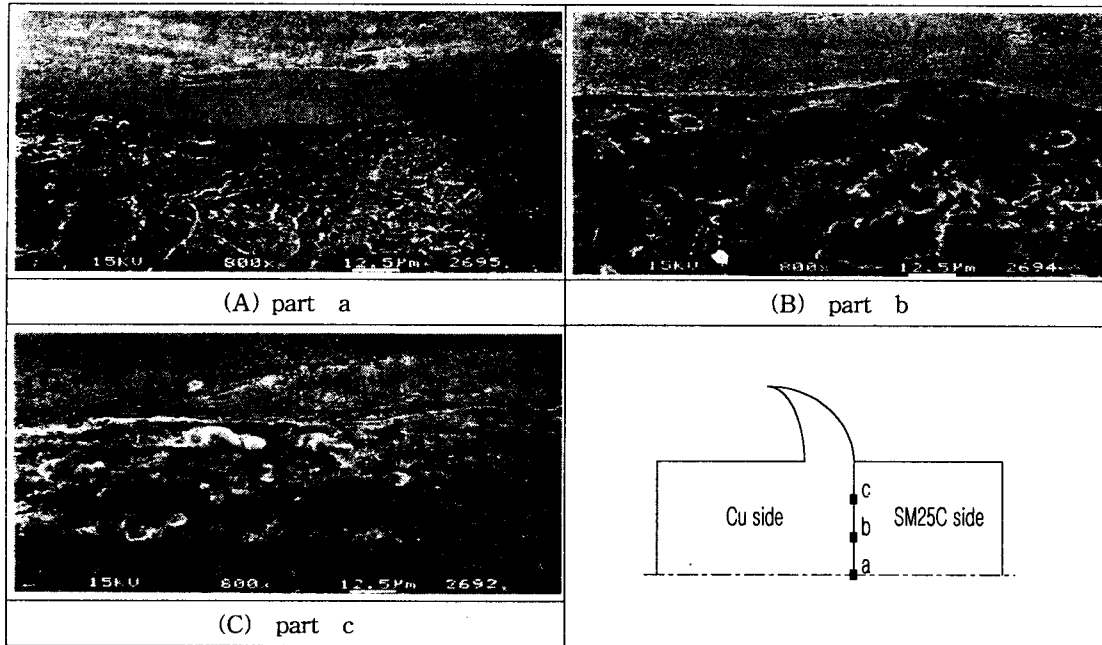
Photo 1에서 보는 바와 같이 (A), (B), (C) 모두 접합면 근처에서 비슷한 현상을 나타내고 있으며 구리와 탄소강의 접합에서 상호확산에 의해 형성될 수 있는 금속간 화합물 또는 석출의 증거를 찾기는 힘들었으며, 탄소강에서의 결정립의 성장이나 조직변화도 관찰되지 않았다.

이러한 원인은 앞에서 언급한 것처럼 최고온도는 탄소강의 용융 온도 이하이기 때문으로 생각된다. 그리고 축방향의 온도분포는 심하게 발생되므로 탄소강이 재결정을 이루기 위한 가압력이 적었기 때문으로 사료된다. 즉, 탄소의 석출 온도 범위의 시간대가 탄화물을 형성하기에 불충분하다고 판단된다.

Photo 1 SEM microstructural in weld interface ($t_1=1.8$ sec, $t_2=2.0$ sec, $P_1=80$ MPa, $P_2=100$ MPa)

4. 결론

본 연구에서는 Cu와 SM25C 탄소강 봉재를 마찰용접하여 마찰시간과 업셋압력의 변화에 따른 마찰용접부의 강도와 파단특성, 용접부의 SEM 등을 고찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.



1. 최대 인장강도는 마찰시간 1.8초, 업셋압력 100MPa에서 247MPa로 Cu 모재인장강도(311MPa)에 80%에 해당되었다.
2. 전단시험시 마찰시간 1.8초, 업셋압력 100MPa에서 Cu 모재 전단강도(196MPa)의 75%에 해당되었다.
3. 접합부의 SEM 분석결과 상호확산에 의해 형성될 수 있는 금속간 화합물 또는 석출의 증거를 찾기는 힘들었으며, 탄소강에서의 결정립의 성장이나 조직변화도 관찰되지 않았다.

참 고 문 헌

1. D. E. Spindler, "What Industry Needs to Know about Friction Welding", Welding Journal, pp. 37-42, March, (1994).
2. 閔宅基, "Al-Sn 합금 베어링에서 부상부와 플랜지부의 백메탈 간 摩擦 熔接 特性", 東亞大學校 博士學位 論文, pp. 1~40, (1992).
3. Haskell D. Weiss, Thomas H. Hazlett, "The Role of Material Properties and Interface Temperature in Friction Welding Dissimilar Metals" Engineering Conference, pp. 1~11, April, (1966).
4. Tomas H. Hazlett, "Properties of Friction Welds Brtween Dissimilar Metals", Welding Reaserch Supplement, pp. 448s-450s, Oct, (1962).
5. M. Aritoshi, K. Okita, T. Enjo, K. Ekeuchi, F. Matsuda, "Friction Welding of Oxygen Free Copper to Pure Aluminium", Welding International, Vol. 6, No. 11, pp. 853-859(1992).
6. 姜聲甫, "銅-30Cu 합금과 Cu의 摩擦熔接 特性 및 婚合層에 關한 研究", 忠南大學校 博士學位 論文, (2000).