

구상흑연주철과 Cr-Mo강과의 고상확산접합에 관한 연구

A Study on solid state diffusion bonding of spheroidal graphite cast iron with Cr-Mo steel.

송우현, 홍창호, 이창근, 강정윤
부산대학교 금속공학과

1. 서 론

일본이나 유럽에서는 복잡한 구조의 부품 제조를 위해 이종재료간의 기계적인 체결방식을 확산접합을 사용한 직접 접합하는 방식으로 변경하고 있는 추세이다. 확산접합법을 채택함으로써 고품질의 제품을 얻을 수 있고, 제품의 중량을 감소시키며, cost를 낮출 수 있다. 국내에서는 주조성과 기계적 성질이 우수한 구상흑연주철과 일반 구조용강으로 널리 사용되고 있는 Cr-Mo 강과의 고상 확산 접합에 관한 연구는 보고된 바가 드물다. 따라서 본 연구에서는 접합온도, 유지시간의 변화에 따른 고상 확산 접합부의 미세조직 변화를 관찰하고, 접합부의 기계적 성질을 평가하여 최적의 접합조건을 확립하는 것을 목적으로 한다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 구상흑연주철인 FCD60과 Cr-Mo 구조용강인 SCM440의 화학조성을 Table 1에 나타내었다. 접합은 5×10^{-4} torr의 진공분위기 중에서 7.02MPa의 하중을 일정하게 가하면서 3°C/sec의 가열속도로 승온시켜 원하는 접합온도까지 고주파 가열하고, 30분 동안 유지시킨 후 로냉하였다. 이때 로냉은 일반적인 로냉과 달리 공냉에 가깝다. 접합온도는 1023~1273K범위에서 50°C간격으로 변화시켰다. 접합시 온도계측은 접합계면 바로 직하에 열전대를 시험편에 퍼커션 용접으로 부착하여 직접 계측하였다. 접합부의 미세조직은 접합면과 수직으로 절단하고, 연마하여 광학현미경 및 SEM으로 관찰하였다. 부식은 0.3g Picric acid+0.2ml Nitric acid+100ml Methanol의 부식액을 사용하였고, 약 30초 동안 부식시켰다. 접합계면의 보이드율은 $\times 3500$ 의 배율 SEM조직으로부터 길이를 30시야를 측정하여, 측정된 총 길이에 대한 보이드 점유 길이의 비로 평가하였고, 접합계면에 형성되는 상의 생성 원인을 파악하기 위하여 EPMA로 성분분석을 행하였다. 기계적 성질을 평가하기 위해 인장강도 및 경도를 측정하였고 접합효율의 저하 원인을 분석하기 위하여 SEM으로 파면을 관찰하고, 파면의 특징과 파단위치를 파악하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 미세조직의 변화

Fig. 1은 접합온도에 따른 접합부 근처의 미세조직의 변화를 나타낸 것이다. 접합온도에 따른 접합계면 근방의 주철 조직의 변화를 관찰한 결과, 1023K에서는 거의 페라이트이고, 1073K에서는 페라이트+펄라이트 조직이고, 1123K이상에서는 완전 펄라이트이다. 접합온도가 높을수록 펄라이트내의 층상구조가 더욱 미세하다. 접합온도가 낮을 때 페라이트가 생성되는 원인은 공석변태 직하의 온도인 1023K의 경우, 펄라이트가 페라이트와 흑연으로 분해하는 흑연화 현상과 탈탄 현상 때문인 것으로 생각되고, 공석변태 직상온도인 1073K의 경우, 페라이트+오스테나이트+그라파이트의 3상이 존재하는 영역으로 가열되어 페라이트가 형성되는 것으로 생각된다. 접합온도에 따른 접합계면 근방의 Cr-Mo강의 변화를 관찰한 결과, 1023~1273K의 접합온도에서는 원모재 조직과 큰 차이가 없으나, 1123K이상에서는 온도가 높을수록 경도값이 높은 베이나이트라고 추측되는 흰색 상이 조대화 되고, 그 상이 존재하는 영역의 깊이도 깊어지며, 침상조직이 형성된다. 접합에 의해서 흰색 상이 생성되는 이유는 모재에서 편석현상과 주철 성분의 입계확산으로 특정 부위에서 C, Mo, Mn, Si, Cr 원소들의 함유량이 많아 냉각 중에서 형성되는 것으로 추정된다.

3.2 보이드 변화

Fig. 2는 접합온도에 따른 접합부 근방의 광학현미경 조직과 접합면에 보이드 형상을 비교한 것이다. 여기서 보이드는 직선상의 (A)와 흑연/SCM440이 접촉된 부분에서 접합 시 접합압력으로 흑연이 파쇄되어 길게 연신된 형상을 갖는 (B')와 원래의 흑연 형상을 유지하는 (B)로 분류된다. 광학현미경 조직에서 1023K의 접합계면에서는 보이드가 관찰되지만, 1073K이상의 온도의 접합계면에서는 보이드가 관찰되지 않고 있다. SEM조직에서, 접합온도가 낮은 경우는 접합면에 보이드로 추측되는 부분이 직선 상으로 연결되어 있고, 계면에서의 점유율이 아주 높지만, 온도와 유지시간이 증가할수록, 불연속적이면서 구형으로 변화하고, 점유율도 아주 낮아지는 경향이 있다.

3.3 접합부의 인장성질

Fig. 3은 접합온도에 따른 접합부의 인장성질 변화를 나타낸 것이다. 접합부의 인장성질을 평가한 결과, 거의 접합계면에서 파단하고, 접합온도가 증가할수록 인장강도 및 연신율이 증가하고 있다. 1123K의 접합부는 인장강도가 주철 원모재의 강도보다 높고, 1273K의 것은 SCM440강 원모재의 강도와 거의 같다. Fig. 4는 1023K에서의 접합한 인장시편 중 SCM440쪽의 파단면을 나타낸 것이다. 여기서, 보이드는 스크래치 형상과 흑연과 접촉한 부위에서 접합되지 않아서 발생하는 것으로 추정되는 대형의 보이드로 생각된다. Fig. 5는 접합온도에 따른 미접합부의 변화를 나타낸 것인데, 접합온도가 증가할수록 보이드율이 감소하고 대형 보이드의 크기도 감소하고 소멸된다.

Table 1 Chemical composition of SCM440 & FCD60

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Mg	Al	V	Fe
SCM440	0.39	0.22	0.73	0.25	0.07	1.04	0.20	0.15	-	0.22	0.05	bal.
FCD60	3.68	2.37	0.40	0.027	0.009	-	-	0.57	0.043	-	-	bal.

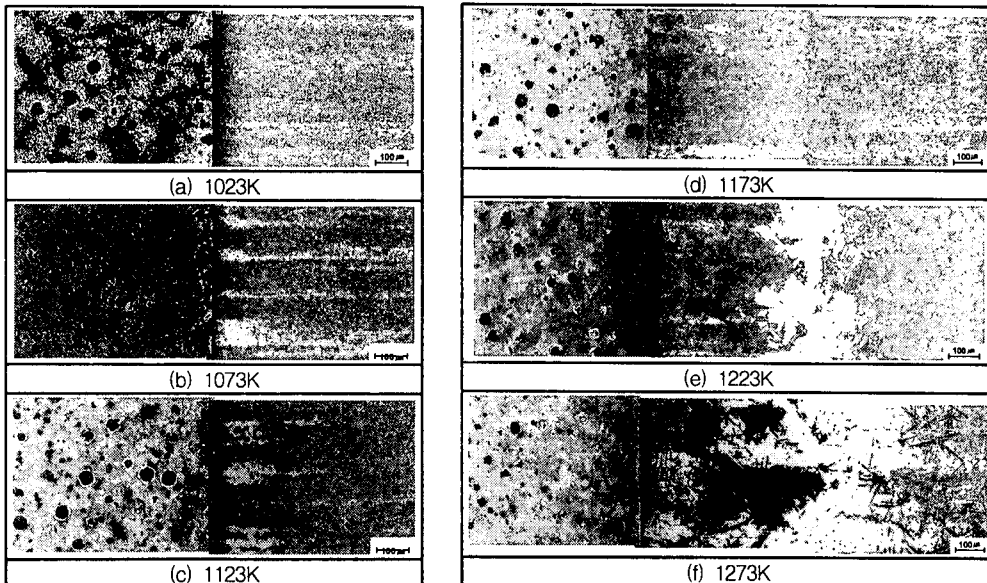


Fig. 1 The change of microstructures in the near bonded interlayer with bonding temperature.

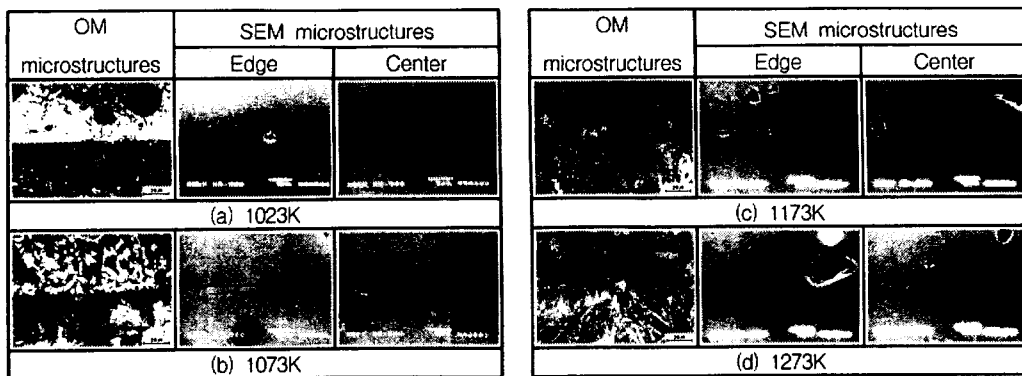


Fig. 2 Microstructures of bonded interlayer and void shape with bonding temperature

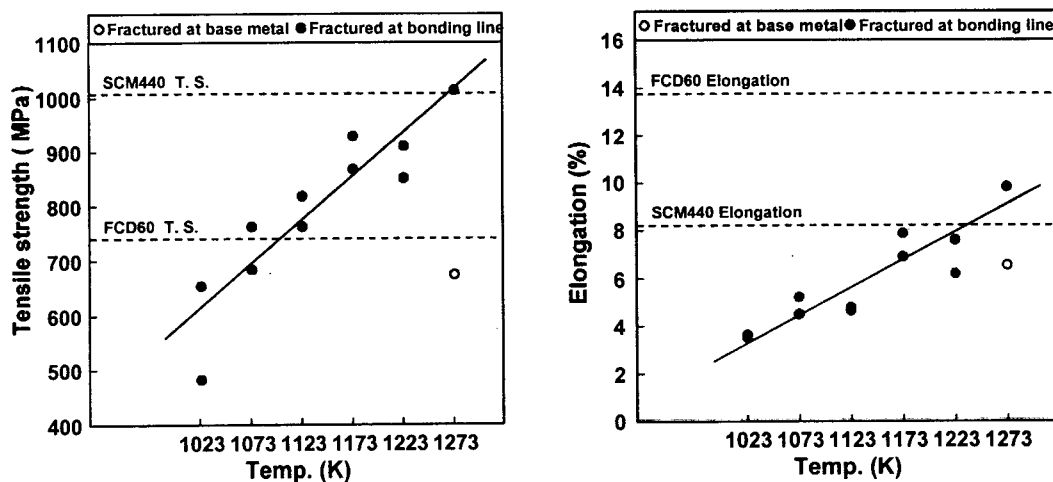


Fig. 3 Change of tensile strength & elongation with bonding temperature.

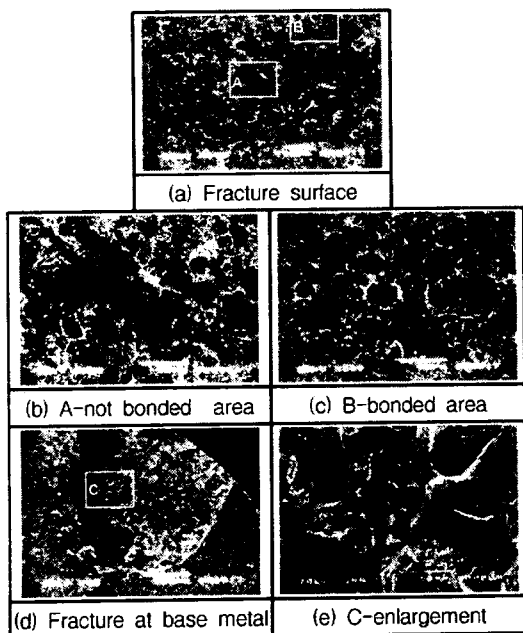


Fig. 4 Morphology of fracture surface belonged to the SCM440 (at 1273K)

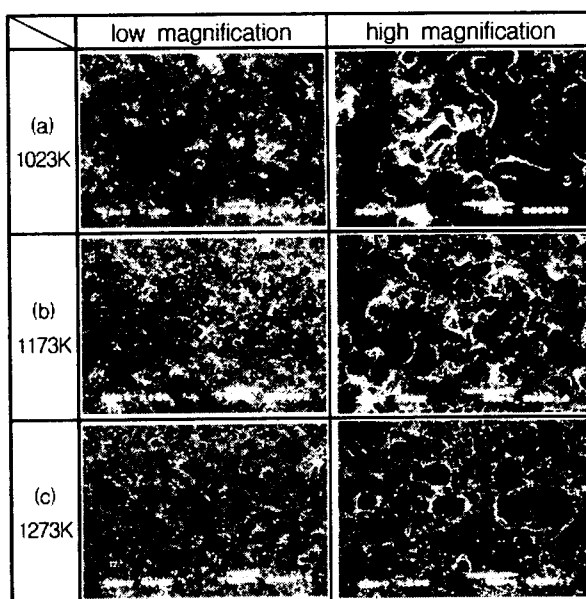


Fig. 5 Increase bonded area with evaluating bonding temp.