

WC-Co/SM45C鋼 接合의 界面組織 및 接合強度에 미치는 Cr_3C_2 의 影響

Effect of Cr_3C_2 on the microstructure and shear strength of WC-Co/SM45C steel joint

정 우 주(성균관대학교 대학원 신소재공학과), 정 승 부(성균관대학교 금속재료 공학부)

1. 서 론

각종산업분야에서 사용되고 있는 다양한 특성을 가진 구조용, 기능성재료는 열악한 환경에서 사용될 때에도 다기능화, 고성능, 고효율화가 요구되고 있다. 즉, 금속재료 혹은 세라믹스재료를 단독으로 사용될 때 산업분야에서 요구하는 만족할 만한 특성을 얻기보다는 서로 다른 재료의 단점을 장점으로 전환시킨 복합적인 구성으로 우수한 특성을 얻을 수 있다. 그러나 물리적, 화학적 특성이 전혀 다른 재료를 일체화시키는 방법인 이종재료의 접합에 관한 연구는 동종재료의 연구에 비하여 극히 일부에 지나지 않는다. WC-Co계 초경합금은 다른 세라믹스재료와는 달리 상대적으로 기계적 성질이 우수하고 제조방법이 간단하여 구조용 재료로서 널리 사용되고 있으나 금속재료와 비교해볼 때 인성이 취약한 단점을 가지고 있다. 따라서 인성이 우수한 금속재료와 복합적으로 구성하면 응용범위가 한정되어 있는 WC-Co계 세라믹스의 응용분야를 더욱 확대시킬 수 있다. 이종재료의 접합에 가장 널리 사용되고 있는 천이액상확산접합법과 브레이징은 접합후에도 고온강도, 내마모성 등 각 재료의 우수한 기계적특성을 갖게 할 수 있으므로 접합강도 및 신뢰도가 높은 접합연구에 활발히 응용되고 있다. 일반적으로 사용되는 WC는 결합재로서 Co를 포함하고 있으며 WC의 입자의 크기가 수 μm 이하인 경우 Cr_3C_2 를 첨가하여 WC의 인성, 내충격성과 같은 기계적특성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 그러나 WC초경합금은 제조 혹은 접합시 열 영향으로 W과 Co가 C와 고용되면서 열분해 되어 Co_3W_3C 혹은 Co_6W_6C 라는 η 상이 석출되며 따라서 모재의 기계적 특성에 나쁜 영향을 끼치게 된다. 본 연구에서는 가공기술의 하나인 천이액상확산접합법과 브레이징을 이용하여 서로 다른 이종재료 즉 초경합금(WC)에 0%, 0.5%, 1.0%의 Cr_3C_2 를 첨가한 WC-Co와 SM45C강(탄소강)을 접합한 뒤 접합면의 미세조직을 관찰하고 Cr_3C_2 의 첨가량에 따른 접합강도를 계통적으로 조사하였다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용된 모재는 초경합금중에서 Co 및 Cr_3C_2 가 첨가된 WC와 SM45C를 선택하였고, WC와 SM45C의 최적접합공정을 조사하기 위하여 사용한 시편은 직경10mm, 길이10mm로 제작하였다. 또한, 삽입금속은 용점저하와 접합강도의 증진을 위하여 확산속도가 큰 붕소(B)가 첨가되어있는 Ni계 비정질합금(이하 MBF-80계)와 동합금(98.3%)를 사용하였으며 삽입금속중 MBF-80의 두께는 40 μm 이고, 동합금의 두께는 100 μm 이다. 접합에 사용된 모재는 탄소강의 경우 #1200 emery paper로 연마한 다음에 초음파 세척기로 세정하였고, 초경합금은 Diamond paste로 연마하였다. 삽입금속의 경우는 대기중에서 아세톤으로 세척한 후 알콜로 기화시킨 다음에 삽입제로 사용하였다. 또한, 기계적 특성을 실험하기 위한 시편은 조직관찰용과 같은 크기인 직경10mm, 길이10mm로 제작하였다. 접합시험은 산화물 등 접합시에 발생할 수 있는 반응물을 최소화시키기 위하여 5×10^{-4} Torr의 진공으로 만든 후 Ar분위기에서 실시하였다. 접합중에 모재의 기계적인 성질변화를 최소화하기 위해 고주파 유도로를 사용하였으며, 11K/s속도로 승온하였고, 접합후에는 473K으로 유지된 냉각 오일중에서 냉각시켰다. 이때 접합실험은 1323 \pm 1K범위 이내로 하여 접합온도를 유지시키며 실시하였고, 접합온도를 정확하게 측정하기 위하여 R-type(Pt-13%Rh)의 열전대를 시편의 접합면에 최근접시켜 직접 접합부의 온도를 측정하였다. 또한, 본 실험에서 실시한 접합온도의 결정은 MBF-80 삽입금속의 용융온도(1293K~1338K)보다 높은 온도(35K~70K)이상이면서, 모재의 용융점 이하인 1323K온도에서 접합을 실시하였다. WC-Co와 SM45C강은 서로 열팽창계수가 매우 다르므로 접합 후 냉각시에 발생할 수 있는 열팽창계수의 차이로 인하여 접합면에 잔류하는 열응력을 최소화시키기 위하여 유냉으로 실시하였으며 접합시에 사용된 삽입금속으로는 니켈합금과 동합금 2종류를 사용하였다. 철강합금에 널리 사용되고 있는 동합금중의 Si는 동합금의 강도를 향상시키기 위하여, Zn은 동합금의 용

점을 저하시키기 위하여 첨가하였다. 또한, 니켈합금의 비정질인 MBF-80은 접합시 접합계면에서 탄화물과 규소화물로 형성되어 접합강도를 향상시킬 수 있는 Cr과 Si이 첨가되어 있다. 접합시 Ni계 비정질합금은 WC합금쪽으로 위치시켰는데 MBF-80의 구성성분인 Ni과 WC내의 Co는 전융고용체 이므로 접합시 발생하는 금속간화합물이 생길 가능성이 적기 때문이다. 또한, SM45C강 접합에 자주 사용되는 동합금은 SM45C쪽으로 위치시켜 접합체를 구성하였다. 모재와 삽입금속의 접합계면에서의 현상을 광학현미경으로 관찰하였으며, SEM(Scanning Electron Microscopy) 및 EDX(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)분석을 하였고, 접합계면에서 접합중에 생길 수 있는 생성물을 조사하기 위하여 XRD(X-ray Diffractometer) 분석을 하였다. 한편, 접합부의 전단강도를 측정하기 위하여 전단시험용 Jig를 제작하였으며, Instron(Model 1341)으로 접합부와 수평되는 방향으로 압축을 가하면서 전단강도를 측정하였다. 이때 Cross head의 속도는 0.4mm/min으로 하였고 접합부의 경도측정은 200g의 하중에서 Micro-Vickers경도기를 이용하여 접합계면으로부터 모재방향으로 이동하면서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

대표적으로 Fig.1에 WC-Co/SM45C에 MBF-80과 동합금을 삽입금속으로 하여, 접합온도 1323K에서 유지시간(0.6ks~3.6ks)에 따라 접합한 접합체의 접합계면조직의 변화를 그래프로 나타내었다. WC-Co/SM45C 접합계면에 발생한 수지상정 폭은 접합유지시간이 증가함에 따라서 증가함을 알 수 있었다. 이것은 모재와 삽입금속의 성분원소인 Co와 Ni이 용해됨과 동시에 응고되어 형성되었고, WC내의 Co와 SM45C의 Fe가 접합계면으로 확산 이동하여 접합시간의 증가와 더불어 증가되었다고 사료되어진다. 한편 Fig.2에 나타낸 것처럼 접합시간에 따라 WC접합계면에서 미지의 상이 발견되었는데, 이것은 접합시간이 점점 증가함에 따라 WC의 접합계면에서 그 양이 증가하는 것을 알 수 있었다. 접합시간에 따른 WC 접합계면에서 발생한 석출상을 조사하기 위하여 XRD분석을 해보니 그 미지의 상은 η 상이라는 것이 판명되었다. 이것은 접합시간이 증가함에 따라 WC내에 Co가 접합계면쪽으로 확산하면서 C의 결핍으로 인하여 새로운 석출상이 형성되었다고 판단되며, 이러한 η 상의 생성으로 인하여 WC-Co모재와 수지상정의 접합계면에서 접합강도는 접합시간이 증가함에 따라 감소하는 하나의 요인으로 작용했으리라 판단된다. 또한 접합시간과 Cr_3C_2 의 첨가량에 따른 접합강도의 변화를 Fig.3에 나타내었다. Cr_3C_2 를 0.5% 첨가하였을 때의 접합강도값은 첨가하지 않았을 때보다 더욱 높게 나타났다. 이것은 WC-Co에 Cr_3C_2 가 0.5% 첨가되었을 때 조직이 미세화되었고, 결국에는 WC-Co의 입자의 성장을 억제시켜 접합강도가 증가되었다고 사료된다.

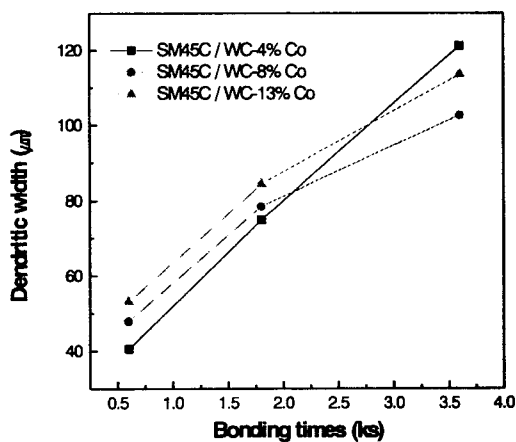


Fig.1 Variations of dendritic width at 1323K for various times WC-4, 8, 13%Co/SM45C

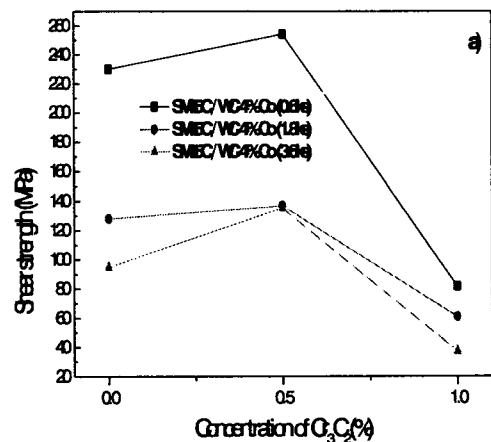


Fig.3 Effect of Cr_3C_2 on shear strength in WC-Co/SM45C. a) WC-4%Co/SM45C

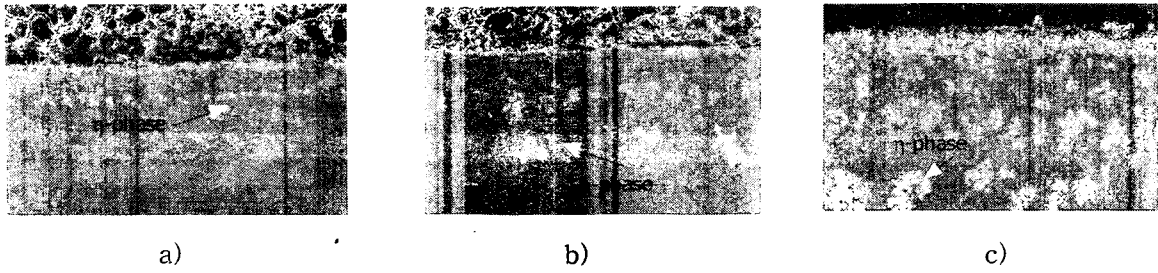


Fig.2 The variation of η -phase in WC-Co/SM45Csteel bonded zone for various bonding times
a) 0.6ks b) 1.8ks c) 3.6ks

4. 결 론

1. 접합과정은 유지시간이 증가함에 따라 삽입금속의 성분원소와 모재의 성분원소가 반응확산을 통해서 수지상정폭이 증가하였다.
2. 접합강도는 접합시간이 증가함에 따라 감소하였으며, 이것은 접합부의 수지상정이 증가할 수록 접합계면에서 금속간화합물이나 다른 화합물이 생성될 확률이 많았고, XRD 분석을 통해서 본 바와 같이 접합시간이 증가할수록 접합계면에서 η 상이 생성되어 접합강도를 저해시켰다고 판단된다.
3. 전단시험결과 WC-8%Co에 0.5% Cr_3C_2 를 첨가하여 접합시간을 0.6ks로 하였을 때 약 350Mpa이라는 가장 높은 전단강도값을 얻었다. 그러나 1.0% Cr_3C_2 를 첨가하였을 때에는 전단강도값이 감소하였다.

5. 참고문헌

1. 김 우열 : 철강재료의 천이액상확산접합에 관한 연구, 부산대학교 박사학위 논문.
2. ASTM, Vol.2. Properties and Selection : Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. pp.950-953
3. 양 훈영, 김수영 : 금속재료학, 문운당 출판, pp.168-231 (1984).
4. 강 정윤, 김 인배, 이상래 : Fe기 내열합금의 액상확산접합용 삽입금속의 개발에 관한 연구. 대한용접학회지, Vol.13 No.3. sep. 1995.
5. 길 상철 : 초경합금의 개발동향, 산업연구원, 산업기술 정보센터.