

PTA에 의한 Cr탄화물 육성층의 조직및 특성

김 영 섭, 김 속 환
산업과학기술연구소, 경상북도 포항시

1. 서론

표면경화방법중에서 PTA(Plasma Transferred Arc)를 이용한 분말육성은 지금까지 내마모, 내열, 내식성을 목적으로 석유화학설비, 광산설비등에 많이 이용되어 왔다. PTA는 plasma arc전류에 의하여 모재의 표면을 가열하여 용융시킬 수가 있으므로 arc 전류에 따라 모재표면의 용융과 penetration깊이를 조절할 수가 있다. 따라서 PTA에 의한 육성은 금속적인 결합, 고밀도의 코팅, 높은 적층속도, pass당 높은 두께등의 장점이 있다. 그러나 집적된 에너지 때문에 적층율이 높지만 모재가 전기적으로 연결되어 있으므로 회석작용이 높게 나타난다. 적층율을 높이기 위하여 plasma arc의 에너지를 증가시킬 경우 변수를 적절하게 조절하지 못하면 모재의 회석작용은 더욱 커지게 된다. 본 연구는 erosion-corrosion이 심한 분위기에 적절한 재료및 표면경화방법에 대한 고찰로써 PTA육성법을 선택하여 Cr 탄화물을 육성한 후 그 조직과 특성을 알아보았다.

2. 실험방법

모재는 SS41을 사용하였으며 분말은 Metco 81VF로써 Cr₃C₂에 NiCr합금분말이 25%포함된 것으로 입도는 5-45 μ m이다. 육성층의 미세조직을 관찰하였으며 필요한 경우 EPMA를 이용하여 분석하였다. 경도는 300g의 하중으로 Vickers경도를 측정하였다.

마모시험은 erosion시험을 하였으며 분사입자는 크기가 5-45 μ m인 Al₂O₃를 사용하였다. 입자의 분사속도는 입자의 양이 30g/min가 되도록하였다. 각 시편에 대하여 입자를 10분동안 분사하여 무게감량(mg)을 측정하였으며 erosion속도는 이 무게감량을 분사된 입자의 무게(300g)에 대한 비율(mg/g)로 표시하였다. 부식시험은 0.5M H₂SO₄+3%NaCl의 부식액을 사용하였고 anodic polarization curve을 구하여 비교하였으며 내공식성 판단을 위하여 cyclic polarization curve를 구하였는데 이 때의 전위 scan rate는 1mV/min로 하였다.

3. 결과및 고찰

3-1. 조직및 경도

PTA에 의한 육성층에 대해서는 dilution정도를 파악하기 위하여 bead의 형상을 관찰하였는데 bead의 전체 단면적에 대한 모재로 침투한 깊이만큼의 면적비로 나타내었다. Dilution정도는 torch의 진행속도와 전류에 큰 영향을 받고 있지만 분말공급속도의 영향은 그렇게 크지않았다(Fig.1). Torch의 진행속도가 빨라지면 dilution은 감소하게 되지만 전류가 증가하면 반대의 경향을 보여주고 있는데 torch의 진행속도보다는 입열량에 미치는 영향이 더욱 크므로 dilution정도가 심해짐을 알 수 있다.

PTA의 육성층에 대한 미세조직은 plasma arc의 전류에 따라 다른데 120A의 전류에서는 계면으로 부터 위로 갈수록 탄화물의 형태가 점점 커지고 있는 것을 볼 수 있으며, 전류가 160A인 경우에는 탄화물이 계면 가까이 모여있고 위로 올라갈수록 일반적인 수지상의 응고조직만을 보여주고 있다. EPMA 분석에 의하면 계면에서는 탄화물이 완전 용해되어 모재와 회석작용으로 Fe가 다량 검출되고 있다. 경도분포는 Fig.2에서

보여주고 있는데 plasma arc 전류 120A의 경우 전체적으로 높은 경도 분포를 보여주고 있으며 arc전류가 높아지면서 경도의 분포는 다른 양상을 나타내었다. 전류가 높은 경우 경도가 급격하게 떨어지는 모습을 보여주고 있는데 190A의 경우 낮은 경도가 균일하게 분포되어 있음을 알 수 있다.

3-2. Erosion 특성

PTA육성층의 erosion 속도는 입자의 분사각도가 커질수록 plasma arc 전류가 낮은 시편에 대해서는 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이것은 조직적으로 brittle한 탄화물이 주를 이루고 있기 때문에 높은 각도에서는 취약한 파괴에 의한 erosion으로 생각되며, plasma arc 전류가 높은 경우에는 dilution에 의하여 경도가 400Hv 정도이며 ductile한 stainless steel과 비슷한 조성이므로 높은 각도에서 erosion속도가 감소하는 경향을 보여주고 있다(Fig.3).

3-3. 부식특성

PTA 육성층의 분말공급속도, arc 전류에 따른 부식성은 부식전위가 거의 동일하며 입계전류밀도 또한 거의 일치하므로 그들 사이의 부식성에서는 차이가 없음을 알 수 있다. 그러나 낮은 입열량 즉, 낮은 전류로 육성한 층은 그만큼 모재와의 dilution이 적어 입계전류밀도에 있어서 가장 적은 값을 보여주고 있으며 부식전위에 있어서 상대적으로 noble한 성질을 보여준다.

Cyclic polarization curve에서 전위가 공식전위(E_{pit})보다 낮으면 pitting이 쉽게 발생하고 성장하게 된다. 그러나 공식전위보다 높고 공식방지전위(E_{pro})보다 낮은 전위에서는 pitting이 새롭게 발생하지 않고 이미 존재하고 있는 pit는 성장을 하게 된다. 그리고 공식방지전위 이상에서는 pitting의 발생이나 성장이 전혀 일어나지 않는다.

Fig.4는 PTA육성층의 cyclic polarization 곡선으로 공식전위와 공식방지전위가 같음을 알 수 있다. 이것은 표면에 pitting의 발생과 성장이 없음을 얘기하고 있는데 실제로 어떤 이유에서 pitting이 표면에 발생하였다고 하여도 쉽게 부동태 피막이 형성되어 pitting이 성장하지 않는다고 할 수 있다. 조건이 다른 PTA 육성층에 대해서도 공식전위와 공식방지전위가 동일하게 나타났다.

4. 결론

PTA육성층은 Cr_3C_2 -NiCr분말을 사용하였으며 조직은 M_7C_3 , $M_{23}C_6$ 의 탄화물과 Fe-Cr-Ni(γ)의 혼합으로 이루어져있는데 입열량이 높아질수록 모재와의 dilution이 심하여 경도가 떨어지는 모습을 보였다. Penetration에 의한 dilution은 최소 1.6%를 얻었으며 경도 또한 최고 1273Hv까지 측정되었다. 전반적으로 입자의 낮은 분사각도에서 erosion 속도는 입열량과 관계가 있었으며 입열량이 많을수록 즉, dilution이 심할수록 erosion 속도는 증가하였다. 공식전위와 공식방지전위가 거의 일치하므로 pitting의 생성 및 성장이 일어나지 않는 우수한 특성을 보였다.

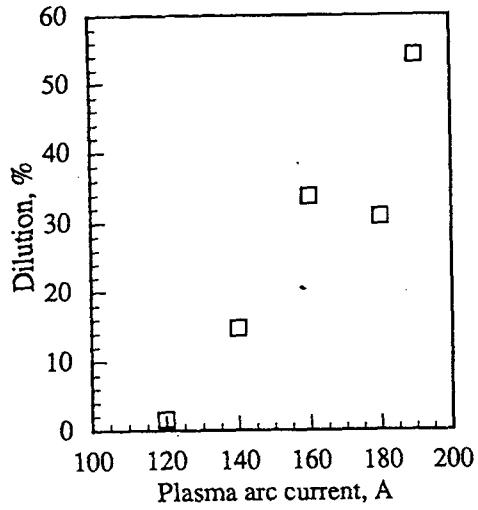


Fig.1 Dilution as a function of plasma arc current.

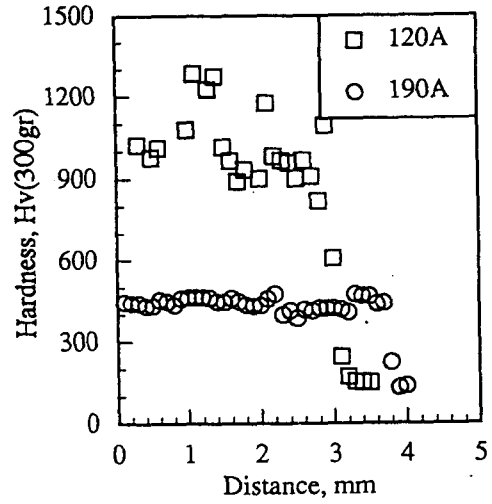


Fig. 2 Hardness distribution for different arc current.

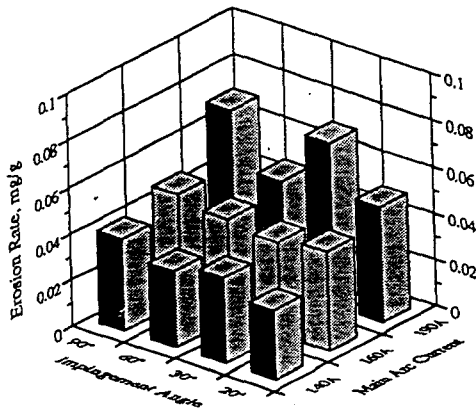


Fig. 3 Erosion rate for different arc current as a function of impingement angle.

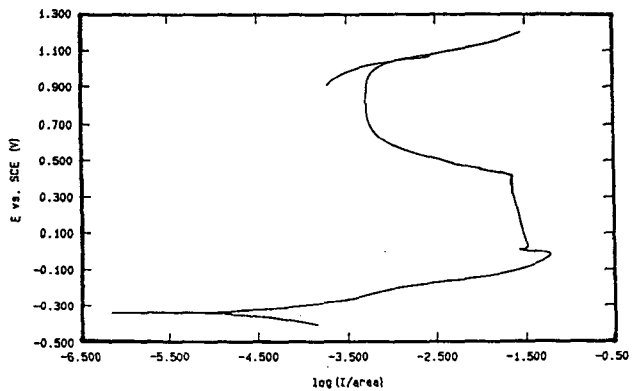


Fig. 4 Cyclic polarization curve of PTA coating.