저항용접 공정변수가 입열 효율에 미치는 영향

Effect of Process Parameters of Heat Input Efficiency
in Condenser Discharge Welding

김 기 철, 이 목 영, 임 태 진*
산업과학기술연구소 접합가공연구팀
*한국용접공업주식회사

1. 서언

Condenser projection용접은 피용접재료들이 서로 밀착된 상태에서 condenser에 충전된 전기적 energy를 일시에 방전시키므로서 발생하는 저항 발열 효과를 이용하는 용접기술이다. 따라서, spot용접과 같은 저항용접 범주의 용접기술로 편의상 분류하고 있으나, 시험재에 인가되는 전류의 파형이 일반저항용접의 그것과는 크게 다르다. 즉, condenser방전은 원리상 단 한번의 방전 pattern을 매우 짧은 시간에 공급하는 전원 장치와 같으므로 spot 용접공정 보다 훨씬 정교한 공정 제어 기술이 필요하다. Condenser용접에서 용접부에 인가되는 energy의 총량 즉, 용접 입열량은 용접장치 내부에 있는 condenser의 용량과 충전 전압의 관계를 이용하여 계산하고 있다. 그러나, 이러한 용접 입열량 계산 방법은 용접 전원의 1차측 정수를 이용하는 것이므로 용접과정에서 발생하는 방전 위치에서의 동적인 거동을 전혀 보정할 수가 없다. 그 결과 동일한 설정치로 용접을 실시하였음에도 불구하고 용접부의 품질이 큰 차이를보이는 경우가 많아 용접 공정관리에 어려움이 따른다. 본 연구에서는 condenser용접 공정 최적화를위한 실험의 일환으로 공정 monitoring기술을 이용하여 용접 입열 거동을 계측하고 그 결과를 바탕으로 용접 입열 효율에 미치는 몇가지의 공정 변수들에 대하여 검토를 행한 것이다.

2. 실험 방법

본 시험에 사용된 소재들은 모두 성형성이 우수한 극저 탄소강이었으며, 제조공정에서 20/20 g/m^{2}의 아연도금을 실시한 다음 내식성을 더욱 향상시키기 위하여 인산염 또는 chromate 피막이 도장되어있다. 한편, 표 1은 용접 조건을 보여주는 것으로 충전 전압, 압력 및 방전시 전류 기울기를 나타내는 강압용 변압기의 감은 회수를 공정 변수로 각각의 시험편에 대하여 용접을 실시하였다. 용접과정은 high speed camera와 condenser용접 현상 monitoring system을 써서 관측하였고 그 결과를 토대로 용접부 형성 과정과 용접 입열 효율을 조사 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 용접 전극 사이에 시험편을 장착하지 않은 상태에서 용접을 실시하였을 때 충전 전압과 방전 전류 첨두치와의 상관 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 충전 전압이 증가함에 따라서 전류값도 1차함수적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 실제 시험편을 용접할 경우에는 그림 2와같이 방전 기울기의 감소와 함께 직선성도 저하하고있으며 높은 전류영역에서는 특히 전류기울기가 낮아진다. 이러한 이유는 spatter 발생과 밀

접한 관계가 있는 것으로 밝혀졌다. 그림 3은 적정 용접조건 범위에서 용접을 실시하였을 경우(a)와 과도한 용접 입열량을 부여하였을 경우(b)의 방전 특성곡선을 보인 것으로, 적정 입열조건 또는 그 이하에서는 하나의 곡선만을 나타내는 반면, 과입열 또는 방전위치에서 전류밀도를 과도하게 높이는 조건의 경우에는 2개 이상의 peak를 보인다. 초기 전류밀도의 과다 및 과입열 조건에서는 충분한 forging 압력이 부가되기 전에 용융금속의 과열 때문에 spatter를 형성하고, 그 결과 용접 전류의 통전로가 제한되어 방전 전류도 일시적으로 최저값을 보이게된 것으로 사료된다. 한편, spatter의 형성은 용접 전류의 이용 효율을 감소 시키는 것으로 나타났는데, 그러한 결과는 그림 4에 제시되어 있다. 이 실험 결과에 따르면, 충전 전압이 증가함에 따라서 발열에 사용된 실제 energy량은 직선적으로 증가하고 있으나, 일단 spatter가 발생되면 충전 전압이 더욱 증가하였음에도 불구하고 입열 energy량은 낮아진다. 이 그림에서는 또하나의 중요한 사실을 발견할 수 있는데, 그것은 종래의 방법으로 계산된 용접 입열량과 monitoring system을 이용하여 실측된 용접 입열량 사이에는 비교적 큰 차이를 나타내고 있다는 점이다. 이것은 입열 효율로 설명할 수가있으며, 실험 결과 용접 입열 효율은, 용접조건은 물론 시험편의 상태와 표면처리 조건 및 소재의 종류에 따라서도 차이를 보여 높은 생산성과 품질을 추구하는 최근 용접 공정개발 여건으로볼 때 매우 주목되는 점이라할 수 있다.

4. 결론

용접 현상 monitoring system과 high speed camera를 이용하여 condenser projection용접 공정을 정밀 관측하여 본 결과 용접 중에 발생하는 spatter는 순간적으로 방전회로를 차단하는 효과를 일으켜 용접 전류의 급격한 감소를 초래하고 있었다. 용접기 내부에 설치되어있는 condenser의 용량을 기초로 계산에의하여 용접 입열량을 얻는 종래의 방법은 용접 조건에 따라서 매우 큰 오차를 일으킬 수 있음이 발견되었다. 따라서, 용접 공정의 최적화 및 용접 조건의 실시간 제어를 위하여는 반드시 공정 parameter들의 실측에의한 결과를 활용하여야 하며, 향후 입열량의 정의에 대하여도 적절한 검토가 필요한 것으로 판단되었다.

*참고 문헌

1. T. Yamaguchi and T. Sato, Jour. Japan Welding Society, 44, 7 (1975) 608
2. T. Hachishiba, Welding Technique, 31, 3 (1983) 19
3. Eastman Kodak Publication, G-44, *High Speed Photography* (1981)
4. K.C.Kim, M. Y. Lee and K.H.Lee, RIST Technical Report No. 94A198 (1995).

표 1 용접조건

Charge voltage (V)	Welding pressure (kgf)	Forging pressure (kgf)	No. of windings (turn)
100 - 350	200, 250, 300, 315, 350	350, 400, 425	20, 40, 60, 80

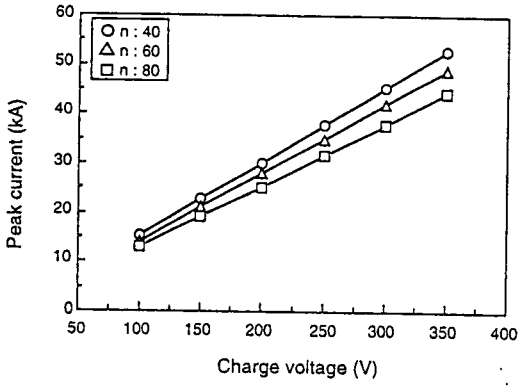

Fig. 1 방전특성

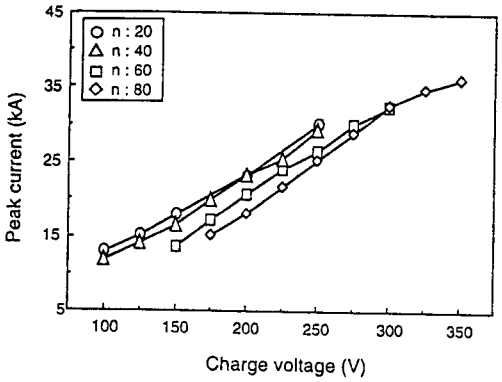

Fig. 2 실용접시의 방전특성

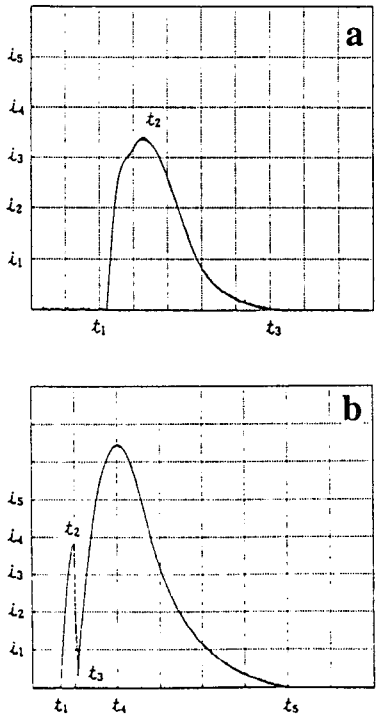

Fig. 3 용접입열량에 따른 i-t 특성

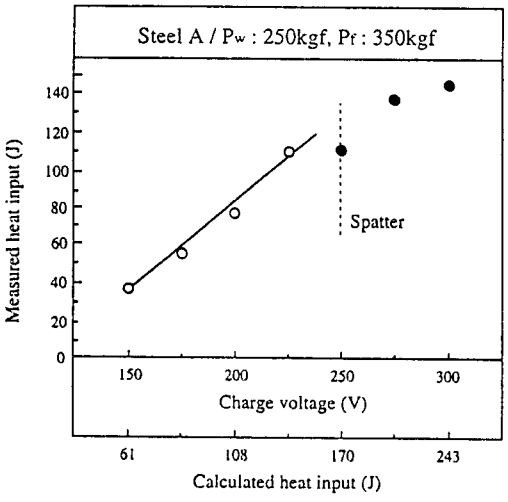

Fig. 4 입열효율에 미치는 spatter 발생의 영향