

철강재 태양열 집열기 개발 (Development of steel solar collector)

김숙환, 이목영, 권영각
포항산업과학연구원 설비용접 연구팀, 경북 포항시

1. 서론

전세계적으로 에너지 고갈과 더불어 지구촌 환경에 대한 위기 의식이 고조 되면서 여러형태의 에너지 개발 및 응용연구가 활발히 진행되고 있으며, 산업구조의 변화에 따라 에너지 절약에 대한 관심이 국민의 관심사로 대두되고 있다. 특히 태양열은 자연에서 얻을 수 있는 무공해 에너지원으로 무한정 얻을 수 있기 때문에 아주 유용한 자원이다. 이러한 자원을 우리의 실생활에 적용하기 위한 용접조립형 철강재 태양열 집열기는 환경친화적이고 재활용성의 장점 때문에 연구개발이 활발히 진행되고 있지만 국내의 연구실적은 전무한 실정이다. 따라서 외국에서 수입되고 있는 철강재 집열기를 국산화하고 비효율 고가로 제작되고 있는 국산 비철(Cu, Al)재 집열기를 저가의 철강재로 대체하기 위하여 용접성과 소재별 열 흡수율 및 열효율 특성에 대하여 검토하였다.

2. 소재 및 실험방법

본 실험에서 사용한 소재는 Table 1의 저탄소강을 기본으로 여러 가지 표면처리강판을 사용하여 흡수율을 평가하였으며, 용접시공상의 특성을 비교검토하기 위하여 용접부 강도와 연속타점수명등에 관하여 시험하였다. 또한, 열매체에 대한 표면처리강판의 내식성을 평가하기 위하여 실제 사용조건으로 모사실험한 결과를 비교하였고 시험제작한 용접조립형 태양열 집열기의 열손실계수 및 열효율특성을 강판의 두께변화에 따라 평가하여 적정 소재 및 제조조건을 도출하고자 하였다.

Table 1 Chemical composition of steel used

Steel	Chemical composition (wt.%)								Ceq*	Remarks
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	N		
A	0.047	0.010	0.51	0.076	0.003	0.035	-	0.031	0.132	Trial product
B	0.027	0.007	0.245	0.010	0.007	0.063	0.025	0.015	0.073	Import
C	0.123	0.001	0.999	0.087	0.120	17.65	0.016	0.015	0.293	Joint Pipe

$$*Ceq = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$$

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 냉연강판의 용접후 전극의 표면을 나타낸 것으로 50타점에서는 거의 변화가 없었으나 10,000타점 용접후의 전극표면은 연소흔적이 심하고 선단부의 면적 또한 증가하였다. 이것으로 보아 반복용접에 따른 접촉면적의 증가로 접촉저항의 변화가 발생할 것으로 판단되기 때문에 과도하게 사용할 경우 용접불량을 유발할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 2는 가압력 변화에 따른 적정 전류범위를 나타낸 것으로 적정전류의 상한치는 스페터 발생전류이며 하한치는 파단형태 및 강도기준에 의한 것이다. 그림에서 적정전류 범위자체는 전극의 가압력이 증가함에 따라 상향되었으며, 전류 범위폭 또한 가압력이 증가함에 따라 다소 넓어졌다. 전단인장 시험시 파단형태에 따른 적정전류 하한치 즉, 계면파단에서 plug(혹은 botton)파단

으로 바뀌는 시점의 전류는 가압력이 증가함에 따라 증가하였다. 그러나 KS B 0850의 B급 강도 기준에 따른 전류 하한치는 낮은 가압력에서는 유사하였으나 높은 가압력에서는 다소 증가하고 있다. 전극 가압력이 낮은 경우에는 저전류에서도 nugget를 형성하여 전단인장 시험시 plug형 파단을 일으키지만 nugget이 작게 형성되어 충분한 강도를 나타내지 못하였기 때문이다. 이러한 결과로 가압력이 증가할수록 용접특성이 확보되는 전류범위가 넓게 나타나므로 생산성 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

Fig. 3은 크로메이트 처리재의 용접전류에 따른 단면 형태를 나타낸 것으로 사진에서 알 수 있듯이 용접전류가 낮은 5.5kA에서도 nugget이 비교적 건전하게 형성되었으나 nugget 직경이 4mm가량으로 다소 작았지만 균열등의 용접부 결함은 발견되지 않았다.

Fig. 4는 기존재와 개발 집열기의 열효율특성을 최대효율과 열손실계수로 비교하여 나타낸 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 기존재보다 열손실계수와 최대효율이 약10% 향상된 것으로 세계적인 태양열 집열기와 동등한 수준임을 확인할 수 있었다.

Fig. 5는 용접조립형 철강재 태양열 집열기의 온수효율 특성을 나타낸 것으로 온수기 효율이 53.4%로 형식승인 수준인 40%을 13.4% 상회하는 우수한 성능을 나타내었다. 특히 대기온도 20°C 내외에서 집열판내의 온도가 72°C까지 상승함으로써 철강소재를 이용한 집열시스템이 가정의 새로운 에너지원으로서 적용 가능함을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

-용접조립형 철강재 태양열 집열기용 소재는 용접성, 열매체 내식성과 경제성등을 고려하여 일반 냉연강판이 최적의 소재로 평가되었다.

-집열기의 열효율특성은 기존의 비철소재 보다 10% 우수하였으며 수입 철강재 집열기와 동등 수준으로 최대효율 80%, 열손실계수 5.0, 온수기 효율 53%이었다.

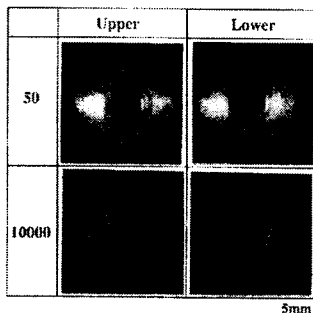


Fig. 1 Variation of electrode tip after spot welding

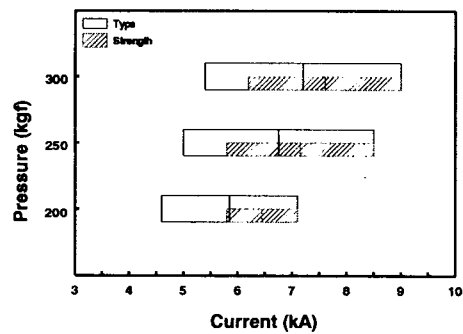


Fig. 2 Optimal welding conditions of spot welded joints

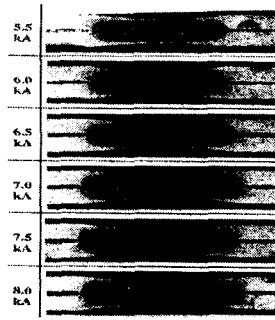


Fig. 3 Macrographs of spot welded joint

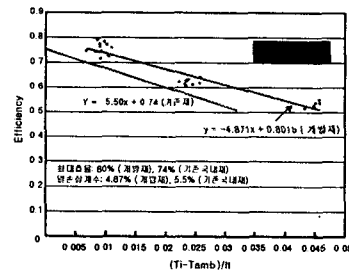


Fig. 4 Efficiency curves of steel solar collector

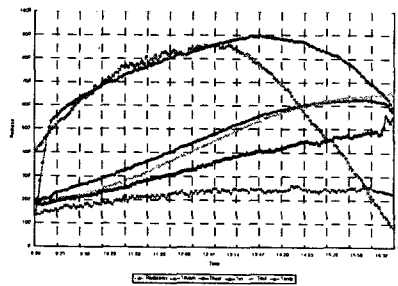


Fig. 5 Thermal performance of the receivers for solar energy collecting system