

## 표면조도처리 강판의 점용접성에 관한 고찰

### The Resistance Spot Weldability of surface roughness textured cold-rolled steel sheet

김기홍\*, 박상순\*, 박인철\*, 김성원\*, 신병현\*, 최영민\*\*, 박영도\*

\* 동의대학교 신소재공학과

\*\* POSCO 기술연구소

**ABSTRACT** The resistance spot weldability of surface textured cold-rolled steel sheet was evaluated. One steel sheet (T4.5) showed reduced electrode life with less than 2000 welds, and all other steel sheets (E2.2, E4.5, T2.2) made more than 2500 welds. The carbon imprint test revealed that there is sudden electrode diameter increase around 1700 welds. It is believed that the increased electrode diameter decreased current density, and resulted in decreasing weld electrode life due to small weld button size. It is considered that surface roughness difference may attribute to heating during weld cycle and reduced the weld electrode life.

#### 1. 서 론

점용접은 Fusion welding, brazing, soldering, riveting 등의 접합에 비해 작업성, 생산성 및 안정성이 우수하여 자동차 산업에 널리 쓰이고 있다.

최근 자동차용 강판에 적용되는 표면조도처리 강판의 개발은 냉연강판을 skin pass rolling mill의 재압연에 의하여 표면에 균일한 반구형의 조도형상을 형성시켜 가공성 및 선형성을 향상하는데 그 목적이 있다. 현재까지는 표면조도처리된 강판의 점용접성에 대해 발표된 연구가 거의 없다. 따라서, 본 연구에서 표면조도처리된 강판의 점용접성을 평가한 후, 이를 비교 분석하여 표면조도에 따른 용접성의 차이와 그 원인을 알아보고자 한다.

#### 2. 실험 방법

본 실험에서 사용된 용접기는 단상교류 공압정차식(75kVA)을 사용하였으며, 전극은 직경 6φ인 Cu-Cr재를 사용하였고, 사용된 재료는 탄소함량 0.002%의 극저탄소강으로서 두께 0.7mm, 인장강도 26kgf/mm<sup>2</sup>의 특성을 보이고 있다. 그리고 표면조도처리 후 미세한 조도의 차이가 존재하는 냉연강판을 각각 E2.2, E4.5, T2.2, T4.5로 분류

하였다.

로브는 용접가압을 250kgf로 고정시키고, 전류에 따른 용접시간을 변화시켜 실험하였다. 최적용접조건 설정에서 하한곡선은 peel test를 이용한 최소너겟크기 4√t~5√t를 적용하였고, 상한곡선은 중간날림(Expulsion)이 발생하는 시점으로 적용하였다.

표면조도처리된 강판의 연속타점은 spot간격 20mm에 3초 간격으로 용접을 실시하였고, peel test시편과 인장시편은 1000타 이후 200타 간격으로 shear과단이 생기는 지점까지 채취하였다. 연속타점의 용접조건을 Table 1에 나타내었다.

Weld Force (kgf)	Weld Time (cycle)	Hold Time (cycle)	Current (kA)
250	13	5	10

Table 1. Welding parameters for weld electrode life test of surface roughness textured steel sheet

#### 3. 결과 및 고찰

##### 3.1 로 브

표면조도처리된 강판에서 E4.5와 T4.5의 로브는 약 3kA의 전류범위를 보이며 두 강판 모두 비슷한 기울기를 나타내고 있다. 그러나 E4.5에 비하여 T4.5의 로브가 약간 오른쪽에 위치해 있

는데, 이 결과로부터 T4.5의 전류범위가 E4.5의 전류범위보다 좀 더 높다는 것을 알 수 있었다.

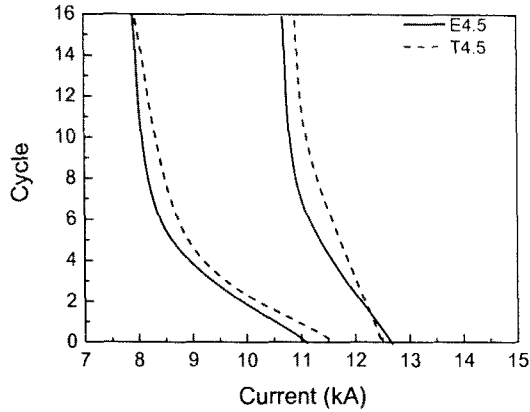


Fig 1. Weld lobe diagram comparison of the E4.5 and T4.5 at weld force 250 kgf.

### 3.2 연속타점

#### 3.2.1 Peel test

Fig 2. 는 peel test에 따른 연속타점의 버튼직경 변화를 보여준다. T4.5를 제외한 나머지 강판에서는 연속타점이 진행됨에 따라 점차적으로 버튼직경이 감소하다가 3000타 지점에서 shear파단에 이르렀다. 그러나 T4.5의 경우 나머지 3종의 강판과 다른 결과를 나타내었고, 연속타점마다 불규칙한 버튼형상을 보였다. 그리고 2400타

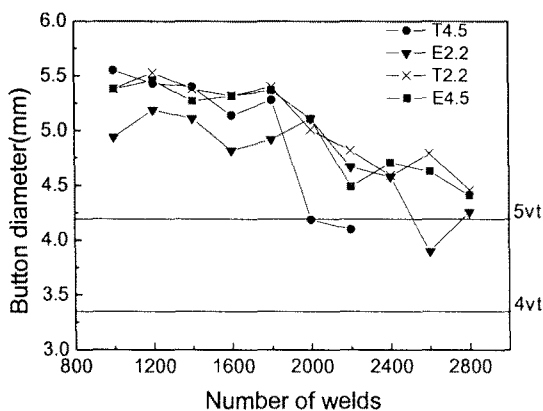


Fig 2. Button diameter comparison of the surface roughness textured steel sheet with weld electrode life test

에서 shear파단이 발생하였다. T4.5의 연속타점 수 감소원인은 1800타 이후 시점에서 전류밀도

의 급격한 감소로 인한 불충분한 발열에 의해 양호한 용접너깃을 형성하지 못하여 shear파단이 발생한 것으로 예상된다.

#### 3.2.2 전단인장강도

Fig 3. 은 표면조도처리 강판의 연속타점에 따른 전단인장강도를 나타내었다. T4.5를 제외한 나머지 강판에서는 유사한 전단인장강도의 감소가 관찰되었는데, 앞의 peel test 결과처럼 T4.5만 다른 결과를 나타내고 있다. 1800타점 이전에서는 전단인장강도가 나머지 강판보다 높게 나타나고 있으며, 1800타점 이후에는 전단인장강도의 급격한 감소로 600타가 더 적은 시점에서 shear파단이 발생하였다. 1800타점 이후에 전단인장강도의 급격한 감소원인은 peel test의 경우와 유사하게 전극직경의 증가에 따른 전류밀도의 감소가 임계크기 이하의 용접너깃을 형성시키기 때문으로 예상된다.

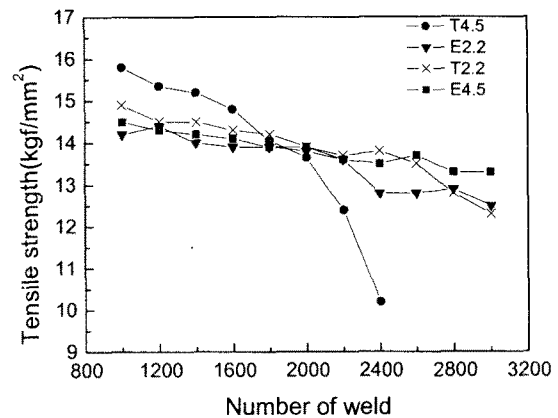


Fig 3. Tension-Shear test comparison of the surface roughness textured steel sheet with weld electrode life test.

#### 3.2.3 Carbon Imprint

Fig 4. 에서는 연속타점이 진행됨에 따라 전극직경의 변화를 보여준다. 앞의 결과와 마찬가지로 T4.5를 제외한 나머지 강판은 초기전극직경부터 최종전극직경까지 비슷한 변화를 보이고 있지만, T4.5의 경우 초기직경부터 큰 차이를 보이고 있다. 1800타 이전에서는 E2.2 · E4.5 · T2.2 강판의 전극직경에 비해 T4.5의 전극직경이 0.05mm작게 나타나고, 1800타 이후에는 T4.5의 전극직경이 급격히 증가하다가, shear파단에 이르러서는 다른 강판의 전극직경보다 0.1mm가

더 큰 전극직경을 나타내었다.

Shear 파단 시 전극형상에서도 T4.5가 다른

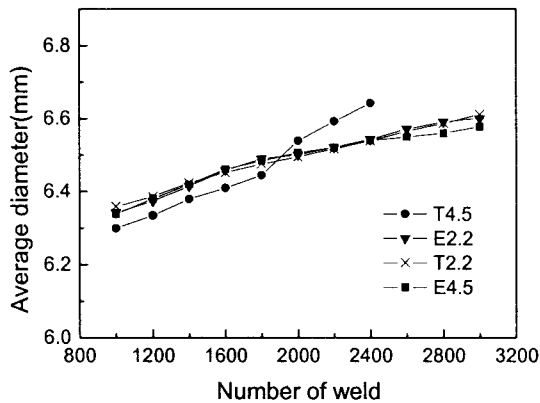


Fig 4. Electrode diameter changes of the surface roughness textured steel sheet with weld electrode life test.

강판의 전극형상에 비해 전극표면의 마모가 더 심한 것이 관찰 되었다. (Fig 5) 따라서 T4.5 용접성의 저하원인을 분석해 보면, 먼저 1000타 부근의 전극직경이 다른 강판보다 작기 때문에 높은 전류밀도를 가지며 이로 인하여 1800타 이전까지는 E2.2 · E4.5 · T2.2 강판에 비해 높은 전단인장강도를 나타내는 것으로 판단된다. 하지만 전류밀도의 증가로 인해 과도한 발열을 일으켜 전극을 마모시킴으로써, 1800타 이후부터는 전극직경이 급격히 증가하였다. 결국 전류밀도가 감소하게 되고, 따라서 전류밀도의 감소에 의한 불충분한 발열로 인하여 충분한 용접너깃을 형성하지 못하게 되어 버튼직경이나 전단인장강도가 감소한 것으로 판단된다.

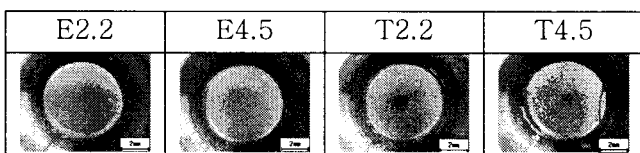


Fig 5. Comparison of electrode surface condition after interface fracture.

#### 4. 결 론

표면조도처리한 강판의 점용접성에 관해 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 표면조도처리 강판의 연속타점에서 E2.2 ·

E4.5 · T2.2 강판에 비해 T4.5 강판의 연속타점수는 600타가 더 적은 시점에서 shear파단이 발생하였다. peel test를 측정한 결과, T4.5의 버튼직경이 1800타점 이후 급격히 감소하였다.  
 2) 연속타점에 따른 전단인장강도 측정에서 T4.5 강판은 초기 높은 전단인장강도를 나타내다가, 1800타점 이후 급격히 감소하였다.  
 3) Carbon Imprint의 측정 결과 T4.5의 용접성이 2.2 · E4.5 · T2.2의 강판에 비해 열위에 있는 이유는 1800타 시점부터 급격한 전극직경의 증가에 기인한다.

#### 후 기

본 연구는 포스코 기술연구소 위탁연구의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. Hongyan Zhang and Jacek Senkara, Resistance Welding, Fundamentals and Applications, 19-59 & 105-141 (2005)
2. JIS Z 3136 : 1999 (E), Specimen dimensions and procedure for shear testing resistance spot and embossed projection welded joints.
3. K. R. Chan, Weldability and Degradation Study of Coated Electrodes for Resistance Spot Welding. (2005)
4. X. Q. Zhang, G. L. Chen and Y. S. Zhang, Characteristics of Electrodes Wear in Resistance Spot Welding Dual-phase steels. (2006)
5. S. A. Gedeon and T. W. Eagar, Resistance Spot Welding of Galvanised steel : Part I .Material Variations and Process Modifications. (1984)