기 술 논 문

TRIP형 고장력강판의 부품적용 기술개발

류성지* · 이상제* · 이규현* · 이문용*

*(주)성우하이텍 기술연구소

Technical Development using High Strength Steel of TRIP Type on Automobile Parts

Sung-Ji Ryu*, Sang-Je Lee*, Gyu-Hyun Lee* and Mun-Yong Lee*

*Technical Institute, Sungwoo Hitech Co., Ltd., Busan 619-961, Korea

Abstract

The expolitation of substitute material and new manufacturing technology of the automobile body panel for next generation cars have been steadily progressed by advanced automobile companies. High strength steel of TRIP (Transformation of Induced Plasticity) type is developed in response to demands about crash safety and high strength of automobile. In this study, basic technologies can fix up problems occurring on the mass production and applied to the other forming methods will be prepared through grasping a property of TRIP material.

(Received January 17, 2002)

Key Words : Substitute material, Automobile body panel, High strength steel, Crash safety, Mass production

1. 서 론

1.1 TRIP형 고장력강판 개발배경

현재, 전세계적으로 자동차 메이커 및 부품업체들은 더욱 고강도화된 차체 및 외부 판넬과 사고발생시 탑승자의 안전성 향상, 그리고 연비저감을 위한 경량화 등에 깊은 관심을 표명하고 있다. 이러한 요구조건들을 만족시키기 위해서는 그에 대응한 새로운 소재들이 개발되거나 새로운 공법을 적용한 생산기술이 개발되어야 한다. 앞으로 본 연구에서 다루어질 TRIP형 고장력강 역시 자동차의 충돌안전성 강화 및 고강도화 요구에 대응하여 개발된 소재로서 자동차 메이커 및 부품업계로부터 비상한 관심이 집중되고 있는 신소재라 할 수 있다.

TRIP형 강이란, Transformation of Induced Plasticity의 약자로서 '소성 유기변태'된 강판을 의미하며 특정한 형태의 에너지, 즉 소성 에너지를 받았을 때 금속조직이 변태하여 강도가 상승되는 기계적구조를 가지고 있다. 국내에서는 1990년대에 들어오면서부터 본격적으로 개발되기 시작하여 현재 제품적용을 위한 시험단계를 거치고 있고, 앞으로 자동차업계 뿐만 아니라 산업 전반에 걸쳐 그 적용이 확대될 것으로 전망되고 있다[1,2].

1.2 연구목적 및 내용

지금까지 개발되어 있는 TRIP형 고장력강판은 인장강도 60~100kgf/mm^{2}급이 주류를 이루고 있다. 일부 시험 차종에 적용되고는 있지만 아직까지는 개발단계이므로 불안정한 요소가 많이 존재해 있는 것이 사실이다. 그러므로 실제 자동차 메이커에서는 충분한 검증시기를 거쳐 그 가능성이 확실시 된다면 바로 양산에 적용할 것으로 내다보고 있다.

본 연구의 목적은 소재 특성파악을 통하여 기존에 알려진 내용을 검증하고, 또 새로운 특성을 찾아내어 향후 양산 적용시 발생될 수 있는 문제를 조기에 해결할 수 있도록 함에 있다. 아울러 프레스 성형 이외의 다른 성형공법에도 확대 적용할 수 있는 기반 기술을 마련하기 위해서 진행되었다.

본문의 내용은 현장에서 제작한 여러가지 시편 및 제품을 토대로 실험 또는 측정을 통하여 자료화한 것으로서 현재 양산중인 차종의 제작조건을 반영하여 양산적용 가능성 및 문제점을 동시에 파악할 수 있도록 구성

하였다. 우선, TRIP강의 개요 및 화학조성을 살펴보고, 판재 성형성 관련시험과 용접성, 탄성복원(Spring Back) 및 기타 특성에 대하여 알아보고자 한다.

2. 본 론

2.1 TRIP형 고장력강판 개요

TRIP강은 소성 유기변태강으로서 상온에서 Ferrite(페라이트), Bainite(베이나이트), Retained Austenite(잔류 오스테나이트) 등으로 조직이 구성된다. TRIP강은 석출강화 및 복합조직강보다 높은 강도와 우수한 성형성을 지니고 있는데, 이는 성형 중에 잔류 오스테나이트가 Martensite(마르텐사이트)로 변태하면서 강도가 높아지고 가공경화속도가 빨라져서 연신율이 증가되기 때문이다.

TRIP강의 기본 첨가원소는 Table 1과 같이 C, Si, Mn 및 P로 구성되어 있다. 여기서 C는 마르텐사이트의 변태온도를 감소시켜 오스테나이트를 안정하게 하고, Si는 탄화물의 형성을 억제하여 잔류 오스테나이트 내의 고용 C함량을 증가시키는 역할을 하게 된다[3].

Table 1 Chemical compositions of each steel

	C	Si	Mn	P
TRIP60K	0.08	1.01	1.47	0.08
SPFC60K	0.09	0.48	1.5	0.02
SPRC45K	0.01-0.04	0.2-0.3	0.3-0.6	0.05-0.08

2.2 TRIP강 인장특성 분석

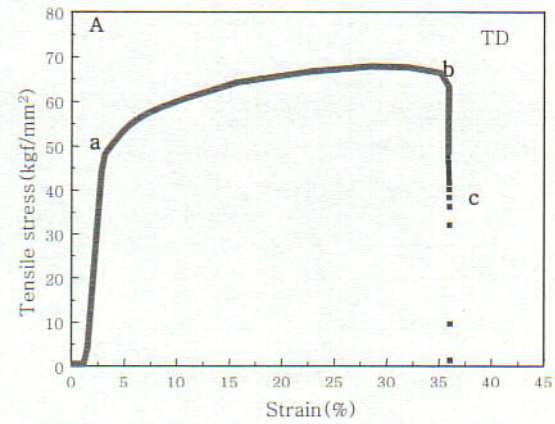
기본적인 판재의 성형성은 재료의 인장특성을 놓고 평가해 볼 수 있다. 본 연구에서는 인장강도 60K급 TRIP강판과 80K급 TRIP강판을 두께에 따라 인장시험을 실시하였다. 시편제작은 연구소에서 보유하고 있는 인장시험 제작용 금형을 사용하였고, 시편 규격은 KSB 13호 시험편을 기준으로 하였다. 시편은 소재의 압연방향에 0도, 45도, 90도 세가지 형태로 채취하여 시험하였으며, 마무리 가공은 제작된 시편의 모서리 측면에 발생된 미세한 크랙(Crack)을 제거하기 위하여 연마지를 사용하였다.

Fig. 1(a)는 소재 압연방향의 직각으로 시험편을 채취하여 인장시험한 결과로서 항복강도가 48kg$_f$/mm^2 정도이고, 최대 인장강도(UTS)가 70kg$_f$/mm^2, 변형률(연신율)은 파단시 36%에 이르는 것으로 나타났다. 그래프를 보았을 때, ⓐ~ⓑ구간의 소성가공 영역에 이어 파단이 일어나는 ⓑ~ⓒ구간이 수직으로 하강하고 있음을 볼 수 있다.

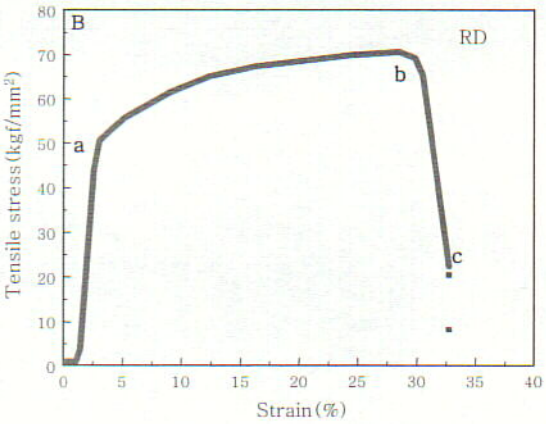
Fig. 1(b)는 (a)보다 소성가공 영역이 약간 작게 보이지만 상대적으로 높은 UTS 및 ⓑ~ⓒ구간에서 2~3%의 추가 변형이 발생되고 있음을 볼 수 있다. 실제로 현장에서 프레스 성형시 발생되는 예측하기 힘든 크랙 발생은 이러한 미미한 특성 차이에 의한 경우가 대부분을 차지하고 있다.

다음은 80K급 TRIP강의 인장시험 결과를 측정하였다. Fig. 2(a)는 45도 방향 시편의 결과값으로서 변형률은 다른 방향의 시편보다 다소 우수한 편이나 UTS가 상대적으로 낮게 나타났으며, (b)는 높은 UTS값을 보이지만 상대적으로 낮은 변형률을 나타내었다. 한편, 90도 방향의 시편을 인장시험한 결과는 45도 방향의 시편과 거의 동일한 UTS값을, 그리고 변형률은 0도 방향의 시편과 동일한 수준을 나타내었다.

TRIP80K급 인장시험 결과 특이할만한 점은 ⓐ~ⓑ구간의 소성가공 영역을 지나면 추가 소성가공 영역이 전혀 형성되지 않는다는 것이다. 따라서 현재 상태의 소재특성을 제품생산에 적용시킨다면 성형 정도를 미리

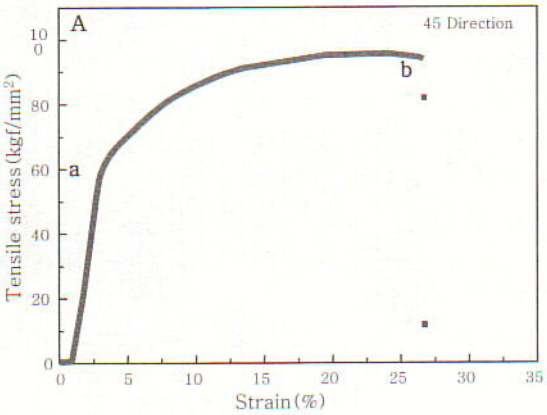


(a) 90 °

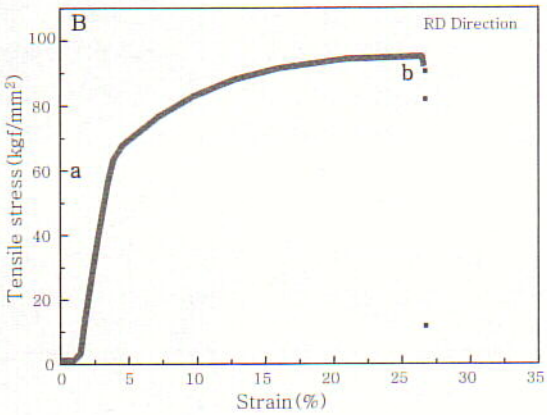


(b) 0 °

Fig. 1 Results of tensile test of TRIP60K 1.2t



(a) 90 °



(b) 0 °

Fig. 2 Results of tensile test of TRIP80K 1.2t

계산하여 ⓐ~ⓑ구간에서 가공이 이루어지도록 진행을 유도해야 할 것으로 판단된다. 이상 진행된 실험결과들을 Table 2에 간략히 정리해 보았다.

2.3 인장변형량에 의한 조직관찰

TRIP강의 특성으로부터 잔류 오스테나이트 양은 초기 성형시에 성형량을 결정짓는 주요 인자가 되며 그 양이 많으면 많을수록 연신율이 상승되는 효과가 있다. 그러나 TRIP강 제조시 그 생성량에는 어느정도 한계가 있기 때문에 무한정 잔류 오스테나이트 양이 증가되지는 않는 것으로 알려져 있다.

Table 3의 조직사진에서 인장변형량이 증가함에 따라 조직과 조직사이의 검정색 마르텐사이트 양은 증가하는 반면, 잔류 오스테나이트 조직의 성분량(γ)은 반대로 감소하고 있음을 관찰할 수 있다. 30% 인장변형시 조직에 잔류하던 오스테나이트가 거의 모두 마르텐사이트로 변태하여 잔류정도가 약 0.1%에 불과하다고 판단된다.

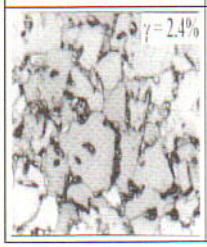
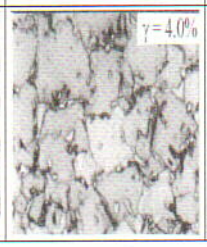
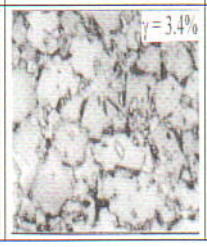
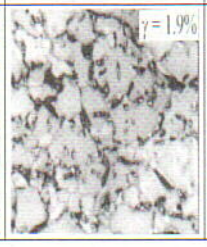
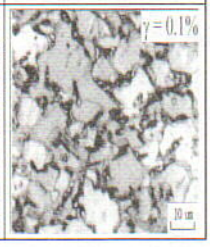
2.4 성형한계도(FLD)를 통한 성형성 분석

3차원 형상의 자동차 판넬을 포함한 각종 판재의 성형부품을 생산하는 스탬핑공정은 고속(연속) 생산공정이라 할 수 있다. 이러한 공정에서 파단이나 넥과 같은 성형결함이 없는 완전한 제품을 얻기 위해서는 판재의

Table 2 Material properties of the TRIP type steels

	TYPE	E kg_f/mm^2	YS kg_f/mm^2	TS kg_f/mm^2	TS EL (%)	Failure EL (%)	n	r
TRIP60K 1.2t	45D	3503.16	49.10	69.61	28.17	33.78	0.2933	0.6843
	TD	3447.69	50.13	70.46	27.98	32.57	0.2980	0.7379
	RD	3445.83	47.29	67.26	29.18	36.04	0.2747	0.7022
TRIP80K 1.2t	45D	3790.15	60.38	96.36	23.37	26.64	0.2853	0.5477
	TD	3826.19	63.35	97.74	21.22	22.22	0.2683	0.5051
	RD	3705.48	61.52	94.54	21.70	23.14	0.2673	0.4652

Table 3 Optical micrographs of TRIP type steel according to deformation

0% tensile	4% tensile	10% tensile	20% tensile	30% tensile
				

기본적인 성형성 확보가 중요하다. 일반적으로 프레스 성형을 하기 전, 소재의 성형성을 미리 평가하여 성형 가부를 판단하고 그것을 설계에 반영시키게 되는데, 여기에 사용되는 것 중의 하나가 성형한계도(FLD)이다. 이 성형한계도는 실제 스탬핑공정에서 재료가 견딜 수 있는 최대 변형률을 의미하며, 선형 변형경로하에서 판재 표면상에 국부 넥이 발생할 때, 주축방향 한계변형률의 조합으로 나타내고 있다[4].

성형한계도는 성형불량에 대한 원인규명을 보다 합리적으로 유도하며, 신강종 개발시 금형 Try-Out에 대한 보다 과학적인 접근을 할 수 있도록 도움이 되고 있다. 따라서 소재를 생산하는 메이커를 비롯하여 실제 적용되는 부품업체에 이르기까지 성형한계도는 필수적으로 확보해야 할 데이터로 신뢰받고 있다. 본 연구에서는 일반적으로 많이 사용되는 원형그리드가 에칭된 시편으로 펀치 스트레칭 시험을 하여 성형한계도를 작성해 보았다.

2.4.1 TRIP 60K급 성형한계도

우선, Fig. 3과 같이 9개 각각 세로변의 길이가 같고 가로변의 길이가 다른 시편으로 절단하여 0.2inch 직경의 원형그리드로 에칭한다. 소재가 준비되면 직경 100mm인 반구형 펀치로 스트레칭 시험을 수행하는데 다양한 변형률 상태에서의 크랙이 발생하도록 유도한다. 시험후, 변형된 소재의 그리드를 변형률 자동측정기 및 투명테이프를 사용하여 평면상의 변형률 크기를 측정한다.

Fig. 3의 오른쪽 그래프는 측정된 60K급 TRIP 강판의 성형한계도를 보여주고 있다. 그림에서 A field는 단축인장을 받는 영역으로서 인장시험과 유사한 변형형태를 가지는 영역이라 할 수 있다. 반면, B field는 다축인장을 받는 영역으로서 소재의 길이방향과 폭방향으로 동시에 인장변형이 유도되는 영역이다. 변형이 진행될수록 시편의 길이와 폭 방향으로 모두 양수의 값을 가지며 변형된다.

A field는 변형이 진행되더라도 시편의 두께에는 그다지 변화가 없지만, B field에서는 시편의 두께가 큰 변화를 보이는 영역이라 할 수 있다. 또한, 측정된 값이 한계도의 Y축 상에 놓이게 된다면 소재의 폭에는 변화가 없고 두께는 감소되며, 길이방향으로만 변형되었다는 것을 의미한다. 이러한 포인트들 중에서 최고값이 FLDo가 된다.

다음은 실제품 금형에 TRIP60K 소재를 사용하여 성형해보고, 그 결과를 FLD상에 나타내어 보았다.

Fig. 4에 나타난 바와같이 소재에 0.2inch 그리드를 에칭하고, 현재 양산중인 실제 금형에서 성형시켜 보았다. 대체로 성형량이 높은 관심부위 A,B,C,D,E를 정하여 영역별로 성형량을 측정해 보았는데, 오른쪽 그래프와 같이 성형된 판넬은 대체적으로 Marginal Line 아래의 영역, 즉 안전영역에 모두 속하는 결과를 나타내었다. 하지만 A 영역과 D 영역의 경우, 금형펀치와 소재가 접촉하는 수직벽면 및 펀치 상단모서리가 포함되어 있기 때문에 Marginal Line에 거의 근접하는 결과를 나타내었다. 실제 Try-Out시에도 소재 10매 중 1~2장 정도는 소재 두께가 얇아짐으로 터짐현상이 발생하기도 하였다[5].

2.5 탄성복원(Spring Back) 비교평가

강판의 강도가 높고 연신율이 낮으면 스프링 백량이 높다는 것은 일반적으로 잘 알려진 사실이다. 이러한 스프링 백 현상은 판넬과 판넬을 서로 접합하는 과정에서 제품사이의 간격이 벌어질 수 있기 때문에 조립공정시 큰 문제를 야기시키게 된다. 특히, 자동화 공정이 대부분을 차지하는 시스템에서는 이러한 문제가 생산율

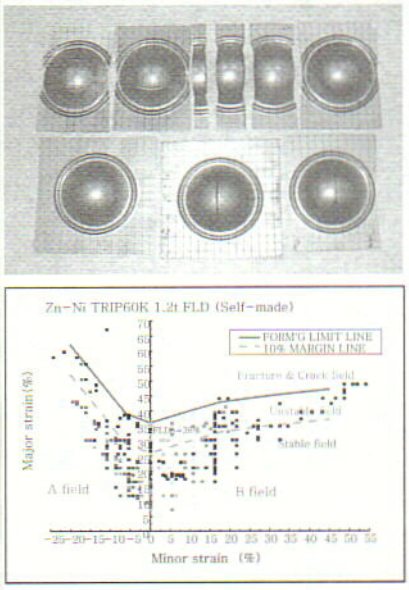


Fig. 3 Specimens and FLD of TRIP60K steel

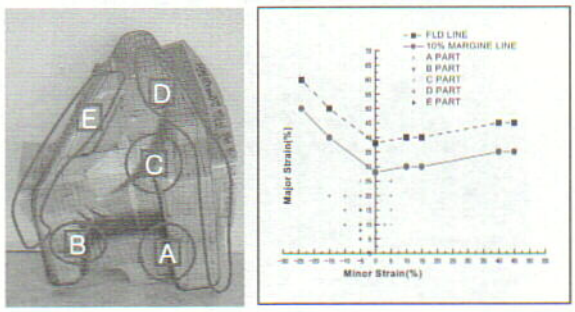


Fig. 4 Photograph of actual product and its FLD

을 저하시키는 주요인으로 작용하게 될 우려가 있다. 따라서 스프링 백량을 낮추고 공정문제를 해결하기 위해서는 무엇보다 생산에 적용되는 소재의 기본특성을 충분히 파악하고, 정량화되고 수치화된 성형 데이터를 구축하여 설계단계에서부터 대응해 나갈 필요가 있다.

스프링 백량을 측정하기 위하여 Fig. 5와 같이 사각단면 드로잉 시험을 수행하였다. 소재는 100×300(mm)의 크기가 사용되었으며, 드로잉 깊이 70mm까지 성형한 후 변형량을 측정하였다. 펀치 및 다이 반경은 5mm, 펀치 속도는 1.7mm/sec, Blank Holding Force는 2.5ton을 적용하고, 드로잉시 방청유를 첨가하였다.

각 소재에 대한 시험결과는 Fig. 6과 같이 나타났다. 그림에서 보는 바와같이 스프링 백량이 가장 적은 강종은 SPCEN이며, SPFC60C와 TRIP60K가 다른 재질보다 다소 높은 스프링 백 각도값을 보였다.

Fig. 7은 강종별 스프링 백 각도값을 비교한 것으로서 θ1의 경우 TRIP60K가 SPFC60C 강종과 동일한 수준을 보이고 있으며, θ2의 경우는 가장 낮은 결과값을 나타내었다. 한편, Fig. 8은 각 재질별 성형후 판재의 벽면부에 발생된 곡률 정도를 나타내고 있다. SPFC60C 강종이 가장 높은 곡률치 6.7(m^{-1})을 보이고 있으며, TRIP60K는 이보다 낮은 5.9(m^{-1})의 값을 나타내었다. 이것은 TRIP강이 동급의 SPFC60C 보다 좀더 좋은 신율을 보이고 있기 때문에 성형시 재료 유입이 원활하여 스프링 백량이 줄어든 것으로 이해된다[6].

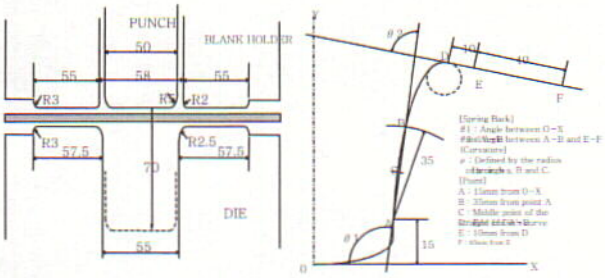


Fig. 5 Drawing test using a square profile punch

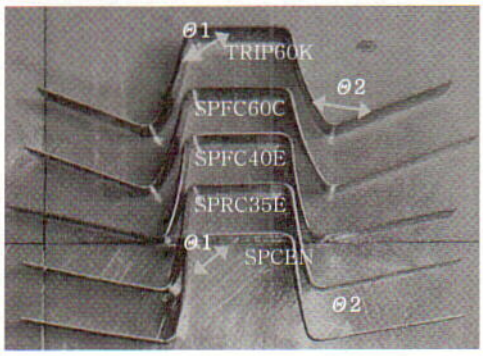


Fig. 6 Shape of tested specimens

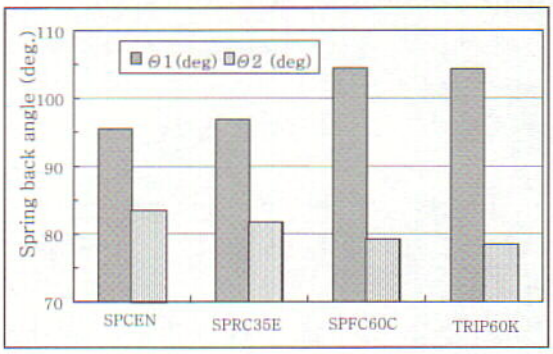


Fig. 7 Spring-back angles of specimens

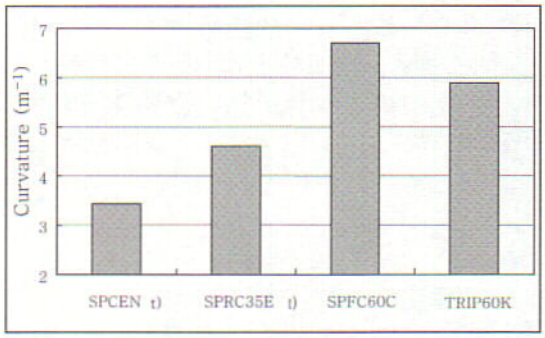


Fig. 8 Curvature of wall

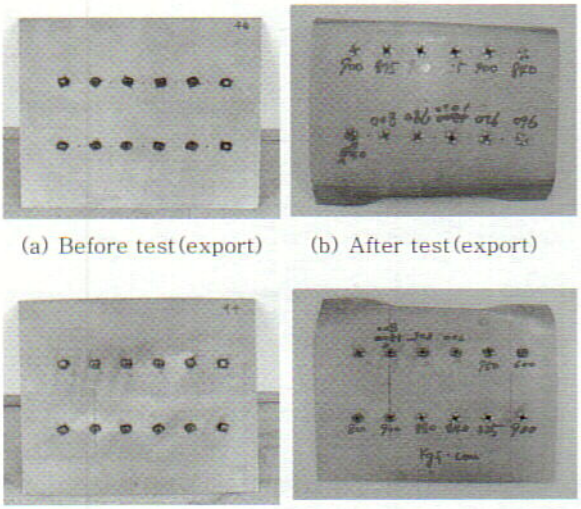
2.6 TRIP강 용접특성 분석

일반적으로 새로운 강종을 적용할 때는 소재의 성형성과 함께 조립150성을 검토하는 것을 기본으로 하고 있다. 철강 제조업체에서도 새로 개발되는 강종에는 생산 용접성을 염두에 두고 개발을 진행하게 된다. 현재 판넬과 판넬을 조립하는 공정에서 가장 많이 사용되고 있는 접합방식은 용접이다. 따라서 본 절에서는 현재 양산중인 조립 공정라인에서 셋팅된 조건들을 적용하여 기존 재질과 TRIP강의 용접특성을 비교해 보고자 한다.

2.6.1 너트용접 토크(Torque) 박리강도

Fig. 9와 같이 60K급 TRIP강 1.4t 강판을 300×300(mm) 크기로 절단하여 각각의 시험편에 직경 7mm의 Hole을 만들고, 여기에 6mm 너트를 기존 생산공정상의 용접조건에 맞추어 용접하였다. 토크 박리강도 측정은 현장에서 사용되고 있는 다이얼게이지 토크 측정기를 사용하였다. 그 결과 Fig. 10과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

그래프에서 검정색 점선은 도금조건 하에서 용접된 6mm 너트의 박리강도를 나타내며, 파란색 점선은 비도금조건 하에서의 박리강도, 붉은색 점선은 현재 양산중인 제품의 6mm 너트용접 요구강도인 기준값을 나타내고 있다. 육안으로도 그 차이를 뚜렷이 구분할 수 있으며 내수조건, 수출조건 모두 토크 박리강도가 요구되는 강



(a) Before test(export) (b) After test(export)

(c) Before test(domestic) (d) After test(domestic)

Zn-Ni galvanized : Current:10.9kA, Time:7Hz, Inital pressure:450kgf
Non-galvanized : Current:11kA, Time:7Hz, Initial pressure:450kgf

Fig. 9 Separation strength test of nut welding

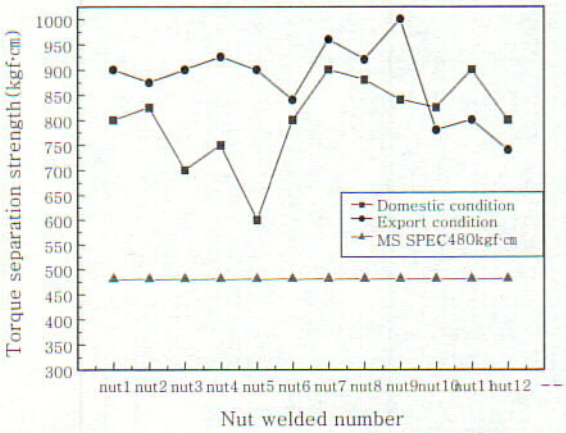


Fig. 10 Torque separation strength of TRIP60K steel

도(480kgf · cm)보다 훨씬 상위하는 값을 보이고 있다.

이와 같이 TRIP60K 소재가 높은 박리강도를 나타내는 이유는 TRIP강의 제련시 첨가되는 합금원소(특히 Si) 때문이라 볼 수 있다. 이러한 원소들이 소재의 전도율을 낮추고 상대적으로 고유저항 값을 높이기 때문에 동일한 전류에도 높은 발열량이 발생하여 소재의 피접합물이 더욱 융착하는 조건을 만들게 된다. 이처럼 피접합물이 모재에 융착될 때, 발열량 과다로 인하여 융착강도는 상승하지만 상대적인 열충격에 의해서 너트가 비틀리거나 과열된 너트 자체의 온도가 공기 중에서 급냉하여 변형될 가능성이 높아지게 된다. 실제로 너트 용접 시험 후 볼트로 삽입해 보았을 때, 볼팅이 원활히 이루어지지 않는 경우가 상당수 발생되었다. 따라서 TRIP강의 양산적용시에는 기존 사용재질의 용접조건과는 다른 TRIP강에 최적화된 용접조건을 적용시켜야 할 것으로 사료된다.

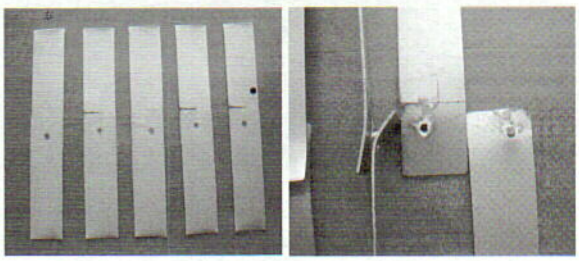
2.6.2 점용접(Spot Welding) 인장 전단강도

Fig. 11과 같이 시편규격 KS B 0851에 준하여 시편폭 30mm, 길이 170mm인 시편을 점용접하였다. 용접장비는 탁상용 점용접기를 사용하였고, 용접조건은 현장에서 적용되고 있는 범용조건(가압력: 350kgf, 통전전류: 13.5kA)으로 설정하였다. 이러한 조건은 통상 자동차용 강판, 즉 SPCC, SPCEN, SPRC와 같은 강판을 말하며, 대체로 1.0t~1.8t사이의 두께에 적용되고 있고 거의 모두 2매 용접에 적용되고 있다.

인장 전단강도의 측정은 Fig. 12에서 보는 바와 같이 접합부 너깃 단면이 원호라 가정했을 때 직경을 측정하여 단면적을 구하고, 접합된 부위가 완전히 변형(용접 HAZ부에서 뜯겨져 거의 분리된 상태)되기까지의 하중을 측정하여 너깃의 단면적으로 나눈 값을 취했다.

Fig. 12 상단의 사진은 두께가 1.2t인 시편을 서로 겹쳐 용접하여 발생된 너깃의 단면형상으로서 실제로 용접된 부위는 화살표로 표시된 5mm 정도이다. 하단의 그림은 용접 좌우측부의 조직과 중앙의 용융 융착된 너깃이 존재하는 부위를 나타낸다. 시험방법은 인장시험과 거의 동일하고 시험된 결과는 Fig. 13에 나타내었다.

Fig. 13에서 위쪽에 보이는 점선은 인장시험 결과값



(a) before testing (b) after testing

Fig. 11 Tensile shear test of spot welded TRIP60K steel

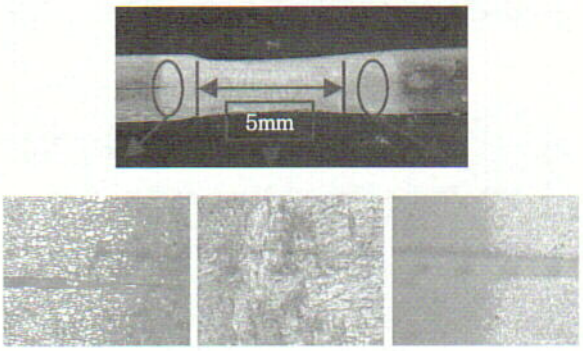


Fig. 12 Sectional profiles of tested specimen

을 나타내며, 아래쪽 점선은 요구 강도값(JIS, 일본)으로서 두께 1.2t, 인장강도 60kgf/mm^{2}급 고장력강 소재의 인장전단 하중값이 1048kgf 이상이어야 함을 의미하고 있다. 그림과 같이 결과값들은 기준치보다 훨씬 높은 분포를 보이고 있으며, 기존 동급의 재질(SPFC60C)과 비교해 보더라도 TRIP강판이 약간 높은 결과를 나타내었다.

하지만 실제로 저항용접의 경우, 높은 저항값은 높은 발열량과 비례하기 때문에 TRIP강에서 발생되는 과열현상은 소재와 소재사이의 바람직한 너깃을 형성하기보다는 용융금속이 과다 발생하여 표면결함 및 모재의 비틀림, 변형 등의 문제들이 발생할 우려가 높다. 따라서 TRIP강에 맞는 적정수준으로 용접조건을 수정하는 것이 바람직하다고 생각된다[7].

2.6.3 TWB 용접시편의 경도변화

다음은 TWB로 용접된 TRIP강의 경도변화 특성을 살펴보았다. 기존 재질과의 비교평가를 위해 TRIP강 외에 SPFC60C에 대해서도 동일한 시험이 진행되었다. 경도 측정을 위해서 시편은 모재에서 파단된 인장시험편에서 모재, HAZ부, Seam 부위가 모두 포함되도록 준비하였다. Fig. 14를 보면 시편 채취부위가 자세히 표현되어 있다.

준비된 시험편에서 대표적 측정 Point를 길이방향에 따라 12 부분으로 나누고, 각 Point에 대한 경도값을 그래프로 나타내었다. 인장시험 전 경도변화는 검정색 점선을, 그리고 인장시험 후 위치별 경도변화는 붉은색 점선을 사용하여 나타내 보았다.

Fig. 15(c)는 SPFC60C 소재의 인장시험 전 경도값과 시험후 파단이 발생된 용접부위 시편을 채취하여 경도값을 측정한 결과이다. 일반적인 철계용 강판을 생각하면 강도가 상승함과 동시에 경도도 같이 상승한다는 사실을 알고 있지만 미세 석출물 분산강화 소재, 즉

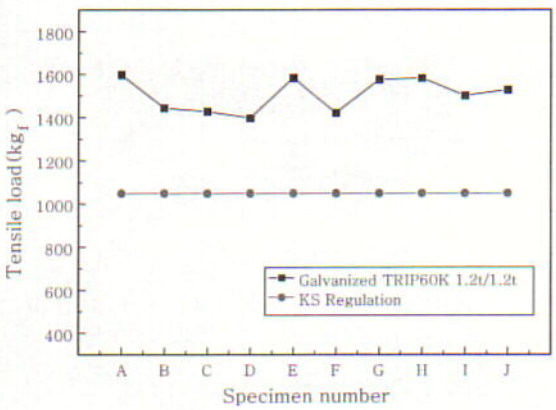


Fig. 13 Tensile strength of TRIP60K 1.2t steel

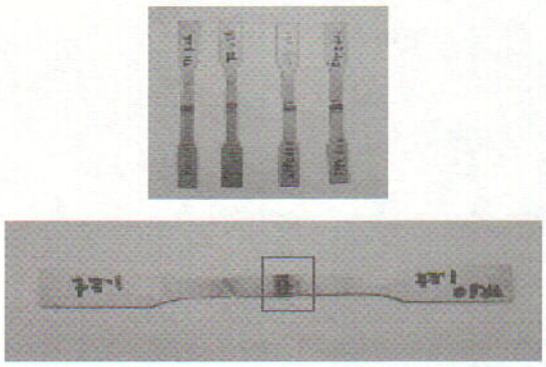


Fig. 14 Photograph of mash seam welded specimens for a elongation test

SPFC60C와 같은 강종은 소성가공에 의한 강도 및 경도의 상승효과는 실제 그리 높게 나타나지 않음을 볼 수 있다. 이것은 소재 생산업체에서 첨가하는 합금원소 성분 및 그 양에 의하여 강도가 결정되기 때문에 추가 소성가공에 의한 강도상승의 효과는 그리 크지 않을 것으로 판단된다.

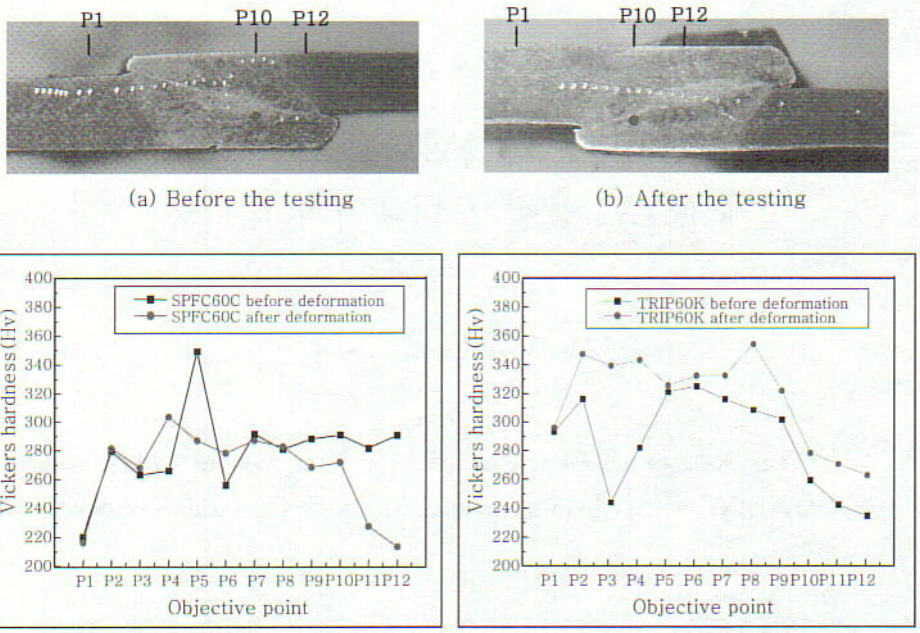
Fig. 15(d)는 TRIP60K급 강판을 메쉬심 용접하여 변형전 · 후로 경도값을 측정한 결과이다. 전영역에 걸쳐 측정위치에서의 변형후 경도값이 변형전보다 상승하는 것을 볼 수 있었다. 너깃(Point 7) 부위의 경도값도 변형후 더 높게 나타났는데, 이렇게 전영역에 걸쳐 경도상승을 보였다는 것은 TRIP강이 물리적인 에너지에 민감하게 반응하고 있으며, 그 반응정도는 기존에 개발된 강종보다 훨씬 높다고 판단해 볼 수 있다.

3. 결과 및 고찰

1) TRIP강의 인장특성과 성형한계도를 실험을 통하여 측정해 보았다. 그 결과, TRIP60K급 1.2t의 경우 FLDo값이 36%, TRIP80K급 1.2t는 FLDo 26%로 기존 동급의 인장강도를 가지는 소재에 비하여 비교적 높은 신율을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

2) 스프링 백 평가에서는 TRIP60K급 강과 SPFC60C의 값이 다른 소재에 비하여 약 10%정도 높은 스프링 백 량을 나타내었다. 이는 소재의 강도가 높은 반면, 낮은 신율로 인하여 원래 상태로 회복되려는 성질이 강하기 때문인 것으로 생각된다. 한편, 드로잉 벽면 곡률 평가에서는 TRIP60K가 SPFC60C 보다 다소 낮은 수치를 보임으로써 형상 고정에 보다 유리하게 작용할 것으로 생각된다.

3) TRIP 강판에 대한 너트용접 박리강도와 점용접 인장 전단강도를 측정해 보았다. 기존의 용접조건 하에서 요구되는 기준치에 모두 만족할만한 수준을 보였지만, 소재와 피 접합물 간에 과융착(용융)으로 인한 변



(a) Before the testing (b) After the testing

(c) SPFC60C(1.2t/1.2t) (d) TRIP60K(1.2t/1.2t)

Fig. 15 Variation of hardness values according to position of specimens

형으로 볼팅이 원활히 되지 않거나 용융금속의 과다발생으로 인한 표면결함 등이 일어날 우려가 있었다.

4) 강종별로 메쉬심 용접을 하여 인장시험 전·후로 경도변화를 측정해 본 결과, TRIP강은 SPFC60C와는 달리 대체로 모든 구간(너깃 영역 포함)에서 성형후 경도값이 상승한 것으로 나타났다.

5) 이상으로 TRIP형 고장력강판의 자체 소재특성을 성형성 및 용접성의 측면에서 평가해 보았다. 그결과, TRIP형 강은 기존 동급의 재질과 비교해 볼 때, 강도는 유지하면서 신율은 더욱 증가되는 효과를 나타내고 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 스프링 백과 용접성 등 실제 양산에 적용되기 위해서는 생산성에 다소 문제가 발견되었으므로, 향후 이에 대한 최적의 조건을 찾아내는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Jong Bong Lee and Hui Dong Park : Current Status of Tailored Blank Technology, Journal of KWS, **18-3** (2000), 5-11 (in Korean)
2. Kee Cheul Park : Forming Technology of Tailored Blanks, Journal of KWS, **18-3** (2000), 41-50 (in Korean)
3. Heung Nam Han, Sung Ho Park, Young sool Jin, Ohjoon Kwon, Deok Chan Ahn and jae Wook Kwon : Production of Nb-Bearing TRIP Steels and Wheel Disk manufacture Using these, The 7th Steel Symposium, (2000), 35-36 (in Korean)
4. 강원호 외 3인 : 재료과학과 공학, 청문각, 2001, 185-231 (in Korean)
5. Hyun Cheul Kang, Dae Young Kim, Wan Kee Kim and Suk Won Kim : The Study on Microstructures and Mechanical Properties of Mild Steel Joined with Various Spot Welding Conditions, Journal of KWS, **18-1** (2000), 52-58 (in Korean)
6. Kee Cheul Park, Su Sik Han : Evaluation of spring back characteristic of high-strength sheet steels and its application, The 10th Steel Symposium, (2001), 275-287 (in Korean)
7. Kyung Hun Jung, Jae Hong No and Kwang Mun Ko : Development of Manufacturing Processes for Body-In-White, Journal of KWS, **17-6** (1999), 4-6 (in Korean)