

자동차용 냉연강판의 개발현황 및 동향

Trend in Development of Cold-Rolled Steel Sheets for Automotive Application

정 우 창
W. C. Jeong



정 우 창
• 1958년 10월생
• 포항제철(주) 기술연구소
박판연구팀
• 자동차용 냉연강판

1. 서 론

자동차에 사용되는 재료는 철강, 비철금속, 비금속등 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 자동차 경량화라고 하는 시대적 큰 물결속에 알루미늄, 플라스틱 등의 경량재료 사용량이 지속적으로 조금씩 증가한 반면 철강재료의 사용량은 다소 감소되는 추세를 나타내고 있다. 일본의 경우 지난 20년간 승용차용 소재에의 알루미늄 사용량은 2.8%에서 6.0%, 합성수지는 2.9%에서 7.3%로 각각 두배이상 증가되었으며, 이 결과 '73년 승용차 무게의 81%를 점하던 철강재료는 '92년에는 72%까지 약 9% 정도 감소하였다¹⁾. 앞으로도 자동차용 소재시장 확보를 위한 경량재료의 공격은 보다 거세어 질 것으로 예상되며, 최근 들어 세계 각국의 철강회사들도 철강재료

가 지금까지 누려 온 자동차용 소재로서의 제왕 위치에 대해 위기감을 느끼고 있다. 이에 대응하기 위해 철강업체에서는 철강재료만이 가지는 우수한 특성을 충분히 활용할 수 있는 새로운 기술개발에 박차를 가하고 있으며, 이러한 철강업체의 부단한 노력에 의해 앞으로도 철강재료가 자동차용 소재로서 선두위치를 변함없이 유지할 수 있을 것으로 확신한다.

승용차용 소재로 사용되는 철강재료의 구성비율은 국가별, 차종별로 큰 차이를 나타내기 때문에 일률적으로 표현하기는 곤란하다. 일본의 경우 열연강판, 냉연강판, 내식성 확보를 위해 냉연강판의 표면에 여러가지 종류의 도금을 한 표면처리강판등의 보통강판이 약 76%를 차지하고 있으며 나머지는 고탄소강, 고합금강, 스테인리스강, 스프링강, 베어링강 등의 특수강재와 주철이 차지하고 있다¹⁾.

본 해설에서는 승용차 차체용 소재의 대부분을 차지하는 냉연강판을 중심으로 냉연강판의 제조공정, 연질 냉연강판의 개발현황과 개발방향, 인장강도 35kgf/mm² 이상의 냉연강판을 의미하는 고장력 냉연강판의 개발

현황과 개발방향을 소개한 후 현재 세계철강협회(IISI) 주관으로 범세계적으로 추진중인 초경량 자동차 차체(ULSAB, Ultra Light Steel Auto Body)제조를 위한 프로젝트의 진행과정 설명을 통해 경량재료에 대한 철강업체의 대응전략을 소개하고자 한다.

2. 냉연강판의 제조과정

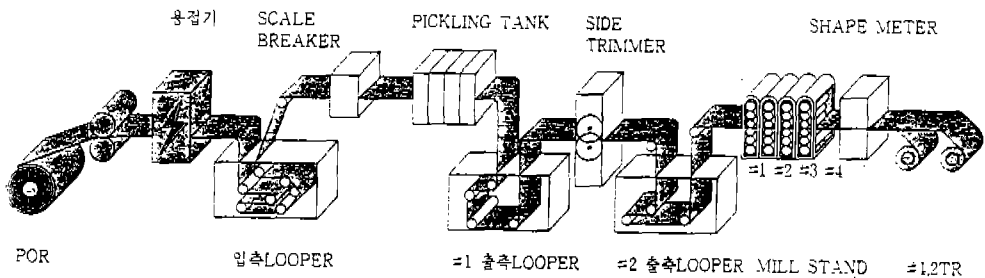
냉연강판은 제선, 제강, 연속주조 및 열간압연을 거쳐 만든 열간압연 코일을 소재로 산세 및 냉간압연공정(PCM, Pickling and Tandem Cold Rolling Mill)후 연속소둔라인(CAL, Continuous Annealing Line)에서의 열처리를 통해 제조하게 된다. 냉연강판은 가공성이 뛰어나고 표면이 미려할 뿐만 아니라 두께 정밀도가 우수하여 자동차, 냉장고, 세탁기 등의 내판 및 외판재는 물론 산업기계나 건축분야에 이르기까지 다양하게 사용되고 있다.

그림 1에 냉연강판 제조를 위한 전형적인 산세 및 냉간압연공정을 도식적으로 나타내었다. PCM은 산세와 냉간압연 공정을 연속화한 설비로 열간압연중 생성된 표면의 스케일을 염산을 이용하는 산세공정에서 제거한 후 원하는 두께로 냉간압연하는 공정이다.

특히 냉간압연기는 자동으로 두께를 정밀하게 제어하는 AGC(Automatic Gauge Control)와 자동으로 형상을 제어하는 ASC(Automatic Shape Control)을 적용하여 고정도의 냉연강판을 생산하게 된다.

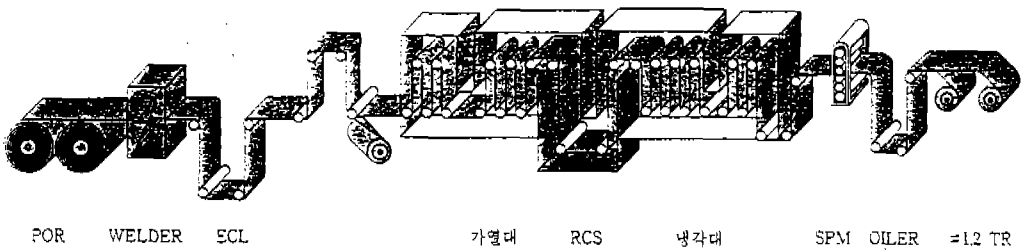
그림 2에 냉연강판의 가공성 회복을 위한 전형적인 연속소둔공정을 도식적으로 나타내었다. 최근의 연속소둔라인은 전해청정, 연속소둔, 조질압연 및 정정라인을 모두 포함하고 있어 작업의 연속화를 통해 생산성 향상에 크게 기여하고 있다. 연속소둔로는 '70년대 중반 이후에 본격적으로 도입된 1,000억 원 이상의 고가 설비로서 전해청정을 거친 강판을 약 10°C/sec로 급속가열, 30초 정도의 단시간 균열, 약 40°C/sec의 급속냉각, 400°C 정도에서 180초 정도 과시효처리(Over-aging) 등으로 이루어진 열처리 사이클을 통해 연속소둔하여 원하는 기계적 성질을 확보한후 조질압연을 통해 표면조도와 형상을 최종 제어하여 제품을 제조하게 된다.

연속소둔 제품은 상자 소둔로(BAF, Batch Annealing Furnace)에 의해 소둔된 종래의 제품에 비해 품질이 균일하고 생산비용이 낮을 뿐만 아니라 철강제품중 가장 연한 강판인 인장강도 30kgf/mm²급의 연질강판에서 100kgf/mm² 이상의 초고장력 냉연강판에



POR : Payoff Reel, TR : Tension Reel

그림 1 산세 및 냉간압연 공정의 모식도



ECL : Electrolytic Cleaning Line(전해청정)
 RCS : Rapid Cooling Section(급냉대)
 SPM : Skin Pass Mill(조질압연)

그림 2 연속소둔공정의 모식도

이르기까지 매우 다양한 제품을 생산할 수 있는 장점이 있다.

3. 자동차용 연질 냉연강판의 개발현황 및 개발동향

3.1 연질 냉연강판의 개발현황 및 동향

자동차의 차체용 냉연강판에 요구되는 가장 중요한 특성은 프레스 가공성이다. 프레스 가공성은 가공중 스트레처-스트레인이나 Orange Peel 같은 표면결함이 발생하지 않아야 하고 스프링백 등의 형상불량이 없어야 하며 충분한 성형성을 가져서 원하는 모양으로 용이하게 성형이 되어야 한다. 프레스 성형성은 Deep Drawing성, Stretch Forming성, Flange성 및 Bending성 등의 변형 모드로 세분될 수 있다. 이 중 Deep Drawing성은 재료의 집합조직(Texture)과 긴밀한 관계를 가지며 소성이방성을 나타내는 지수인 Lankford 값(\bar{r} 값)에 의해 평가되며 Stretch Forming성은 가공경화지수(n)와 연신율에 의해 좌우되게 된다.

냉연강판은 프레스 가공성의 정도에 의해 일반적으로 일반냉연강판인 CQ(Commercial Quality)재, 가공용 냉연강판인 DQ(Drawing

Quality)재와 DDQ(Deep Drawing Quality)재, 고가공용 냉연강판인 EDDQ(Extra Deep Drawing Quality) 재등으로 구분하여 부르고 있으나, KS에는 CQ, DQ 및 DDQ에 대해서만 SCP1, SCP2 및 SCP3 혹은 SCP3N(SCP3N : N은 Non-Aging으로 시효보증을 의미함)로 규격화되어 있고 EDDQ에 대해서는 아직 명시된 규격이 없다.

철강회사에 따라 다소 차이는 있지만 CQ재의 경우 저탄소 Al-killed강을 연속소둔하여 제조하며, 시효보증이 되지 않기 때문에 외판에 비해 표면이 크게 문제 되지 않는 내판용에 많이 사용되고 있다. 반면에 가공성이 우수한 DDQ재나 EDDQ재는 0.003wt% 이하의 극저탄소 Al-killed강에 탄소나 질소를 탄, 질화물로 석출시키기 위해 미량의 Ti, Nb, Ti+Nb를 첨가한 IF(Interstitial Free)강을 800℃ 이상의 고온에서 연속소둔하여 제조하고 있다. 이들 IF강은 시간이 경과되어도 변형시효가 발생하지 않고 또 매우 우수한 성형성을 나타내기 때문에 펜더, 쿼터판넬등 복잡한 형상의 차체용 부품에 많이 사용되고 있다.

최근 들어 제강기술, 진공 탈가스 기술등의 획기적인 진보에 힘입어 탄소, 질소, 황,

인 등의 원소를 매우 낮은 수준까지 저감시킬 수 있게 되면서 가공성이 매우 우수한 초고가공용 냉연강판(SEDDQ, Super Extra Deep Drawing Quality)도 실용화 되어 제조되고 있다. SEDDQ강은 제강단계에서 탄소와 질소를 20ppm 이하로, 황과 인을 50ppm 이하로 낮추어 주는 것과 동시에 열간압연시 후단에서 입하량을 증가시키고 열간압연 완료 후 빠르게 냉각시킨 후 고압하 냉간압연 및 고온 연속소둔 기술등을 적용하므로써 제조가 가능한 첨단 냉연 소재에 해당된다.

그림 3에 CQ, DQ, DDQ, EDDQ 및 SEDDQ 연질 냉연강판의 가공성을 연신율과 \bar{r} 값에 대해 도시하였다.

3.2 SEDDQ 냉연강판과 일체성형기술

자동차 차체는 300개 이상의 부품을 점용접한 구조물로서 각각의 부품은 4-5단계의 프레스 성형 단계를 거치게 된다. 또한 차체 사이드 판넬과 같은 대형부품은 3-4개의 부품을 따로따로 성형한 후 점용접하여 제조하고 있다. 그러나 성형성이 극히 우수한 SEDDQ급 냉연강판을 이용하면 3~4개 부품을 각각 4~5단계의 성형공정을 거쳐 성형한 후

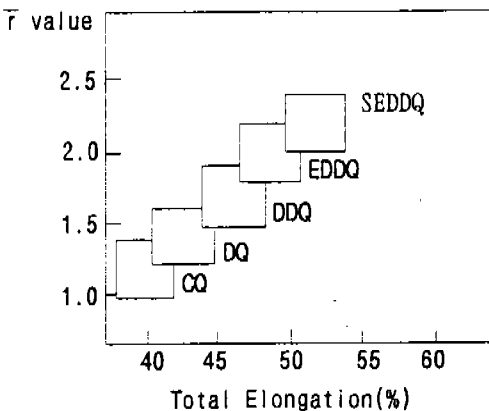


그림 3 CQ, DQ, DDQ, EDDQ 및 SEDDQ 냉연강판의 연신율과 \bar{r} 값의 상관도

용접하여 제조하던 대형부품을 한개의 대형강판을 일체성형함으로써 간단히 제조할 수 있게 된다. 이러한 SEDDQ 냉연강판의 적용에 의한 일체성형기술은 이미 실용화되어 차체 사이드 판넬 등에 적용되고 있다. 이러한 강판은 차체의 부품수를 줄여 제조비를 현저히 감소시키는 것은 물론 부품과 부품사이의 용접부위를 제거함으로써 경량화와 부품의 강성을 증가시키는 효과도 주게 된다. 그림 4에 차체 사이드 판넬에 적용한 일체성형의 모식도를 나타내었다.

3.3 제진강판

자동차가 대중화되면서 자동차에서 보내는 시간이 점차 많아진 현대인에게 외부소음을 차단해 주기 위해 개발된 제진강판은 강판과 강판사이에 얇은 수지를 끼워 넣은 강판으로서 소음이 심한 엔진의 오일팬, 차안과 엔진룸 사이를 막아주는 대시 판넬, 플로어 판넬 등에 적용되고 있다.

3.4 고선열성 냉연강판

자동차 차체에 사용되는 냉연강판의 표면은 오목, 볼록의 반복된 거칠기를 가지고 있다. 최근 들어 이들 강판의 표면 조도를 균일하고 일정하게 제어함으로써 외관을 고급스럽게 하는 것은 물론 프레스 성형성과 페인

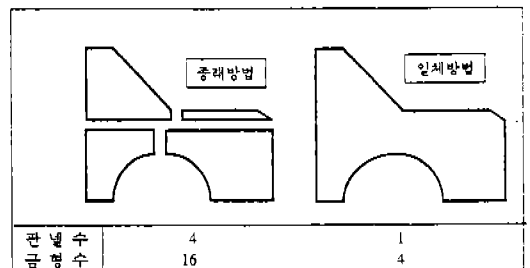


그림 4 차체 사이드 판넬에 적용한 일체성형의 모식도

트의 부착성을 향상시키려는 기술개발이 철강업체에서 활발하게 일어나고 있다. 냉연강판의 표면조도 부여방법으로 지금까지 가장 많이 사용되고 있는 것이 SBT(Shot Blast Texturing)방법이다. SBT는 작은 크기의 금속입자를 빠른 속도로 롤 표면에 부딪히게 하여 롤 표면에 조도를 부여한 후 이 롤에 의해 강판을 조절압연할 때 강판에 조도를 전사시키는 방법으로 이 방법은 표면조도가 균일하지 못한 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 EDT(Electric Discharge Texturing), EBT(Electron Beam Texturing), LT(Laser Texturing)등 여러가지 표면조도 부여기술이 개발되어 실용화 되어 있다. LT 방법은 레이저를 압연 롤표면에 규칙적으로 조사한 후 이 압연롤에 의해 강판을 압연하는 것으로 기존 SBT 강판의 표면에 비해 광택도와 선명성이 현저히 향상되나 제조가격이 높아지는 문제점이 있다. 또한 EBT는 최근 유럽을 중심으로 실용화된 기술로서 특히 '94년말 Sidmar 제철소에서 최초로 실용화된 SIBETEX법²⁾은 냉간압연과 조절압연시 EBT 롤을 적용하여 강판의 표면조도를 균일하게 제어하는 기술로서 프레스 가공성과 페인트 후 강판 외관을 크게 향상시킬 수 있어 향후 강판 표면조도 부여의 새로운 지평을 알 수 있는 기술로 기대를 모으고 있다.

3.5 테일러드 블랭크 기술³⁾

용접기술이 발달하면서 합금성분, 강도, 두께, 표면처리상태가 각기 다른 이종 강판을 레이저나 Mash Seam 방법에 의해 용접한 후 성형하여 한 부품내에서 부위별로 요구되는 특성을 갖도록 한 테일러드 블랭크(Tailored Blank) 부품의 적용이 급속하게 증가하고 있다. 이는 마치 양복을 재단하듯이 부품을 제조한다고 하여 붙여진 이름이다. 이

강판은 경량화와 제조원가 저하는 물론 피로강도, 내식성, 강성이 우수하여 멤버류, 도아, 사이드 판넬, 플로아등에 사용되고 있다. 그림 5에 테일러드 블랭크를 이용한 부품 제조기술의 개념을 도시하였으며, 표 1에는 종래 기술과 레이저 용접후 성형하는 테일러드 블랭크 기술을 비교하여 나타내었다.

테일러드 블랭크 기술은 1964년 미국의 Budd사가 용접 블랭크에 관한 특허를 출원하면서 시작되었으며, 자동차에의 적용연구는 '80년대 중반 일본의 Toyota 자동차와 독일의 철강회사인 Thyssen에 의해 본격적으로 추진되었다. Toyota 자동차는 '80년대 중반 레이저로 용접한 테일러드 블랭크를 Lexus의 Body Side Ring에 최초로 적용한 것을 시작으로 현재는 연간 400만개의 테일러드 블랭크 부품을 사용하고 있다. 한편 Thyssen사는 Audi가 요구하는 광폭의 블랭크를 제조할 목적으로 테일러드 블랭크 기술 개발을 시작하였으며 '89년 디트로이트 모터쇼에 이 개념을 처음 제안한 후 '91년 발매된 3세대 자동차인 VW Golf에 Mash Seam 용접으로 제조한 테일러드 블랭크를 적용함으로써 대량 생산체제에 들어갔다. 한편 미국의 GM에서도 레이저로 용접한 테일러드 블랭크를 '92년 처음으로 Cadillac에 적용한 후 '94년에는 Deville에 12개 정도의 테일러드 블랭크 부품을 적용한 바 있다.

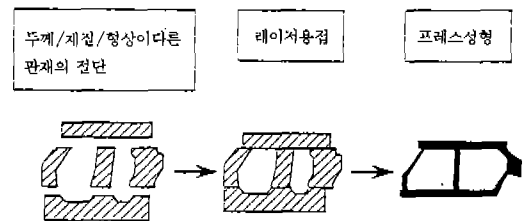
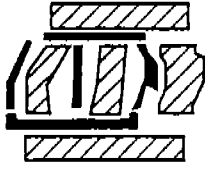
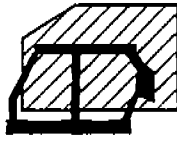
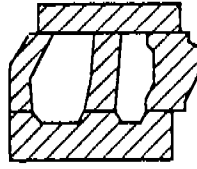


그림 5 테일러드 블랭크를 이용한 부품 제조 예

표 1 종래의 기술과 테일러드 블랭크 기술의 비교

구 분		종 래 기 술		레이저용접후 성형 기술
		분 할 방 식	일 체 화 방 식	
개 략 도				
비 고	재료 실수율	65%	40%	65% 이상
	재료 선택 자유도	가 능	불 가능	가 능
	판넬수, 금형수	5판넬, 20개금형	1판넬, 4개금형	5판넬, 4개금형
	외 관	열 세	종 음	종 음
	치수 정밀도	열 세	종 음	종 음
	판넬강성, 강도	열 세	종 음	종 음
	특 징	대량생산 적합	소량생산 적합	소량, 대량생산 적합
	경량화 효과	보 통	적 음	큼

한편 테일러드 블랭크는 차세대 부품 제조 기술로서 많은 자동차사가 연구를 진행중에 있으며, 향후 20세기 말이 되면 유럽과 미국 시장에서 연간 2,000만개의 테일러드 블랭크 부품이 적용될 것으로 예상되고 있다. 향후 적용이 예상되는 기술로서 비선형 레이저로 용접한 테일러드 블랭크 기술, 테일러드 블랭크와 Hydroforming 기술을 조합하여 더욱 경량화시키고 내충격성을 향상시키는 기술등이 있다.

3.6 Hydroforming 기술⁴⁾

자동차 차체나 프레임용 부품은 여러개의 성형 부품을 용접등 여러가지 접합방법을 통해 결합시켜 제조하고 있으나, Hydroforming 기술로 제조한 복잡한 모양의 한개 튜브 부품으로 대체하게 되면 용접부 플랜지 제거에 의해 경량화가 가능하고 구조강도도 증가되어 차체의 경량화는 물론 차체특성을 획기적으로 개선시킬 수 있게 된다. 일례로 미국의 Vari-Form사는 엔진 Cradle의 경우 중

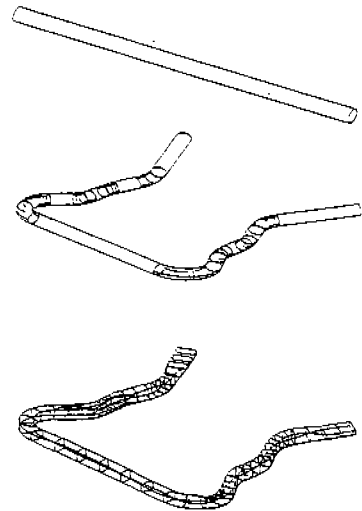


그림 6 Hydroforming을 이용한 엔진 Cradle 제조공정 개략도

래에 6개의 부품을 성형, 용접하여 제조하던 것을 한개의 Hydroformed 튜브로 대체함으로써 20%의 경량화를 이룩할 수 있었다. Hydroforming 기술을 이용하여 엔진 Cradle을 제조하는 공정을 그림 6에 나타내었다.

먼저 직선의 둥근 모양으로 용접한 튜브를 최종부품의 모양과 비슷하게 굽힌 후 성형다이에 장착시킨다. 그 다음 액체를 채우고 압력을 가하면 압력과 함께 원하는 모양의 복잡한 형상으로 성형이 되며 이때 성형다이에 위치한 편지에 의해 성형되는 동안 구멍을 뚫는다.

Hydroforming이 가능한 강판의 최대 항복강도는 60kgf/mm^2 정도임이 실험적으로 확인되어 있으나, 현재 북미와 유럽에서는 주로 30kgf/mm^2 급의 강판을 주로 사용하고 있다.

4. 자동차용 고장력 냉연강판의 개발현황 및 개발동향

1960년대까지의 자동차용 냉연강판은 인장강도 30kgf/mm^2 급의 연질 냉연강판이 주류를 이루었으며, 연구의 대부분이 성형성의 향상(연산율과 \bar{r} 값)에 개발목표를 두고 있었다. 그러나 자동차가 점차 대중화되면서 운전자와 승객의 안전을 추구하고 되었으며, 이 결과로 1968년 미국에서 안전규제법(FMVSS, Federal Motor Vehicle Safety Standard)이 제정되게 되었다⁵⁾. 이러한 안전규제법에 대응하기 위해 범퍼 및 도아보강재, 힘을 많이 받는 구조용 부품등에 인장강도 $40\sim 60\text{kgf/mm}^2$ 급 고용강화형 또는 인장강도 $50\sim 70\text{kgf/mm}^2$ 급 석출강화형 고장력 냉연강판을 사용하기 시작함으로써 고장력 냉연강판의 시대가 개막되게 되었다⁶⁾.

1973년에 일어난 석유판동의 여파로 밀어닥친 성자원, 성에너지화는 자동차의 연비향상을 요구하게 되었으며 이를 계기로 자동차의 경량화 작업이 활발하게 추진되었다. 자동차의 경량화기술에는 엔진 탑재위치, 구동방식, 차체 지탱형식의 변화등을 통해 차실내 공간을 확보하면서 소형화시키는 방법

과 최적 부품설계, 알루미늄, 플라스틱등의 경량재료 사용과 고장력강판의 적용등으로 구분할 수 있다. 철강업체로서는 강판을 고장력화하여 두께 감소에 의한 경량화를 꾀하는 것이 큰 과제로 되었으며, 이러한 노력의 결과로 복합조직강(Dual-Phase Steel)이 개발되었으나 연신율이 뛰어난 반면 소성이방성이 부족하여 불행하게도 차체 내, 외판용 소재로는 적용하지 못했다. 비슷한 시기에 개발된 인장강도 $35\sim 45\text{kgf/mm}^2$ 급의 P첨가 Al killed강(Rephosphorized Steel)은 처음으로 차체의 내판 및 외판용 고장력강판용으로 개발된 강으로서 가공성이 우수하여 현재에도 가장 널리 사용되고 있는 강판중 하나이다⁸⁾.

1980년대에 들어오면서 보가 강판의 강도를 높이고 성형성을 향상시킬려는 철강업체의 노력에 의해 가공성이 매우 우수한 고가공용 고강도강(EDDH, Extra Deep Drawable High Strength Steel 혹은 IF-HSS, Interstitial Free High Strength Steel), 소부경화형 고강도강(Bake Hardenable High Strength Steel), 인장강도 $80\sim 100\text{kgf/mm}^2$ 의 초고장력 냉연강판등이 자동차 소재로 적용되기에 이르렀다⁵⁾.

EDDH강은 P첨가강보다 우수한 성형성을 가지므로 자동차의 쿼터 판넬과 같이 복잡한 모양으로 성형이 되는 부품을 위해 개발된 강이다. 이 강은 0.003% 정도의 극저탄소강에 탄, 질화물 형성원소인 Ti나 Nb를 단독 혹은 복합으로 첨가해서 제조되는 EDDQ강판에 고용강화원소인 P, Si, Mn 등을 첨가해서 고가공성화 및 고강도화한 강이다.

소부경화강은 강판의 강도가 증가하면 복잡한 부품의 성형이 어렵기 때문에 승객의 안전이 아무리 중요해도 무조건 강한 강판을 사용할 수 없는 문제점을 해결한 강판이다. 자동차의 차체는 강판을 프레스로 성형한 후

조립하여 도장하고 그 후에 페인트 건조를 위해 140~200℃에서 열처리를 하게 된다. 이 강판은 필히 거치게 되는 이 열처리 과정에서 저절로 4~6kgf/mm² 강도가 증가하도록 강판의 성질을 제어해 놓았기 때문에 자동차 회사는 경제적 부담없이 20% 정도의 강도 증가를 얻을 수 있게 된다^{6),7)}. 그림 7은 자동차 차체 제조공정과 소부경화 현상을 관계지어 도식적으로 나타낸 그림이다. 한편 초고장력 냉연강판은 안전도의 대명사처럼 부각되고 있는 자동차의 측면충돌에 대비한 도아 보강재용이나 범퍼 보강재용으로 개발되었다.

1990년대에 들어와 개발되었거나 개발이 진행중인 고장력강으로는 인장강도 120~150kgf/mm²의 초고장력 냉연강판, 성형전에는 연하고 성형후 열처리시 ε-Cu의 석출 강화에 의해 강화되는 Cu 첨가 고장력강, 잔류 오스테나이트의 변태유기소성(TRIP, Transformation Induced Plasticity)현상을 이용하는 페라이트-베이나이트 잔류 오스테나이트 3상조직의 TRIP형 고장력강 등이 있다^{8),9)}. TRIP형 고장력강은 잔류 오스테나이트가 변형유기변태(Strain Induced Transformation)

될 때 일어나는 TRIP현상을 이용하므로 동일강도의 기존 고장력강에 비해 연성이 매우 우수하다. 그림 8^{8),9)}은 0.14% C-1.21% Si-1.57% Mn강에서 얻어진 TRIP형 고장력강의 미세조직으로 75% 페라이트(회색), 13% 베이나이트(검은색), 12% 잔류 오스테나이트(흰색)의 3상 조직으로 구성되어 있으며, 인장강도 70kgf/mm², 연신율 32%의 매우 우수한 기계적 성질을 나타내었다. 특히 복합조직강이나 TRIP강은 특수원소를 첨가하지 않고 단순히 재료의 상변태를 이용하여 강화시키기 때문에 환경친화성 재료(ECO Steel, Environment Conscious Steel)로서 다시 관심의 대상이 되고 있다¹⁰⁾.

향후 예상되는 자동차용 철강소재의 개발 방향을 보면 경량화와 안전성을 고려하여 더욱 고강도화 될 것으로 예상된다. 일본의 경우 '83년 18%에 그쳤던 고장력 강판의 사용량은 '93년 말에는 26%까지 증가되었으며, 2000년에는 37%까지 증가 될 것으로 추정¹¹⁾하고 있다. 이를 자동차 부품별로 구분해보면 현재에 비해 외판의 경우 5~10kgf/mm². 내판의 경우 10~20kgf/mm² 정도 더욱 고강도화가 진행된 것으로 예상된다. 보강재의

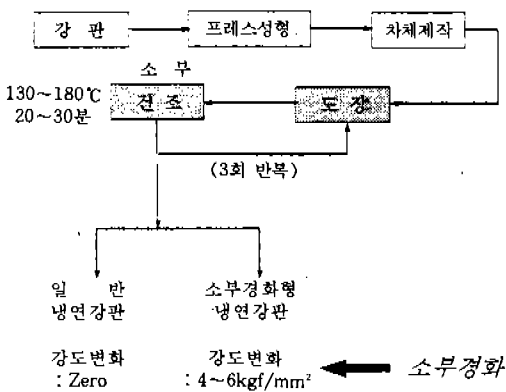


그림 7 자동차 차체 제조공정과 소부경화 현상 상관도

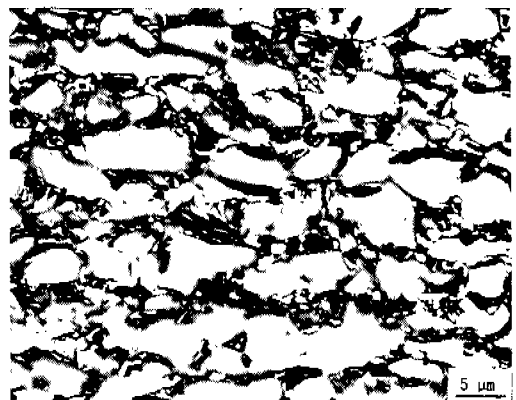


그림 8 TRIP형 고장력강의 미세조직

경우 그 증가폭은 훨씬 큰 것으로 예상되어 도아 보강재의 경우 2000년에는 최고 200kgf/mm², 범퍼 보강재의 경우 150kgf/mm² 정도까지 고강도화가 진행될 것으로 예상된다¹¹⁾.

5. 경량재료에 대한 철강업체의 대응 전략^{12), 13)}

1994년 2월 10일, 음력 새해 첫날, 미국의 디트로이트시 PES(포르쉐의 자동차 기술 전문 용역업체)의 한 회의실에는 한국을 비롯한 미국, 일본, 독일 등 12개국의 철강업체와 철강협회에서 날아온 31명의 전문가가 한 자리에 보였다. 모임의 목적은 철강을 주역으로 초경량 자동차를 제작하는 프로젝트에 대해 협의하는 것이었다. 지금까지 상호협력에 보수적이던 전세계 유수의 철강업체가 총망라되어 이러한 모임을 가지게 된 배경은 무엇일까?

'93년말을 기준으로 전세계 자동차 보유대수는 약 6억대에 이르고 있으며, 이는 8.6인당 1대의 보급율에 해당된다. 또한 자동차 회사들은 3천 5백만여대의 승용차와 1천 2백만여대의 버스 및 트럭을 생산하고 있으며, 이중 승용차에만 4천 5백만톤의 철강을 사용하고 있다. 이 철강 사용량은 '93년도의 전세계 조강 생산량, 7억 2천 4백 3십만톤의 6.2%에 해당된다. 이러한 거대한 자동차용 소재 시장에 경량재료인 알루미늄, 플라스틱 등의 시장잠식이 본격화되고 있어 자동차용 철강재료의 미래에 대해 철강업체들이 공동으로 위기감을 느꼈기 때문이다.

이러한 어려운 상황을 인식한 철강업체들은 '93년 10월 프랑스 파리에서 열린 27개국제철강협회(IISI) 실무자 회의에서 “승용차에 있어서 철강과 알루미늄의 경쟁”이라는 주제를 선택, 자동차 경량화를 주요 관심사

로 토의하게 되었다. 이 회의에서 PES는 미국철강협회와 포드사로부터 80만 달러의 연구비를 받아 수행한 철강재를 사용한 경량 자동차 제조기술에 관한 연구결과를 발표하였다. PES는 이 연구에서 고장력 강판 적용, 테일러드 블랭크 기술 적용, 첨단 시스템 엔지니어링 기법을 이용한 차체 설계기술등을 적극 활용하여 차체 무게를 64kg 경량화시켰으며, 자동차 1대당 제조비는 오히려 40달러 정도 감소하였다고 발표하여 철강업체에 새로운 희망을 심어 주었다. 이러한 제조비 절약은 연간 50만대의 생산을 가정할때 매년 2천만 달러를 절약할 수 있으며, 이외에 치공구 제작등에 드는 고정비용 절감효과도 5백 3십만 달러에 이른다고 한다. 만약 동일한 양의 차체 경량화를 위해 알루미늄을 사용할 경우 추가되는 비용이 자동차 1대당 420달러, 이를 연간 50만대의 생산량으로 환산하면 2억 천만 달러에 이르게 되므로 철강재를 이용한 이 새로운 개념의 자동차 경량화 기술이 가져다 준 경제적 효과가 얼마나 엄청난 것인지 가히 짐작할 수 있다.

이 연구결과에 크게 고무된 세계 유수의 철강회원사들은 철강재를 이용한 경량 자동차 제조를 위한 과제를 IISI 회원사 모두가 공동으로 참여하는 형태의 연구과제로 추진해야 한다고 결론을 내리고, '94년 음력 새해 첫날 IISI 회원사 대표들을 전세계 자동차의 수도인 디트로이트에 소집한 것이다. '94년 7월부터 포항제철을 포함한 15개국 33개 철강사의 공동 지원하에 진행되고 있는 이 프로젝트는 세단계로 구분되어 추진되고 있다. 이 연구는 2000년에 자동차의 무게를 20% 정도 경량화시키는 것을 최종목표로 하여, 1단계에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 초경량 철강 차체구조의 설계, 2단계에서는 특성평가 및 전시용 차체 제작, 마지막 3단계

에서는 실차 제작을 목표로 하고 있다.

150만 달러를 지원하여 수행한 1단계 연구는 이미 '95년 8월에 성공적으로 완료된 바 있으며, 주요 연구 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다. 차체 무게는 205kg으로 현재 북미 중형 세단의 평균 차체 무게보다 24% 정도 경량화시킬수 있었으며, Static Bending Rigidity와 Static Torsional Rigidity는 각각 12,529N/mm 및 19,056Nm/deg로서 연구 목표치를 달성하였다. 무엇보다 중요한 것은 상술한 우수한 특성의 경량차체는 기존 양산 차체 제조설비를 그대로 이용하여 제작할 수 있다는 점이며 또한 제조가격을 대당 154달러 줄여 제조원가를 14%나 감소시켰다는 점이다. 이러한 결과는 철강재료만이 가지는 우수한 특성을 최대한 활용함으로써 가능하였으며, 이 프로젝트에 적용된 첨단기술은 다음과 같다. 적용된 강판의 66%가 항복강도 20kgf/mm² 이상의 고장력 냉연강판이었으며, 테일러드 블랭크 기술과 Hydroforming 기술 도입, 샌드위치강판 사용, 차체를 각각의 부품의 결합체로 보지않고 한개의 부품으로 간주하여 설계하는 Holistic 설계 개념등을 도입하는 등 첨단 차체 제조기술을 총 동원하였다.

1단계 연구에서 얻어진 결과를 바탕으로 현재 특성평가 및 전시용 차체를 제작하는 단계인 2단계 연구('95. 11~'98. 1)가 활발하게 진행되고 있다. 이를 위해 33개 철강회사가 2,000만 달러를 지원하고 있으며, 또한 각 철강업체는 차체제작에 필요한 철강 소재를 분담하여 공급하고 있다. 2단계 연구에서 제작된 차체는 세계적인 모타쇼에 전시하여 초경량 철강 차체의 우수성을 홍보할 계획으로 있으며, '97년 4월에 열릴 예정인 서울 모타쇼에도 관련 기술을 일부 선보일 계획으로 있다. '98년 초 2단계 연구가 성공적으

로 수행되면 이어서 3단계 연구가 계속될 예정이며, 이 초경량 차체 제작기술이 성공되면 자동차 업계는 물론 소재업계에 미치는 파급효과가 엄청나게 클 것으로 예상된다.

세계 2위의 철강 생산체제를 보유한 포항제철에서도 처음부터 이 프로젝트에 주도적으로 참여하여 연구결과를 지속적으로 추적, 관리하고 있으며, 이 연구결과가 국내 자동차업계에 기여할 수 있도록 자동차사와의 연계 활동을 적극적으로 수행해 나가고 있다. 끝으로, 이 프로젝트의 배경이 된 미국철강협회, 포드 자동차, PES의 공동연구는 우리에게 시사하는 바가 매우 크다고 생각된다. 점점 치열해지고 있는 국제경쟁에서 국내 철강사와 자동차사가 살아남기 위해서는 각자가 가지고 있는 축적된 기술을 공유하고 발전시켜 나갈 협조관계 구축이 국내에서도 절실히 필요하다고 생각된다.

5. 결 론

지금까지 승용차 차체용 소재의 대부분을 차지하는 냉연강판의 제조공정, 개발현황과 향후 개발방향, '94년부터 세계철강협회 주관으로 법세계적으로 추진중인 초경량 자동차 차체 제조를 위한 프로젝트의 진행과정 소개를 통해 알루미늄, 플라스틱 등의 경량재료에 대한 철강재료의 대응전략에 대해서 설명하였다.

'90년대 들어 지구 온난화, 오존층의 파괴 등 지구 환경문제가 심각하게 대두되고 있는 가운데 환경오염의 주원인이 되고 있는 자동차의 배기가스를 줄이기 위한 노력이 요구되고 있으며, 각국에서는 배기가스 및 연비규제를 점차 강화해 가고 있다. 반면에 미래의 자동차는 성능이 더욱 고도화되고 기능이 다양화되는 방향으로 개발되어 가고 있으므로

이러한 다기능화에 필수적인 여러가지 Hardware의 장착은 무게 증가의 요인으로 작용되어 경량화를 위한 필요성은 더욱 절실하게 다가오고 있다. 이러한 경량화 필요성은 알루미늄이나 플라스틱등의 경량재료가 자동차용 소재로 진출할 수 있는 기회를 제공하는 반면 철강업체에는 큰 위기감을 안겨주고 있다.

이에 대응하기 위한 전세계 철강업체는 세계철강협회주관으로 초경량 철강차체 제조 프로젝트 수행등을 통해 한 마음으로 대처하고 있으며, 이러한 노력은 철강재료만이 가지는 우수한 제 특성을 적극적으로 활용할 수 있는 기술을 개발하마로서 철강재료가 여전히 자동차용 소재로서의 선두위치를 고수할 수 있다는 자신감으로 나타나고 있다. 향후에도 철강업체는 새로운 제품개발과 품질의 안정화등 극한 기술 개발과 수요가의 Needs를 예측한 Seeds 개발을 적극적으로 수행하는 노력을 계속해 나갈 것이다.

참 고 문 헌

1. Y. Kurihara, "On the Progress in Reducing Japanese Passenger Car Weight", 수송기계 경량화 소재 및 부품기술에 관한 심포지움, KATECH '94 기술세미나, pp. 7~22, 1994.
2. L. D. Graef and Y. Gadeyne, "Development of Steel Sheet Having Excellent Drawability and Paint Appearance", 29th International Symposium on Automotive Technology & Automation, Vol. 1, pp. 187~198, 1996.
3. J. M. V. Hoeven, K. Rubben, F. Lambort, and I. D. Rycke, "Tailored Blanks: A Key Technology for Light Weight Steel Auto Body Structures", 29th International Symposium on Automotive Technology & Automation, Vol. 1, pp. 177~186, 1996.
4. M. Mason, "Hydroforming of High Strength Steel Tubes for Body and Frame Application", 29th International Symposium on Automotive Technology & Automation, Vol. 1, pp. 143~156, 1996.
5. 정우창, 정진환, "자동차용 고강도 냉연강판의 개발동향", 대한금속학회지, Vol. 26, pp. 999~1005, 1988.
6. 정우창, 한성호, "Ti 첨가 극저탄소강에서 소부경화성에 미치는 Ti양의 영향", 대한금속학회지, Vol. 31, pp. 1181~1190, 1993.
7. W. C. Jeong, "Effect of Prestrain on Ambient Aging and Bake Hardening of Bake Hardening Steel for Automotive Outer Body Panel", Proceedings of 29th ISATA on Materials for Energy-Efficient Vehicles, pp. 107~114, Florence, Italy, 1996.
8. W. C. Jeong, D. K. Matlock, and G. Krauss, "Observation of Deformation and Transformation Behavior of Retained Austenite in a 0.14C-1.2Si-1.5Mn Steel with Ferrite-Bainite-Austenite Structure", Materials Science and Engineering, A165, pp. 1~8, 1993.
9. W. C. Jeong, D. K. Matlock, and G. Krauss, "Effects of Tensile Testing Temperature on Deformation and Transformation Behavior of Retained Austenite in a 0.14C-1.2Si-1.5Mn

Steel with Ferrite-Bainite-Austenite Structure”, Materials Science and Engineering, A165, pp. 9~18, 1993.

10. K. Nagai, “A Design Concept for Recyclable Materials with High Quality”, Advanced Materials '93, V/A Ecomaterials, Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., Vol. 18A, pp. 139~142, 1994.
11. 佐野實, “ボディ, シヤシ用鐵鋼材料の現状と課題”, 自動車用材料シンポジウム, 日本鐵鋼協會, 自動車技術會 共同主催, pp. 13~23, 1993.
12. IISI 29th Conference 자료, Oct. 1993.
13. ULSAB Technical Committee and Consortium Meeting 자료, Amsterdam, June 17/18, 1996.