한국소성가공학회지 제 5 권 제 3 호, pp. 195~201, 1996

자동차용 냉연강판 품질 특성

조 재 홍
(포항제철(주) 품질기술부)

1. 서 론

자동차 산업의 발전에 따른 시대적 요구상황과 차체부품의 신가공기술 개발은 소재강판의 변화를 가져왔다. 70년대 Oil Shock와 함께 고강도 강판의 개발이 시작되었고, 80년대부터 차체수명 연장을 위한 다양한 표면처리강판을 개발하여 사용 중에 있으며, 최근에는 자동차 연비 규제 강화와 제조원가 절감을 위하여 고강도 강판의 채용이 증가하고 요구강도도 높아지고 있다. 또 일체화 성형기술의 개발적용으로 가공용 강판의 제조기술도 극한의 수준까지 요구되고 있다. 그리고, 자동차의 Fashion화, 고급화에 따라 유기피복강판, 고선영강판 등의 고기능강판을 개발하여 사용되고 있다. 본 내용에서는 자동차 산업의 발전에 대응한 냉연강판의 제조기술 동향, 소재 품질특성, 부품 가공특성을 간략히 소개하고 향후 자동차용 소재의 개발방향에 대해 기술하였다.

2. 자동차강판 제조기술 동향

자동차 산업의 주변환경에 대응한 자동차사와 철강사의 변화는 대체로 다음의 몇 가지 형태로 분류해 볼 수 있다. 첫째, 강판의 박육화와 일체화성형 부품 사용확대를 통한 차체 경량화를 목적으로 하는 고강도 고장력강판과 심가공용 강판의 개발 및 사용확대이다. 고장력 강판의 종류로는 각종 용도에 따라 일반용, 경가공용, 심가공용 및 소부형 고장력강이 있으며 인장강도 340 N/mm^{2}급부터 1,470 N/mm^{2}급까지 다양한 강도를 가진 강판이 있다. 앞으로도 대기 환경규제는 더욱 강화될 것으로 전망됨에 따라 차체경량화를 위한 고성형성을 가지는 고강도 고장력강판의 개발을 철강사는 지속적으로 추진할 것으로 전망된다. 가공용 강판은 일반용, 가공용, 심가공용, 초심가공용 강판이 있으며 자동차 내외판의 대부분에 사용되고 있다. 부품 가공공정의 생략과 같은 가공기술의 변화와 함께 소재강판 제조에 있어 극저성분 정련기술 및 소둔기술 분야의 발전이 따를 것으로 보며 초성형성을 보유하는 고순도강판도 개발 공급될 것으로 예상된다. 둘째, 차체 내구성 향상을 위한 고내식 재료의 채용이다. 자동차 부식환경이 점차 열악해짐에 따라 차체수명의 연장을 위하여 2층 도금강판, 유기피복강판과 같은 표면처리강판의 사용이 급속히 증가하고 있고, 향후 자동차 외판류에 전면적으로 적용될 것으로 예측되고 있다. 셋째, 미려한 차체외관의 요구에 의한 고선영강판과 같은 고기능소재가 개발되어 자동차사에 사용확대가 되고 있다. 그리고, 자동차 제조공정의 자동화, 고속화로 인한 균질한 소재 제조기술의 발전으로서 강의 정련부터 최종 제품생산에 이르기까지 표면, 치수, 형상, 재질의 편차감소기술을 지속적으로 개발해 나가고 있다. Fig. 1에 자동차 주변환경의 요구와 자동차사 및 철강사의 변화를 요약하였다.

3. 자동차 강판 종류별 품질특성

3.1 고장력강판

고장력강판은 자동차 부품의 가공정도 및 적용부위에 따라 소재 물성이 상이한 재료가 적용되고 있다. 단순한 경가공이나 강도가 요구되는 Member류 등에는 석출강화 및 고용강화를 이용한 일반용 및 경가공용 고장력강이 사용되며, 내충격성 및 차체강성이 필요한 BUMPER류와 보강재에 쓰이는 가공성이 낮은 고강도 고장력강이 있다. 그리고, 가공성과 강도가 동시에 요구되는 PANEL류 및 내외판 부품에 사용되는 심가공 고장력강 및 소부

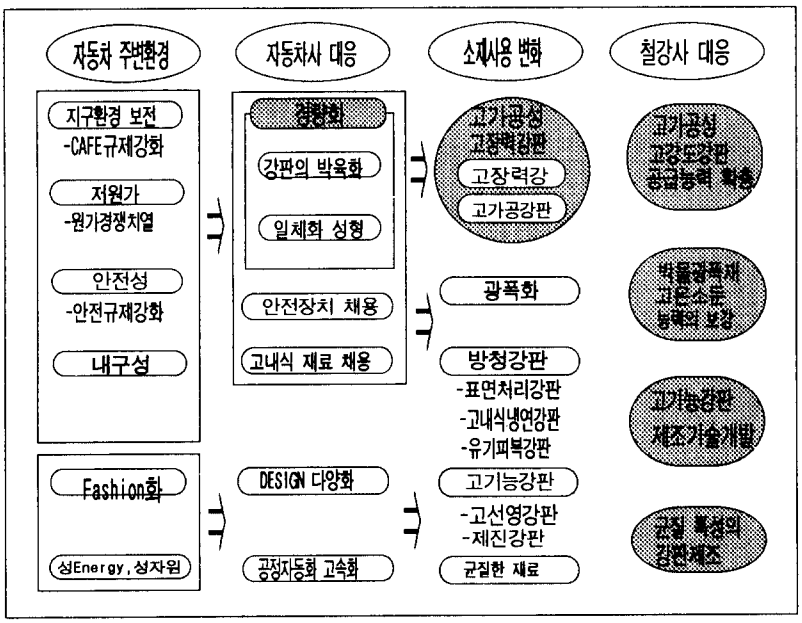

Fig. 1 자동차 주변환경 및 제조기술의 대응

경화형 고장력강이 있다. Table 1에는 포항제철에서 생산하고 있는 자동차용 고장력강의 Grade별 인장강도, 강종 Type, 적용용도 및 생산현황을 나타내었다. 본 내용에서는 이중 POSCO에서 최근 개발하여 공급하고 있는 몇몇 강판의 품질특성을 기술하였다.

Table 2는 최근 국내에 양산공급을 추진하고 있는 소부경화형 고장력강의 성분 및 기계적 성질을 나타내었다. 이 강판의 물성은 기존에 사용중인 동일강도의 고장력강과 동일한 성질을 가지나 Press 가공 및 소부처리(170℃, 20분)후에는 항복강도가 증가되는 소부성(BH성 : Bake Hardenablity)을

Table 1 고장력강의 종류

Grade	인장강도	POSCO 규격	강화방식	소둔방식	용도	비고
일반용	440 N/mm² 590 N/mm²	CHSP45C CHSP60C	석출강화	상소둔 연속소둔	Seat Rail, Member Bumper, Member	30천톤
경가공용	340 N/mm² 390 N/mm² 440 N/mm²	CHSP35R CHSP40R CHSP45R	P첨가 고용강화	연속소둔	내판	40천톤
심가공용	340 N/mm² 390 N/mm² 440 N/mm²	CHSP35E CHSP40E CHSP45E	P첨가 고용강화	연속소둔	Panel류 내외판 및 심가공부품	35천톤
소부형	340 N/mm² 390 N/mm²	CHSP35EB CHSP40EB	P첨가 고용강화	연속소둔	Panel류(외판)	'94개발 '95개발
저항복형	780 N/mm² 980 N/mm²	CHSP80TR CHSP100TR	복합조직	연속소둔	Bumper, Door보강재	'95개발

Table 2 소부경화강 성분 및 재질(0.7 mmt) (%, N/mm²)

Grade	C	Mn	P	특수	YP	TS	EL	r	BH성
340 N/mm²급	0.003	0.3	0.07	첨가	215	360	38	1.7	4~6
390 N/mm²급	0.003	0.7	0.09	첨가	235	415	37	1.6	4~6
DDQ	0.003	0.1	0.010	첨가	160	295	45	1.8	0

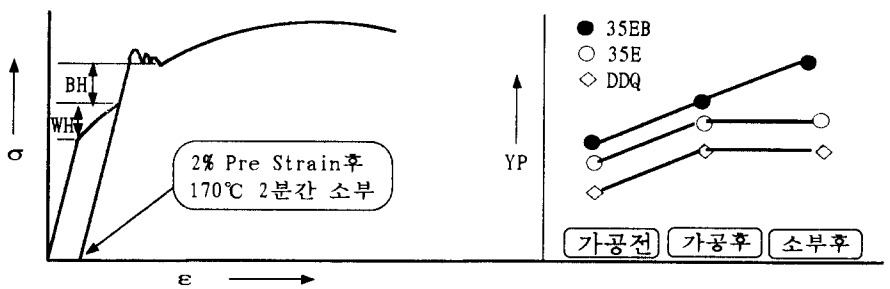

Fig. 2 소부경화강의 소부특성

가지기 때문에 도아, 본넷 등과 같이 내 Dent성이 요구되는 부품에 사용이 확대될 전망이다. Fig. 2는 이 강판의 소부경화 효과를 간단하게 나타낸 것으로서 가공전의 항복강도와 비교하여 가공-소부처리후의 항복강도는 약 100 N/mm²가 증가되고 있다. 기존의 고장력강이나 심가공강판(DDQ)에 비해 월등한 강도를 보이고 있으며, 자동차 외판류에 사용시 내Dent성이 우수한 것으로 평가되고 있다. 그리고 소부경화강이 가공-소부처리 후의 항복강도가 440 N/mm²급의 강도를 가지기 때문에 차체경량화에도 기여할 것으로 판단된다. POSCO에서 생산하는 고장력강의 항복강도를 가공 Process별로 시험하여 Table 3에 나타내었다. 이 강판의 제조법은 극저탄소강에 Mn, P 등의 고용강화원소를 첨가하여 연속소둔 후에 적당량의 고용[C]을 잔류시킨 제품으로서 성형 시에는 낮은 항복강도를 갖기 때문에 가공이 쉬워 가공결함 발생을 억제해 주며, 가공 및 소부후 경화량이 커져 Panel류로 사용시는 아주 좋은 특성을 나타낸다. 또 이 강종은 제조방법에 있어 적절한 변형시효를 이용한 강판이므로 가공 전에 상온시효성을 억제하여 가공시 Stretcher Strain과 같은 가공결함이 없는 양호한 표면품질을 갖도록 제조하는 것이 중요하다. POSCO의 생산강판의 상온시효성을 시험한 결과 약 2개월간의 시효보증이 가능한 수준이며 기간별 시효발생정도를 Fig. 3에 나타내었다.

그리고, 당사는 최근 심가공고장력강 중 390, 440 N/mm²급을 개발하여 양산공급 확대를 하고 있다. 이 강판은 고가공성(r : 1.7, n : 0.22)과 고강도를 동시에 가지는 제품으로 자동차 Panel류 및 가공용 내판 부품에 적용되고 있어 차체 경량화에 기여할 것으로 판단된다. 그리고 780, 980 N/mm²급의 고강도 고장력강판도 개발이 완료되어 차체강성 요구부품 및 보강재료로 사용될 것으로 전망된다.

Table 3 소부경화강의 항복강도 변화

YP(N/mm²)		소재원판	가공경화량	BH량(도장후)	차체강판
소부경화강		215	44	39-59	298-318
심가공 고장력강	CHSP35E	205	44	0	249
	CHSP40E	235	42	0	277
	CHSP45E	275	39	0	314

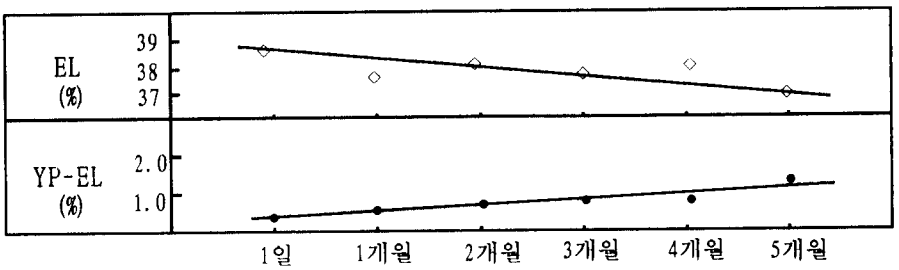

Fig. 3 소부경화강의 상온시효성

3.2 가공용 강판

자동차용에 가장 일반적으로 사용하고 있는 일반용 강판은 초기에는 상소둔 저탄소강이 사용되었으나, 1970년대 후반 극저탄소강 정련기술의 개발 및 연속소둔기술의 진보로 현재는 자동차용 강판의 대부분이 이에 의해 제조 공급되고 있다. Table 4에 자동차용 강판에 사용되는 극저탄소강의 Grade별 재질수준을 도시하였다. 현재 POSCO는 EDDQ Grade까지 양산공급하고 있으나 제강공정의 극저 [C], [N], [P], [S] 정련기술의 향상 및 고온 연속소둔기술의 개발 등에 의하여 가공성이 아주 우수한 Super EDDQ도 양산공급이 될 것으로 보며, 수년 내에 Fig. 4에 나타낸 r 2.8, El 60%를 갖는 초심가공용 강판도 개발될 것으로 전망된다. 이러한 소재는 Side Body와 같은 대형 Panel을 일체화 성형으로 사용시 적용될 것으로 예측된다.

3.3 유기비폭강판

자동차의 고방식화는 '78년 1월에 캐나다의 Canadian code 공표 이후부터 서서히 관심을 갖기 시작하였으며, 최근에는 제철소 및 자동차사 각사별로 고내식성 강판의 개발과 적용이 적극 추진되고 있다. 자동차용 강판의 고내식화를 위해 개발된 강판으로는 2층도금강판 및 유기피복강판이 대표적인

Table 4 자동차용 가공용 강판 재질수준(0.7 mmt)

GRADE	POSCO규격	YP(N/mm²)	TS(N/mm²)	EL	r
CQ	CSP1-D	176	314	45	1.7
DQ	CSP2	166	314	45	1.8
DDQ	CSP3N	157	304	46	1.9
EDDQ	CSP3E	147	294	47	2.0

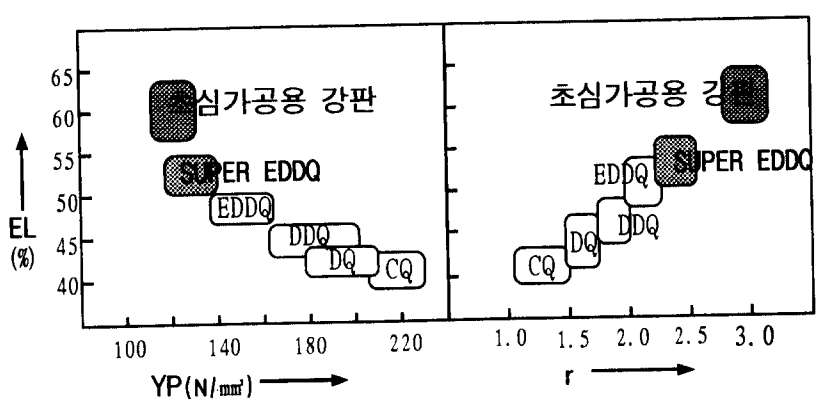

Fig. 4 가공용 강판의 재질변화 예측

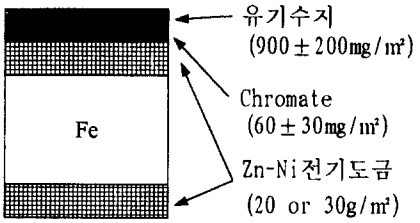

Fig. 5 유기피복 강판의 도막구조

예로서 포항제철에서는 '94년 말 유기피복 생산 Line을 준공하여 현재 국내 자동차사에 양산 공급하고 있다.

유기피복강판의 도막구조는 Fig. 5에 표시하였다. 그림에서와 같이 모재강판에 전기아연도금(Zn-Ni, 20~30g/m²) 및 크로메이트 처리(60±30 mg/m²)후 1 m 전후의 박판의 유기피막을 입힌 것으로 기타 도금강판과 달리 Press 성형시 도금층이 박리 등의 불량현상이 적고 매우 우수한 내식성능을 나타낸다. 또한 표면에 있는 박막의 유기피복층으로 인하여 Slip성이 매우 좋아 성형시 재료의 유입이 잘 되는 장점을 가지고 있으므로 일반 냉연강판의 가공한계와 거의 동일한 정도의 가공성을 갖고 있다.

유기피복강판의 성형성은 모재인 Zn-Ni 도금강판의 기계적 성질과 박막의 수지층의 마찰특성에 의해 결정된다. 일반적으로 도금강판의 경우 냉연강판과는 달리 도금층의 존재 때문에 스탬핑 금형과 도금층의 직접적인 접촉으로 강판의 마찰특성이 결정되므로 도금강판의 마찰특성은 도금종류 및 도금조성에 따라 상당한 차이를 보인다. 도금강판의 마찰특성이 나쁘면 자동차 패널성형시에 플렌지부에서 재료의 유동에 대한 과다한 마찰저항으로 인해 패널 벽부의 파단이나 도금피막이 모재에서 떨어져 나오는 도금박리 현상이 발생되어 도금강판 본래의 목적인 방청성을 감소시킬뿐 아니라 박리물이 금형 내부에 누적되어 성형된 패널에 미소한 표면결함의 원인이 된다. 한편, 마찰특성이 너무 좋으면 플렌지부에서 재료의 유동이 너무 쉽게 일어나 오히려 주름발생을 야기하는 경우도 있다. Fig. 6은 강판의 종류별 마찰특성을 나타낸 것으로서 유기피복강판이 다른 강판과 비교하여 마찰계수가 낮으며, 편차도 적은 것으로 평가되었다. 마찰계수가 낮음으로 인해 실제 성형시에도 유기피복강판이 더 좋은 성형성을 보여 주었다.

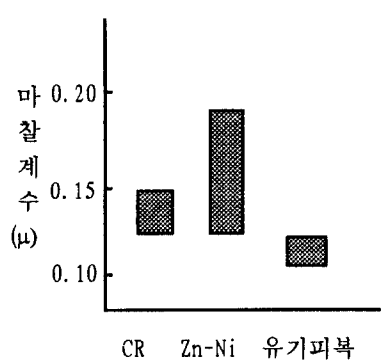

Fig. 6 강판종류별 마찰 특성

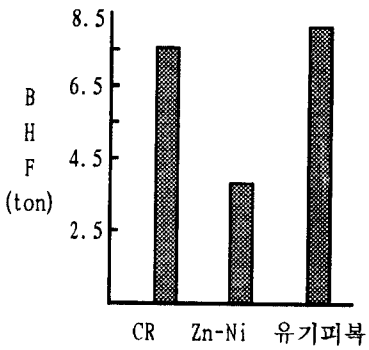

Fig. 7 강판별 cup 가공시 BHP

Fig. 7은 시험편에 가공유를 도포한 후 Cup 가공시 BHF(Blank Holding Force) 범위를 조사한 것으로 유기피복강판의 BHF값의 범위가 모재인 Zn-Ni에 비해 매우 넓어 Press 성형조건의 미소변화에도 충분히 성형이 가능한 것을 보여 주며 박막지수에 의해 가공성능이 매우 향상됨을 알 수 있다.

Fig. 8은 유기피복강판과 Zn-Ni강판의 성형한계도를 나타내었다. 그림에서와 같이 유기피복강판의 성형한계가 Zn-Ni강판과 비교하여 거의 동등하게 나타났다. 이것은 100 mm 직경의 반 구경펀치에 의한 장출성형 실험시 강판이 Blank Holder의 고정비드로 구속되어 다이 안으로 빨려 들어가는 것이 방지되기 때문에 재료의 Slip성 보다는 모재강판의 장출성에 의존하는 것 때문으로 사료된다.

3.4 표면 조도

소재의 표면물성은 성형성에 영향을 주며, 조도부여 방법 및 거칠기에 따라 마찰력의 차이가 발생하여 가공성에도 영향을 준다. 강판의 조도형성을 위한 Roll표면 가공방법은 대략 4가지가 있으며, Shot Blast가공, 전기방전을 이용한 Electro Dis-

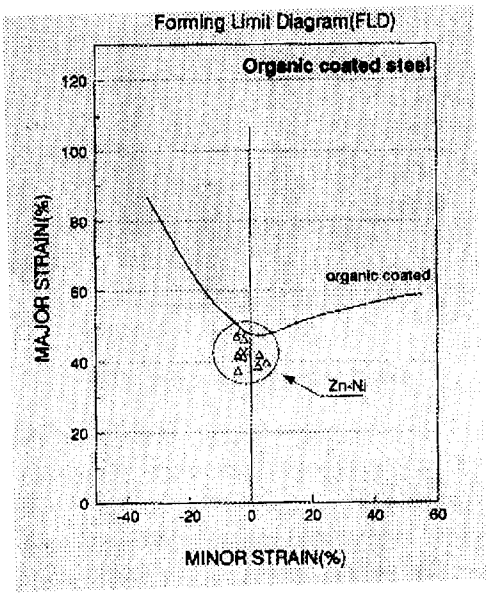

Fig. 8 유기피복 강판의 성형한계도

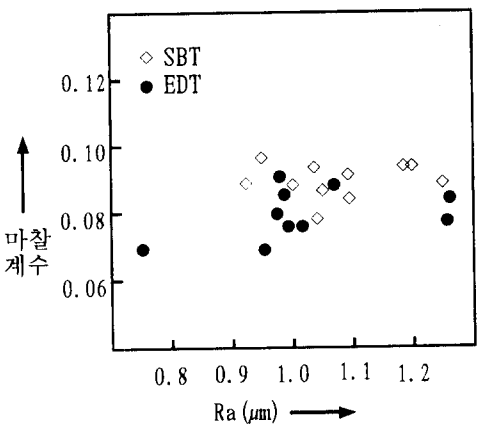

Fig. 9 조도에 따른 마찰계수의 변화

charged Texture, Laser 가공, Electron Beam 가공과 같은 방법이 있다. POSCO는 이중에 SBT (Shot Blast Texture)와 EDT(Electro Discharged Texture)의 두가지 방법으로 제조된 강판을 공급하고 있으며, 각각의 조도특성은 가공시의 마찰력 차이를 보이고 있으며 EDT재가 가공성이 좋은 것으로 나타나고 있다. Fig. 9는 SBT와 EDT의 평균조도에 따른 마찰계수를 보여주고 있으며 EDT재가 마찰계수가 작은 것을 알 수 있다. 여기서 특이한 사항은 통상 조도가 거칠 경우 가공성이 좋은 것으로 알고 있었으나 조도가 낮을수록 마찰계수가 낮아져 가공성이 좋아지는 현상이 나타나므로 국내 자동차사의 가공용 강판의 조도를 낮게 관리할 필요성이 있다고 할 수 있겠다. Table 5는 POSCO의 조도분류로서 자동차용 강판의 내판류에는 D5 (Ra : 1.0~1.8 μm), 외판류에는 D7((Ra : 0.7~1.3 μm)으로 주문되고 있으나 향후 가공용강판의 조도를 D7수준으로 공급할 때 최적의 가공성을 가질 것으로 판단된다. 그리고 EDT재의 경우 SBT재와 비교하여 마찰계수가 낮아 더 좋은 가공성을 보이므로 가공용 부품에는 이의 사용이 바람직하다.

Table 5 자동차용 POSCO 조도분류현황

구분	SBT		EDT	
	D5	D7	E5	E7
Ra (μm)	1.0~1.8	0.7~1.3	1.0~1.8	0.7~1.3

4. 자동차용 강판의 향후과제

자동차의 주변환경이 지금까지 철강재 제조기술에 많은 영향을 가져왔고, 앞으로도 소재품질의 향상과 신제품 개발의 필요성이 발생할 것이며 지금까지의 제조기술 변화와 철강사의 제조기술 수준을 고려할 때 철강재 생산에 있어서 다음과 같은 몇가지 분야로의 기술개발 및 품질향상이 있어야 할 것으로 결론지어 진다.

대기 환경오염 방지를 위한 차체 경량화부재로 고성형성을 갖는 고장력 냉연 및 표면처리강판의 개발 공급을 해야하며 일체화성형, Tailered Blanking, 액압성형법 및 고강도소재 가공기술 등의 자동차 가공기술의 발전에 부응하고 초고성형강판, 초고강도강판, 초광폭재와 같은 소재 제조기술

의 확충이 필요하다.

또, 자동차 문화의 발달로 차체외관 및 방청성의 중요성이 날로 증대하고 있으므로 고선영성강판, 유기피복강판 등의 제조기술을 확립하여 안정된 품질로 공급해야 하며, 그리고 자동차 제조 COST 절감을 위한 가공공정의 단축, 고속화, 자동화에 대응한 두께, 형상, 치수 및 재질편차가 적은 강판 제조기술의 지속적 개발이 요구된다.