

강스크랩의 현황과 그 발생원이 되는 강의 개발동향¹⁾

千田昭夫 *

(有)日下レアメタル 研究所

Existing State of Steel Scrap Blending for casting and Technological Trend

Akio Chida*

Kusaka Rare Metal Products Co., Ltd.

번역 : 최정철²⁾

1. 서 론

주철주조업계에 있어서 최근 수년만큼 변화가 큰 시기는 없었다. 크게 변화를 시작한 것은 아주 최근의 일로서, 글로벌화의 파도에 따른 것이다. 이것은 국내주조업에 있어 극히 중대한 변화라 말할 수 있다. 기술에 머무르지않고 기업의 해외이전의 동향도 강해서, 인화의 불안요소와 업계의 공동화현상이 진행되어, 꽤 위기에 처했다고 말할 수 있다.

일본의 주조산업은 기간산업에의 자재의 공급산업으로서 극히 중요한 역할을 담당하고 있다. 주조업이 극히 낮은 코스트의 주물제품을 유저에 공급하고 있는 것에서, 자동차나 공작기계가 국제경쟁력을 유지하고 있다고 할 수 있다.

주물에 대해서 보면, 버블시대의 연간 530만톤 규모의 생산량이 약 130만톤이나 감소한 현재에 대해서, 그 내용은 FC의 떨어짐이 크고, 닥타일주철은 그렇게 감소하지 않았다. 이것은 닥타일주철의 특수성에 기인하고 있다. 형상이 복잡하고 주조가

어려운 제품의 감소폭은 적다. 제조 용이한 단순형상에서는 재질적으로 문제가 없는 물건의 제조기술은 해외이전이 진행되어 있지만, 품질적으로 엄격하고 재질적으로 독특한 물건은 국내에서 만들어지고 있다.

주물용 강스크랩 사용량은 매우 많아서 그 가격은 경영에 큰 영향을 준다. 큰 유저인 전로메이커는 사용하고 있는 상급스크랩의 구입량을 늘리고 있다. 또, 고로메이커도 철강증산을 위한 상급 스크랩의 구입을 늘리고 있다. 또한 중국을 시작으로 하는 각 나라에로의 강스크랩수출도 증가하고 있어 금후 이들 나라의 철강의 신장에 의해서는, 일본의 강스크랩 사정도 영향을 받는다. 주물용에 적합한 강스크랩은 줄어들고 있으며, 그 질의 점에서도 문제가 많이 지적되고 있다. 강스크랩의 질적, 양적변화에 대응하면서 주물제품의 품질안정을 가능하게 하는 용해기술의 확립이 요구된다. Fig. 1에서는 국별 조강생산량의 추이를 나타내고 있는데, 중국의 생산량의 신장은 전례가 없을 정도이다.

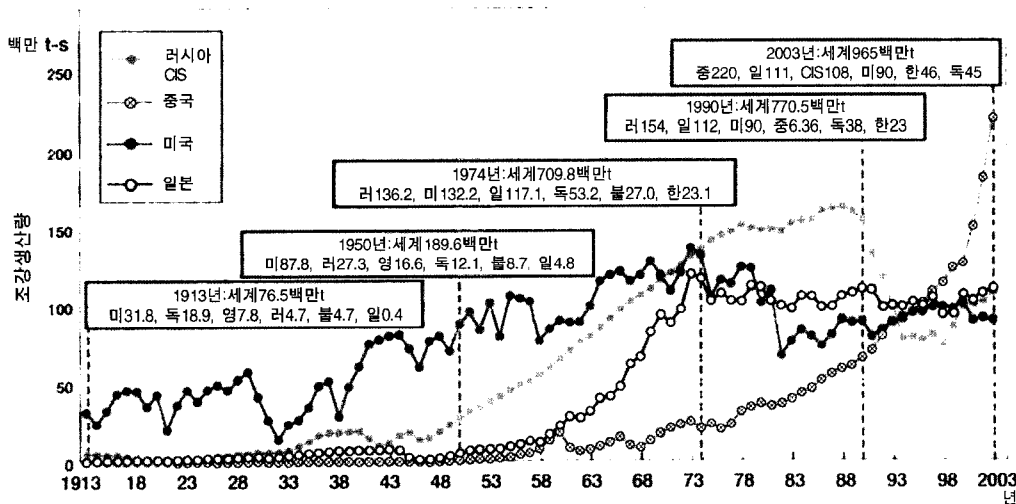


Fig. 1. 국가별 조강생산량의 추이

¹⁾ 일본 주조공학회지: 鑄造工學 제 79권(2007) 제8호 page 435~441에 게재된 자료임.

²⁾ 아주대학교 신소재공학전공(Materials Science and Eng., Ajou University)

Table 1. 각종 강재에의 합금첨가상황

		강 재	산업분야
①후강판	(a) 보통강	Al 킬드강 Mn 1.0% 이하가 많다	건축
	(b) 고장력강	Mn 0.7~1.6%첨가인 것이 많다 합금첨가 Cu, Ti, Ni, Cr, Nb, V, Mo, B	토목 등
②강 판	(a) 보통강	Al 킬드강 Mn 1.0% 이하가 많음	자동차 건축 기계 등
	(b) 고장력강	Mn 0.7~1.6% 첨가인 것이 많다 합금첨가 Cu, Ti, Ni, Cr, Nb, V, Mo, B	
③박강판	(a) 열연강판(2~10 mm)	보통강 Al 킬드강 Mn 1.0% 이하가 많음	자동차 산업기계 전기기계 등
		고장력강 Mn 0.7~2.0% 첨가인 것이 많음 합금첨가 Ti, Cr, Nb, V, Mo, B, Cu, Ni	
	(b) 냉연강판		
	(c) Zn 강판		
	(d) 캔용강판(<0.5 mm)	Sn 도금 Mn 0.25%정도, C, Si, P, S 는 미량 Cr 도금 위와 같음	음료캔 음식캔 등
④냉연강판	(a)연강판 (300 N/mm ² 급이하)	Al 킬드강 Mn 0.25% 정도 극저탄소강 C, N 저감	자동차 산업기계 전기기계 등
	(b) 고장력강 (400 N/mm ² 급이상)	극저탄소강 C, N 저감, Mn, P로 강화 Ti, Cr, Nb, B, 첨가	

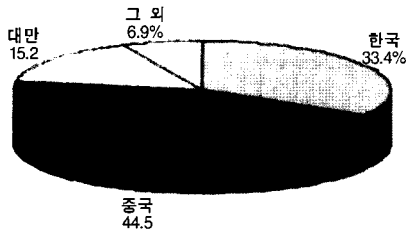


Fig. 2. 철스크랩의 수출처(2003년)

2. 철강스크랩의 가격변동요인

강스크랩의 가격변동이 کم에도 불구하고, 제품가격에의 전이가 진행하지 않으므로 유통단계에서의 리스크가 발생한다. 또, 메이커가 요구하는 품질에도 차가 있어, 통일된 규격도 없고, 가격의 척도가 되는 근거도 부족하고, 시황에 응한 매매규약이 적정하게 이행되지 않는다. 경제산업성의 '철강, 비철금속, 금속 제품통계월보'[1]를 보면 Fig. 2에 나타내는 바와 같이 철스크

랩의 수입은 극히 적고, 수출량은 매우 크다. 또, 철스크랩의 수출선(2003년)을 보면 중국이 압도적이다. 재무성의 '무역통계' (2003년)에서 보면 중국이 44.5%, 한국이 이것에 뒤따른다. 세계의 철스크랩소비량을 보면(2004년의 무역통계), 전기로 79%, 전로 16%가 되고 있으며, 그 외 자가발생 스크랩 23%, 가공스크랩 21%, 노폐스크랩 56%로 되어 있다. 그리고, (1) 자가발생스크랩은 바로 리사이클된다. (2) 가공스크랩은 비교적 빨리 리사이클된다. (3) 노폐스크랩은 철강이나 주철사용품의 수명이 다한 후에 리사이클이 된다. 北詰[3]에 따르면 2010년에는 발생 스크랩은 5000만톤 부족하다고 한다. Fig. 3은 가와구찌지역에 있어서 주물용 강스크랩의 가격의 변동을 나타낸다[4].

3. 각종 강재에의 합금첨가상황

주물용 강스크랩의 양적 균형에 더해서 강재용도의 확대에 동반하는 각종 합금원소의 주조품에 미치는 영향이 생각된다. Table 1에 각종강재에의 합금첨가상황에 대해서 생산분야별로

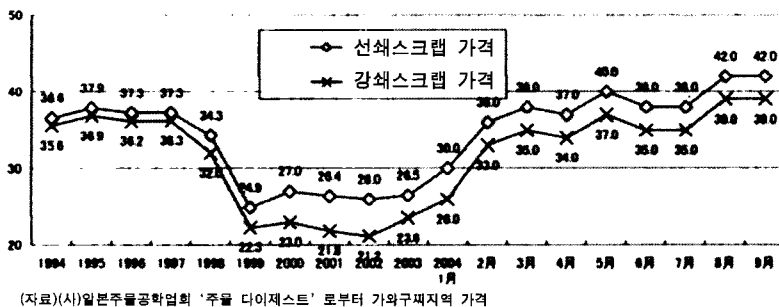


Fig. 3. 주물용 스크랩 가격의 추이

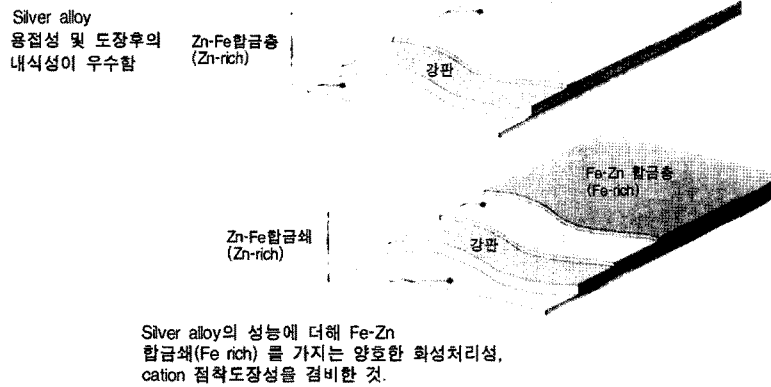


Fig. 4. Silver alloy 합금층

Table 2. 일반강재에 포함되는 합금원소와 그 양

강종	원소	주요 합금원소							
		Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B
고항장력강판 A		1.0/1.60	<0.30	<0.3	<0.30	<0.30	<0.06	<0.03	
" B		1.20/1.60	<0.50	0.30/150	0.30/0.80	0.30/0.60	0.05/0.06	<0.03	0.05
" C		0.80/2.00	<0.70	<2.00	<0.80	<0.80	<0.08	<0.02	<0.05
" D		1.20/1.50	0.30/0.40	0.30/1.30	0.3/0.70	0.30/0.50	0.05/0.08		<0.005
냉연강판		0.15/0.25	0.03/0.045	Al<0.055	N<0.008	O<0.055	그 외 첨가원소 있음		
열연강판		0.70/0.91	0.25/0.51		0.50/1.31	Ti0.15/0.31		Sb<0.16	
γ계 고항장력강판		<2.20	Si<2.20						
자동차용 deep drawing 강판		1.6/2.00	Si 0.50/1.00						
후단 강판		0.60/2.00	0.30/1.30	0.60/1.20	0.300.60	0.30/0.40	<0.10	<0.05	<0.005
내화건축구조용강		0.60/1.60	0.30/0.50	0.05/0.30	0.45/0.75	0.30/0.90			

Table 3. 종류 <JIS 규격 > JIS G 3302-1998 (발취)

냉연원판			
종류	규격번호	표시두께 mm	
일반용	SGCC	0.25이상 3.2이하	
drawing용	1종	SGCD1	0.40이상 2.3이하
	2종	SGCD2	0.40이상 2.3이하
	3종	SGCD3	0.60이상 2.3이하
구조용	340N	SGC340	0.25이상 3.2이하
	400N	SGC400	0.25이상 3.2이하
	440N	SGC440	0.25이상 3.2이하

열연원판			
종류	규격기호	표시두께 mm	
일반용	SGHC	1.6이상 6.0이하	
구조용	340N	SGH340	1.6이상 6.0이하
	400N	SGH400	1.6이상 6.0이하
	440N	SGH440	1.6이상 6.0이하

비고: 상기의 종류를 지정하는 경우 도금의 부착량 표시기호는 F04-F12를 적용함

1. SGCD3의 판 및 코일은 비시효성을 지정하는 경우 SGCD3N이라 함.
2. 상기 이외의 표시두께는 납품 담당자간 협정할 수 있음.
3. 상기 종류를 지정하는 경우, 도금의 부착량 표시기호는 F04-F12를 적용함. 단, 드로잉용 1종, 드로잉용 2종 및 드로잉용 3종은 F10, F12 및 F13을 적용할 수 없음.

横山이 분류하고 있다[5]. 또, Table 2에는 일반강재에 포함되는 합금원소와 그 양적범위를 나타낸다.

기계적기능재료개발의 동향에 대해서 사토[6]는 이하와 같이 분류하고 있다.

1. 강도(장력), 인성 : 초고장력강
 2. 비강도 : 금속간 화합물 복합재료
 3. 경도 거친마모 마찰 신평공강
 4. 강성 · 탄성 : 고응력스프링강
 5. 연성 · 소성 : 초소성강
 6. 쾌삭성 : 초쾌삭성
 7. 제진강 : 라미네이트형 제진강판
 8. 구조재용 신소재 : 특수스테인레스강판
 9. 형상기억성 : 형상기억합금
- 이를 기계적 기능재의 개발 동향에 따라 강재의 이용가능.



Fig. 5. 자동차에서의 봉강·선재부품

Table 4. 선재의 종류와 용도

구분	규격명칭	JIS	주된 용도
보통선재	연강선재	SWRM	못, 바늘, 호치키스용, 금망
특수선재		SWRH SWRS SUP	라이어로프, 비드와이어, 스포크 스틸코드, 교량용강선, PC강선 다리스프링, 마개스프링
BIC (Bar in Coil)	냉간압연용선재 저합금강선재	SWRCH SCM SGD SD	각종볼트, 너트, 기계부품 " " 마찰용 철근

선재(Wire Rods): 열간압연되어 균일상으로 감아진 강재.
선, 강선(Wires): 선재를 신선 등 냉간가공 열처리한 것.

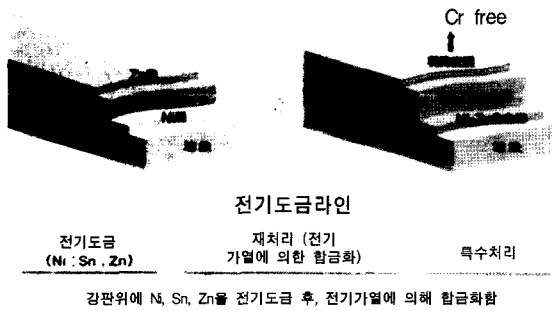


Fig. 6. 복잡한 전기도금라인



Fig. 7. 샤시를 구성하는 닛클(新日鐵 2006년 7월호) [8]

4. 표면처리강판

여기서는 표면처리강판 중에서도 양적인 관점에서부터 주로

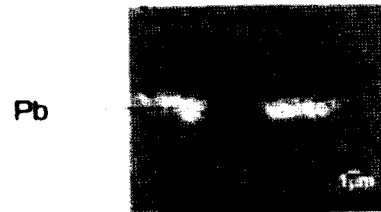


Fig. 8. μm 단위로 강에 녹아있는 Pb

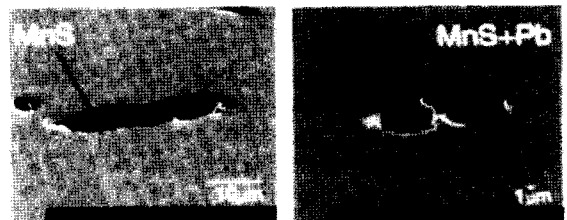


Fig. 9. 강중에 분산하는 Mn의 유화물

Zn피복강판에 대해서 서술한다. JIS-G-3302-1998에서, 냉연원판과 열연원판으로 나누어진다. 이 규격은 Table 3에 나타낸다. 냉연은 일반용, 드로잉용과 구조용에, 열연은 일반용과 구조용으로 나누어진다. 新日鐵[7]의 카다로그에 따르면, 실버아로이는 종래의 용융아연도금 강판보다 뛰어난 도장성과 용접성을 구비하고 있어, 자동차, 전기기구, 건재에 사용되고 있지만, 잘 구할 수 없는 강이다. 실버아로이는 Fig. 4에 나타내는 철-아연의 합금스크랩을 구성하고 있다.

5. 봉강, 선재

타이어용 스틸코어나 피아노선, 낚시 줄 등의 극세의 선재로부터, 다리의 케이블, 전신주, 구조물의 보강재, 스프링, 볼트, 너트 등, 다양한 모양의 반제품으로 제공되고 있다. Table 4에 선재의 종류와 용도를 나타내고, Fig. 5에는 자동차에서의 봉강, 선재부품을 나타낸다.

Table 5. 고강도강의 Mn 양 수치

강 종	Mn 량 레벨
290 MPa강(30 kg강, 연강)	0.2%
440 MPa (45 kg강)	0.7%
580 MPa (60 kg강)	1.6%
780 MPa (80 kg강)	2.0%
980 MPa (100 kg강)	2.2%

Mn량의 증가

* 이외에 Ti, Cr, V 등도 증가함.

6. 비연 패삭강

현재, 세계적으로 연이나 육가크롬 등의 유해화학물질의 사용 규제가 계속 강화되고 있다. (RoHS 지령). 전자부품에서는 연프 리환경대응형 전자부품용 강판(Ni, Sn, Zn)에서 에코트리오로 된 상품도 나오고 있다. 그러나, 도금의 구성은 Fig. 6과 같이 전기도금라인이 복잡하게 된다. 자동차부품에 사용되는 특수강에서는, 차체를 지탱해 타는 느낌을 좋게 하는 샷시나 유압용의 부품에 사용되는 기계구조용의 봉강제품에 미량이지만 일부 Pb가 함유되어 있는 것이 있다. 샷시는 기계구조용부품이기 때문에, 고강도이면서 절삭성 등의 가공성이 요구되어져서, 부드럽고 녹기 쉬운 Pb가 활용되어 왔다. 구주에서는, 인체에 유해한 Pb는 자동차의 배터리나 전기부품등에 규격이 걸려 있지만, 이 강재의 개발, 제조는 실현되지 않는 것이 현상이다. Fig. 7은 현가장치의 중요부품인 너클이다. 비연패삭강을 개발한 신인철에서는 Pb(Fig. 8에 나타낸다)에 대신해서, Fig. 9에 나타내

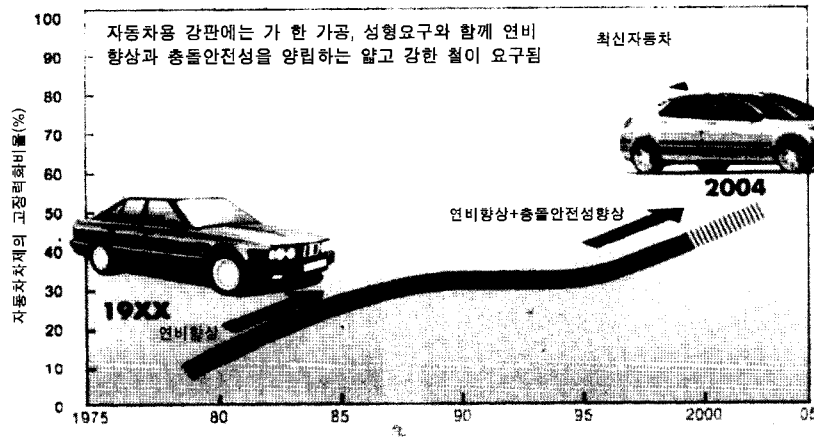


Fig. 10. 진화하는 자동차용 강판

Table 6. 고장력화에 따라 증가하는 원소가 주철에 미치는 영향

주철영향		P	Mn	Ti	Cr	V	Nb	Mo	Cu
흑연형상	FC		○	공정	○	○		○	
	FCD	○	○	×	○	○		○	○
흑연화	FC	○	×	○×	×	×	×	×	○
	FCD		×	○	×	×	×	×	○
페라이트	FC		○		○	○		○	○
	FCD		○						○
기계적 성질	FC					○			○
	FCDF	×							×
	FCD	×							
기포	FC			×					
	FCD								
수축공	FC	×			×	×	×	○×	×
	FCD								
탕 흐름	FC	○			○	×	×	○	○×
	FCD								

주철영향: ○:양호함 ×:불량 ○×:함유량에 따라 다름
출전 후지가와 등:주물기술강연회 텍스트(2000년 9월 20일) 일본주조공학회 동해지부 p.48에서.

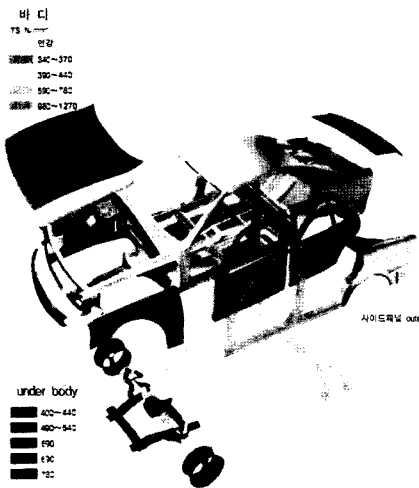


Fig. 11. 고장력화가 진행되는 자동차용 강판

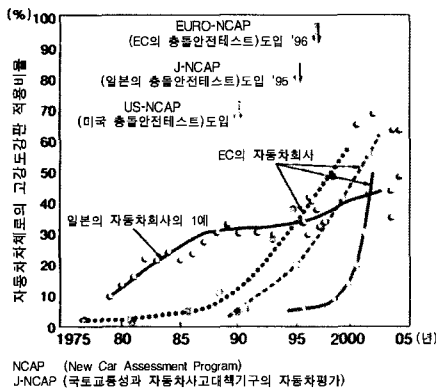


Fig. 12. 자동차체로의 고장력강의 사용비율추이

Table 7. 봉소의 혼입원과 그 분석 예 (B가 많은 것)

종류	고장력재	강재SS	단조scrap	철통
분석치(PPm)	25	30	23	340
종류	B처리 전주쇄	Fe-Si	scrap SS	
분석치(PPm)	390	140	3~10	

는 망간의 유화물을 베이스로 미량원소의 미세분산기술을 확립했다.

7. 강재의 고장력화와 강스크랩오염의 동향

자동차가 현재 포함하고 있는 재료의 과제로서, (1) 지구환경 대응과 연비저감을 실현하기 위한 경량화 (2) 충돌안전성 대응이 생각되어진다. 강판의 고강도화와 그 사용비율의 증가로부터 강판의 고장력화가 필요하게 되었다. 고강도강판의 사용비율의 추이는 Fig. 10에 나타낸다. 또, 자동차에 사용되고 있는 고장력강판, 고강도부재는 Fig. 11에 예시되고 있다. Fig. 12에 보는 바와 같이 자동차차체에 고장력강의 사용비율추이는 해마다 증가의 경향이다. 강재의 Mn량레벨은 Table 5와 같은 것이다.

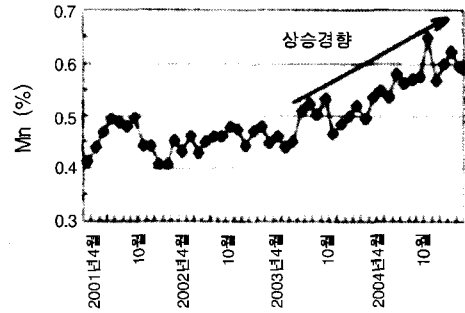


Fig. 13. Slab 평균 Mn 농도추이(A제철소)

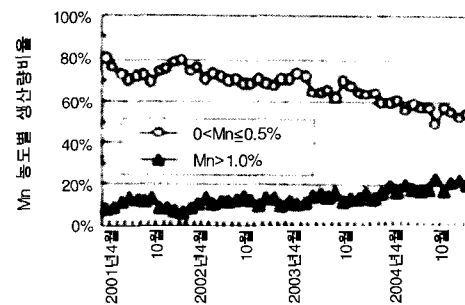


Fig. 14. Slab의 Mn 농도별 생산량비율의 추이(A제철소)

(1) 강재의 평균 Mn 농도의 상승 및 고Mn 강재의 생산량 비율의 증가가 확실히 진행(고장력화 진전).
 (2) 이 때문에 강재의 Mn 농도는 상승하고 고Mn 강재의 발생량증가는 필연적.

강재의 고장력화는 금후 더욱 진전할 것은 확실하며 강재의 고Mn화는 불가피.

고장력화에 동반하는 증가하는 원소가 주철에 미치는 영향에 대해서 Table 6에 나타낸다. 강판의 고장력화에 이용되는 원소가 주물에 대해서는 바람직하지 않은 경우가 많다. 다량의 고장력 가공스크랩이 시중에 돌아다니지만, 합금원소가 적은 강판만을 분류회수하는 것은 곤란하다. 강재의 고장력화는 금후 더욱 진전할 것은 확실하여 Fig. 13과 14의 Mn 농도별 생산량 비율을 보아도 알 수 있다. 강스크랩오염에의 대응책으로서 저Mn 주물선으로 바꾸거나, 또 고순도주물선의 활용도 생각해야만 할 것이다. 금후도 주물용에 사용가능한 양질강스크랩의 입수가 꽤 어렵게 된다. 강판가공스크랩의 불순물(Mn, Cr, V, Ti 등) 함유량이 근년 증가하고 있으므로, 이것에 효과적으로 대응하는 주물선도 필요하게 되지 않을까.

8. B, Sn의 영향

B가 주철에 0.0010%(10 ppm)들어있는 것으로 흑연의 주변에 웨라이트가 나온다. 황소는 웨라이트의 생성에 따라 경도는 급격하게 떨어진다. Table 7에 B가 많은 강스크랩의 분석예를 나타낸다. 일반적으로는 B에 따른 경도저하를 방지하기 위해,

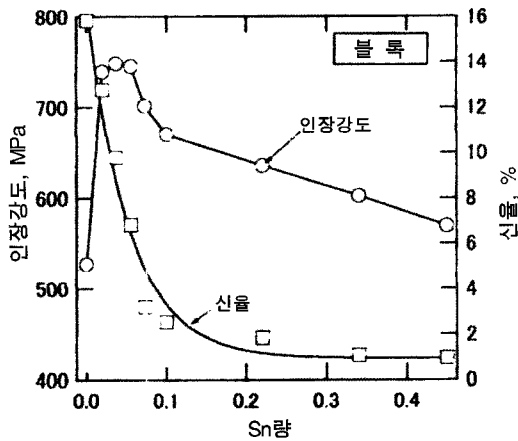


Fig. 15. Sn량과 인장강도 및 신율의 관계

퍼라이트화원소인 Sn이 첨가되고 있다. Sn첨가에 따른 기계적 성질의 변화를 Fig. 15에 나타낸다. 산화물을 첨가함에 따라, B가 제거되어, B와 함께 Mn도 제거된다.

9. 특수처리된 강

표면처리한 도금강판 중에 Zn 11%, Al 13%, Mg 0.2%로 만들어진 용융아연도금강판이 개발되어있다. 이 예로서 슈퍼다이머(신일철)이 있는데 Zn, Al에는 요주의가 있으며, 더욱 변태 유기초소성형 고장력의 실용화에 따른 경질 결정격자(마르텐사이트)로 강도와 신율을 양립시킨 강재까지 나타나있다. 이것들에 포함된 원소에의 주의도 필요할 것이다.

10. 결론에 덧붙여서

철스크랩이 점점 감소하고 있다고 말해지고 있는 중에 강재에 포함되어있는 각종합금원소의 특성을 알아보면서 그 내용을

어떻게 처리해야만 할 것인가에 대해서 서술했다. 강재는 주로 자동차, 공장기계에 있어서 좌우되는 현상에서는 Mn, P는 피할수 없다. Sn의 외에 Ti, Cr, B, Cu, Mo, Ni, B, Nb 등의 금후 증가하는 경향은 피할 수 없을 것이다. 당면의 대응책으로서 사토[5]나 요코야마[6]가 서술한 바와 같이

- (1) 고순도재에 따른 용선의 회석
 - (2) 오염원소를 적극적으로 산화제거한다.
 - (3) 용해프로세스의 선택
 - (4) 주물용선철의 흑연화효과의 활용
 - (5) 저 Mn의 주물선을 활용한다.
- 을 생각해야만 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 經濟産業省 ; 鉄鋼, 非鉄金屬, 金屬製品統計月報 (2004年)
- [2] 財務省 ; 貿易統計 (2003年)
- [3] 北詰一隆 ; 鉄鋼・鋼屑の需給動向
- [4] (社)日本鑄物工業会 ; 「鑄物ダイジェスト」 (2004年9月)
- [5] 横山隆広 ; 鋼材のハイテン化および Mn・微量元素の動向について
- [6] 佐藤兼弘 ; 鑄鉄鑄物用原材料の質的動向と技術的対応策
- [7] 新日鐵カタログ ; (2004年10月)
- [8] しんにつてつ ; (2006年3月, 5月, 7月)
- [9] 菅野利猛 ; 鉛・亜鉛・ほう素が鑄鉄性狀におよぼす影響と除去方法及び対策
- [10] スーパーダイマー ; 新日鐵スーパーダイマカタログ (2006年2月)

注 : 4), 5), 6) は日本ダクタイル協会パネルディスカッション(2005年11月30日)の発表から.