

# 단조용 특수강 제조 공정 및 강종

## 이 용 회 장 병 록

기아특수강 금속기술연구소

### 1. 서언

최근 국내 경기의 회복추세를 반영하듯 철강수요가 다소 증가하고 있다. 특히 자동차 산업을 비롯한 산업기계, 건설 중장비 등 소재수요산업이 생산을 주도하고 있어 당사도 생산량이 점차 늘고 있다. 특수강은 자동차산업, 산업기계, 중장비 및 구조용 재료로 사용되는 것으로서 그 역할이 중요한 소재이다.

한편 단조관련산업의 발전은 모든 산업의 근간 중에 하나로 판단된다. 생산기술의 발달정도가 최종제품인 자동차, 산업기계, 중장비 등의 성능과 경쟁력을 좌우한다 하여도 과언이 아니다. 그동안 많은 변화에 적응하고 지속적인 발전과 노력이 이 기술에 집중되고 있다.

우리가 작은 단조품 하나를 만드는데 필요한 공정을 보더라도 놀라지 않을 수 없다. 소재 maker에서 용해 - 정련 - 진공 - 응고 - 재가열 - 압연 또는 단조 - 봉재 또는 각재 등 - 각종 화학적 물리적 기계적 성질의 평가와 보증이 이루어지며, 단조업체에서는 일정 길이로 절단 - 가열 - 단조 - 열처리 - 가공 - 표면처리 - 검사 등으로 이루어지고 최종 조립 - 장착 등 최종 소비자에 이르기까지 수십 공정을 거치게 된다.

금번 단조심포지엄은 철강소재 및 비철강소재를 이용한 단조 전반에 관한 의미 있는 모임이라 여겨집니다. 따라서 본고에서는 단조용으로 사용되는 특수강소재의 제조공정과 그 강종을 알기 쉽게 설명하고자 한다.

### 2. 특수강의 제조공정

단조용 재료라고 해서 모두 특별한 공정으로 제조되는 것은 아니나 강종 및 용도에 따라서 각 단계의 공정 난이도와 공정의 배열이 달라지게 된다. 모든 기준은 당사를 기본 모델로 하여 특수강의 제조공정을 간략히 설명하기로 한다. 그러나 제조사 별로 차이는 다소 있으나 근본적인 차이는 없다고 보아도 될 것이다.

#### 2-1. 제강 (전기로 maker)

특수강제조에 있어서 제강공정은 강재의 특성과 품질을 결정하는데 가장 기초가 되는 공정으로서 용해, 정련, 응고 공정을 말한다. 이중 특히 정련기술은 강종의 불순물, 가스 및 비금속개재물의 제거, 성분 및 온도 균일화를 통하여 특수강의 요구 품질특성을 충족시키는 중요한 공정이다. 당사에서는 EBT Type 60Ton 전기로, LHF, VD공정을 이용하여 일반구조용 탄소강에서부터 고합금강에 이르기까지 고품질의 특수강을 생산하고 있다. 그림1은 고탄소계 합금강의 제강정련조업의 일례를 나타내고 있다.

scrap CaO 소괴탄		O <sub>2</sub> & C 취입	Alloys, Al CaO Premelted Flux	CaO, Premelted Flux Alloy	Alloys (최종 합금성분 및 온도제어)
charging	melt down	Oxidizing	Tap	Ar교반	(Ar교반)
EAF				LHF	VD

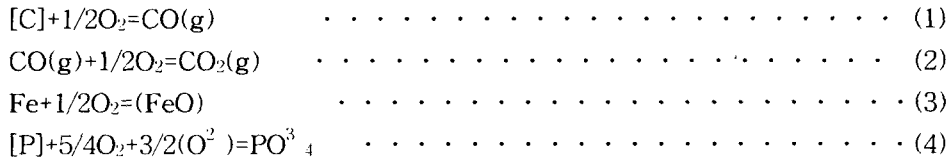
그림 1. 고탄소계 합금강의 전기로 및 2차정련 조업의 일례

1) 전기로 조업 및 정련

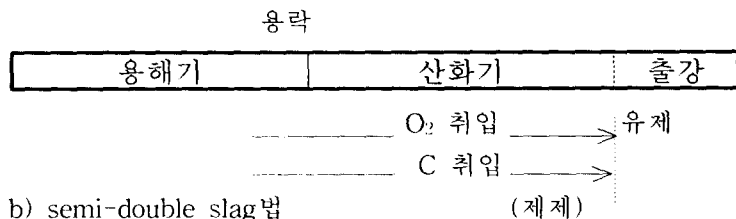
전기아크로의 정련공정은 용해기, 산화기, 환원기로 분류되고 있으며 노외정련(2차정련)의 보급에 따라 전기로 환원기가 단축 또는 생략되고 있다. 그림2는 전기로 조업의 3가지 정련형태를 나타낸다. 특히 이러한 정련공정은 2차정련의 조건, 제조 강종의 요구품질수준 등에 따라 각각 적용 방법을 달리하게 된다.

산소와 O<sub>2</sub> 취입에 따른 제강반응

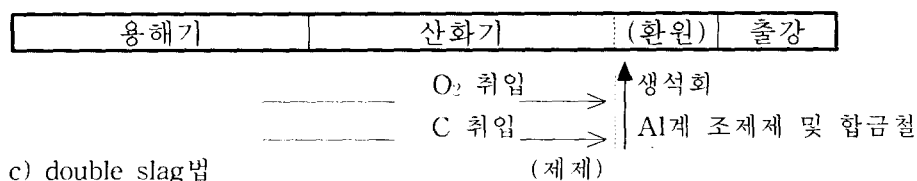
전기로 초기에 산소취입으로 발생하는 용강 산화반응은 아래 식(1)~(3)이 주된 반응이며 이때 용락카본의 탈탄, 용강의 산화, 탈인작업등이 이루어진다. 여기서 탈인작업은 후공정에서 탈인작업이 어렵기 때문에 전기로에서의 탈인은 매우 중요한 작업이다. 즉 전기로초기에 소괴탄과 생석회를 장입하고 산소를 사용한다. 이는 탈인이 저온, 고염기도, 카본농도가 높을 때 산소를 취입하면 식(4)와 같은 산화 탈인반응을 하는데 유리하여 저P함량의 강종을 생산하는데 중요한 작업이다.



a) single slag법



b) semi-double slag법



c) double slag법

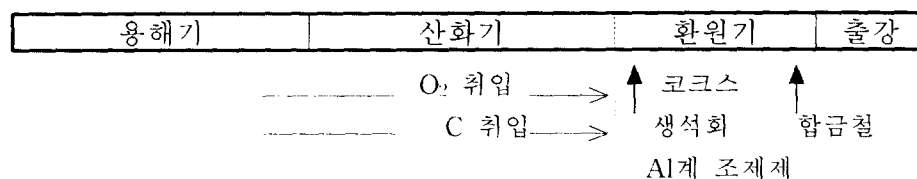
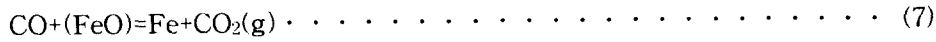
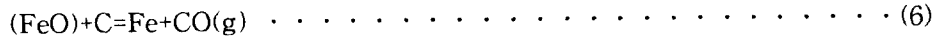
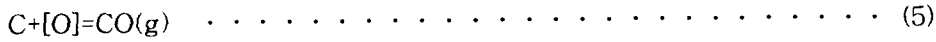


그림 2. 전기로에서의 다양한 정련형태

용락기 산소취입이 끝나면 용락카본확인후에 분탄취입이 진행된다. 분탄취입에 따른 주요반응은 식 (5)~(7)과 같다. 즉 분탄을 취입하면 용강중의 산소를 카본과 반응시켜 산소농도를 낮출수 있으며, 손실된 용락카본의 회복과 슬래그중에 FeO는 용강으로 환원되며 또한 이때 발생하는 반응열을 얻기 위한 중요한 작업이다.



## 2) 노외정련(LHF) 및 진공탈가스(VD)

노외정련이란 1차적으로 전기로 또는 전로에서 용해 및 조정련한 용강을 Ladle에 출강하여 별도의 정련설비를 이용하여 용강을 Ladle내에서 정련하는 방법을 말한다. 당사에서는 고품질의 용강을 정련하기 위하여 전기로에서 수장된 용강을 LHF 및 VD를 통한 복합 정련Process를 실시하고 있다.

특히 LHF에서는 무산화분위기, 가열, 강화원성 염기성 Slag, Ar교반 등을 통하여 산소, 유황, 비금속개재물의 함량을 저감하여 고품질의 제품을 생산하는데 필수적인 공정이다. VD에서는 고진공하에서 Ar교반과 함께 용강중에 잔존하는 유해가스(H<sub>2</sub>,N<sub>2</sub>,O<sub>2</sub>)를 제거하고 최종합금성분을 제어하는 공정이다. 표1은 이와 같은 정련조업이 강의 품질에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

표 1. 노외정련법이 강의 품질에 미치는 영향

정련조업방법		정련효과	강의 품질에 미치는 영향
LHF + VD	가열	1. 산화물 및 유화물계 개재물 저감 및 미세화 2. H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> 저감 3. 성분편석 최소화 4. 합금성분 정밀제어	강의 청정도 향상 ↓ 1. 강의 내외부 품질 향상 (내부크랙 및 표면크랙감소) 2. 기계적성질향상 (충격인성, 피로강도향상등)
	무산화 분위기		
	강화원성 Slag조성		
	Ar교반		
	합금성분제어		
	진공처리		

### 2-2. 연주조업

연속주조법은 종래의 Ingot casting법에 비해 생산원가저하, 고수율, 고생산성 등 많은 잇점을 갖고 있기 때문에 대부분의 철강회사에서 채택되고 있다. 연주공정의 도입과 함께 그에 따른 많은 기술개발은 제품의 품질안정화는 물론 연주생산 강종은 다양화 되고 있는 추세이다. 그러나 조피에서와 마찬가지로 연주에서도 여전히 많은 야금학적 인자에 의해 발생하는 내외부 품질은 철강제조업자에게는 계속적인 연구대상이 되고 있다.

당사에서는 이미 1992년에 대만면 Bloom연주

표 2. 연주기의 설비개요

항 목	사 양	
연주기의 형식	만곡형연주기	
Bloom Size	370×480mm	
Strand수	2	
인주속도	max. 0.8m/min	
Tundish	용량	20ton
	용강level	1000mm
Strand길이	38.5m	
Mold 길이	700mm	
Mold Oscillation	Frequency	25~250 OSC./mm
	Level Control	Eddy Current Type
	EMS	M-EMS, S-EMS

기를 도입하여 현재 탄소강, 저합금강, 고합금강에 이르기까지 연주화를 개발하여 생산하고 있으며 이와 함께 제품의 내외부품질을 향상하는데 주력하여 왔다.

### 2-3. 압연

압연(열간가공)은 주편(bloom, ingot)의 주조조직을 파괴하고 일부 거시편석을 해소함으로써 건전한 내외부를 확보함으로써 특수강으로서의 기본 특성을 확보하는 중요한 단계이다.

압연은 롤(roll)사이에 소재를 통과시켜 원하는 형상 크기로 소성변형시키는 가공방법이다. 소재는 롤의 압하작용으로 높은 압축응력을 받게 되고 롤과 소재 사이의 마찰로 표면전단응력을 받게 된다. 이 마찰력 때문에 소재가 롤사이로 끌려 들어가고 전단응력으로 소성변형을 일으키게 된다. 열간압연은 강의 고온특성 (고온강도, 온도민감도, 압연속도, 변형능, 상변태, 탄질화물거동, 결정립, 산화환원 등)에 따라 적절한 공정설계를 필요로 한다. 압연은 연주bloom, ingot, 연주billet의 소재를 사용할 수 있으며 다음과 같은 공정으로 이루어진다. (그림 3)

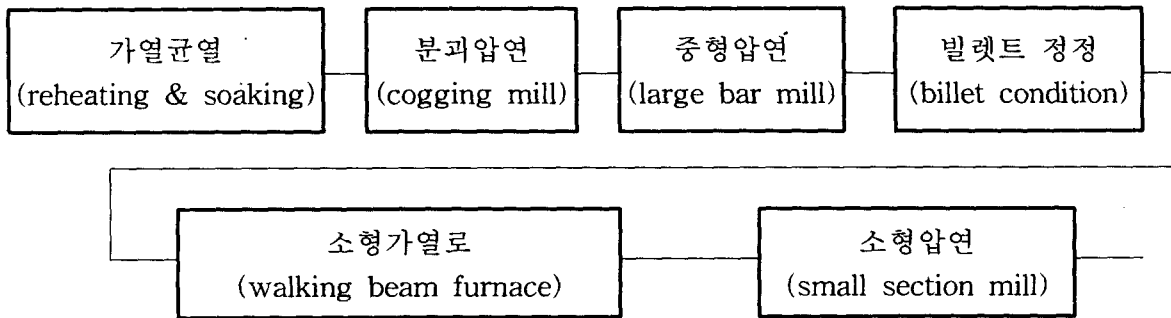


그림 3. 압연공정도

#### 1) 가열균열 (reheating & soaking)

연주 bloom 열간 또는 냉간으로 walking beam furnace에 장입하여 연속적으로 가열한다. 강종에 따라 분괴압연에 적합한 특정온도에서 강편 전체가 균일한 온도 분포를 갖도록 유지하여야 한다.

- Walking Beam Furnace / Soaking Pit Furnace

#### 2) 분괴압연 (2단가열식)

분괴압연은 walking beam furnace 및 soaking pit에서 이송된 강편을 최적 pass schedule로 주조조직을 파괴하여 치밀한 조직을 갖게 하고 내부를 압착시킴으로서 정해진 중간재 또는 billet로 압연한다.

#### 3) 중형압연 (2단가열식)

2단가열식 중형압연기는 분괴압연에서 얻어진 중간재와 billet를 각각 제품 ( 제품size : Ø80-220, □85-180)과 소형압연용 billet로 압연한다.

#### 4) V-H 압연 (closed top stand, 4 strand)

분괴 또는 중형압연 소재를 제품으로 압연한다. 안정적인 생산을 위해서 소재의 온도는 탄소강계 - 950℃ 이상, 공구강 및 고합금강 - 1000℃ 이상 이어야 한다.

- 제품size :  $\varnothing 50-60$ ,  $\square 65-155$ ,  $=19-75^L \times 205-455^W$

#### 5) 빌렛정정

빌렛정정공정은 소형압연재의 품질을 좌우하는 매우 중요한 공정으로 shot blasting machine, MT machine, UT machine, grinding machine, 및 yoke type MT machine, regrinding machine, cut off machine 과 각종 crane, table 로 구성되어 있다. 빌렛정정의 설비의 개요와 소재의 흐름은 다음과 같다.

- shot blasting machine : 빌렛 표면의 산화스케일 등의 이물질제거
- coil type surface inspection : transversal defects 검출
- axial type surface inspection : longitudinal defects 검출
- ultrasonic inspection : 내부결함 검출
- grinding machine : 표면결함 제거 (과도한 grinding은 결함을 발생시킬 수 있음)
- regrinding machine
- cut off machine

#### 6) 소형 가열로(Walking Beam Furnace)

압연 빌렛트는 소형압연에 적합한 온도로 일정 시간동안 가열 유지하여야 한다.

#### 7) 소형압연 (small section mill)

소형압연은 WBF에서 가열된 빌렛트를 최적의 pass schedule로 일반압연, 노말라이징제어압연, 가공열처리제어압연, 직접냉각제어압연, 오오스테나이트퀵칭제어압연 등을 통해 봉강, 평철, bar in coil, wire rod 제품을 생산하는 공정이다. 생산기간에는 압연기를 비롯한 모든 부대설비에 대한 완벽한 청결도가 요구된다. 제품의 형상과 크기는  $\varnothing 16 \sim 80\text{mm}$  소형봉강,  $8 \sim 15^L \times 50 \sim 100^W$  평철,  $\varnothing 16 \sim 45 \text{ mm}$  bar-in-coil 이다.

- 조압연(roughing mill) : 공형을 갖춘 수평 및 수직 압연기의 조합으로 구성된 시스템으로  $\square 155$  billet를 round의 중간재로 만든다.
- 중간압연(intermediate mill) : 조압연재된 소재는 rotating shear로 선단과 후단을 절단하고 descaler box를 통과하여 공형을 갖춘 수평 및 수직 압연기의 조합으로 구성으로 oval - round로 중간압연에서 round가 얻어진다.
- 마무리압연(finishing mill) : 기능은 중간압연과 동일하며 size만 작아진다.
- 정밀압연(sizing mill) : precision rolling and free sizing rolling

### 2-4. 정정, 열처리, 2차가공

압연에서 얻어진 소재는 수요자의 요구특성에 맞는 기본적 성질을 보유하게 된다. 같은 강종에서도 수요자의 요구에 따라 다양한 열처리와 2차가공으로 최종 물성과 표면상태 등에서 포장까지 다양한 공정으로 거치게 된다. 이들 정정, 열처리, 2차가공 공정이 단독 또는 조합하여 거치게 되면 비로서 특수강의 성질을 갖게 되는 것이다. 이로서 특수강 maker의 공정은 종료가 된 것이다.

### 3. 단조용 소재

구조용 부품, 기계부품, 공구 등을 제작하는 데는 그 용도에 가장 적합한 재료를 선택하는 것이 매우 중요하다. 특히 강재는 사용목적에 따라 각종 치수·형상·재질 등이 규격화되어 있어 자유로이 선정할 수 있어서 대단히 편리하다.

강에는 여러 가지 특성을 갖고 있어서 그 특성을 유효하게 활용하면 경제적으로도 신뢰도가 높은 제품을 제조하는 가능하다. 그러나 그것의 취급이나 선택을 잘못하면 경제적으로도 부품의 신뢰도가 떨어지는 것을 물론 위험한 결과를 초래할 수 있다. 따라서 여러 가지 충분한 지식을 갖춘 상태에서 재료를 선택·취급할 필요가 있다.

#### 3-1. 기계구조용 탄소강

기계구조용 부품에서 약 50kg/mm<sup>2</sup> 이상의 인장강도를 필요로 하는 것에는 일반적으로 조질한 기계구조용 탄소강 또는 합금강이 사용된다. 수요가에서는 부품의 설계에 있어 다수의 강종에서 강도를 기준으로 그 부품의 사용조건에 적합한 소재를 선택하여 그 경제성을 가미하여 가장 적합한 재료를 선택하는 것이지만, 강도를 기준으로 재료를 선택하는 경우, 부품의 치수에 따라 KS 나 JIS에서 구해진 기계적 성질 data 는 직접사용하는 경우가 많아서 주의가 필요하다. KS(JIS)의 구조용탄소강(참고치) 및 합금강으로 규정되어있는 기계적 성질은 25mm $\phi$ 의 표준공시재에 소정의 열처리를 행하였을 때 보증되는 값이다. 바꾸어 말하자면 강재실험에 의한 것으로서 특히 직경이 25mm 이상의 부품으로서 강도의 절대치를 운운하는 경우는 어디까지나 참고자료에 지나지 않는다. 열처리 치수가 변화와 그의 질량효과에 의해 소입의 정도도 변하며, 얻어지는 기계적 성질도 크게 변화하는 것이 있다. 그러므로 질량효과에 의해서는 탄소강에 대한 JIS 해설을 참조하라. 또 미국 군용구매사양서(MIL) 및 독일(DIN)등에서는 수종의 강에서 기계적 성질을 치수별 규정되어있는 예가 있다. 그래서 이것을 추정하는 방법으로 수 강종 중에서 더욱 인성 연성을 기준으로 강종을 선택하는 경우에는 JIS 시험법에 따라서 동일조건에서도 행한 기계시험의 결과가 대단히 역전되는 것이 된다. JIS에 규정되어있는 것은 대표적인, 열처리조건과 그 기계적성질의 한도를 나타내는 것도, 목적에 따라 예를 들면 상이한 기계적 성질로서 사용되는 것도 가능하다. 그 경우, 사용강종의 Jominy곡선을 이용하는 것이 좋다. 또 표 3에는 중탄소강의 열처리상태에서의 표준적인 기계적 성질을 나타냈다. 기계구조용 탄소강은 기계적 성질에 따라서 일반적으로 널리 사용되지만 표 4에는 냉간단조로서 자동차의 부품으로 사용되는 예를 표시하였다.

표 3. 중탄소강의 소입소려상태의 표준 기계적 성질

JIS기호	소입 (°C, 수냉)	소려 (°C, 급냉)	항복점 (kg/mm <sup>2</sup> )	인장강도 (kg/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)	단면감소 율(%)	충격값 (kgm/cm <sup>2</sup> )	경도 (HB)	유효직경 (mm)
S 28 C S 30 C	850~900	550~650	34 이상	55 이상	23 이상	57 이상	11 이상	152~212	30
S 33 C S 35 C	840~890	550~650	40 이상	58 이상	22 이상	55 이상	10 이상	167~235	32
S 38 C S 40 C	830~880	550~650	45 이상	62 이상	20 이상	50 이상	9 이상	179~255	35
S 43 C S 45 C	820~870	550~650	50 이상	70 이상	17 이상	45 이상	8 이상	201~269	37
S 48 C S 50 C	810~860	550~650	55 이상	75 이상	15 이상	40 이상	7 이상	212~277	40

표 4. 냉간단조용 탄소강의 종류 예

소분류	강종(JIS,SAE,AISI)	비고	
저탄소강	기계구조용 탄소강	S10C, S12C, S15C, S17C, S20C, S22C	1. 가공이 용이하여 사용량이 많음. 2. 압출가공용이, 가공전의 인장강도 28~50kg/mm <sup>2</sup> 3. 피삭성 개선을 위해 S를 첨가하는 경우도 있다. 4. 가공도가 높아 가공이 어려운 경우 소둔을 한다. 5. 압출후의 항복점은 50~87.5kg/mm <sup>2</sup> 6. 가공후 침탄소입이 필요한 것도 있다.
	SAE, AISI강	1008, 1010, 1012, 1015, 1016, 1018, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023	
	S 래삭강	SUM11, SUM12	
	SAE, AISI강	1106, 1110	
중탄소강	기계구조용 탄소강	S25C, S28C, S30C, S33C, S35C, S38C	1. 압출가공이 다소 곤라함. 2. 일반적으로 압출가공전에 구상화소둔을 하는 것이 필요하다. 3. 압출후의 항복점은 약 110kg/mm <sup>2</sup>
	SAE, AISI강	1024, 1027, 1030, 1033, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1037, 1041, 1042, 1045, 1335	

### 3-2. 소입성보증강 (H강)

단조용 소재로서 가장 중요한 특수강은 소입성 보증강이라고 할 수 있다. 단조후의 각종 열처리로 신뢰도가 확보되는 고품질의 제품을 생산할 수 있게 된다. JIS G4052에 소입성을 보증하는 구조용강재(H강) 이 규정되어 있으며, 그 강종은 표 5에 나타내었다. H강에 있어서는 각각의 화학성분에 따라서도 소입성을 중요시하는 입장에 따라 JIS에 있어서는 C는 0.01~0.02%, Mn, Ni 및 Cr은 각각 0.05%정도 기본 강종보다도 성분범위가 확대된다.

표 5. 소입성을 보증하는 강재(H강)의 화학성분 예

기호	화 학 성 분 (%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SMn431H	0.29~0.36	0.15~0.35	1.15~1.55	0.030이하	0.030이하	-	-	-
SMn420H	0.16~0.23	0.15~0.35	1.15~1.55	0.030이하	0.030이하	-	-	-
SMnC443H	0.39~0.46	0.15~0.35	1.30~1.70	0.030이하	0.030이하	-	0.35~0.70	-
SMnC420H	0.16~0.23	0.15~0.35	1.15~1.70	0.030이하	0.030이하	-	0.35~0.70	-
SCr435H	0.32~0.39	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	-
SCr440H	0.37~0.44	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	-
SCr415H	0.12~0.18	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	-
SCr420H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	-
SCM435H	0.32~0.39	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM440H	0.37~0.44	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM415H	0.12~0.18	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM418H	0.15~0.21	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM420H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM822H	0.19~0.25	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030이하	0.030이하	-	0.85~1.25	0.35~0.45
SNC631H	0.26~0.35	0.15~0.35	0.30~0.70	0.030이하	0.030이하	2.45~3.00	0.55~1.05	-
SNC415H	0.11~0.18	0.15~0.35	0.30~0.70	0.030이하	0.030이하	1.95~2.50	0.20~0.55	-
SNC815H	0.11~0.18	0.15~0.35	0.30~0.70	0.030이하	0.030이하	2.95~3.50	0.65~1.05	-
SNCM420H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.40~0.70	0.030이하	0.030이하	1.55~2.00	0.35~0.65	0.15~0.30

- 비고
1. 불순물로서 Cu 0.30% 이하
  2. Ni-Cr강강재 및 Ni-Cr-Mo강강재이외의 강종은 불순물로서 Ni 0.25% 이하
  3. Aln강강재의 Cr은 0.35% 이하

### 3-3. 내피로강도가 필요한 경우의 강종 선택

각종 기계적 부품에서는 요구특성을 기초로 ① 설계 ② 강종선정 ③ 열처리 ④ 표면상황·가공방법 ⑤ 사용조건 등을 충분히 고려하여 제조가 행하여진다. 그러나 최근에는 여러 부품에 대응하는 요구는 고도화, 소형화, 수명연장의 방향으로 이루어지고 있으며, 이 때문에 재료선정, 열처리에 대한 요구가 엄밀하게 된다.

1) 샤프트 : 샤프트는 타 부품과 조합하여 회전에 의해 동력을 전달하는 것으로 피로강도는 중요한 인자가 된다. 이들의 부품에는 기어, 풀리, 축수 등이 붙어있는 경우가 많다. 재질적으로는 탄소강 단강품에서 구조용탄소강, Cr-Mo강, Ni-Cr-Mo강 등 폭넓게 사용되지만, 강인강(C0.3~0.5%)이 주이며, 소준, 소입소려와 고주파소입의 조합으로 사용되는 경우가 많다.

철도차량용에는 탄소강단강품, 구조용탄소강의 소준 축과 고주파고입 축이 있으며, 이것에 차축, 치차 또는 축수를 압입 또는 열박음하여 사용한다.

2) 치차 : 치차의 표면처리에는 고주파소입과 침탄소입이 주로 사용되지만, 이것들의 처리는 충격적 하중에 대해 그 성질을 발휘하게되어 치차의 마모, 스토링, 피칭, 스폴링 또는 치원의 피로 절손에 대해 극히 효과적이다. 경화깊이 및 심부의 경도가 중요한 인자가 되며, 절손에 대해서는 이들 처리에 따른 압축잔류응력이 중요하다.

3) 피스톤핀 : 치차와 같이 피스톤핀에는 내피로강도와 내마모성이 요구되기 때문에 주로 침탄소입처리, 고주파소입처리, 질화처리를 하여 사용하는 경우가 많다.

### 4. 결언

단조라는 특수한 목적에 사용되는 소재에 대해 제강사에서 단조업체에 이르는 공정과 일부 강종을 간략히 설명하였다. 실제 단조업체에서도 가열, 단조, 냉각방법, 열처리에 따라 단조품으로서 요구성질인 기계적 성질, 금속조직, 가공상태 등이 결정된다.

단조에 사용되는 재료는 단조성형에 의해 심한 변형과 단면적의 변화를 받는 것으로서 편석, 파이프, 크랙 등의 결함이 있거나 그것이 제품에 확대되어 불량품이 된다. 또 단조품은 기계설비의 주요구조부분으로 사용되는 것으로서 강도적으로도 엄밀한 조건을 받으며, 사고로 이어지는 경우 큰 손실이 발생한다. 대형 자유단조품에서는 강괴상태에서 제품으로 만들어지는 것으로서 제강기술면의 관리가 가장 중요하다. 압연강재를 이용하여 형단조에는 열처리등 후공정의 자동화에 따르는 요구품질을 만족시키기 위해 화학성분, 소입성 등에 대한 조건이 엄격하다. 옆세팅에 의한 단조, 온간단조, 냉간단조에 있어서는 재료치수, 표면상태에 관한 요구조건에 일반 형단조보다 까다로운 편이다. 이와같이 단조용 재료에는 높은 품질과 신뢰성이 요구된다.

단조용 특수강에 대해 설명으로 충분하지는 못하였지만 특수강 소재 생산의 일반적인 흐름에 대해서는 어느 정도 이해를 구할 수 있었다고 판단된다. 앞으로 기회가 있을 때마다 단조에 관련된 공정, 소재 특성, 열처리 방법 등에 대해 적극적으로 참여하여 관련자의 기술향상과 정보교류에 참여하고자 한다.

### 5. 참고문헌

- 1) M. Kruse & P.J. Mauk : Controlled Rolling & Cooling Technology, (1994) 22
- 2) S. F. Media and C. A. Hernandez : Acta mater, 44 (1996) 137