

## 技術資料

## 탄소강, 합금강 및 Ni 합금의 유도로 용해법(Ⅱ)

김 봉 완\*

## Induction Melting of Carbon Steel, Alloy Steel and Ni-base Alloys(Ⅱ)

B.W.Kim\*

10권 5호 이어서

첨부 A

탄소강 및 저합금강 용해시 과정과 조업일지

합금강의 무산화용해 조업

A-1

## Dead Melting Procedure for Low Alloy Steel\*

Basic-Lined(Magnesite) Induction Furnace (960 cps, 400 Ib)		Time	Event
Charge		0:00	Power On
AISI 1008 melting stock	350 Ib	0:54	Add FeCr
4.25% C pig iron	6 Ib	0:59	Melt Down
62% FeMo	2 Ib	1:00	Add FeSi & FeMn
Electrolytic nickel	2 Ib	1:06	Temperature 1575 °C (2865 °F)
70% L.C. FeCr	6 Ib 5 oz	1:08	Spectrograph sample #1
H.C. FeMn(80% Mn)	3 Ib	1:15	Temperature 1570 °C(2860 °F)
75% FeSi	1 Ib 8 oz	1:16	Results of #1 Spectrographic analysis received. Take Spectrograph sample #2.
		1:20	Add 4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> oz FeSi : 7 oz Nickel 2 Ibs FeMn : 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> oz. FeCr 9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> oz FeMo ; 1 Ib 10 oz. Pig Iron
		1:22	Temperature 1590°C (2895°F)
		1:23	Spectrograph sample #3
		1:27	Temperature 1690°C (3075°F)
		1:29	Tap · Ladle temperature 1660°C (3020°F). Take Sepectrograph sample=4

\* 중소기업진흥공단

Sample No.	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	Al
1	.145	.77	.245	.019	.020	2.38	1.17	.45	.005
2	.145	.72	.175	.017	.021	2.325	1.24	.59	.006
3	.165	1.16	.24	.018	.021	2.45	1.34	.59	.007
4	.17	1.15	.295	.018	.020	2.45	1.325	.55	.076
Target	.13/.17	1.10/1.30	.25/.35	.025max	0.25 max	2.3/2.6	1.15/1.35	.50/60	.05

NB. As a general rule, losses during the holding period, while awaiting spectrographic results, were confined to silicon and manganese and these seldom exceeded more than 0.07%. Other elements remained relatively unchanged as long as the holding temperature was kept low.

용해용 고철, 선철, FeMo, 니켈을 장입하고 용해한다. 산화감소를 방지하기 위하여 용해중에 소량의 FeSi를 첨가한다. 용해기 말기에 FeCr를 첨가하고 용해후에 FeMn, FeSi를 첨가한다.

예비의 분광분석용 샘플 #1 을 만들고 결과치를 기다리는 동안은 1580°C (2875°F)에 유지한다.

결과치를 확인후 샘플 #2를 취하여 필요한 것을 철가하고 샘플 #3을 취한다.

1685°C (3065°F)까지 급격히 승온후에 하무주입 래들에 출탕한다. 탕류에 톤당 3 lb CaMnSi를 첨가하고 Ladle이 3/4정도 채워지면 톤당 1 lb Al를 투입한다.

A-2

Dead Melting Procedure for M-2 Tool Steel<sup>37</sup>

Aim analysis :	C	Mn	Si	Cr (in percent)	Mo	W	V
	0.82	0.25	0.25	4.25	5.00	0.25	1.90
Charge :	1400 lb of type M-2 tool steel scrap 500 lb of ball-bearing steel scrap 721 lb of carbon steel plate						
Power on :	6 : 10 p.m						
Heat melted :	6 : 40 p.m						
Additions :	FeMn	(7 percent C)	2 1/2 lb	FeMo	(67 percent Mo)	55lb	
	FeSi	(50 percent Si)	12 lb	FeW	(81 percent W)	210 lb	
	FeCr	(6 percent C)	90 1/2 lb	FeV	(56 percent V)	56 1/2	
Temperature :	1520 C furnace deoxidation : CaSi 4 lb						
Tap :	7 : 10 p.m						

A-3

거시적 산화기를 갖는 탄소강, 저합금강의 용해규격<sup>38)</sup>

1. 범위

이 규격은 탄소강, 저탄소강주조품의 제조를 위한 유도로 용해에 적용한다. 이 합금강은 연강 AISI 8615, 8620 그리고 8630강과 Chromium(1.25-2%), 고온용의 Molybdenum(0.5-1.0%)과 저온용의 2-3% 니켈강과 유사한 주요성분들이 포함된다.

2.0 화학적 요구사항

규격의 한계 및 제조목표에 관하여 이들 강에

대한 화학적 요구사항은 별도의 조업표에 포함시킨다.

3. 장입재료

3.1 이들강의 제조를 위한 장입재는 다음과 같이 구성되어야 한다.

3.1.1 회수재

오직 재질별 색깔구분된 것만 사용된다.

3.1.2 AISI 1010편치밥

3.1.3 저인 선철

선철은 요구하는 규격범위로 탄소를 높이기 위한 탄소공급 재료로 쓰인다.

3.1.4 가탄제

가탄제는 규격범위에 탄소를 높이기 위

한 가탄원료로 쓰인다.

3.1.5 철광석의 단괴

철광석 단괴는 탄소강의 깨끗한 용탕을 만들 경우에 필요할 수도 있다.

3.2 장입원료의 비율은 회수재의 이용도에 달려 있다. 50% 회수재가 일반적이지만 회수재의 가정용도에 따라서는 70%까지 달할 경우도 있다. 장입재료의 나머지는 AISI 1010편치 밥, 목표치까지 탄소를 높이기 위하여 C99 또는 저인선철로 구성되어 있다.

4. 장입과 용해

4.1 편치밥은 보다 큰 회수재에 쿠손재료로 밑바닥에 놓는다. 또한 조밀한 장입을 위하여 회수재 주위에 편치밥을 채우곤 한다. 장입재가 용해된 후에 필요한 양의 가탄제를 첨가하거나 깨끗한 용탕인 경우에는 톤당 10 lb의 선철광을 밑바닥에 장입한다.

4.2 Mn과 Si의 규격치의 1/2은 Ni, Cr, Mo이 규격으로 들어있는 깨끗한 재료의 장입에 첨가한다.

4.3 용해후 적절한 온도(대략 2800-2850°F)에 도달하면 탄소분석용 시료와 Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu의 분광분석시편을 로에서 떠낸 용탕으로 주입한다.

성분 분석용 샘플 금속은 주입전에 소량의 알루미늄으로 탈산한다.

탄소분석용 시료는 로에서 직접 채취한다.

4.4 예비분석결과에 따라 만약 필요하다면 성분 조절한다.

5. 탈산

5.1 용탕이 주입온도(2900-3000°F)가까이 되면 금속표면 위로 슬래그덩이를 돌려 감으면 제거한다

5.2 필요한 양의 75% Fe-Si과 Mn금속을 함께 혼합하여 용탕에 첨가한다.

5.3 금속 톤당 3 lb량의 탈산제 B, 그리고 톤당 3 lb량의 탈산제 C를 출선 직전에 첨가한다.

탈산제 B의 구성 : Si 57.0/62.0, Ca 14.0/17.0  
Ba 14.0/18.0, Fe 7.0 max

탈산제 C의 구성 : Ce 9.0/11.0, Si 36.0/40.0  
Ca 1.0, Al 1.0 RE 12/15.0

5.4 알루미늄(금속 톤당 2 lb)를 다음과 같이 첨가한다.

전체 필요량의 1/2을 Wire로 철봉에 묶어 출선전에 로에 밀어 넣는다.

나머지 1/2은 Ladle 수대로 나누어 출탕전에 Ladle 바닥에 투입한다.

6. 시편

최종 성분 검사용 시료와 기계적 성질 시험 재료는 주조 품질관리 요구조건(Foundry Quality Control Requirement=FQCR)에 따라 래드러에서 채취한다.

A-4

광석산화기를 갖는 탄소 및 저합금강의 용해법 <장입과 용해>

우선 200 lb의 회수재를 로에 장입한다. 그리고 판재 고철을 다음에 넣는다. 그리고 동력은 가능한 높게 입력한다. 금속이 150mm의 용탕고임이 생기면, 비등을 위하여 로를 확인한다. 완만한 비등을 유지하기 위해 용락기를 통하여 규산철광을 첨가한다. 탄소강 저합금강에는 금속 1000 lb 당 최소 3 lb가 사용된다. 스텐레스강에는 양이 증가한다.

로의 1/2이 채워졌을 때 석회용제, 소다회, Mullite 그리고 실리카를 첨가하여 양질의 Slag피복을 유지하도록 한다. 이러한 용제의 사용시는 유향의 감소를 경험하게 된다.

필요하다면 용낙기중에 첨가한다. 비등이 지나치게 심하면 Ferro-Silicon을 첨가한다.

슬래그는 응집제를 써서 용낙후에 제거한다. 이때 산화하기 쉬운 합금은 이 시점에 첨가한다.

새로운 응집제를 피복제로 첨가한다.

<시료와 합금첨가>

온도가 1560°C에 이르렀을때 예비분석을 위한 시료를 채취한다. 분광분석결과 또는 목표치에 따라 필요한 만큼 합금첨가를 행한다.

<출탕과 탈산>

슬래그 피복을 제거하고, 출선온도에 도달되면 강봉에 A1과를 묶어 밀어 넣는다. 그리고 금속을 출탕할 때 탕류에 탈산제 B(Ca-Si-Ba)와 탈산제 C를 첨가한다.

만일 수회 분할 출탕인 경우는 A1의 손실을 보상하기 위하여 이들 탈산제와 함께 소량의 알루미늄을 첨가한다. 매 출탕시마다 최종분석을 위한 시료를 채취한다.

HEAT LOGuL

OPERATING RECORD

Date 6-9-81

Heat No. A6924 No. Molds S  
 Furnace No. 2 No. Test Bars 1  
 Lining No. 19 Total Weight \_\_\_\_\_  
 Heat Size 2300 Pigor Backcharge \_\_\_\_\_  
 Alloy ASTM A Finish Time 31

Ladle No 2	ining No 28	Comments
Start Mels	1 : 05	Ready for Prglion at 2 : 47
Time Prelim	3 : 07	Dalay - Hold For #3
Top Iemp	2900	
Time Poured	3 : 25	

	Chage	Carbon	Sllicon	Hanganese	Chromium	Nickel	Molybdenum	Phos	Sulphur	Alumium
Total Alloy Required	2800	2.56	11.20	25.20	18.20	14.00	7.00			
Returns 4N	1400	3.28	5.60	12.60	9.10	7.00	3.50			
Purchased Plate	1400	2.10	-	5.60	-	-	-			
Back Charge										
Total Alloy>Returns Pur-chased, Back Charge		5.88	5.60	18.20	9.10	7.00	3.50			
Alloy Addition to Melt Required	Pounds of Additive	1.68	5.60	7.00	9.10	7.00	3.50			
Armco iron										
Carbon	0	1.85								
Ferrosilicon-50%	7		13.44							
FerroManganese-Std	5			11.20						
Ferromanganese-Low C										
FerroChrome-Charge	15				18.20					
FerroChrome-Low C										
Mickel Alloy	7					9.80				
FerroMolybdenum	4						6.13			
Aluminum 2										
Calsibar	2/2									
Taconite	8									
	16/16	OK	8	19 1/2	4 4/1LC	3 1/4	3 1/2			
Preliminary Analysis		24	16	47	56	42	18	016	021	-
Final Analysis		29/28	41/41	74/72	67/68	48/48	22/22	016/016	016/016	092/079

A-5

산화와 환원 슬래그 작업이 있는 저합금강의 용해법

약간의 산화를 이용하고 환원 슬래그와 더불어 광범위한 정련이 뒤이어 이어진다. 그리하여 상대적으로 낮은 산소와 0.005% S만을 함유하게 된다.

조업일지에 개략 설명된 실제작업은 용낙기에

Time	Status, Additions	G	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	O	TG*
	396 1b% Cr-Mo steel scrap, 24 lbs C-steel scrap, 6.6 1b% lime, 1.2 1b% Cr Oxide									
0"	charge is molten	0.19	0.03	0.44	0.017	0.014	1.20	0.18	0.018	35.7
32"	0.8 1b% coke powder									
50"		0.28	0.03	0.48	0.020	0.016	1.26	0.23	0.020	45
57"	0.84 1b% coke powder									
1h18"	1.1 1b% FeSi 75 powder									
1h35"		0.45	0.11	0.50	0.022	0.013	1.28	0.30	0.017	39
1h52"	1.1 1b% FeSi 75 powder									

Time	Status, Additions	G	Si	Ma	P	S	Cr	Mo	O	TG*
2h20"		0.47	0.26	0.54	0.024	0.008	1.29	0.26	0.013	41.7
2h52"	resove slag, add lime and silica to build new slag									
2h55"	0.66 lbs FeMn 90									
3h00"	0.55 lb% FeSi 75									
3h35"		0.49							0.008	20.9
3h40"	tap	0.48	0.25	0.55	0.025	0.005	1.26	0.27		
Time	Slag Compowition	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	FeO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S
50"		11.2	63.2	9	2.8	0.99	7.8	1.21	0.12	0.42
2h50"		16.3	71.4	3.6	2.7	0.07	4.6	0.15	0.12	0.50
3h30"		40.3	49.8	1.5	0.46	4.4	0.15	0.12	0.12	0.12

\* Total Gas Content - cm<sup>3</sup> / 100g metal

### 첨 부 B

Martensite 및 Austenite Stainless steel의 조업과 조업일지

#### B-1

철광비등과 CA6NM 강 용해조업<sup>39)</sup>

저탄소고철, Fe-Mo 및 산화 Ni(Nio)를 경고철은 바닥에 중고철은 위에 놓이게 하여 로에 장입한다. 용융되기 시작할 때에 CA6NM고철과 회수재를 철광석과 같이 로에 첨가시킨다.

표 1. Typical furnace log

Aim analysis	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo
	.04	.05	.50	12.50	3.75	.45
Charge :	650 ib CA6NM scrap					
	261 lb 1008 steel scrap					
	14.5 lb Nickel Oxide(90% Nickel)					
	2.6 lb Ferro Molybdenum (60% Molybdenum)					
	6.5 lb Iron Ore					
Power on :	9:00AM					
Heat melted	10:05AM					
Additions :	Low Carbon Ferrochromium 63 lb (70% Chromium)					
	(Ferro Silicon 5 lb (50% Silicon)					
	Ferro Manganese Silicon 6.4 lb(60% Manganese 30% Silicon)					
	Selenium 3 / 4 oz					
Temperature	3100°F					
Tap :	10 : 15AM					

용융후에 완만한 탄소비등을 이루기 위하여 용탕을 1700-1730℃로 재가열하고 탈산시킨다.

직시온도계(Optical) 또는 침적온도계를 사용 온도를 측정한다.

작은 주입 래들에 출탕하여 주형에 주입한다. 주입온도는 중요하고 주조품의 벽두께에 따라 변화한다. 주조품의 단면이 10mm인 경우는 온도를 1700℃로 선택하는 반면에 75mm이상인 경우 1590℃로 한다.

#### B-2

IN-House Specification for Melting CA6NM with an Ore Boil<sup>38</sup>

#### Charge

1. Iron ore pellets(Placed on thin layer of 0.03% C steel at bottom) 20Ib
2. Steel scrap(0.03% C) 760 Ib
3. Electrolytic nickel(utility grade) 38 Ib
4. Low carbon ferro chromium(70%) 170 Ib
5. Ferromolybdenum(60%) 8 Ib
6. Electrolytic manganese+ ferrosilicon(75%) 3 Ib+3 Ib
7. CA-6NM revert 1000Ib
8. Electrolytic manganese+ ferrosilicon(75%) 3 Ib+3 Ib

탄소를 낮게 유지하기 위한 초기 비등을 이루고, 약간의 정련을 위해 광석을 첨가한다. 장입순서는 각 재료 맨 앞에 매겨진 일련의 숫자를 따른다. Mn+Si의 최초 첨가 (6항)은 열을 차단하기 위함이다. 두번째 첨가는 (8항) 최종탈산 작업의 일부이며 화학성분 조정을 위한 것이다.

<탈산작용>

탈산제 A는 톤당 4 Ib를 로에서 출선하기 전에 첨가한다. 톤당 2 Ib 알루미늄과를 1/2은 로에서 출탕하기전에 첨가하고 1/2은 래들에 투입한다.

탈산시험은 출탕전에 실시한다. 탈산시험은 탈산된 금속을 유기자경성 주형에 주입하고 응고 모양을 관찰함으로써 행한다. 탄소이외의 화학적분석은 자동 X-Ray형광분석기로 실시하나 탄소는 탄소분석기에 의해 실시한다. 인장과 충격시험을 위해 유기자경성 주형에 25mm의 Keel block을 주입한다.

탈산제 A: Si-50/55%    Cu-5/7%  
                   Ti-9/11%  
                   Al-1/1.3%    C-15/25 %  
                   Fe-balance  
                                   B-3

CF3M에 대한 무산화용해 사내규격

1.0 범위

CF3M-ASTM A351 오스트나이트 스테인레스 강에 대한 유도로 용해에 적용한다.

2.0 요구화학적성분

	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mn
Minimum	-	-	-	-	-	9.0	17.0	2.0
Maximum	0.03	1.50	0.04	0.04	1.50	18.0	21.0	3.0
Manufacturing Aim	0.02	1.00	LAP*	LAP*	0.08	10.0	18.0	2.2

\*AS low as possible

3.0 장입재 탈산제

3.1 회수재

3.1.1 장입은 40%회수재로 구성되어야하고 CF3M회수재만 사용한다.

3.1.2 회수재는 탕구, 압탕 슬리브 등과 같은 비금속재료가 없어야 한다.

3.2 0.023 max C, 78% FeCr

3.3 60% FeMo

3.4 0.03% C max

3.5 Electrolytic 니켈

3.6 철광석의 단괴

3.7.1 탈산제 B

3.7.2 70% FeTi

3.7.3 Electrolytic Mn

3.7.4 75% Fesi

4.0 장입과 용해

4.1 표는 2000 Ib의 장입배합을 보여준다.

4.2 0.03%C의 혼합된 고철을 소량 용해로 바닥에 놓는다. 다음에 철광괴, Fe-Mo, 전해 Ni 및 0.03%C의 혼합된 고철의 잔량을 순서대로 장입한다.

4.2.1 0.03%의 혼합고철, 철광석괴의 장입 목적은 0.02%C의 최저 수준까지 탄소를 낮추기 위하여 혼합철의 용납기 중에 약한 비등을 일으키는 것이다.

4.2.2 모든 혼합철이 용해되기 전에, 노내의 용해특성을 양호하게 하기 위해 회수재를 첨가한다.

4.3 용해하여 적절한 온도(2850-2900F)에 도달하였을 때, 탄소분석시료와 분광분석 시편을 노에서 채취한다.

4.3.1 C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu의 분석을 한다.

4.3.2 화학성분의 조정을 생산목표에 맞추어 행한다. 필요하다면 합금첨가를 다음 순서로 행한다. 금속이 적절한 온도에 도달하면 슬래그를 제거한후, Ni, Cr, Mo, Mn 및 Si를 순서대로 첨가한다. 톤당 3Ib의 탈산제 B와 톤당 3b의 Fe-Ti으로 탈산시킨다.

4.3.3 탈산후에 자경성 주형에서 탈산시험을 행한다. 시험이 만족되면 출탕한다.

4.4 최종분석은 노에서 채취한 탄소분석시료와 첫번째 래들에서 채취한 분광분석시료로 행

B-4

Dead Melting Procedure Heat Log for Type 309 Stainless<sup>37)</sup>

Aim	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
analy-	(in per cent)						
sis	0.10	2.00	0.60	22.00	12.00	0.030	0.030
	max	max	max	24.00	15.00	max	max
Charge :	1550 lb of 309 scrap 305 lb of earbon steel scrap 65 lb of nickel						
Power on :	7 : 45 a.m.						
Heat melted :	8 : 30 a.m.						
Additions :	Elec. Mn(dehydrogenized) 9 1/2lb FeCr (0.10 per cent C) 204 lb FeSi (50 per cent Si) 24 lb						
Temperature :	1580 C						
Tap :	9 : 00 a.m.						

한다.

탈산제 B 성분 : Si 57.0 / 62.0 Ca 14.0 / 17.0  
Ba 14.0 / 18.00 Fe 7.0 max

B-5

Dead Melting Ni-Co Specialty Steel Invar 36<sup>37</sup>

Aim analysis	C	Mn	Si	Ni+Co
	(in cent)			
	0.12	1.00	0.35	36.00
	max	max	max	
Charge :	790 lb of nickel 1385 lb of carbon steel plate			
Power on :	9:15 a.m			
Heat melted :	9:45 a.m			
Addition :	FeMn (7per cent C) 10 lb FeSi (50 per cent Si) 12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> lb			
Temperatere :	1540 C Deoxidation : 4 lb CaSi			
Tap :	10 : 15 am			

첨 부 C

니켈기 합금의 용해과정

C-1

Nickel, CZ-100, 산화용해법

Ni 합금주물은 농축 무수 가성소다의 제조, 취급 및 가공에 주로 사용된다. 이 합금은 ASTM A494 Crade CZ-100으로 생산된다

규정의 조성 즉, 가장 보편적인 목표분석치와 요구 인장강도는 다음과 같다.

목표조성은 구상흑연을 포함한 약간의 아공정 합금이다. 공정이 대부분인 응고는 응고중의 흑연의 형성과 함께 우수한 주소성을 가져오며 응고수축률도 적다. 성분규격에는 구상흑연주철의 제조에서처럼 흑연형태를 편상에서 구상으로 변화시키는 임계 마그네슘 잔량은 포함되지 않는다.

인장특성의 요구조건은 양질의 Ni주물에서 쉽게 만족될 수 있다. 인장특성 요구치를 맞추지 못하는 것은 흑연 구조가 불충분하거나 (순도가 낮거나 구상화 처리가 불충분), 수소가스 기공 또는 주입온도에서 초래되는 것이다.

원재료와 회수재를 사용할 때의 중성 또는 염기성 Lining에서 니켈의 유도로 용해과정은 다음과 같다.

1. 장입순서와 용해
  - a) 1.0%의 목표치를 용해하기 위한 흑연
  - b) 니켈
  - c) 회수재
2. 1650°C까지 과열
3. 동력을 넣고 비등이 시작할 때까지 온도를 상승시키는 동안 산화니켈을 점차적으로 첨가한다. 약 0.20% Carbon를 제거하면서 약 2분간 비등을 지속시킨다.
4. 1565°C까지 냉각시키고 Mn, Si양을 조정하고 Mg을 투입한다.
5. 래들에서 최종 0.5% 실리콘으로 탈산
6. 주입온도는 대략 1480°C

낮은 수소함량을 보증하기 위하여 Ni 주물은 주로 고합금강 공장에서 생산된다. 스텐레스 주조품 생산을 위해 설계된 모형이 일반적으로 채용된다. 모형 추축률은 20/1000이고 이는 스텐레스강보다 조금 적다. 구상흑연을 갖는 공정근처의 성분은 응고 수축이 적고, 급탕거리가 길게 된다.

용해상태에서 Ni은 열전도가 높고, 물리적특성치의 측정이 어렵다. 만약 주조온도가 너무 높으면 Ni 은 주형내에서 액상선 이상의 열평형에 이르게 되며 높은 열전도로 인하여 열구배급탕은 무시될 수 있다. 그러므로, 너무 높은 온도에서 주입된 주조품은 특히 압탕 밑부분에서 광범위한 스폰지상 구역을 갖는 경향이 있다. Nickel 주물은 최저온도에서 주입될 때라도 상부압탕이 측면압탕을, 직경이 큰 압탕이 작은 압탕을, 높은 온도의 압탕이 낮은 온도의 압탕으로 급탕되는 경향이 있다.

열전도도가 높고 응고수축율이 낮고 공정응고가 이루어지므로, Ni 주조를 위한 가장 좋은 보강 방법은, 대기압압탕, 압탕간의 냉금, 측면압탕 내로의 접선방향 탕구, 하형의 두꺼운 부분에 냉금을 사용하고, 그리고 추가의 용탕보급을 위하여 직경보다 압탕높이를 크게 하는 것이다.

저온 금속결합을 방지할 수 있는 가장 낮은 주입온도에서 가능한 빨리 주형을 충전시키기 위하여 개방탕구계가 제안되고 있다. 발열 또는 단열 압탕 슬리브의 사용은 주입온도가 낮기 때문에 소형주물에서는 비효과적인 경향이 있다. 대형주조에서는 슬리브는 응고속도를 낮추고, 더우기 방향성 응고에 필요한 열구배를 감소시키고, 그리고 압탕 밑부분이 스폰지구역을 증가시키는 경향이 있다.

	C	Mn	Si	Fe	Ni	Mg
Specified	1.0%	1.5%	2.0%max.	3.0%max.	95.0% min	
Aim	max.	max.	1.3%	LAP	bal.	.05%
	.8	.5%	Tensile Strength, psi., min. 50,000			
			Yield Strength, psi., min. 18,000			
			Elongation in 2., % min			

C-2

산화기를 갖는 Ni-Cu주조법<sup>40)</sup>

Ni-Cu 합금은 강한 부식성의 산성물질 또는 해수를 다루는 것과 같은 비교적 부드러운 조건에서의 사용을 포함하는 광범한 여러가지 응용분야에서 사용된다. 예외적인 내마열성을 갖는 고 Si 합금은 한계운할조건에서의 금속-금속간 접촉에 널리 쓰인다.

Ni-Cu합금 주조품의 생산량은 급격히 늘고 있다. 이는 다양한 조건에서 낮은 부식률, 훌륭한 내침식성 및 응력부식균열에 대한 훌륭한 저항성을 겸비하고 있기 때문이다. 일반적으로 널리 사용되는 Ni-Cu 합금인 QQ-N-288조성 A 합금의 성분규격, 목표분석치, 인장특성등은 다음과 같다.

	Ni	Cu	Si
규 정	62/68%	26/33%	2.0%/Max
목 표 치	bal	30	1.5
인장강도	psi	min	6500
항복강도	psi	min	32500
신 율	in 2 in	% min	25

탄소와 실리콘은 고용강화제로서의 역할을 하며 인장특성중 최저한계치인 최저항복강도를 만족시키기 위하여 조절되어야 한다. 건전한 주조품에서는 인장강도 및 신율의 요구조건을 쉽게 충족시킬 수 있다. 최저항복 강도 32,500psi를 충족시키기 위한 탄소, 실리콘의 양을 구하는 공식은 다음과 같다.

$\% \text{ Silicon} + 5 \times \% \text{ Carbon} = 2.25\% \text{ min} (2.5\% \text{ max})$   
이 공식은 넓은 범위의 값에 걸쳐 적용된다.

$$2\% \text{ Si} + 5 \times 0.05\% \text{ C} = 2.25\%$$

$$1.5\% \text{ Si} + 5 \times 0.15\% \text{ C} = 2.25\%$$

$$1.0\% \text{ Si} + 5 \times 0.25\% \text{ C} = 2.25\%$$

높은 Si을 택하는 성분치는 한계용접성으로 인하여 잘못된 선택이다. 탄소는 역시 성분 조절이 어렵고, 고탄소는 편상흑연의 발생을 가져오므로

고탄소 역시 잘못된 선택이다.

경험에 의하면, 1.5%실리콘, 0.15% 최저탄소가 가장 적합한 것 같다. 지나치게 높은 항복강도는 굴곡부 용접에 어려움을 초래하므로 이공식을 적용하는 데는 2.5%의 상환치를 준수하여야 한다. 마그네슘은 규정되어 있지 않지만, 니켈, 동은 S에 대한 허용한계가 매우 낮기 때문에 필수적으로 첨가되어야 한다. 0.005%만큼이나 낮은 유황함량이라도 용점이 낮은 불용성의 유화니켈이 입계로 편석되며 합금에 고온 취성과 용접불능을 초래한다.

철은 최대치로 규정한다. 철은 Ni 합금에서 유익하지 못하고, 용해로 작업공구 및 합금철 첨가에서의 증가를 허용하는 외에 다른 목적은 없다. 구리는 합금에서 철의 용해도를 제외하므로 규격의 최대 허용치 내에서도 현미경 조직에 철편석의 증거가 있다.

3.5%이상인 과잉의 함량에서 철이 많이 모인 부분은 못모리부식(nailhead corrosion)이라고 불리는 점 녹(rust spots)이 초래되고, 특히 두께가 두꺼운 주물에서 그러하다.

원재료와 회수제를 사용하여 중성 또는 염기성 내화물 Lining에서 니켈-구리를 생산하는 유도 용해 과정은 다음과 같다.

1. 장입순서와 용해

a) 0.35%의 용락목표치를 위한 흑연

Fe	Mn	C
2.5Max	1.5Max	.35Max
LAP	.5	.17

b) 니켈

c) 구리

d) 회수재

2. 1650°C 까지 과열

3. 전력이 입력되는 상태에서 비등이 시작될 때까지 온도를 증가시키는 동안, 점차적으로 산화니켈을 첨가한다. 약 2분간 비등을 계속하여 0.15/0.20% 탄소를 제거한다.

4. 1540°C까지 냉각시키고 Mn 및 Si 함량을 조절하고 Mg을 밀어 넣는다.

5. 래들에서 최종 0.5% Si이 될 때 출탕한다.

6. 주입온도는 약 1430 C

탄소량은 할 수 있는 한 낮게 유지해야 한다. Cr, Mo, Si, W 및 V, W.V에 대한 하한치의 규정



치에서는 25%이상의 신율이 보통이고, 반면에 상한치에서는 신율이 보통 10% 이하이다.

항복강도는 역으로 상한치에서 규정치이상으로부터, 하한치에서는 그 이하로까지 변한다. Cr, Mo, Si, V, W의 목표화학적성분을 낮은 쪽으로 할 것을 제한하고 있다. CW-12M은 항상 위하여 최저 215F에서의 열처리가 필요하다.

원재료와 회수재를 이용하여 중성 또는 염기성 내화 라이닝로에서 Ni-Cr-Mo 합금을 생산하기 위한 용해법은 다음과 같다.

1. Charge in order and melt :
  - a) Nickel, Molybdenum and Tungsten
  - b) Returns
  - c) Chromium
2. Superheat 1565/1590°C and add :
  - a) Managanese
  - b) Vanadium
  - c) Plunge Magnesium

3. Pouring temperature - 1540/1510°C  
 CW-12M의 응고수축은 강과 유사하다. 모형 제작 수축율은 20-21/1,000이고, 액체니켈의 열전도도는 Mo이 존재할 때 감소되므로 CW-12M은 열부배와 주형내에서 지향성응고에 관하여 Stainless steel과 같이 거동한다. Stainless steel에 이용되는 탕구 및 압탕기법이 일반적으로 만족되는 것으로 보인다.

니켈-구리의 응고 수축은 주강과 비슷하다. 보충금속의 체적과 압탕 간격의 계산은 주강의 방법을 그대로 따른다. Ni 주조에서처럼 액체의 Ni-Cu는 높은 열전도도를 갖는다.

대기압 압탕, 압탕간의 냉금, 측부압탕에 붙은 접선방향 탕구 및 추가보충 금속에 대하여 직경보다 압탕의 높이를 증가시키는 방법이 제안되었다.

저온주입과 주형의 신속한 충만을 위하여 개방 탕구가 Ni에 대하여 처럼 일반적으로 이용되며, 이는 용융금속의 열전도성이 높기 때문이다. 금속이 주형공간에 직접 주입되거나 압탕으로가 아니라 오히려 짧은 탕도로 주입되는 경우에는 공기의 흡입을 피하기 위하여 구배탕구를 이용하는 것이 바람직하다.

부적당한 화학적성분과 불순원소는 별개로 하여도, Ni-Cu 주조시 가장 일반적으로 발생하는 문제점은 수소의 존재나 과도한 주입온도에서 초래된다. 양호한 용해조업과 낮은 주입온도와 더불어 수축결함은 제거되며 쉽게 보수 가능하다.

C-3

Cast Ni-Mo, CW-12M 무산화용해법

니켈-크롬-몰리브덴 합금의 주물은 표준급 및 특수급의 스테인레스강이 부적절한 곳에 주로 사용된다. 가장 일반적인 응용분야는 화학공정에서의 뜨거운 혼합산용액의 취급으로 특징지을 수 있다. Ni-Cr-Mo 합금주물의 범주에 드는 것으로 간주될 수 있는 특성있는 합금은 무수하다. CW-12N의 주조작업에 대한 설명은 이들 합금에 일반적으로 이용할 수 있다.

ASTM 494에 있는 Grade CW-12M은 2개의 합금을 포함한다. 화학성분의 규격과 인장특성 요구치는 다음과 같다.

	CW-12M-1	CW-12M-2-2
Carbon	.12 max	.07 max
Manganese	1.0 max.	1.0 max
Silicon	1.0 max.	1.0 max
Molybdenum	16.0/18.0	17.0/20.0
Iron	4.5/7.5.	3 max
Nickel	bal	bal
Chromium	15.5/17.5	17.0/20.0
Vanadium	.20/.40	-
Tungsten	3.75/5.25	-

CW-12M-1

CW-12M-2

Tensile Strength, psi, min.	72,000	72,000
Yield Strength, psi, min.	46,000	46,000
Elongation in, 2 in, %, min	4.0	25.0

탄소함량은 실행가능한 만큼 낮게 유지하여야 한다. 0.06% 이상의 탄소에서는 주조합금의 용접성이 나빠지는 것으로 나타난다.

Ni기지 합금에서 Cr, Mo, Si, W 및 V원소의 전체함량에 대한 고용정도는 한계가 있다.

이 고용한도를 넘으면 연성이 낮아지고 항복점이 높아지는 금속간 화합물이 형성된다. CW-12 합금에 대한 규정의 조성은 이러한 용해도 범위에 내이며, Cr, Mo, Si, W 및 V이 하한치의 성분일 때에는 25%이상의 신율이 일반적이거나, 상한치에 있으면 일반적으로 10% 이하이다.

항복점은 반대로 상한치에서는 규정값 이상으로부터, 하한치에서는 규정치 이하로 변한다.

Cr, Mo, Si W 및 V의 목표성분은 낮은 쪽을 택하도록 제안되어 있다.

CW-12합금은 열처리된 상태로 공급되어야 한다. 결정입자간의 편석 탄화물을 제거하고 기지조직을 균일화하기 위하여는 최소 1,180°C 에서의 열처리가 요구된다. 중성이나 염기성의 유도로에서 원재료와 회수재를 사용하여 Ni-Cr-Mo 주조합금을 생산하기 위한 용해절차는 아래와 같다.

CW-12M합금의 응고수축은 주강의 수축율과 비슷하고, 모형축척은 20/1000이다. 액체 Ni의 열전도도는 Cr과 Mo의 존재에 의하여 감소하므로 CW-12M합금은 주형내에서 열구배와 방향성 응고에 관하여 일반적으로 만족한다.

1. Charge in order and melt
  - a) Nickel, Molybdenem and Tungsten
  - b) Returns
  - c) Chromium
2. Superheat 1565/1590°C and add :
  - a) Manganese
  - b) Vanadium
  - c) Fe75Si
3. Pouring temperature - 1540/1510°C

### 참 고 문 헌

37. "Induction Melting, "Electric Furnace Steelmaking, vol. p 363. C. E. Sims Editor, AIME(1962)
38. W. C. Easterly and R. B. Fiscer. "Process Controls and Procedures for the Induction Melting of Steel," AFSTransactions. p 553 (1981).
39. C. Dance: "Induction Melting of Carbon and Low Alloy Steel." SFSA Proceedings. T & O Conference. No. 348. p 10(1982).
40. W. M. Spear: "Production of Nickel Base Corrosion Related Cast Alloys." Electric Furnace Proceedings. AIME. vol 38. p 155 (1980)

◇ 發刊配討中 ◇

# 鑄 鐵 材 料

—非合金 및 低合金片狀흑연주철, 球狀흑연주철 및 CV흑연주철의 500°C까지의 諸性質—

Erich Nechtelberger 著 (오스트리아 주물연구소장)  
 李珍衡 (한국과학기술원교수) 共 譯  
 李榮商 (생산기술연구원 주물기술부장)

- 책싸이즈 : 8절 ○ 총면수 : 319
- 상기책자는 회원 15,000원, 비회원 20,000원의 협찬금을 받고 있습니다.(우송료 별도)
- 학회사무국에 연락하시기 바랍니다.(02) 796 - 1346~7)

(社)韓國鑄造學會