

現場技術

25%크롬 주조품의 제조기술

황영수*, 정신검*, 장윤석*

1. 초 록

25% 크롬주철의 제조에 필요한 중요사항을 실험한 결과 다음 결론을 얻었다.

1) Sound 한 제품을 얻기 위하여는 Riser의 Modulus가 제품 Modulus에 대해 1.1 배 이상이어야 한다.

2) 선수축율은 측정 결과 18/1,000 이었으며,

3) 주입온도는 1440°C ~ 1460°C가 적당하며 후육 제품은 가급적 낮은 쪽으로 박육제품은 높은 쪽으로 주입온도를 선택하는 것이 바람직하다.

4) 형상이 단순한 제품은 상온에서 해체할 수 있으나 형상이 복잡한 제품은 500°C ~ 400°C 사이에서 해체한 후 로에 장입 로냉하므로 Crack 발생을 피할 수 있다.

5) 본 실험에서 주형 재료의 효과는 Chromite Sand에 Zircon Base의 도형재의 적용이 가장 효과적이었으나 Silica Sand 적용으로도 미려한 표면을 얻을 수 있었다.

2. 서 론

일반적으로 Austenite Manganese Steel (Mn 12 ~ 14%)은 심한 충격을 받는 부위에 사용되어 표면에 가공 경화를 일으켜 Wear-Resistance를 유지하지만 Abrasion에 대한 Resistance는 낮다고 알려져 있다. 특히 고로의 장입구 Liner는 Abrasion과 고온에 노출되며, 준설선의 Pump Casting 등과 같이 Granulated Slag 운반 배관은 Abrasion과 심한 침식을 받으므로 이와 같은 조건에 대해서는 높은 경도를 유지하는 25% 크롬 주조품이 효과적인 것으로 알려져 있다. 여기서는 25% 크롬 주조품의 제조를 위하여 선수축율, Modulus 변화에 따른 Shrinkage Cavity 발생형태, 해체온도에 따른 Crack 발생 현황, 열처리

조건에 따른 기계적 성질의 변화와 기계 가공성 관계 등을 검토 하였으며 제품 표면 상태에 대한 주형재료의 효과를 시험 검토하였다.

3. 시험방법

3-1 시 료

1) 실험에 사용된 시료 종류는 25% 크롬을 함유하는 고크롬주철이었으며 목표화학성분은 표1과 같다.

표1 시료의 목표 화학 성분

화학 성분	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
%	2.5	0.5	0.6	Max. 0.05	Max. 0.05	25.0	0.4	0.4

2) 용해는 고주파 유도로 (300kg/Heat)를 사용하였으며 장입배합은 표2와 같이 하였다.

표2 장입 배합비

SUS 410 Scrap	Fe-Cr (C:6.7% Cr:62%)	가탄재	Fe-Si (Si:75%)	Fe-Mn (C:6% Mn:75%)	Fe-Mo	Ni
73.5%	24%	0.9%	0.27%	0.35%	0.7%	0.4%

3-2 Model용 시편

Model용 시편은 형상이 다른 3종류의 제품을 선택하였다.

1) 주조후 해체온도에 따른 Crack 발생 경향을 확인하기 위해 형상적으로 단면 변화가 심한 제품 A를 선택하였다.

2) 정확한 선수축율과 Riser의 Feeding 효과를 Check하기 위해 제품 B를 선택하였다.

3) 응고 수축에 따른 Shrinkage Cavity 발생 양상을 Check하기 위해 제품 C를 선택하였다.

* 1984 제1회 기술토론회에서 발표한 내용임.

* 한국중공업주식회사

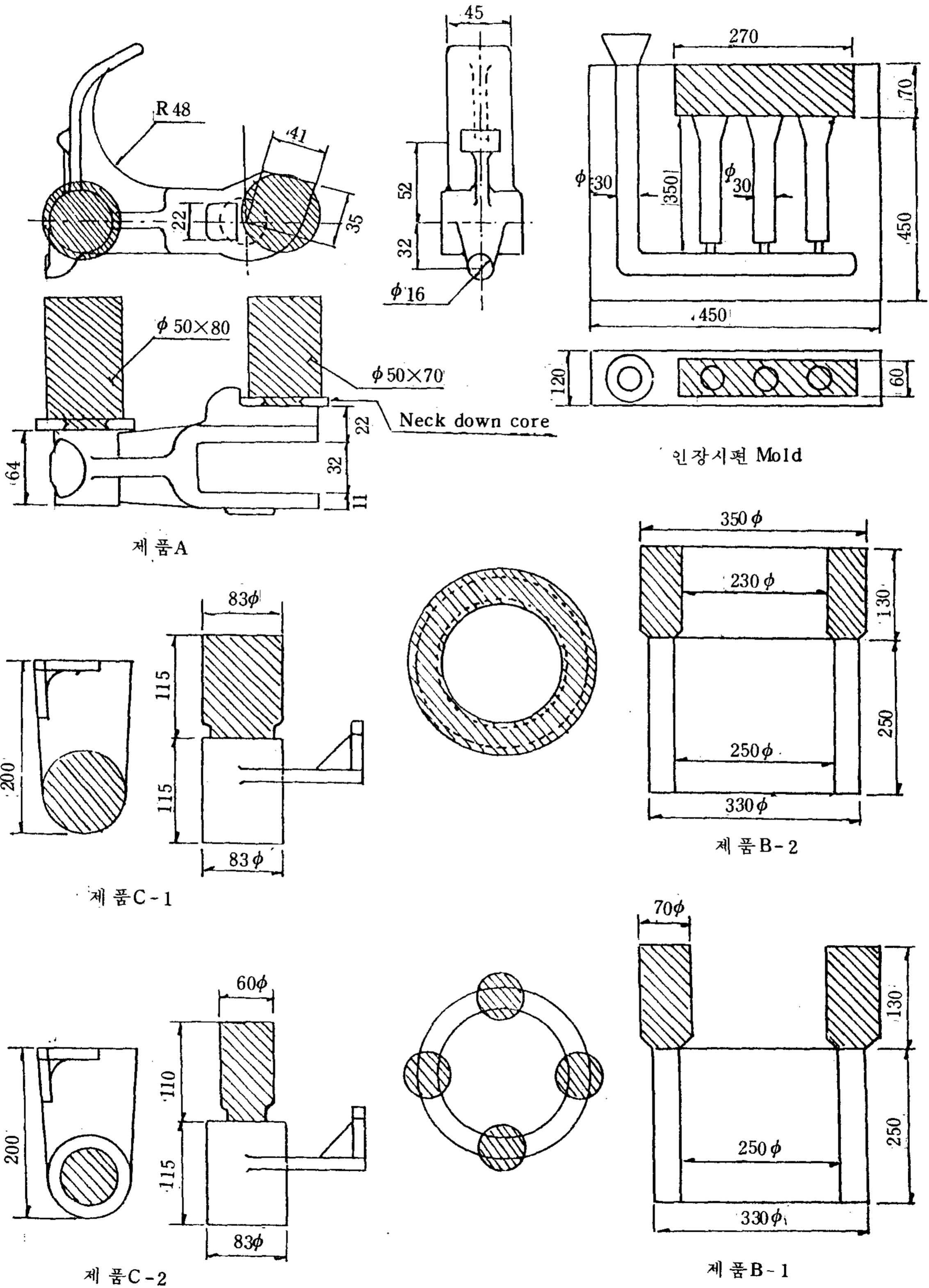


Fig.1 스시험 제품의 형상 및 크기

3-3 조형 및 주입

1) 25% Cr 주철은 Cr Content 가 높아서 용탕과 주형재료와의 반응 관계를 Check 하기 위하여 표 3 과 같이 Sand 및 도형제를 다르게 적용하여 시험하였다.

표 3 주형사와 도형제의 적용방법

제품명	주형사	Binder	도형제
제품A-1	Silica Sand	Furan Resin	Zircon Base
제품A-2	Silica Sand	"	Alumina Base
제품A-3	Chromite Sand	"	-
제품A-4	Chromite Sand	"	Zircon Base
제품B-1	Silica Sand	"	"
제품B-2	Chromite Sand	"	"

2) 주입온도 : 1460 °C

3-4 주조 후 해체 및 열처리

1) 해체

(1) 제품 A 4 개중 2 개는 Crack 발생 유무를 확인하기 위해 상온에서 해체하였고,

(2) 기타 제품은 500 °C에서 해체를 시작하여 400 °C에서 완료한 후 400 °C의 Furnace에 장입하여 Annealing 하였다.

2) 열처리

(1) Annealing 후 Normalizing 과 Tempering을 하였음.

(2) Annealing : 400 °C에서 장입하여 970C에서 2 시간 Holding 한 후 로냉시켰다.

(3) Normalizing : 970 °C에서 2 시간 Holding 후 공기중 강냉시켰다.

(4) Tempering : 420 °C에서 4 시간 Holding 후 공냉시켰다.

3-5 Fettling

1) Riser Cutting

(1) Neck Down Core 를 사용한 Riser 는 제거가 용이하므로 형 해체후에 Hammer 를 이용하여 제거하였다.

(2) Annealing 열처리 후 Riser Neck 를 5 ~ 10 mm 깊이로 Grinding 에 의해 Neck 를 더 깊게 형성한 후 Hammer 로 충격을 가하여 제거하였다.

2) Ingate Cutting

Ingate 는 Dia. 가 적어 제거가 용이하므로 형 해체 후 즉시 Hammer 로 제거하였다.

3) Surface Cleaning

각 제품 모두 동일하게 Shot Blast 기로 5분간 처리하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4-1 화학성분 : 시편의 최종 화학성분은 표 4 와 같다.

표 4 시편의 화학성분

화학성분	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	P	S
%	2.57	0.51	0.57	0.50	25.0	0.30	0.032	0.021

4-2 용탕의 유동성

1) 회주철에 비해 유동성이 불량할 것으로 예상하여 주입온도를 다소 높게 하고 주입이 신속하게 되도록 탕구계를 설계하였다.

2) B제품 뿐만 아니라 비교적 단면 변화가 크고 두께가 얇은 제품 A도 모두 탕경이나 Misrun 등의 결함이 발생하지 않고 상태가 양호하였다.

3) 따라서 대형 제품에 대하여서는 1440 °C로 주입하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

4-3 주조방안 설정

1) 탕구계 설정

제품 A (단중 5 kg)은 10 초에 주입되도록 제품 B (단중 70 kg)는 20 초에 주입되도록 탕구계를 설정하였다.

2) 압탕의 크기

(1) 제품 A의 Modulus 는 MR=1.1Mc 되게 Riser 를 설치한 결과 제품이 Sound 하였다.

(2) 제품 B-1은 Liquid Shrinkage 4%와 Riser 의 급탕을 20%를 적용하여 설계하였으나 그림 2와 같이 U.T 결과 Shrinkage Cavity 결함이 발생하였다.

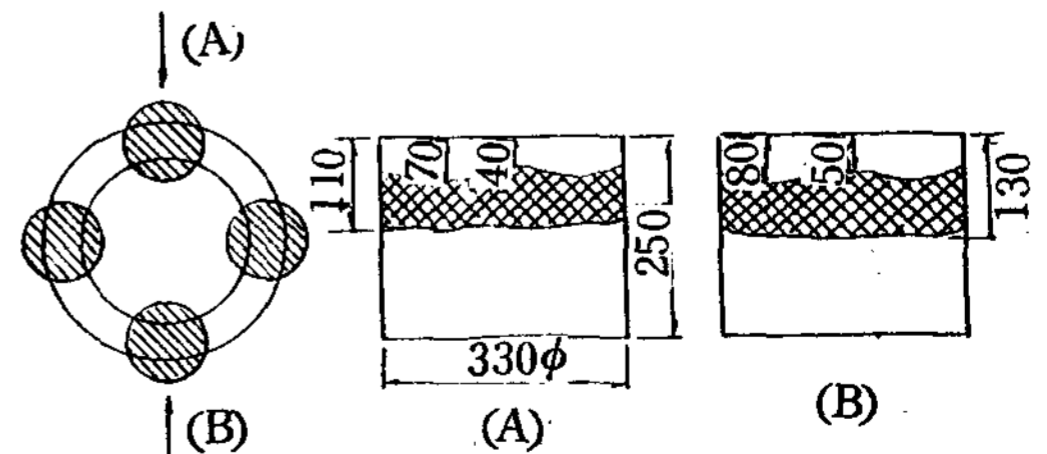


Fig. 2 B-1 제품의 U.T Check 결함 상태

(3) 제품 B-2는 Modulus 를 MR=1.2Mc 되게 Riser 를 설치하였으며 U.T Check 결과 Sound 하였다.

4-8 기계적 성질

시편의 기계적 성질은 아래표 8 과 같다.

표 8 시편의 기계적 성질

열처리구분	인장강도 (kg/mm ²)	항복강도 (kg/mm ²)	경도 (HRC)	충격치 (Charpy)	비고
Annealing 후	64.6	-	32	-	
N & Tempering 후	85.9	-	60	0.1	
"	84.0	-	59	0.1	
"	88.0	-	57	0.1	
"	84.0	-	57	0.1	

4-9 열처리에 따른 조직

시편을 3μm Diamond Paste 로 Polishing 하여 10% 크롬산액으로 상온에서 2분간 전해 Etching한 후 현미경 조직을 관찰하였다.



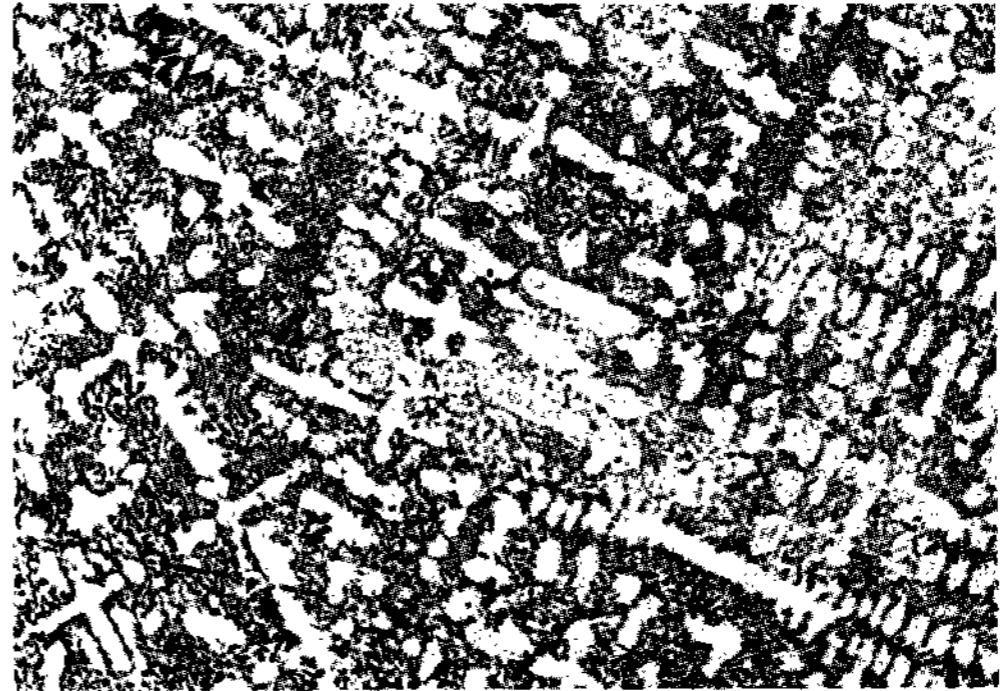
배율 100



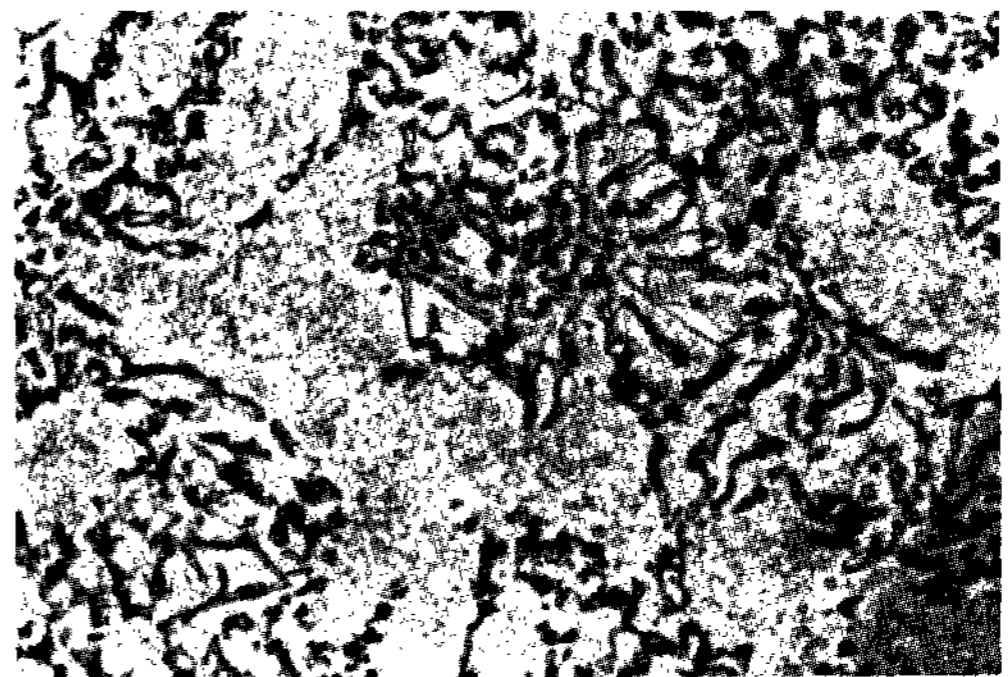
배율 100

배율 500

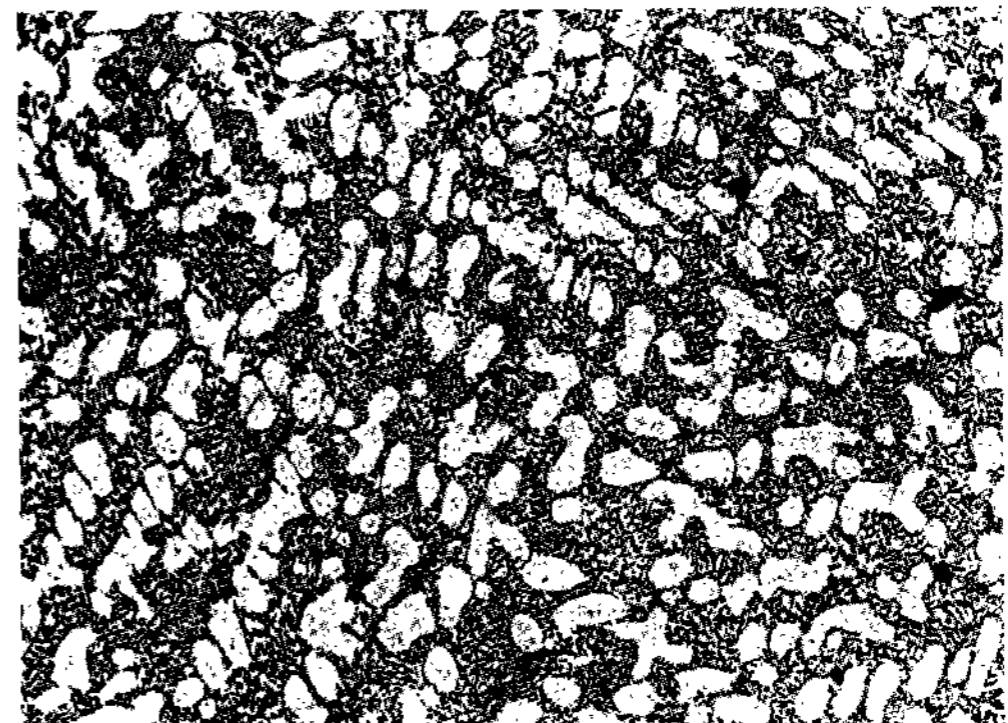
As -Cast



배율 100



배율 50 Annealing



배율 100



배율 500 Normalizing & Tempering

5. 결 론

5-1 주입온도

1) 1440℃ ~ 1460℃ 가 적당하며 후속제품은 가급

(4) 제품 C는 $MR = Mc$ 되게 Riser 를 계산하여 설치한 결과 U.T에서 Sound 한 제품을 얻을 수 있었 고 (C-1) 한편, Riser Modulus 를 변화시켜 $MR = 0.8 Mc$ 되게 설치한 Riser 는 Riser 직하에 Shrinkage Cavity 가 발생하였다. (C-2)

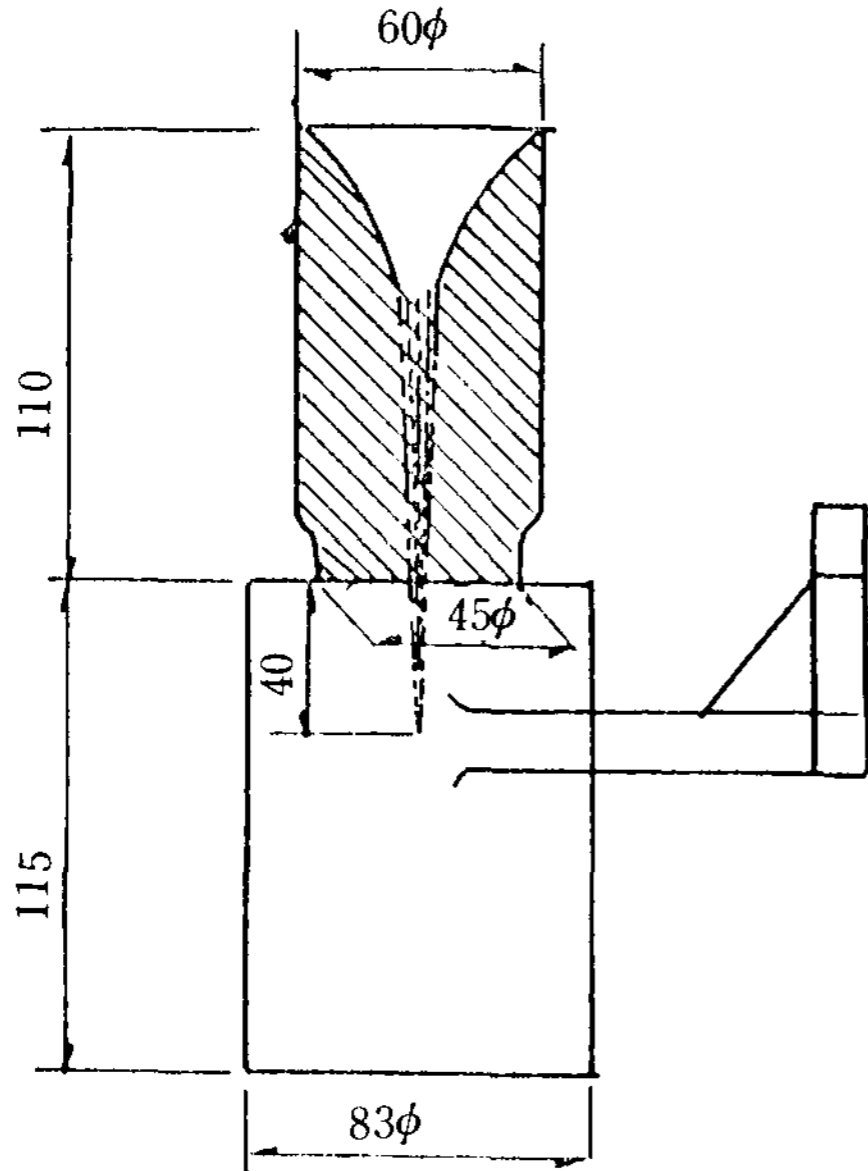


Fig. 3 C-2제품의 U.T Check 결함 상태

4-4 선수축율

1) 제품 B 2개를 주방상태에서 치수 Check 한 결과는 표 5와 같다.

표 5 제품 B의 목형 및 주방상태 치수 Check

항목	치수	Inner Diameter(mm)	Outer Diameter(mm)	Hight (mm)
목형		255	336	255
B-1		250.5, 251, 251	329, 329, 330, 330	250, 251, 250, 250
B-2		251, 250, 251	330, 330, 330, 331	250, 251, 252, 251
평균		250.75	329.875	250.625
수축율		17/1,000	19/1,000	17/1,000

2) 표 5를 검토한 결과 25% Cr 주철의 선수축율은 약 18/1,000에 해당한다.

4-5 Shake-out

1) 500°C ~ 400°C에서 해체한 후 400°C로 승온된 로에 장입하여 Annealing 처리한 제품 A와 제품 B는 P.T Check 결과 Crack 이 발생하지 않았다.

2) 상온에서 해체한 제품 A 2개를 P.T Check한 결과 Crack 발생이 확인되었다.



Photo 1. 상온 해체제품 A의 P.T Check 상태

4-6 주형사와 도형제의 효과

1) 제품 A와 제품 B에 주형사와 도형제를 각각 다르게 적용한 결과 주형사 Chromite Sand와 Zircon Base 도형제를 적용하였을 경우가 가장 미려한 표면을 얻을 수 있었다.

2) 주형사를 Sillica Sand로 도형제를 Alumina Base로 적용한 제품의 표면이 가장 불량하였다.

3) 각각의 주형사와 도형제의 적용 효과는 아래 표 6과 같다.

표 6 제품 표면에 대한 주형사와 도형제의 영향

제품명	주형사	도형제	표면미려도
제품A-1	Sillica Sand	Zircon Base	보통
제품A-2	"	Alumina Base	불량
제품A-3	Chromite Sand	-	보통
제품A-4	"	Zircon Base	우수
제품B-1	Sillica Sand	"	보통
제품B-2	Chromite	"	우수

4-7 경도 및 기계가공성

1) 각 공정에 따른 제품의 경도는 표 7과 같다.

표 7 각 공정별 제품 경도

공정	AS-Cast	Annealing	N-Tempering
경도	HRC 54	HRC 30	HRC 58

2) 인장 및 충격 시험은 Annealing 후 기계 가공하였으며 Normalizing 및 Tempering 시 변형이 발생되지 않도록 수직으로 세워 열처리 하였다.

3) Normalizing & Tempering 후 기계가공성은 매우 불량하였다.

적 낮은 쪽으로 박육제품은 높은 쪽으로 택하면 좋을 것으로 판단되며

2) 일반 회수철에 비하여 유동성이 나쁘므로 Superheating을 100°C ~ 120°C로 하여 주입한 결과 유동성에 대한 문제점은 없었다.

5-2 주조방안

1) 제품 B와 제품 C의 급탕상태는 강과 유사하였으며 그 조건은 $MR \geq 1.1Mc$ 이면 충분할 것으로 판단되며

2) Riser의 Volume은 급탕부위 Volume의 40% 이상이 되어야 한다.

3) 선수축율은 18/1,000이며

4) 제품의 결함이 발생하면 용접보수가 어려우므로 주조방안설계시 상부의 Gas 빼기를 철저히 하고 Gating System을 1:2:1로 택하고 Ingate는 가급적 여러개로 분산 시키는 것이 효과적인 것으로 판단된다. (Slag를 막고 Ingate 제거시 제품 손상을 방지하기 위함)

5-3 Shake-out 방법

1) 단순한 형태의 제품은 상온까지 냉각시켜도 Chack 발생은 없으나

2) 형상이 복잡한 제품은 필히 500°C ~ 400°C 사이에서 탈사하여 350°C ~ 400°C로 준비된 로에 장입하여 Annealing 한 후 주입구 및 Riser를 제거하는 것이 바람직하며

3) Ingate 및 Riser 제거시 제품을 물고 떨어지지 않도록 하기 위하여 제품으로 부터 10mm 이상 떨어져 충분한 Neck을 형성한 후 Cut-Off하여야 한다.

5-4 표면사와 도형제

1) 가장 미려한 표면은 Chromite Sand에 Zircon 도형제를 적용한 제품이었으며,

2) Sillica Sand에 Alumina 도형의 표면이 가장 불량하므로 중성 및 염기성 도형제를 적용할 필요성이 없을 것으로 판단된다.

3) 제품의 형상과 가공 여부에 따라서 Chromite Sand 또는 Sillica Sand의 선택이 필요하다.

5-5 열처리

본 실험을 통하여 실시하였던 Cycle로 만족할 만한 기계적 성질을 얻을 수 있었다.

5-6 기계가공성

1) Normalizing & Tempering 후 Hardness가 HRC 57 이상이므로 가공성은 극히 불량하다.

2) 따라서 Annealing 후 Hardness가 HRC 30 ~ 35일 때 황삭 가공을 한 후 Normalizing 및 Tempering을 하여야 하며

3) Tapping 및 Drilling 작업을 위해서는 Tap부위에 Plain Carbon Steel의 Plug를 제작하여 Casting시에 Insert시켜 작업하여야 한다.

4) 정밀도를 요하는 조립면은 Rough Machining 후 열처리시 변형량을 고려하여 Final Machining Allowance를 2 ~ 3mm 부여함이 적당하였다.

5) Rough Machining 후 Normalizing 및 Tempering의 변형량을 최소로 하기 위해 로내 장입시 제품의 지지방법에 대해서 면밀한 주의가 필요하다.

6) Final Machining을 위한 초경 절삭 공구 및 가공 기술의 적용이 필요하다.

5-7 용접성

용접성은 극히 불량하여 상온에서 용접은 불가능한 것으로 알려져 있으며 앞으로 검토되어야 할 사항이다.

*** 참고문헌**

- 1) 주물 49권(4) (일본 주조 공학회)
- 2) Nippon Steel Technical Report No.15
- 3) 주단조와 열처리 No.355 p7, No.423 pl. (신일본 주단 협회)
- 4) Metal Progress: August (1983) p21.
- 5) ASM. Metals Handbooks, 9th Ed, Vol.1, Alloy Cast Irons, pp75~89, pp 597~638.