

技術資料

CHILLED ROLL 製造法 小考 (III)

南世雄*

1. 닥타일 Roll (Ductile Roll) 製造法

Ductile roll은 chilled roll과 同一한 金型, 金型法으로서 産出한다.

勿論 收縮率은 chilled roll에 비해 약간 많은 18/1000 ~ 20/1000 정도이나 金型설계시 이미 鑄造으로 사용하도록 加工余肉을 充分히 주었기 때문이다. chilled Roll 製造法과 상위한 것은 원료배합과 용해, 주입온도 등에 있으나 별다른 상위점은 압탕부의 설계를 充分히 하는 것이다. ductile roll의 用途는 主로 練材壓延의 中間 oval 용으로 사되하며 平Roll로서의 사용은 거의 하지 않는다.

Ductile roll의 특징은 과부하에 견디는 강인한 강도를 갖는 것과 roll 표면과 中心의 경도 편차가 적은 것이 특징이다.

그러므로 열, 냉간 中厚板用, 非鐵金屬 冷間壓延用 대형찬넬, 工법용에 많이 사용되며, 또한 교정기 roll (앵글, 찬넬, 工법, 기타)에도 이용된다.

1-1 熔解 (Melting)

Ductile roll의 용해에는 저주파 반사로 아크爐 Duplex法 (cupola - 저주파, cupola - 보온爐) 등이 이용되며 어느爐를 선택하느냐는 이미 설치된 시설에 맞추어 선정하여야 한다. 중요한 것은 어떤爐를 사용하든 간 구상화율 80%以上, 高溫Mg 처리 및 高溫注込 (1350°C 이상) 등의 요소를 충족시킬 수 있어야 한다.

10년전만 해도 cupola 단독으로 ductile roll을 제조하는 회사가 있었으나 높은 不良率과 均一한 재질을 얻을 수 없다는 점에서 많은 어려움이 내포되었다.

先進國에서 爐前脫硫處理法을 이용한 cupola 닥타일 Roll 제조를 시도하여 성공한 例는 있으나 탄소량의 조정, 유황분 제거에 따른 온도강화 등에서 安定된 roll

生産이 不可能함을 표현하였다.

따라서 丈型 roll은 arc爐에서 中型以下는 유도로 반사로 등이 이용되고 있다.

1-1-1 材料管理

Ductile 재질은 인장강도 기준하여 FCD(GCD) 80에 해당하며 80~90%의 pearlite조직으로서 되며 胴部는 金型에 의하여 急冷시켜 희망하는 硬度를 얻기 때문에 엄격한 材料관리가 요망된다.

선철은 DCI 銑鐵 또는 自銑, QIT 선철 등을 이용 20~30% 배합하며 환원고철을 DCI 古鐵 또는 DCI roll 層古鐵 (SS)는 Mn 함유량이 낮은 一絶古鐵이 사용된다.

1-1-2 배합기준

一般的인 練材壓延用 Roll 일 경우

C (탄소) : 3.3%前後 (3.4% 이상 되지 않게 주의)

Si (규소) : 1.4 ~ 2.0 (제품사양에 따라 결정)

Mn (만암) : 0.3%전후 (0.5 이상 되지 않게 주의)

P (인) S (유황) : 가능하면 낮게 0.05 ~ 0.02 %범위

Ni (니켈) : 1% (경도 상승 요인)

Cr (크롬) : Ni의 1/4 정도

이상을 목표로 하여 적절히 배합시킨다.

전기爐의 경우 탄소를 조절하기 위해 많은 량의 가탄제를 사용하고 있어 가탄제 선택 역시 엄중히 선별하여 低硫黃, 高炭素, 낮은 질소 함유량 등을 감안하여 전극선이나 석유코크스粉 등 회사의 적합한 재료를 선택함이 희망된다.

Ductile roll은 主로 合金하여 사용되어 지므로 만약 쇼아 H, 70 경도의 Roll 배합시,

Hi = 4.5% Cr = 1.1 ~ 1.5% 배합하여 제조한다.

Mg 첨가량은 一般DCI와 同一하나 Roll 제조에서는

* 한국철주조공업사 부사장

Mg 함유량 10%~20% 함유된 Ni-Fe-Si-Mg 을 사용한다.

반응은 극열하나 온도저하를 막고 구상화율의 안전성을 고려해서 이다.

또한 제품의 두께에 따라 Mg 첨가량도 조절해야 하며 roll 의 경우 상당히 두께가 크고 중량물이기 때문에,주의를 요한다.

1-1-3 주입온도 불속도

DCI roll 의 주입온도는 chilled roll 에 비해 어떠한 높은 온도의 注入에 있어 금형의 손실이나 소손등이 없어 1350℃ 이상에서는 안전하게 주입가능하며 주입속도는 조용히 그리고 빠르게 실시한다. 주입속도는 톤당 10~12 초에서 완료해야 하므로 주입구 설계 압탕 설계에 주의해야 한다.

1-2 열처리 (Heat Treatment)

Ductile roll 은 목표경도 보다 높게 배합하여 응력 제거 소둔을 실시하여 硬度를 조절한다.

즉 목표경도가 H_s 60 일때 주방상태의 roll 경도를 H_s 65~67 로 배합 제작하여 열처리에 의하여 H_s 60 으로 맞춘다.

Ductile roll 주입후에 内部응력은 경도의 편차 응력에 의한 절손(切損) 등의 원인이 되므로 roll 專用에서 비교적 낮은 500~550℃ 온도에서 장시간 유지하여 응력을 제거하고 냉각은 공냉(空冷) 또는 爐冷으로 실시한다.

Holding time 은 roll 동체부 inch 당 1 hr 을 기준한다.

열처리 前에 시편을 채취하여 시험실 爐에서 일단 열처리하여 경도의 저하를 시험후에 현장에 적용하면 硬度低下로 인한 不良을 방지할 수 있다.

1-3 Ductile Roll 에 발생하는 Crack 의 원인과 대책

DCI roll 제조상 가장 많은 不良率을 기록하고 있는 從割(vertical crack)은 아래 세가지 원인을 들 수 있다.

- ① Mg 처리로 기인된 온도저하로 인한 주요온도 낮음
- ② 금형 내부의 결함(금형 내부 crack 또는 收縮巢)
- ③ 불순물 혼입, 비금속 개제물 혼입 등이다.

그러므로 주입온도는 1350℃ 이상(필연적으로)으로 유지되어야 한다. 균열 다음으로 발생하는 이상조직은 구상흑연 과다출현으로 인한 강도불 경도 저하 현상이다.

이는 전항 배합기준에서 설명한 것과 같이 탄소의 영향으로 나타난다.

탄소 3.3% 이상에서 메달부에 흑색반점이 무수히 나타나며 광택이 나지 않고 연질의 조직이 출현한다.

그러므로 탄소는 가능하면 2.9%~3.3% 선에서 맞추어야 하며, 경도상승의 요구는 Ni, Cr 량으로 조정 배합해야 한다.

기타 사항은 chilled roll 제조법과 同一하다.

2. 諸元素가 Chill 에 미치는 영향

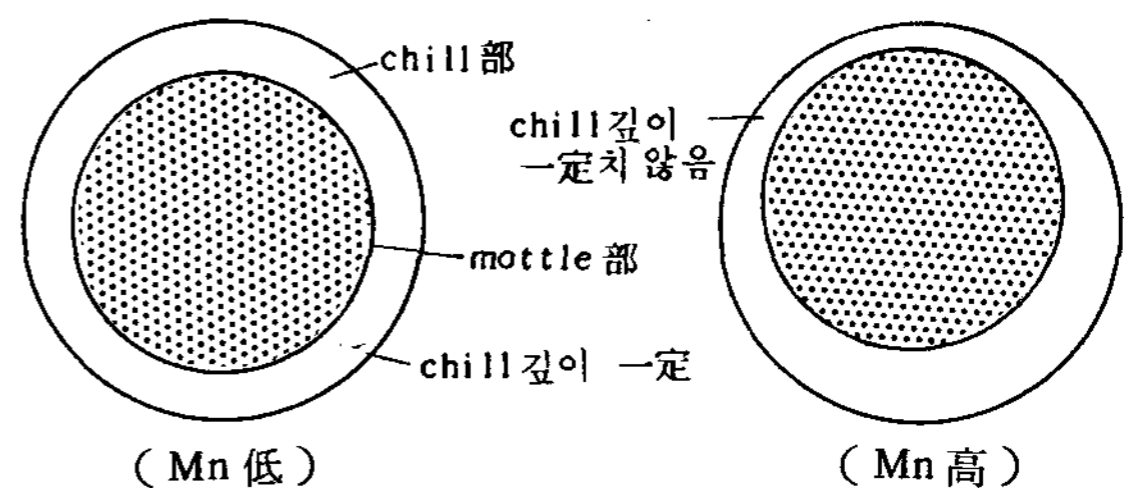
2-1 탄소 (carbon) : 炭素의 增加와 함께 硬度는 直續적으로 上昇하며, chill 의 깊이는 얇아지거나 명확히 나타난다.

斑鐵部(used chill)는 짧게 되나 clear chill 部の 硬度에 큰 영향을 미친다.

탄소의 증가와 함께 強度는 低下되며 roll 製造에 있어 3.7% 이상 되지 않게 노력해야 한다.

2-2 규소 (Silicon) : 強力한 黑鉛化 促進劑로서 珪素量이 增加함에 따라 chill 의 깊이는 격감되며 clear chill 部를 消失시켜 mottle 部를 만들어 버린다. 또한 表面硬度는 急激히 低下한다. 珪素量이 낮은 것이 chilled 鑄鐵의 特徵이며 實際 操素에 있어 chill 깊이는 규소량으로 조정한다.

2-3 망강 (Mn) : Mn 량의 증가는 多少 硬度를 높여주지만 반대로 chill 깊이를 얇게 만들뿐 아니라 일정한 chill 깊이를 유지시키지 못하고 편석을 일으켜 偏心 chill 이 되기 쉽다.



그러나 一般的으로 Mn 은 유동성을 좋게 하며 수축 결함을 防止시켜 준다.

Roll 配合에 있어 Mn 량은 되도록 낮은 方向으로 계산하여 偏心 chill 이 생기지 않도록 노력해야 할 것이다.

2-4 인 (P) : 燐은 表面硬度를 약간 增加시키며 C-hill 의 깊이는 약간 저하한다.

Mottle 部에 나타나는 Fe-P-C 3元共晶 (스테 타이 트)는 기계적성질을 열화시키나 湯의 流動性を 良好히 하여 注込時 湯흐름을 좋게 한다.

2-5 유황 (S) : 硬度에 아무런 영향을 끼치지 않으나 chill 깊이를 극히 깊게 하며 mottle 部를 短縮시켜 명확한 chill 層을 형성시킨다. 유황량이 많으며 유동성을 해치고 핀홀이나 부로홀 등을 생성시키는 경향이 있다.

2-6 니켈 (Ni) : Chill 層을 얇게 하지만 표면경도를 증가시킨다. 냉각속도에 의하여 다소 차가 있으나 통상 4.5% Ni 첨가시 최고의 硬度를 나타낸다.

Ni 를 과잉투입하면 오스테나이스의 잔유량이 증가하므로 경도를 저하시키는 경향이 있다. 또한 Ni 은 조직을 치밀하게 하고 강도 역시 증가시킨다.

2-7 크롬 (Cr) : 安定한 chrome carbide 를 형성하여 chill 層을 깊게 하며 添加量 增加에 따라 硬度도 上昇한다.

Roll 에 있어 Cr 단독첨가는 경도를 多少 增加시키나 Brittle 하므로 Ni 과 함께 첨가하며 대부분 Cr 량은 1.5%를 넘지 않고 있다.

2-8 모리브레늄 (Mo) : 약간 청도를 증가시키며 한편 chill 은 얇게하는 경향이 있다.

소량 (0.3%) 첨가는 조직을 미세화시키고 강인성을 부여한다.

2-9 바나듐 (V) : Chill 깊이를 얇게하며 硬度에 큰영향을 미치지 않는다. 그러나 외국의 한예로서 Roll 配合에 V - Ti 함유 선철을 사용하여 0.3% V 을 첨가 하였더니 표면경도가 500 ~ 700 HB 상승하고 결함이 감소하였다는 보고가 있다.

바나듐 첨가는 내열성을 향상시킨다고 전해지고 있다.

2-10 보론 (B) : 0.008 ~ 0.012% 미량 첨가에 따라 Chill 層은 최대의 미세균일화되고, 흑연의 크기와 量이 減少되며 硬度를 增加시킨다.

外國의 경우 chilled roll 의 60% 상당에 보론을 첨가하고 있으나 한국에서는 Fe-B (보론철)의 보급은 아직 성행되지 않고 있다.

2-11 테루리움 (Te) : 微量添加에 의하여 강열한 自銹化경향을 나타내며 mottle 部와 chill 部를 명확히 구분시켜 준다. 그리고 mottle 部의 기계적 성질을 저하시킨다.

Te 첨가는 ladle 에서 이행되며 roll 제조시 시험편의 chill 深이 목표치보다 약간 낮을 때 용탕 ton 當 50 grm 정도 1차 투입 교반후 주입한다. 그러나 목표치보다 많은 차가 있을 시는 발열 Cr 이나 ladle 첨가용 粉末 Cr 을 0.2 ~ 0.3% 첨가하여 일단 시험편으로 Chill 검사후 적당하면 주입하고 약간 부족시 전술한 Te 을 미량 첨가시킨다.

이상 재원소의 영향을 기술하였으며 표로 나타 내면 표 1, 2, 3과 같다.

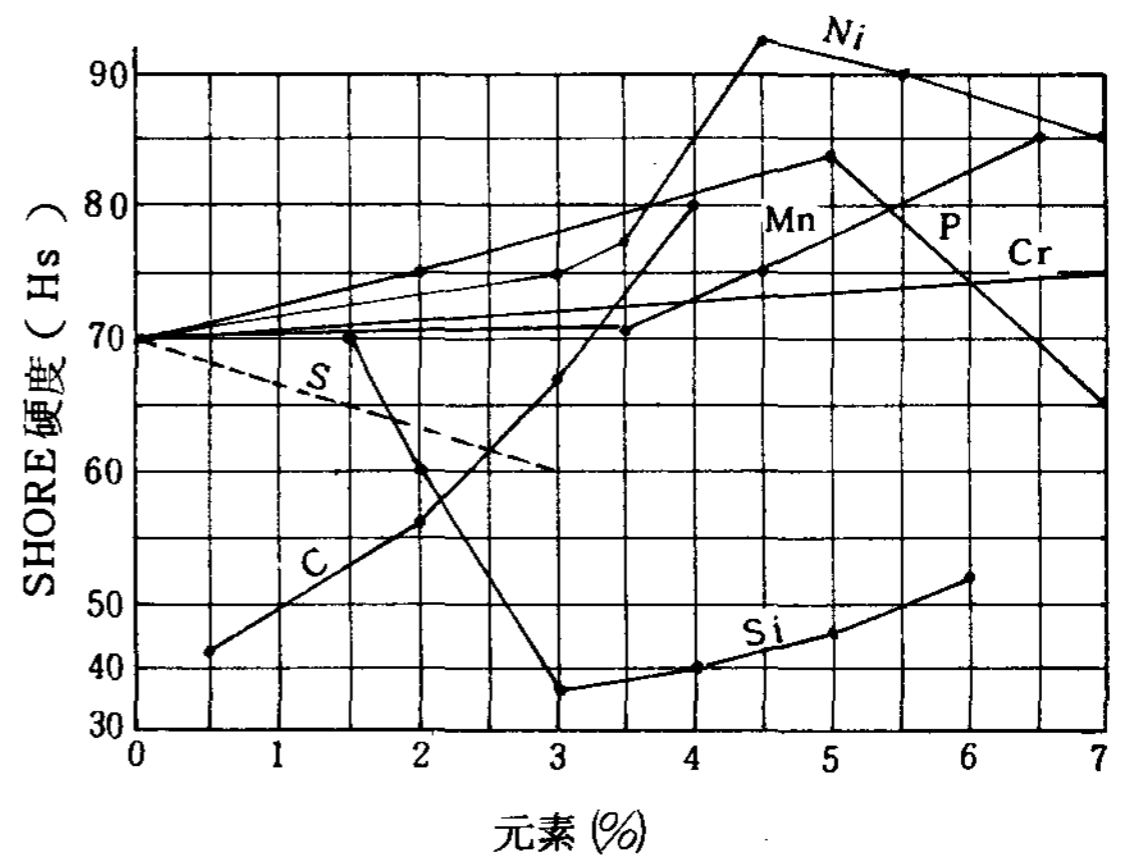


표 1. Chilled 주물의 표면경도에 미치는 諸元素의 비교

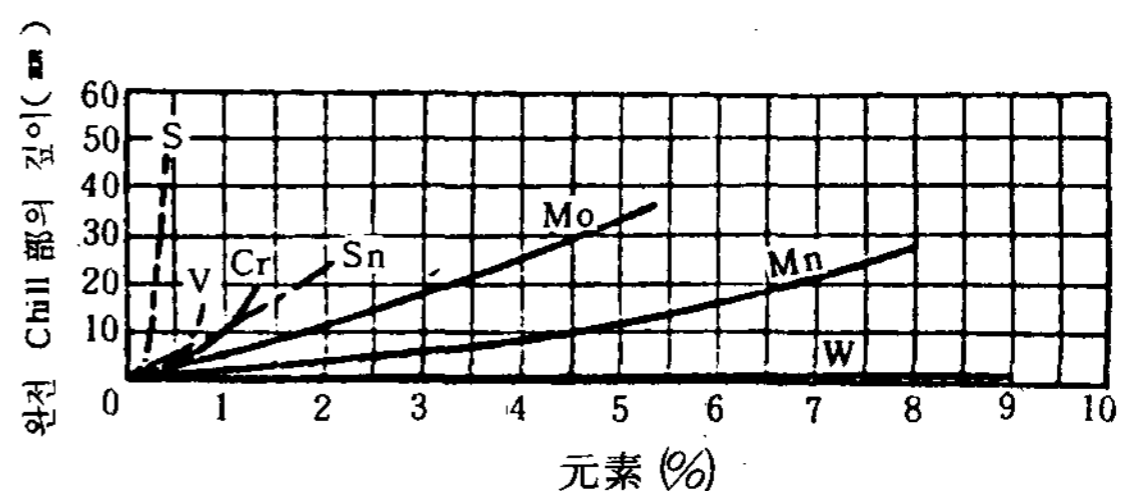


표 2. Chill 深에 미치는 재원소 비교

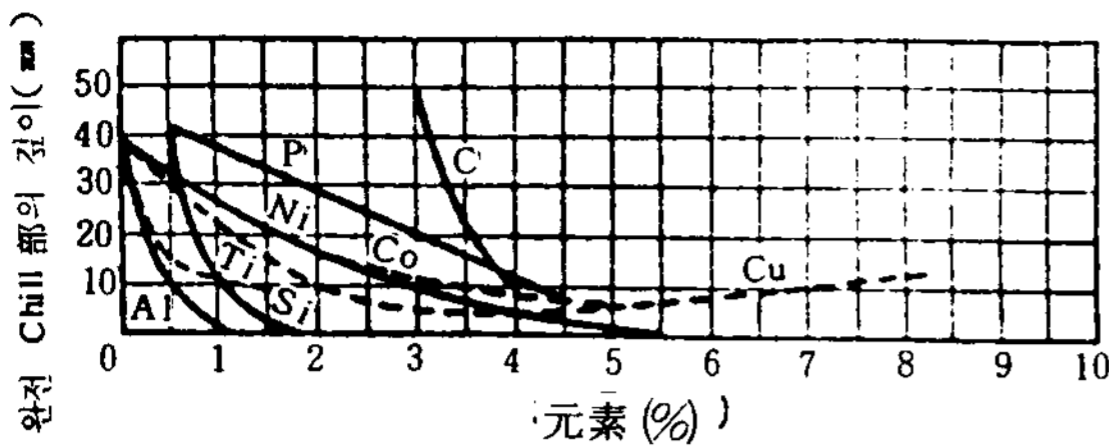
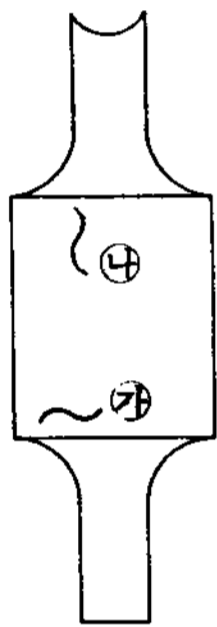


표 3. Chill 深에 미치는 재원소 비교

3. CHILLED ROLL 不良原因과 對策

1. Roll 胴體部の 균열 (가로방향, 세로방향 포함)

Roll 鑄込後 金型을 解體하여 表面을 检查해보면 2 种 류의 crack 발생이 나타난다.



㉞ 模割 (가로방향 균열) : 材價不良 即 化學成分의 不適當 cementite의 偏多, 收縮作用의 不適合 등에서 나타난다.

㉟ 縱割 (세로방향 균열) : 균일한 냉각이 되지 않을 경우, 또는 金型内部의 結晶에 의한 것 탕의 유동성에 不良일 때 종종 나타난다.

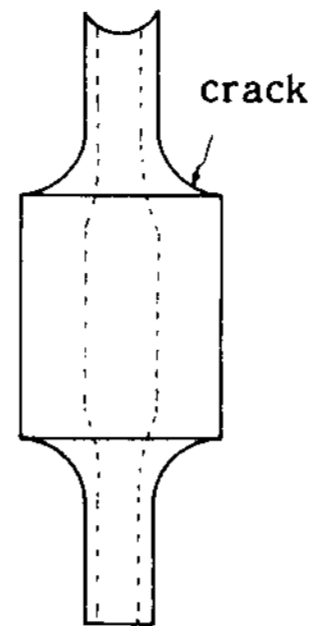
2. Hair Crack (실금균열) : 이 현상은 주방상태에서는 보이지 않고 표면연마후에 나타나는 미세한 龜裂로서 中拔 roll 에서 나타난다. 주입시간에 유의하여야 한다.

3. 메달부 (상부) 균열 : 中空 roll 주입후 해체하면 동부와 상부메달부사이 crack 이 발생되여졌다. 그림과 같이 냉각시 동체와 메달부의 냉각속도 차이에서 오는 응력에 의하여 切損된 것처럼 상당히 크게 갈라진 경우를 보게 된다.

특히 이 현상은 roll 徑 300 以上일때 많이 나타난다.

이 경우 전술한 바와 같이 首榨 (neck flask) 를 사용함으로써 防止할 수 있다.

4. Blow hole, pin hole : 胴部表面에 blow-hole 또는 pin hole 등의 작은 구멍이 나타난다. 原因은 金型의 도형不良 용탕재질불량 특히 gas 含有物이 많을 때나 不純物이 혼입될때 金형온도의 不充分, 또는 兩期의 습기가 차 있을때 주입온도가 너무 낮았

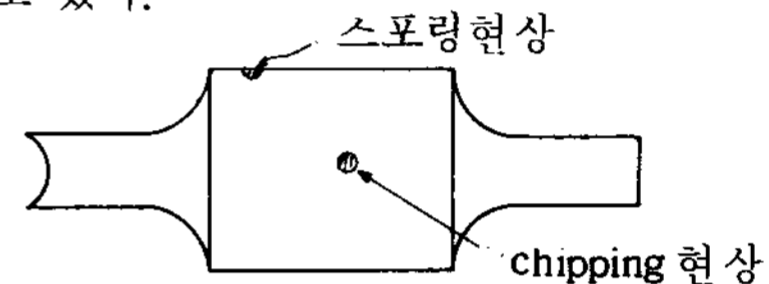


(中空 roll)

을 때 등에서 발생된다.

對策으로서는 結晶발생 部位를 명확히 check 하여 도형후의 金형온도 유지 (80 ~ 100 °C) 주입온도 및 주입속도 등 充分히 여유를 가지고 check 후 주입을 행하여야 한다.

5. Chill 스포링 또는 Chipping 현상 : Roll 胴部 表面의 一部가 壓延中 板狀으로 떨어져 버린다. 즉 딱지가 떨어져 나가는 현상이다. 심하면 roll 加工中에 일어나는 현상도 있다.



원인은 carbon 의 偏析, 硬度的 不均一, 冷却速度의 不均一, 용탕중의 carbon 함유량이 3.8%보다 높을때 표면에서 약간 내부의 crack 생성, chill 깊이가 얇은 材價를 Te 을 첨가하여 표면 chill 層과 斑銑部의 경계가 너무 명확히 나타날 때 생성되는 경계로서 경도의 차가 심할 때 이 경우 목표성분중 탄소의 함유를 3.5%전후로 낮추고 합금원소를 이용하여 목표 경도에 도달시킨다.

6. 納品後 使用中 흔히 metal 部の 切損으로 인하여 크레임을 당하는 例가 많다.

원칙적으로 metal 部の 切損은 製造자와 사용자 쌍방 50%의 책임이 있다.

물론 切損된 部分에 結晶이 나타나 있으면 비록 사용자가 過負荷로 인해 切損시켰다 하더라도 製造자의 책임을 면할 수 없다.

그러나 切損部位에 아무런 結晶이 없을 때에는 이는 사용자의 책임이 많은 것이다. 구조상의 응력이나 내부의 結晶으로 인해 손상되었다 하더라도 이는 엄격히 사용자의 불찰에 기인되나 고객이라는 입장에서 半半 책임을 져야 할 것 같다.

왜냐하면 메달부의 切損은 조직적으로 볼 때 上部 메달부의 不良이 70%이상이므로 押湯의 길이를 길게 하여 일정荷重에 견디도록 설계해야 한다.

7. Chill 深의 偏心 : Chill 이 周方向에 따라 극도로 偏心되어 있을때

이는 금형온도의 不均一 (건조로에서 加工 할 때는 큰 문제가 없으나 burner 로서 금형의 中心部에서 석유바나로 가열시 균일한 온도분포가 되지 않을 경우 표면에 mottle 이 나타나서 극도의 偏心を 유발한다.

또한 Mn 의 過多收入으로 인한 偏析, 냉각시 不均一한 속도로 냉각될 때 형성되기 쉽다.

8. 硬度的 不足

검사할때 목표경도에 도달하지 못할때

이는 材質선택의 결여, 加工을 너무 많이 하게 될 때 경도가 저하된다.

Chill roll 의 경도는 표면에서 3 ~ 4 mm 가공한 때가 가장 높게 나타난다. 이상.

참고문헌 : 주물편찬, 현장메뉴얼, 大谷氏의 roll 제조법, 일본 roll 연구부회보고서

國際會議開催 案内

BCIRA

International CONFERENCE

S.G. IRON — THE NEXT 40 YEARS

“An excellent opportunity for all
foundrymen to assess and discuss
current and future trends in
S.G. iron castings
production and applications”

UNIVERSITY OF WARWICK Nr. Coventry, England

Tuesday-Thursday 7th-9th April 1987