

技術資料

熔 銑 爐 의 計 測

(3)

崔 昌 鈺*

7. 爐頂가스의 分析

7.-1 概 要

熔銑爐의 爐頂가스成分의 測定은 熔銑爐操業 및 熱管理에 있어서 熔湯溫度의 測定이나 送風量測定과 함께 중요한 問題이다. 따라서 爐頂가스의 成分은 爐의 상태變化를 사전에 아는데 가장 중요한 要素이므로 이것의 分析을 필요로 한다. 同一爐를 동일한 조건에서 조업하는 경우는 爐頂가스의 組成으로 부터 熔銑爐內의 Si 나 Mn의 熔解손실을 판단 할 수가 있다. 爐頂가스는 주로 CO₂, CO, N₂로 되어 있으나 일부 O₂, H₂등도 포함되어 있다. 이와같은 전체 成分을 分析한다는 것은 곤란하다. 보통 CO₂, CO 또는 때로는 CO₂ 分析 만으로서 爐狀態를 추정한다.

爐頂가스의 分析은 그의 조작으로부터 다음과 같은 4種으로 大別한다.

- ① 化學的 吸收劑에 의한 方法
- ② 比重에 의한 方法
- ③ 熱傳導度에 의한 方法
- ④ 燃燒法

7-2 分析計의 種類

1) Orsat 分析計

煙道가스와 같은 주로 無機가스로 된 간단한 組成의 混合가스 分析은 간단하게 할수 있으며 휴대용으로서는 현장에서 직접分析이 가능하다.

그림 28은 이 종류의 일종이다.

그림에서 M은 냉각수통을 갖은 計量부렛, N는 물을 넣는 水準병이며 分析가스의 흡인, 흡수 Pipet 에로 보

내진다. A, B, C는 CO₂, O₂, CO의 흡수액을 가득 넣은 흡수 피펫이다. 分析은 分析가스를 定量한 후 점차 A, B, C를 반복 통과시켜 각 Pipet 중에서 흡수된 CO₂, O₂, CO의 감량으로 부터 각 가스량을 測定한다. CO₂의 흡수액에는 가성카리 (KOH) 30 ~ 40% 수용액을 O₂의 흡수액에는 C₆H₅(OH)₃ 알칼수용액을, CO의 흡수액으로는 염화제 1동 암모니아용액을 사용한다. 分析가스의 채취는 空氣의 混入에 주의하며 爐斷面의 中心部에서 채취할 수 있도록 한다.

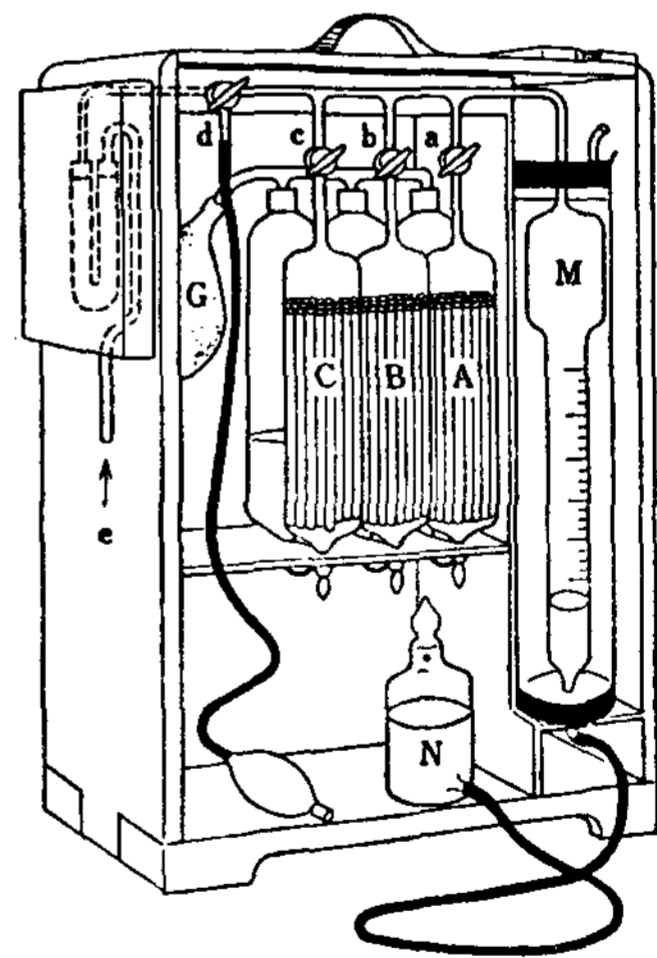


그림 28. Orsat 分析裝置

표 3은 Orsat 吸收液의 調製法 및 性質를 표시한다.

① 가스試料의 採取法

가스試料의 채취는 熔銑爐의 同一水準面에서도 爐斷面의 中心과 爐壁부근은 현저하게 다르다. 항상 採取位置를 일정하게 하여도 爐內의 裝入狀態에

* 東亞大學校 工科大學教授

표3 Orsat 分析計의 각종 흡수액조제법과 성질

흡수가스	흡수액	調製法	性질
CO ₂	가성카리 용액	800CC의 물에 250 gr의 가성 카리를 용해한 가성카리수용액, KOH는 化學的으로 순수할 필요없음.	농도가 過하면 침전물이 되어 모세관이 막힌다. 이 용액의 흡수능력은 1 CC에 대하여 CO ₂ 가스 42CC 이다. 흡수는 보통 수초간의 접촉으로 완전히 이루어진다.
O ₂	피로갈 물 용액	물식자산 20 gr, 가성카리 20 gr, 물 60CC의 피로갈물 알칼리용액이 좋은 결과를 표시. 보통 가성카리수용액과 피로갈물수용액을 만들어서 흡수병중에서 혼합한다. 교반없이 조용히 흡수병에 유입하여 혼합한다.	이 용액은 O ₂ 에 대하여 대단히 민감하여 보존이 대단히 곤란하여 필요에 따라서 조제함이 좋다. 서로 혼합하여 만든 용액은 무색이지만 공기중의 O ₂ 를 흡수하여 바로 암갈색 흑갈색으로 변한다.
CO	염화제 1 동 암모니아 용액	보통 11.5 gr의 염화제 1 동을 50CC의 물 및 43CC의 농 암모니아에 용해하여 만든다.	이 용액은 O ₂ 에 예민하여 밀폐하여 보존한다. CO의 흡수는 극히 완만하다.

따라서 다르다. 또한 裝入口부근에서 채취하여도 空氣가 混入하므로 정확한 값을 얻을 수 없으므로 채취에 주의가 필요하다.

水準병에 사용하는 물은 맑은물의 경우는 가스를 흡수하기 때문에 오차가 크게 되므로 식염 또는 폐가스로 포화된 것을 사용하는 것이 필요하다.

② 分析操作

채취한 시료가스는 가성카리용액을 넣은 흡수병에 送入하면 CO₂를 흡수하므로 測定 buret로 되돌려 흡수에 의한 減少한 가스量%를 기록한다. 다음 O₂, CO 차례로 동일한 조작으로 C₆H₃(OH)₃ 용액 및 염화제 1 동용액 및 염화제 1 동용액의 제 2 흡수병에 送入하여 흡수시켜 감소한 가스量%를 測定하고 잔량은 N₂ 量으로 한다. H₂ 등이 특히 높은 경우에는 가스를 연소하는 조작을 필요로 한다.

2) 化學的 自動가스分析計

自動가스分析計는 化學吸收劑를 사용하는 手動의 가스分析을 機械化하여 自動的으로 一定量의 가스를 흡입하여 吸收劑와 접촉시키고 남은 것을 피스톤에 보내서 그 이동량으로 부터 CO₂, 극외의 가스량을 지시, 記錄시키는 것이다.

이것은 CO, CO₂, H₂ 3종류의 가스를 한 時間에 모두 20회연속分析를 행한다. 1회의 所要가스량은 總 5 cc 정도이다. 測定原理는 吸入口로 부터 少量

의 가스를 주기적으로 흡입하여 연속적으로 다음 공정에 보내서 각종 가스成分을 定量하는 것으로 되어 있다. CO₂는 가성카리용액에 吸收시키며 H₂는 酸化銅을 보조로 사용해서 H₂O로 만들며 減量으로부터 求한다. CO는 CO+CO₂+H₂의 合計量으로서 기록된다. 이것은 H₂, CO를 燃燒시켜 脫水裝置, 가성카리수용액에 吸收시켜서 測定한다.

3) 密度式가스分析計

가스는 각각 固有의 가스密度를 표시한다. 따라서 그成分系의 混合가스는 그 組成率에 비례해서 가스密度는 變化한다. 그러므로 가스밀도의 測定으로 混合가스의 組成을 알 수 있다. 熔銑爐의 排氣가스는 주로 N₂, CO, CO₂로 되어 있으며 일부분 O₂, H₂,도 함유한 많은 成分系이다. N₂, CO, O₂의 密度는 거의 同等하며 CO₂의 그것은 약 1.5배 이므로 배기가스의 밀도는 거의 CO₂의 含有量에 비례해서 增加한다. 그러므로 CO₂의 含有率를 測定할 수 있다. 다만 H₂의 비가 많은 경우는 오차가 많아지나 H₂ 1%의 含有로 CO₂는 總 2%정도 낮은 값을 나타낸다. 표 4는 각종가스의 密度, 比重表이다. 표 4에서 나타내는 바와 같이 H₂의 比重은 CO₂와 비교하여 대단히 적어므로 爐頂가스중에 狀況에 의하여 H₂가 많이 존재하여도 指示에 오차가 생기므로 보정을 하여야 한다.

密度測定方式으로는 날개(翼車)式이 많이 사용된다.

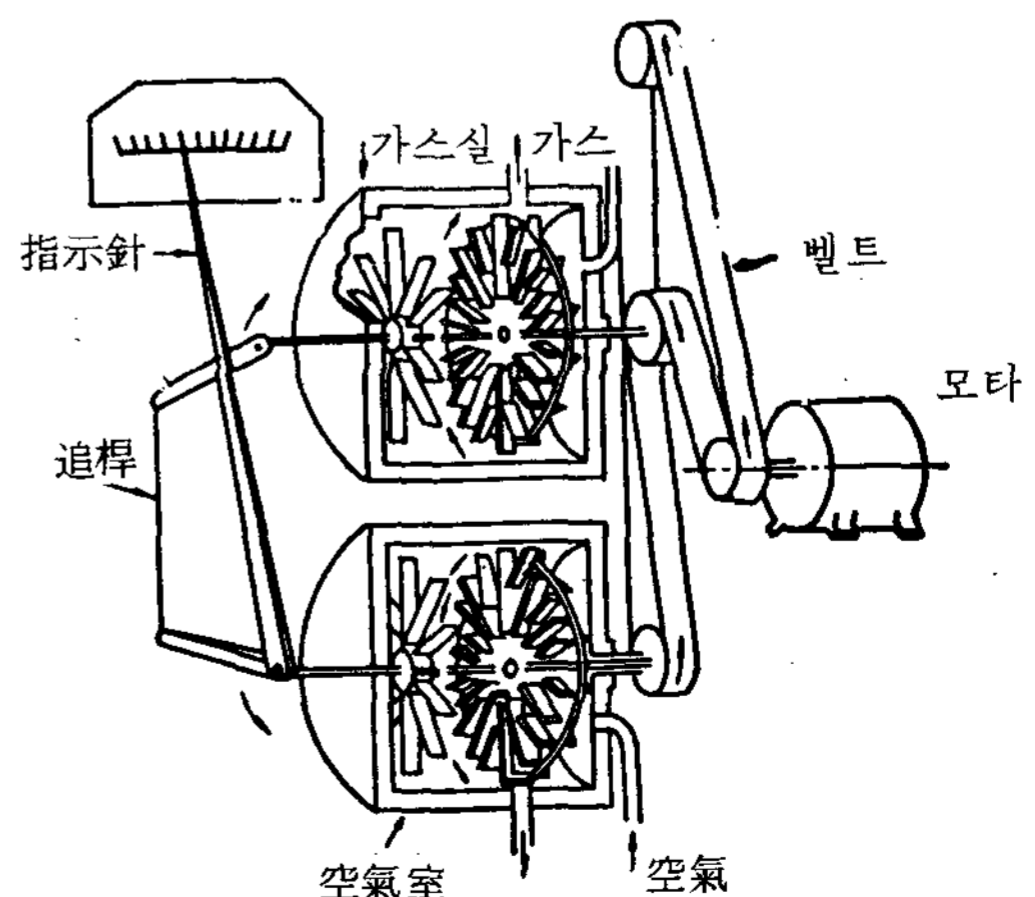


그림 29. 比重式 가스分析 原理

다. 그림 은 이를 표시한다. 이것은 한개의 모타에서 벨트를 통하여 두개의 같은 모양의 상자속에서 같은 모양의 날개를 반대방향으로 고속회전시켜 두개의 상자에 測定가스, 비교가스 (空氣) 를 위도한다. 회전하는 날개 (翼車) 에 대향한 수동날개는 각각의 상자의 가스밀도에 비례한 비틀림모멘트 (twisting-moment) 가 생긴다. 그리하여 양쪽 상자의 가스밀도의 비와 비틀림모멘트비가 일정하게 되므로 비틀림모멘트에 상응해서 바늘이 움직이게 되어 있다. 이것에 의해서 CO₂의 組成率을 알 수 있다.

표 4 각종가스의 密度와 比重

가스종류	性 質	密度 (g/l) (標準狀態 0°C, 1기압)	比 重 (空氣 1 경우)	分子量
空氣				-
亞黃酸가스 (SO ₂)				
탄산가스 (CO ₂)				
酸素 (O ₂)				
일산화탄소 (CO)				
질소 (N ₂)				
수증기 (H ₂ O)				
수소 (H ₂)				

4) 熱傳導度型가스分析計

각종가스의 成分이 가스의 종류에 따라서 組

표 5 각종가스의 熱傳導度, 比熱傳導度, 溫度係數

가 스 종 류	熱傳導度 (C) (Cal × 10 ⁶ /cmsec C)	공기에 대한 比熱傳導度 (C)	溫度係數 (100°C) × 10 ⁻³ /C
공기	53.3	1.00	2.81
수소 (H ₂)	379.0	7.12	2.75
메탄 (CH ₄)	70.3	1.32	6.55
산소 (O ₂)	55.7	1.04	3.03
질소 (N ₂)	54.5	1.02	2.64
일산화탄소 (CO)	51.3	0.96	2.62
탄산가스 (CO ₂)	32.9	0.62	5.48
아황산가스 (SO ₂)	19.5	0.37	-

成에 의해서 熱傳導率이 다르다. 이것을 이용해서 가스分析이 가능하다. 이것은 測定가스 중에서 熱線을 전류가열 할때 그 평형온도는 가스의 熱傳導率에 의해서 다르다. 이 平衡溫度를 熱線의 저항값으로 부터 구해서 가스組成을 測定한다. 本型式은 원래 2成分系의 가스分析에 사용했으나 N₂, CO는 거의 공기와 동일한 熱傳導率이나 CO₂는 空氣의 約 60%정도 이므로 測定이 가능하다. H₂가 많으면 密度式이상으로 오차가 생긴다. 표 5는 각종가스의 熱傳導度, 空氣에 대한 比熱傳導度, 溫度係數를 표시한다.

5) 燃燒型가스 分析計

熱傳導型에 의한 CO₂의 分析과 병행해서 이 分析計로서는 CO+H₂ 量을 測定하는데 사용한다. 이것은 CO, H₂를 燃燒시켜 그 燃燒熱을 電氣的으로 測定하여 지시 기록한다.

7-3 測定가스의 채취

分析計에 도입되는 測定가스는 壓力變動이 적으며 溫度도 室溫정도에서 일정하며 분진도 적으며 時間的으로 늦은 일이 없어야 한다. 이와같은 조건을 만족시키기 위해서 적당한 測定가스 채취場所를 설치해야 한다. 測定가스 채취장치 설치상의 일반적인 유의사항은 다음과 같다.

① 측정가스의 조건을 일정하게 하여야 한다. 즉 溫度, 壓力, 粉塵등의 量을 目標값으로 일정하게 한다.

② 測定成分의 급한 變化에도 따라갈수 있도록 최소시간내에 가스를 分析計에 보낸다.

③ 도중에 測定가스가 變해서는 안된다.

④ 연속사용의 입장에서 장시간 안전작동이어야 한다.

⑤ 취급이 간편하고 경비가 저렴해야 한다.

7-4 각종가스分析計의 比較

가스分析計는 사용상의 目的, 方法, 場所등에 의하여 得失이 있으므로 각종 가스分析計의 利點, 缺點의 比較를 표 6에 표시한다.

표 6 각종 가스分析計의 比較

Orsat 型	化學的自氣가스分析	熱傳那型	比重型
1) 多種成分의 分析 가능 2) 입의 위치에 이 동이 용이 3) 구조취급이 간편 4) 극히저렴	1) 自動的으로 가스 分析가능 2) 물리적 가스分析 計보다 精度가 양호 3) 가스조성이 複雜한 경우 成分의 선택측정이 편리	1) 遠隔測定이 容易 2) 연속적 指示기록 가능 3) 시간적지연이 少 4) 人手가 불필요	1) 구조가 간단 2) 人手 불필요 3) 작중가스분석 가능 4) 시간지연이 少 5) 연속적 指示 기록이 가능 6) 비교적 저렴
1) 그라스 기구이기 때문에 파손하기 쉽다. 2) 흡수가 불안전하게 되는 우려가 있다. 3) 切換의 조작을 잘못하기 쉽다. 4) 흡수액의 교파이 面 倒 5) 시간적 지연이 있다. 6) 人手를 필요로 하는 조작으로 숙련을 요한다.	1) 구조 複雜 2) 그라스 판 파손이 쉽다. 3) 측정을 每時 10 ~ 15회 정도에서 간헐적으로 하기 때문에 연속적으로 값을 나타 낼 수 없다. 4) 시간적 지연이 있다. 5) 비교적 고가	1) 다른 成分의 영향이 크다. (예를 들면 CO ₂ 計에 있어서의 H ₂) 2) 전원을 필요로 한다. 3) 精度는 化學적인 것보다도 나쁘다. 4) 구조가 複雜하고 보존에 주의가 필요 5) 고가 이다.	1) 다른가스 成分의 영향이 있다. (CO ₂ 計에 있어서의 H ₂) 2) 전원을 필요로 한다. 3) 精度가 化學적에 비교하여 나쁘다. 4) 가스의 濾過器를 淨化하고 完 全하게 하지 않으면 안된다.

8. 粉塵量의 測定

8-1 概要

鑄物工場의 노동환경개선, 公害防止의 立場에서 除

표 7 鑄物工場의 粉塵

作業의 種類	粉塵濃度 [個 / cm ³]
混砂作業	400 ~ 1,600
造型作業	700 ~ 1,200
中子作業	600 ~ 2,200
粉碎作業	3,200 ~ 8,500
篩別作業	1,400 ~ 31,200
熔銑爐裝入作業	1,200 ~ 4,000
熔銑爐湯出作業	3,100 ~ 7,500
鑄込作業	500 ~ 6,500
shakeout 作業	4,600 ~ 15,500
사락 作業	600 ~ 1,500
sand blast 作業	6,800 ~ 33,200
切斷 作業	1,200 ~ 7,200
끝 作業	800 ~ 4,400
工場內 平均	500 ~ 1,800

塵에 대한 관심은 점차 높아가고 있다. 따라서 분진량의 測定이 필요로 한다. 鑄物工場에 있어서 浮遊分진量의 測定例를 표 7에 표시 한다.

용선로 주변의 분진량이 상당히 많다. 또한 爐頂으로부터 場外로 散되는 분진도 상당량이 되어 문제가 되고 있다.

분진량의 測定에는 標準方法이 없으나 이것을 測定할 수 있는 方法을 고려하여 測定裝置를 설치해야 할 것이다.

현장에서 취급이 간단한 분진량測定方法을 열거한다.

8-2 粉塵量測定 方法

1) 濾紙塵埃計

이 方法은 여지를 통하여 일정량의 공기를 흡인해서 공기중의 분진을 여지에 부착시켜서 그후 그 여지를 햇빛에 비쳐서 부착된 분진에 의한 투과광선의 감량을 광도계로 測定하는 것이다. 測定값은 환산도표에서 個/cm³로 표시한다. 空氣의 吸引時間은 約 1 分間으로써 짧다. 따라서 1 回の 測定에 5 分 정도 걸린다. 이 方法의 결점으로서는 큰粉塵이 부착하기 어렵다는 것이다. 또한 黑化度가 粉塵의 종류에 의해서 상당히 變化한다는 점 등이다. 또한 黑化度도 粉塵量과 정비례 하지 않는다는 점에서 精度는 좋다고 할 수는 없다.

2) 吸着式塵埃計

一定量の 測定空氣를 豫濕해서 細隙 (100 mm × 0.1 mm)을 통해서 급속도로 흡인하여 斷熱膨脹에 의한 水分의 응착을 이용하여 유리板에 粉塵을 부착시켜 이것을 현미경으로 計數한다. 이 方法으로는 粉塵의 유리에 의한 부착정도가 濕度에 따라 다르다는 것 광선의 상태에 의해서 計數가 30 % 정도나 다르다는 점, 1 回の 測定에 2 時間 정도 걸린다는 것 등의 문제가 많다. 그러나 취급법이 간단하며 경비도 적게 든다는 점의 잇점이 있어 널리 사용된다.

3) 降塵量의 測定

屋外의 일정장소에 설치하여 빗물과 沈降物을 받는 容器를 설치하여 이것에 고인 粉塵과 빗물 중에서 빗물만 증발시켜서 降下粉塵量 및 粉塵의 成分을 조사한다. 粉塵量은 t/km² · 日, t/km² · 月 또는 t/km² · 年으로

표시한다. 예를들면 어느도시의 測定例로서 工場地帶에서 20 ~ 30 t/km²·日, 住宅地帶에서 5 ~ 10 t/km²·日 정도의 粉塵이 있다.

9. 送風溫度, 습도의 測定

9-1

熔銑爐에는 送風溫度, 습도를 測定하는 장치를 설치해야 한다. 出湯溫度를 높이기 위해서는 또한 爐況을 개선하기 위해서는 열풍조업, 탈습조업을 하는 경우가 많다. 이와같은 조업에 있어서 安定操業을 도모하려면 송풍온도 및 습도의 측정이 절대적으로 필요하다.

9-2 送風溫도의 測定

일반적으로 熱電溫度計에 의해서 測定한다. 熱電對로서는 Alumel - Chromel 熱電對가 적당하다. 그 특성은 표 8과 같다. 熱電對는 送風管의 중간에 설치한다. 그러나 그 설치方法이 부적당하면 정확한 測定은 불가능하다. 熱電對는 깊이 설치하도록 해야 한다. 그림 30 는 설치 예를 표시하며 (a) 보다 (b)의 경우가 더욱 양호하다. 指示, 記錄計器의 배선은 보상도선으로 하여야 한다.

略 號	組 成 (%)	線 經 [mm φ]
CA	(+) Ni 90, Cr 10	0.65, 1.0
	(-) Ni 94, Al 3 Si 1, Mn 2	2.3, 3.0
熱起電力 [mV]	(+) (-) 判別	補償導線
200℃ - 8.13	자석에 따르는 程度	靑被覆
400℃ - 14.60		(+) Cu
600℃ - 24.91		(-) Cu-Ni

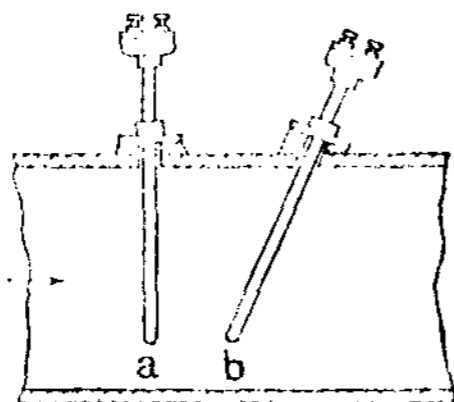


그림 30. 熱電對의 설치예

9-3 습도 측정

습도의 표시법으로는 絕對濕度, 相對濕度の 두가지 方法이 있다. 단위체적 (1 m³)의 大氣中에 포함되어 있는 水分의 質量(ρ) 이 절대습도이다. 이것을 D 로 하고 大氣가 수증기로 포화 되었을때의 絕對濕度를 Ds 로 한다면 (D/Ds) × 100 %가 相對濕度이다. 또한 相對濕度는 大氣中の 수증기압(ℓ)과 같은 溫度的 포화수증기壓(ℓm)와의 비율 (ℓ/ℓm) × 100%로 표시할 수 있다. 送風의 濕度는 보통 大氣中の 濕度를 測定해도 좋다. 濕度測定은 ① 乾濕球濕度計 ② 毛髮濕度計 ③ 抵抗溫度計式 濕度計를 사용한다.

1) 乾濕球濕度計

수은 또는 알콜溫度計 두개를 병렬시켜 한쪽의 液球를 젖은 가제로 싼 것이다. 습구에서는 증발열을 뺏기며 乾球의 溫度보다 낮아진다. 주위의 空氣中の 濕度가 낮을수록 물의 증발은 심하여 乾球와 사이의 溫度差가 크게 된다. 乾球, 濕球의 溫度에서 환산표에 의해서 濕度를 구한다. 이 方法으로는 습도를 바로 알거나 기록이 불가능하다.

2) 毛髮濕度計

모발, 動物質의 피막, 식물섬유 또는 나이론 등은 주위의 습도 증감에 의해서 그 길이가 신축한다. 이것을 이용해서 습도를 바로 알수있고 기록하는 형식의 濕度計이다. 그 指示機構의 예를 그림 9에 표시한다.

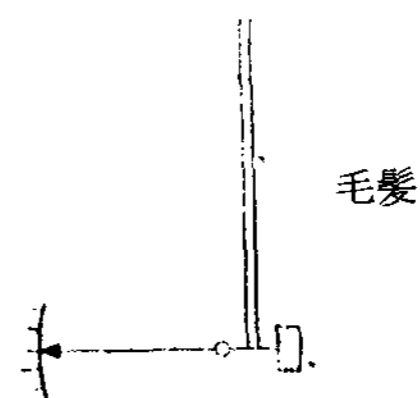


그림 31. 毛髮濕度計의 指示機構

3) 抵抗溫度計式 乾濕球濕度計

저항溫도와 동일하게 溫度를 測定하는 저항체에 의해서 乾球, 濕球의 溫度를 검출해서 전기적으로 相對濕度를 직시하는 計器이다. 이計器로서는 원격측정, 연속기록이 가능하다. 大氣濕度외에 송풍관내의

습도도 측정 가능하다. 기록계로서는 溫度외에 건구 온도도 동시에 기록할 수 있다.

10. 冷却水量, 水温의 測定

水冷熔銑爐가 보급됨에 따라 적당한 冷却을 해야하게 되었다. 과도의 냉각은 熱손실, 냉각이 부족하면 爐벽의 침식이 많아진다. 그러므로 送水 排水의 溫度를 測定해야 하므로 그 장치의 설치는 반드시 해야한다.

10-1 冷却水量的 測定

가장 간편한 方法으로는 排水口의 물을 받아서 그 容器에 만수되는 것을 時間으로 나누어 流量을 아는

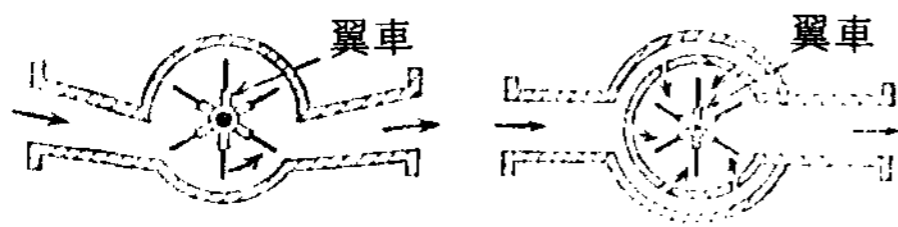


그림 32. 翼車流量計

方法이다. 일반적으로 수도의 流量을 측정하는 것과 동일한 翼車流量計가 사용된다.

그 原理는 그림 10 과 같다. 이것은 流速에 비례한 속도로 翼車가 回轉하기 때문에 回轉速度로 流量, 回轉數로 부터 적산량을 알 수 있다. 이 방식의 것은 구조가 간단하며 비교적 流量이 많은것까지 測定 가능하다. 또한 流量을 電氣量으로 변환하는것도 용이하여 원격지시 기록이 가능하다.

10-2 水温의 測定

일반적으로 棒狀유리溫度計가 사용된다. 이것은 檢정공차 1°C(눈금 200°C이하)이며 간단하면서 精밀도도 높다.

다만, 기록 원격지시가 불가능한 것이 결점이다. 냉각수는 空溫과 유사하므로 열전대에 의한 溫度測定은 어렵다.

원격지시 水量제어에는 壓力系型溫度計, 電氣抵抗

式溫度計가 적당하나 後者가 精밀도가 높다.

11. 熔湯溫度測定

熔湯溫度는 鑄込時의 流動性, 製品의 性質에 큰 영향을 준다. 또한 出湯溫度에 의해서 노황의 상태를 추정할 수 있기 때문에 精確한 測定은 대단히 중요한 일이다. 숙련이 되면 육안으로 색, 熔湯表面모양으로 溫度추정이 가능하나 이것은 주위에 환경, 육체적인 조건에 의해서 부정확하기 쉽다. 즉 어디까지나 보조적인 수단이며, 최종적으로는 溫度計에 의한 것이어야 한다.

熔湯의 溫度測定에 사용되는 溫度計는 光高溫計, 浸漬型熱電溫度計, 輻射溫度計 및 色溫度計 등이 있다.

자세한 내용은 주물기술 Vol.3, No.2 (1979)의 「鑄鐵의 爐削管理試驗法」을 참고 바란다.

12. 結 言

지금까지 기술한 이외의 熔銑爐 計則은 다음과 같은 것이 있다.

- ① 操業日의 空氣의 混度測定
- ② 操業日의 空氣溫度測定
- ③ 熱風爐에서는 送風溫度 뿐만 아니라 연소실, 열교환기의 溫度등의 測定,
- ④ 酸素富化熔銑爐의 酸素流量의 測定 등이 있다. 이들의 일반적으로 사용하는 濕度計, 溫度計 高溫計 液體用流量計, 가스流量計를 이용한다. 또한 熔湯成分의 測定과 Chill 測定도 열거할 수 있으나 이는 理想的인 熔湯을 얻기 위해서 하는 爐前試驗法으로 분류하고 여기서는 제외하였다.

熔銑爐의 計則은 熔銑爐의 操業에 있어서 건전한 熔湯을 얻기 위하여 경제적이고 標準化된 조업을 실시하기 위함일 것이다. 따라서 필수적인 方法이 될 것이다. 보탬이 되기를 기대한다.