

鋼中水素の炉中分析法

Rapid Determination of Hydrogen in Steel in Steelmaking Process

磯野好治* 永山宏** 松本晃**
Yoshiharu Isono Hiroshi Nagayama Akira Matsumoto

内 容 梗 概

鋼中水素を低減し、鋼質の向上をはかるためには、精練過程における合理的な脱水素処理が必要であり、鋼中水素量の炉中分析的な管理は重要な問題であるが、鋼中水素の炉中分析法として、従来の定容測圧法は分析所要時間の点で不十分である。このため種々装置の改造を行なうとともに、分析法の検討を重ねてきた。このたび真空溶融法により抽出した水素を、ピラニゲージで定量する方法について、酸化期および還元期試料の適正ガス抽出条件を検討した結果、試料入手後 10 分間以内に十分な精度で分析できるようになり、精練全段階の炉中分析が可能となったのでその概要を報告する。

1. 緒 言

鋼中含有水素が鋼材の白点、毛割れなどの欠陥の一因をなしていることはよく知られており、さらに最近では鋼中非金属介在物との相互関係においても注目されつつある。したがって、このような水素による欠陥の防止をはかるため、近時、鋼中水素の低減策として真空鋳造、真空取鍋脱ガス、鋼浴に対するアルゴンガスの吹込および炉内装入材料の脱水などが行なわれている。

これらのうち、特に精練過程における脱水素処理であるアルゴンガスの吹込に際しては、吹込前の鋼浴中水素量によりその脱水素率が異なり、吹込前の水素量が高いときは脱水素率が高いが、水素量が低いときは余り効果がないことが確認されている。

しかし、従来吹込前の水素を炉中分析できなかつたために、吹込前の鋼浴中の水素量に無関係に一定量を吹込んできている。

このためアルゴン吹込を行なっても、必ずしも出鋼前水素量を一定値以下に管理することはできなかった。したがって吹込前に鋼浴中の水素量を知ることができれば、アルゴンガスの吹込量を水素量に応じて適宜加減することが可能となり、鋼浴中の水素量を一定値以下におさえて出鋼することができることになる。またある場合にはそれによってアルゴンガスの節減も得られるため鋼中水素の炉中分析の実施が強く要望されている。

鋼中水素の迅速分析法としては、最近不活性ガス搬送法による方法も報告されているが⁽¹⁾、一般にはスズ溶融⁽²⁾⁽³⁾、真空溶融⁽⁴⁾⁽⁵⁾、真空加熱⁽⁶⁾のいずれかの方法によって抽出した水素を熱伝導度式水素計によって定量する方法が広く行なわれている。

すなわち、Chipman 氏⁽²⁾らはスズ溶融抽出後、水素計による方法を、また最近においては Carson 氏⁽⁶⁾らがピラニゲージを使用した迅速分析法を報告している。また国内においても真空溶融抽出後水素計による沢氏の方法⁽⁴⁾、スズ溶融抽出後水素計による武井氏の方法⁽³⁾などの報告があるが、実際にこれらの方法を炉中分析に利用した例としては沢氏の報告⁽⁴⁾があるのみで、いまだ広く実施の段階にはいたっていない。なお不活性ガス搬送法は精度および所要時間の点でいまだ炉中分析には問題がある。

筆者らも炉中分析化を目的として、真空溶融法で抽出した水素をサーミスタ水素計により定量する方法について、種々迅速分析法の改善を重ねた結果、一応炉中分析が行なえるまでの時間短縮が可能になった。しかし広く炉中分析化するためには分析操作をさらに簡易化し、所要時間を短縮する必要がある。このため従来の水素計の代わりにピラニゲージを使用するとともに、そのほか炉中分析化に

必要な装置の改造および整備を行なった。この結果ようやく炉中分析を実施できる段階にいたつたので、その概要を報告する。

2. 実 験 方 法

2.1 分 析 装 置

従来種々改善を重ねてきた迅速分析装置は、試料を溶融抽出するための高周波抽出炉、装置を真空に排気するとともに、抽出炉で抽出したガスを捕集するための水銀拡散ポンプ、抽出ガスを測定するガスだめおよび回転マクレオドゲージ、ならびに抽出ガス中の水素を分析するための水素計の 4 部分よりなっているものであるが、これを炉中分析に使用する場合つぎのような点が問題となる。

- (1) 試料を溶融する黒鉛ルツボが小形のために、5~6 個の試料しか連続分析できない。
- (2) 抽出ガスを分析するとき、ガス圧が低いと水素計の感度が悪いため、いったんガスだめに捕集したガスをさらに狭い水素計部に送りこみ、約 1 mmHg 程度にガス圧を高めてから測定しなければならない。またガスだめの圧力のほかに、水素計部の圧力をも測定しなければならない。
- (3) 水素計部が細管 (7 mmφ) のため、ガス成分が不均一になるのを避けるため、抽出ガスを水素計部に導入する前に混合しなければならない。

これに対し、最近 Carson 氏らが真空加熱法による鋼中水素の定量に応用したようなピラニゲージを使用すれば、ガスだめに捕集したままのガス圧を測定すればよく、水素計の場合のように、そのほかに水素計部の圧力を測定する必要もない。また水素計の場合のように検流計を操作する必要がなく、ピラニゲージ部とガスだめとの間の連結管を太くすることにより、ガスの不均一性をなくし操作を簡易化することができる。これらの点から、炉中分析の目的に適うように、つぎのように装置の改造を行なった。

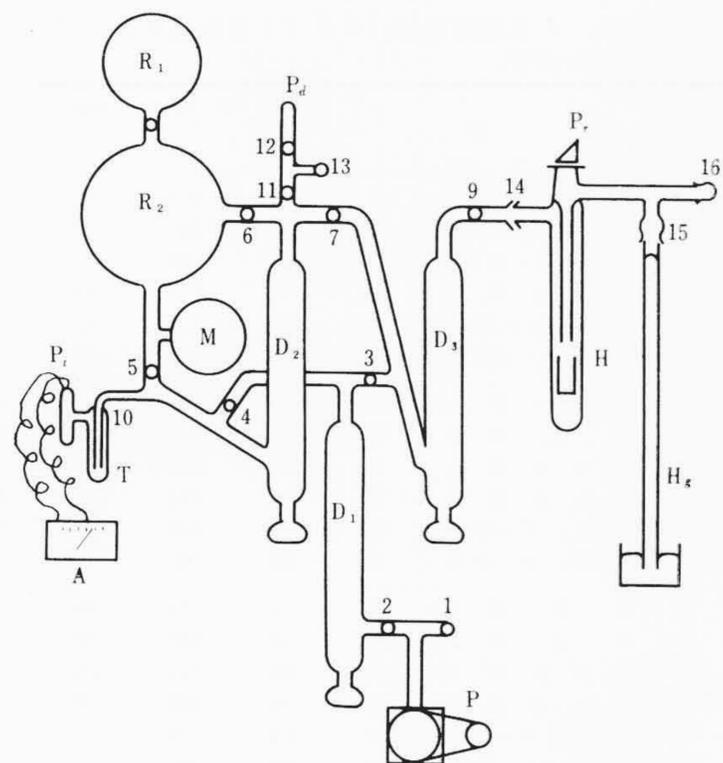
- (1) 約 20 個程度の試料を連続分析できるように、試料溶融用黒鉛ルツボを大形にするとともに、出力 5 kW の高周波加熱装置で加熱するようにする。
- (2) 抽出ガスの分析に、従来の水素計の代わりにピラニゲージを使用する。
- (3) 黒鉛ルツボの交換の際の石英炉管の洗浄、および乾燥に要する時間を節減するため、石英炉管を 2 本用意する。

これらの改造を行なった後の装置の概略を第 1 図および第 2 図に示し、さらに装置全体の概観写真を第 3 図に示す。

そのほか、試料の調製設備としては、試験片を切りとるための高速度切断機、研磨するためのデンタルグラインダ、供試試験片を迅速に秤量(ひょうりょう)するための直示天びんなどがある。これら

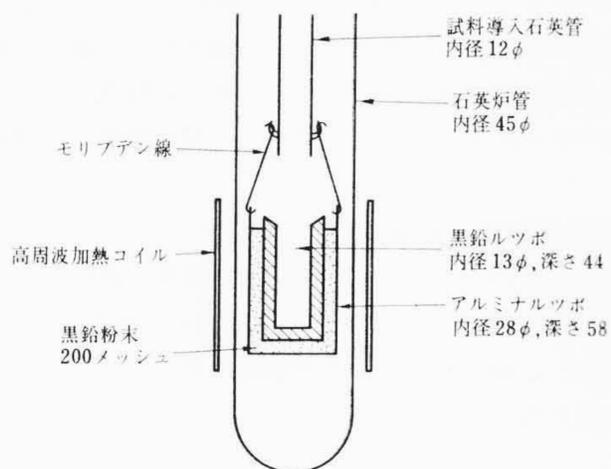
* 日立製作所勝田工場 工博

** 日立製作所勝田工場



- | | |
|--|--|
| A: ピラニゲージ電流計 | Pr: 温度測定用プリズム |
| D ₁ , D ₂ , D ₃ : 水銀拡散ポンプ | R ₁ , R ₂ : ガスだめ |
| H: 高周波加熱炉 | T: 液体酸素トラップ |
| Hg: 水銀リフト | 1, 13, 16: ガスリーク |
| M: 回転マクレオドゲージ | 14, 15: ジョイント |
| P: 油回転ポンプ | 2, 3, 4, 5: コック |
| Pd: パラジウム管 | 6, 7, 8, 9: コック |
| Pi: ピラニゲージ測定球 | 10, 11, 12: コック |

第1図 鋼中水素迅速分析装置略図



第2図 抽出炉略図

は装置の保守上有利な恒温室に設置し、炉前で採取した試料の輸送には気送管を使用している。

なおピラニゲージは真空計の一種で、ガスの熱伝導度を測定することにより真空度を求めるものであり、原理的には熱伝導度式水素計と同じである。本実験においては、島津製作所製PM-2形を使用した。

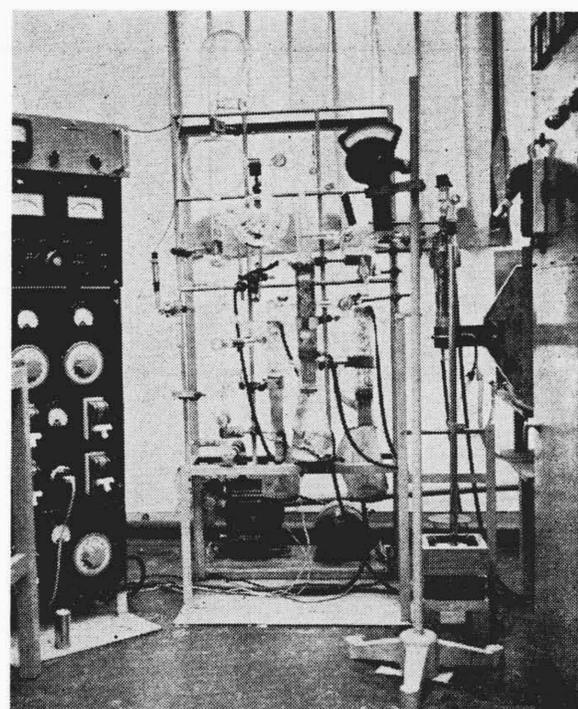
2.2 分析方法

装置をあらかじめ排気して黒鉛ルツボをから焼きした後、所定温度に保持しておく。秤量した試験片を直ちに水銀リフトによって装置内に導き、磁石で黒鉛ルツボ中に投下し、所定時間ガスを抽出する。つぎにガスだめに捕集されたガスの圧力を回転マクレオドゲージによって測定すると同時に、ピラニゲージの指示を読みとり、あらかじめ作成してある検量線より水素量を求める。

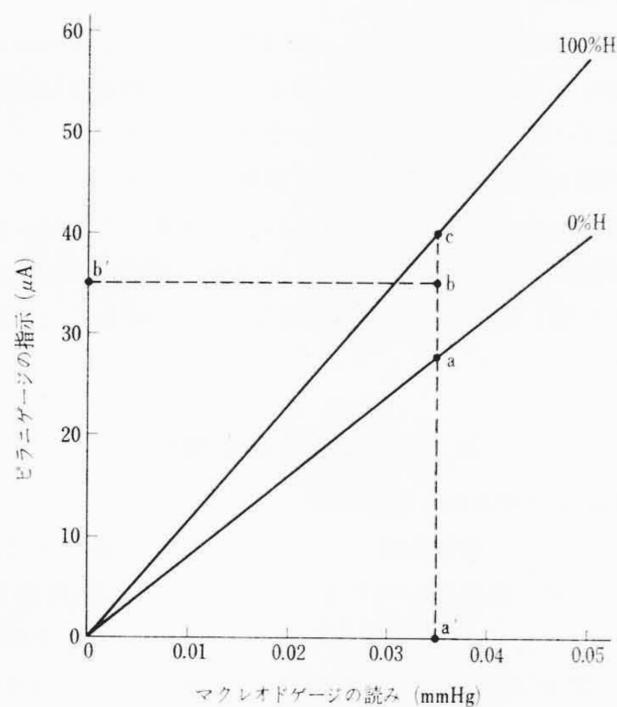
2.3 検量線の作成および計算方法

検量線は純粋な水素ガスおよび窒素ガスを別々に装置内に導入し、一連の圧力に対する回転マクレオドゲージの読みとピラニゲージの指示を打点し、第4図のように作図したものである。

水素ガスのみの場合が100%Hの直線に、窒素ガスのみの場合が



第3図 鋼中水素迅速分析装置



第4図 検量線略図

0%の直線に相当する。

今、マクレオドゲージの読みを a' (mmHg)、ピラニゲージの指示を b' (μA) とすると第4図において、抽出ガス中の水素の割合は $\frac{ab}{ac}$ で表わされる。この値にマクレオドゲージの読み、すなわちガスだめの圧力を乗ずれば抽出ガス中の水素の分圧 (mmHg) が得られる。したがって水素量 (0°C, 1気圧における値, ppm) は次式によって求めることができる。

$$H = \frac{P \left\{ \frac{2.016 \cdot V \cdot 273}{22400 \cdot 760 \cdot (273 + t)} \cdot 10^6 \right\}}{S}$$

ここに

- P: 抽出ガス中の水素の分圧 (mmHg)
- 2.016: 水素1モルの重量 (g)
- 22400: 水素1モルの容積 (ml)
- V: ガスだめの容積 (ml)
- t: 室温 (°C)
- S: 試料重量 (g)

この計算において、後述するように、装置を恒温室に設置することにより室温を一定にすることができたため、{ }内の値を常数 K とおくことができ、したがって

第1表 ルツボのから焼き時間と水素量との関係

抽出温度 (°C)	から焼き時間 (min)			
	10	20	30	40
1,350	— (ml) tr	tr (ml) tr	— (ml) —	tr (ml) tr
1,600	tr 0.0026	tr tr	— —	tr tr
1,800	tr 0.0041	tr tr	tr tr	tr tr

$$H = \frac{P \cdot K}{S}$$

となる。

さらに、検量線における一連のマクレオドゲージの圧力と、ピラニゲージの指示値から求められる水素の各分圧に、 K の値を乗じた値の表を作成しておく。これによって、単にマクレオドゲージおよびピラニゲージの指示を読みとり、表より得た値を試料重量で除すだけで水素量が得られることになり、計算を簡略化できた。

2.4 試料の調製

還元期試料は溶鋼を柄杓(ひしゃく)で汲み出し、6mmφの石英管内にスポイトにより吸引採取したものから、高速度切断機で十分に水冷しながら1~1.5gの試験片を切りとる。さらに、デンタルグラインダで表面の黒皮を除く程度に研磨し、つぎにベンゼンで洗浄して真空乾燥したのち、直示天びんにより秤量して分析に供した。なお酸化期試料は、柄杓で汲み出した後、柄杓内溶鋼の約0.5%量のAlを添加したのち、吸引採取し、以下同様にして試料を調製した。

3. 実験結果とその検討

3.1 黒鉛ルツボのから焼き条件

黒鉛ルツボのから焼き温度としては、から焼き時間を短縮するために、できる限り高温がのぞましい。このため実用的な温度を2,000°Cと定めた。なおから焼き時間を選定するため、2,000°Cでから焼き後、10分ごとに温度を1,350°C、1,600°Cおよび1,800°Cに下げて5分間ガスを捕集し、ルツボより発生した水素量を求めた。この結果、第1表に示すように2,000°Cで20分間から焼きすれば、ルツボ中に残留する水素量は無視できることがわかった。したがって黒鉛ルツボのから焼き条件を2,000°C、20分間と定めた。

なお鋼試料の分析に際し、新しい黒鉛ルツボをから焼きしたのち、最初に分析した試料の水素が幾分高値を示すことが認められた。これについてはChipman氏⁽⁷⁾らも製鋼スラグ中の水素の定量の際、カプセル用アルミはく中の水素を定量する場合、同様の傾向を見出しており、この原因は石英炉管壁の吸着水分が試料の金属蒸気によって還元されるためと考えられる。この傾向をなくするため、種々検討した結果、黒鉛ルツボのから焼き終了の約5分前に、約2gの鉄片をルツボ内に投入することによりこの傾向がまったくなくなることを認めた。したがって新しい黒鉛ルツボをから焼きする場合は、必ずこのようにすることにした。

3.2 抽出温度

3.2.1 還元期試料の抽出温度

普通鋼、低合金鋼および高炭素クロム鋼について、3本ずつ長さ約100mmの溶鋼試料を採取し、これをそれぞれ1,350、1,600および1,800°Cの各温度抽出試料となし、これらの採取片から隣接して5個の各試験片を切りとり、それぞれ2、4、6、8および15分間抽出して水素を分析した。なお別に各鋼種について、それぞれ数個の試料を採取し、これらの採取片のおのおのについて隣接して3個の試験片を切りとり、1,350、1,600および1,800°Cで

第2表 水素抽出率(%)に及ぼす抽出温度および時間の影響

抽出温度 (°C)	鋼 種	抽出時間 (min)				
		2	4	6	8	15
1,350	普通鋼(A)	61	80	100	105	100
	普通鋼(B)	62	87	108	110	100
	低合金鋼(A)	47	65	90	110	100
	低合金鋼(B)	20	93	112	108	100
	高炭素・クロム鋼(A)	95	108	110	95	100
	高炭素・クロム鋼(B)	88	103	105	100	100
1,600	普通鋼(A)	68	100	92	103	100
	普通鋼(B)	88	109	100	95	100
	低合金鋼(A)	75	103	104	98	100
	低合金鋼(B)	72	100	104	110	100
	高炭素・クロム鋼(A)	87	100	108	95	100
	高炭素・クロム鋼(B)	93	102	101	95	100
1,800	普通鋼(A)	99	102	93	104	100
	普通鋼(B)	95	108	108	100	100
	低合金鋼(A)	102	103	103	103	100
	低合金鋼(B)	95	98	103	100	100
	高炭素・クロム鋼(A)	103	113	109	103	100
	高炭素・クロム鋼(B)	102	100	100	105	100

15分間抽出し、水素を分析した。この結果、それぞれの試料においてこれらの各温度における水素分析値には、ほとんど差が認められなかったため、15分間抽出すればこれらの間に差はないものとみなし、これらの値をそれぞれ100として、これに対する各抽出時間における抽出率を求めた。これらの結果を第2表に示す。

表にみられるように抽出時間は、1,350°Cにおいては普通鋼および低合金鋼はほぼ8分、高炭素クロム鋼は6分を要し、1,600°Cにおいては各鋼種ともほぼ4分で抽出でき、1,800°Cにおいては2分でほぼ十分である。これらの結果から抽出温度を1,800°Cと定めた。

3.2.2 酸化期試料の抽出温度

酸化期試料においては、酸素含有量が非常に高いため、これを1,800°Cにおいて黒鉛ルツボ中で溶融抽出した場合には多量のCOガスを発生し、抽出ガス中の水素濃度は数%程度となる。このため分析精度が低下することがみとめられた。したがって精度よく分析するためにはCOガスの発生をおさえ、抽出ガス中の水素濃度を高めることが必要である。COガスの発生をおさえ水素を抽出する方法としては、試料を融点以下で抽出する真空加熱法およびスズ浴で抽出するスズ溶融法がある。しかしこれらはいずれも抽出温度が低いため、真空溶融法に比し抽出時間が長い。またスズ溶融法のように、黒鉛ルツボ中抽出以外の場合には酸化期試料と還元期試料とを異なった方法により抽出することになり、操作が面倒となる。このため黒鉛ルツボ中真空溶融法を採用することとし、COガスの発生が少なく、しかも迅速に抽出できる温度について検討を行なった。すなわち普通鋼試料について、1,200、1,250、1,300、1,350および1,400°Cの各温度で、ガスだめに捕集されたガスを1分ごとにマクレオドゲージおよびピラニゲージで測定しながら10分間抽出、分析を行ない各抽出時間における水素量と、抽出ガス中の水素の濃度を求めた。これらの結果を第3表に示す。表より明らかなように、水素の抽出所要時間は1,200~1,300°Cにおいては10分以上を要し、1,350および1,400°Cにおいてはほぼ4分である。抽出ガス中の水素濃度は1,350°C 4分抽出の場合のほうが1,400°C 4分抽出の場合に比し高い。これらの結果から抽出温度を1,350°Cと定めた。

3.3 抽出時間

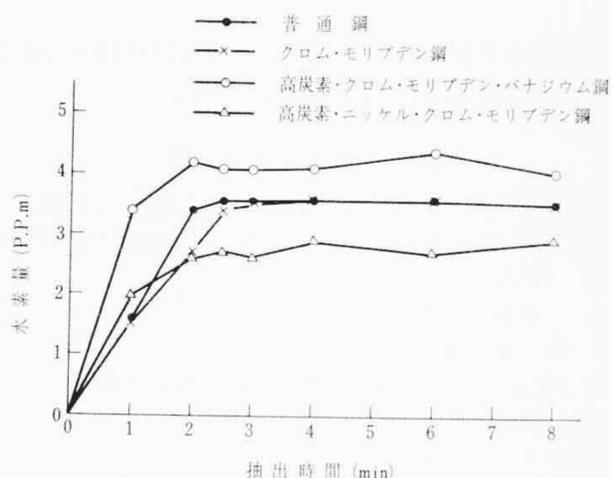
3.3.1 還元期試料の抽出時間

還元期試料については第2表にも見られるように、1,800°Cで2

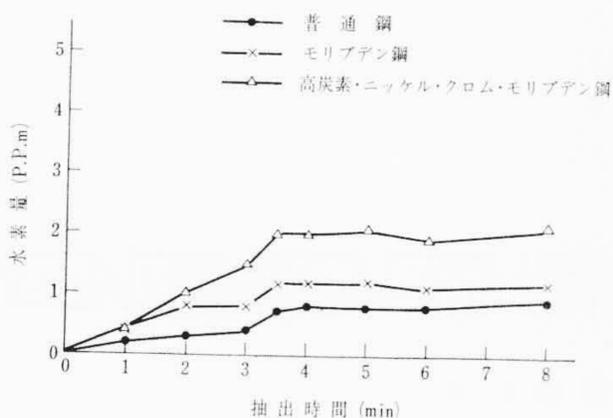
第3表 酸化期試料の抽出温度と水素量(ppm) および水素濃度(%)

抽出時間 (min)	抽出温度(°C)							
	1	2	3	4	5	6	8	10
1,200	0.2 (36.8)	0.3 (57.4)	0.5 (68.8)	0.6 (62.4)	0.6 (63.3)	0.8 (66.6)	0.9 (52.0)	1.0 (52.2)
1,250	0.3 (50.0)	0.5 (58.9)	0.7 (84.4)	0.8 (93.9)	0.7 (59.9)	1.0 (59.5)	1.0 (53.6)	0.9 (49.1)
1,300	0.3 (37.5)	0.5 (32.5)	0.5 (33.0)	0.6 (36.0)	0.9 (34.5)	1.0 (31.5)	1.4 (24.5)	1.5 (15.4)
1,350	0.4 (37.5)	0.9 (43.6)	1.3 (47.8)	2.0 (41.2)	2.1 (41.8)	2.0 (36.6)	2.0 (24.1)	2.0 (14.4)
1,400	0.4 (53.1)	1.5 (33.8)	1.8 (27.6)	1.9 (25.4)	2.0 (20.6)	1.9 (15.4)	2.0 (12.6)	2.0 (8.5)

() 内は水素濃度 (%) を示す



第5図 還元期試料の抽出時間と水素量



第6図 酸化期試料の抽出時間と水素量

分抽出すればよいことが推定できるが、これをさらに広範囲の試料について検討するため各鋼種の試料について 1,800°C で1分ごとに8分間抽出を行ない、水素量を測定した。これらの結果を第5図に示す。図より明らかなように、抽出時間として2分では不十分であり、3分が必要であることがみとめられる。したがって還元期試料の抽出時間を3分と定めた。

3.3.2 酸化期試料の抽出時間

酸化期試料の抽出所要時間は第3表にも見られるように 1,350°C で約4分であるが、さらに広範囲の試料について確認するため還元期試料に対して行なったと同様に抽出実験を行なった。これらの結果を第6図に示す。図より明らかなように、抽出時間としては少なくとも4分が必要であることがみとめられる。したがって酸化期試料の抽出時間を4分と定めた。

3.4 分析精度

分析精度の検討には均一性のすぐれた標準試料が必要であるが、入手できなかったため、分析試料と同様に約 100 mm の長さで吸引採取した溶鋼試料を使用することにした。すなわち、この溶鋼試料の中央部より隣接して4個の試験片を切りとり、それぞれ水素を定量し各試料について標準偏差を求めた。標準偏差の計算には、さらに多くの試験片についての定量値が必要であるが、偏析が起

第4表 分析値の再現性

試料番号	鋼 種	水素分析値 (ppm)				平均値	標準偏差	変動係数(%)
		1	2	3	4			
酸化期試料 1	普通鋼	2.2	2.0	1.9	2.0	2.02	0.11	5.45
2	普通鋼	1.5	1.5	1.6	1.6	1.55	0.05	3.22
3	ニッケル・クロム・モリブデン・バナジウム鋼	2.5	2.4	2.5	2.3	2.42	0.08	3.30
4	クロム・モリブデン・バナジウム鋼	1.7	1.8	1.9	1.8	1.80	0.07	3.89
5	高炭素・ニッケル・クロム・モリブデン鋼	2.0	2.2	2.0	2.0	2.05	0.09	4.39
還元期試料 1	普通鋼	2.8	2.6	2.3	2.8	2.62	0.20	7.64
2	ニッケル・クロム・モリブデン鋼	3.2	3.4	3.5	3.3	3.35	0.11	3.29
3	クロム・モリブデン鋼	4.1	4.2	3.8	3.8	3.98	0.18	4.53
4	ニッケル・クロム・モリブデン・バナジウム鋼	2.4	2.9	2.7	2.5	2.62	0.19	7.26
5	高炭素・ニッケル・クロム・モリブデン・バナジウム鋼	4.1	4.3	4.2	4.2	4.20	0.07	1.67
6	高炭素・ニッケル・クロム・モリブデン・バナジウム鋼	5.7	5.5	5.4	5.4	5.50	0.12	2.18

第5表 定容測圧法と本法との比較分析結果

試料番号	鋼 種	定容測圧法 (ppm)	本法 (ppm)
酸化期試料 1	普通鋼	0.9	0.8
2	高炭素・クロム鋼	1.7	1.6
3	高炭素・ニッケル・クロム・モリブデン鋼	2.0	2.0
4	高炭素・ニッケル・クロム・モリブデン鋼	2.1	2.2
還元期試料 1	普通鋼	3.5	3.5
2	普通鋼	3.1	3.1
3	ニッケル・モリブデン・バナジウム鋼	2.6	2.7
4	高炭素・クロム・モリブデン・バナジウム鋼	5.0	5.0
5	高炭素・クロム・モリブデン・バナジウム鋼	9.2	9.2
6	高炭素・ニッケル・クロム・モリブデン鋼	2.4	2.4

りやすく、多数の試験片の採取が困難のため、やむを得ず4個の値から求めた。第4表はこれらの結果を示したものである。

表より明らかなように、変動係数で酸化期試料、還元期試料とも5%内外であり、試料内の偏析、鋼中水素の逸出しやすい点などを考慮すれば、迅速分析としては許容できる程度と考えられる。

3.5 定容測圧法による分析結果との比較

正確度の検討にも、均一性のすぐれた標準試料が必要であるが、入手できなかったため、1本の試料より隣接して切りとった2個の試験片について、それぞれ従来の定容測圧法および本研究の方法により分析を行ない比較した。従来の定容測圧法は 1,800°C で抽出したのち、CuO, CeO₂ で酸化し、酸素、水素および窒素を定量する方法であり、鋼中水素はほとんど完全に抽出定量されるものと考えてよい。これらの結果を第5表に示す。

表にみられるように、両法による分析値の差はきわめて小さく、よく一致している。したがって炉中分析法として使用できるものと考えられる。

3.6 分析所要時間

試験片の秤量に直示天びんを使用し、抽出ガスの分析にピラニゲージを使用したことにより、分析操作を簡易化し、さらに装置を恒温室に設置したことにより分析結果の計算を簡易化することができた。すなわち、恒温室に設置したことにより、室温を常時 23±1°C に保持できるため、分析結果の計算に際し、温度係数を一定にすることができる。したがって計算は、単にマクレオドゲージの読みとピラニゲージの読みから得た値を試料重量で除すだけですむように改善できた。また、炉前で採取した試料は気送管によって分析室に運び、分析結果はインターホンにより炉前に報告することにした。その結果、試料入手後、結果の計算まで10分以内に行なうことができ、炉前における試料採取時間を含めても約13分程度で分析できるため、炉中分析として十分使用できることになった。第6表に、本研究の方法による所要時間を、すでに文献に発表されてある迅速法のそれと比較した結果を示す。

第6表 分析所要時間 (min)

研究者	分析方法	操 作					合計	備 考
		試料調製	試料装入	抽出	測定	計算		
本法	真空溶融 ピラニゲージ	4.5	0.5	酸化期: 4 還元期: 3	0.5	0.5	9~10	試料入手後
米田その他 ⁽⁵⁾	真空溶融 水素計	—	—	5	—	—	12~13	試料入手後
沢その他 ⁽⁸⁾	真空溶融 水素計	—	—	5	—	—	12~15	試料入手後
武井 ⁽³⁾	水素 計	—	2	10	4	1	17	試料調製を含まず
Chipman 他 ⁽²⁾	真空溶融 水素計	—	—	5	—	—	12~15	試料入手後
Carson 他 ⁽⁶⁾	真空加熱 ピラニゲージ	—	—	10	—	—	15	炉前の試料採取を含む

4. 結 言

鋼中水素の炉中分析化のため、従来の迅速分析装置を改造整備し、さらに分析条件の検討を行ないつぎの結果を得た。

- (1) 黒鉛ルツボのから焼きを 2,000°C で 20 分間行ない、新しいルツボのから焼きの場合は、から焼き終了の約 5 分前に約 2g の鉄片をルツボ内に投入してから分析に着手する。これにより、ルツボから焼き後の最初の試料が異常値を示すことがなくなった。
- (2) 試料ガスは真空溶融法により抽出し、抽出された水素は、従来の水素計の代わりにピラニゲージにより定量する。これにより、分析操作を簡易化し、測定時間を短縮できた。
- (3) 試料の適正抽出条件として酸化期試料は 1,350°C 4 分、還元期試料は 1,800°C 3 分をそれぞれ決定した。
- (4) 本研究の方法による分析値の精度および正確度は、炉中分析法として十分な程度であることを認めた。
- (5) 分析所要時間は、装置の改良および適正分析条件の選定のほかに、装置を恒温室に設置したことによる計算の簡易化、気送管による試料の輸送などにより、試料入手後 10 分以内に分析を完了するまでに短縮でき、精練全段階の炉中分析化が可能となった。

終わりに臨み本実験を行なうに当たり、試料採取に協力された日立製作所勝田工場溶鋼課の各位に謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) E. W. Gill: J'l Iron & Steel Inst. Nev. (1963)
- (2) B. M. Shields, J. Chipman, N. J. Grant: J'l of Metals. Feb. (1953)
- (3) 武井: 学振 19 委 5350~53 (昭 35-4)
- (4) 沢: 鉄と鋼 38, (1952) 1026
- (5) 米田, 北川: 鉄と鋼 42, (1956) 986~988
- (6) C. C. Carson, B. J. Alperin: Modern Castings, 35 (1959) 50~54
- (7) J. H. Walsh, J. Chipman, T. B. King & N. J. Grant: J'l of Metals, Nov. (1956) 1568~1578
- (8) 沢, 森: 鉄と鋼 46, (1960) 1077~1079



最近登録された日立製作所の実用新案(その2)

(75頁よりつづく)

登録番号	名 称	氏 名	登録年月日	登録番号	名 称	氏 名	登録年月日
732355	熱動過電流継電器	居尾上 恒雄	39. 2. 25	733931	ブレーキ付電動機のブレーキ摩耗指示装置	搞田 俊郎	39. 3. 11
730983	X線速写装置	鳥野 文郎	39. 1. 22	733937	ウニスコポンプ	大島 亮一郎	"
732359	電気掃除機集塵パイプ	天野 仁勇	39. 9. 20	733938	ウニスコポンプ	小川 勝辰	"
732360	電気掃除機除塵装置	秋葉 勇	39. 2. 25	732374	遠心開閉器付円錐形電動機	小橋 俊郎	39. 2. 25
732361	電気掃除機除塵装置	小橋 弘彦	"	730980	充電発電機制御装置	佐藤 健児	39. 1. 22
732362	電気掃除機除塵装置	小橋 弘彦	"	730994	クーラーの風向板取付装置	森岡 健児	"
732363	真空掃除機吸口	横江 治男	"	732287	ヘッドライト切換装置	持田 稔也	"
732365	電気掃除機	横江 治男	"	732290	超小型電動機制御用遠心開閉器	横内 直中	39. 2. 17
732367	電気洗濯機	西脇 富治	"	732290	超小型電動機制御用遠心開閉器	大島 修	"
732371	トランススタ電動機	池上 和一	"	733976	洗濯機のフィルター	田沢 隼国	39. 3. 11
732373	円錐回転小型電動機	橋本 俊郎	"	733977	電気掃除機	安川 昌平	"
733992	洗濯機の電動機支持装置	佐藤 三郎	39. 3. 11	733978	蓄電池充電制御装置	森岡 健児	"
733995	充電発電機装置	森岡 健児	"	733982	慣性摺動式始動電動機	根本 俊之	"
733996	ホール効果素子出力増幅器	池上 和一	"	733928	圧油操作用弁装置	細見 隆俊	"
733960	電気掃除機	武林 静真	"	733929	防爆型電動機器	有井 英義	"
733916	自動車用座席	山崎 夫中	"	733930	液体抵抗器	白土 美次	"
		横内 井山	"	733932	カムコンタクタ	角井 政政	"
		河外 尾田	"	772350	カムコンタクタ	安川 昌平	39. 2. 25
		高尾 田	"	732320	電気掃除機	高橋 喜美	"
733921	自動式ポンプ	武田 政次郎	"			小橋 弘彦	"