

討35 呉製鉄所における、鉄鋼分析の自動化システム

日新製鋼(株)呉製鉄所

早瀬寿夫 平田晴彦

1 緒言

発光分光分析装置等の機器分析装置(以下分析装置と略す)と、コンピュータとの組合せによって、鉄鋼のオンライン分析における分析処理時間は著しく短縮された。しかし、試料の受付、試料の調製、試料の分析装置への取付け取り除きなど人手による作業の自動化が遅れていた。呉製鉄所では、第2製鋼と第2熱延の生産ラインの連続化に伴ない、オンラインの溶鋼分析にロボット等の自動化装置を採用して、無人の分析システムを完成した。その概要を述べる。

2 システムのねらい

高炉、第1製鋼、および、第2製鋼工場より、オンラインの分析試料を気送管にて分析センターに送付する、センター方式を採用している。従来の問題として、分析センターにおける試料の錯綜や、人手による試料の処理遅れなど分析時間に大きなバラツキがあった。S57年10月第2製鋼工場に、転炉(以下2LDと略す)、脱ガス(以下RHと略す)、および連続铸造(以下2CCと略す)設備を新設して、第2熱延との連動生産体制を確立した。この設備は、直送圧延可能なレイアウトであり、コスト低減は勿論、高品質のホットコイル製造可能な新鋭設備である。この操業には、分析量の増大、分析時間のより一層の短縮、および分析要員の増大抑制をはかるため、2LD-RH-2CCのメタル分析は、無人分析とした。

3 システム構成と装置概要

メタル分析自動化システムの構成をFig.1に示す。このシステムの特徴は、試料を気送管で送付すれば、試料の調製、分析、分析装置標準化、およびデータ送付に至る、全作業を自動化した点である。これは、気送管装置、試料調製装置、分析ロボット、および試料搬送システムによって構成されている。

3.1 気送管装置(裸圧送式)

2LD、RH、および2CCで採取された試料は、赤熱のまま、気送管で分析センターに送られる。その際、各試料送入口(2LD、RH、2CC)に併設してある分析コンピュータ端末より、試料識別のキーNo.である鋼番等を入力して、試料を送付する。管路は1本であるため、試料が分析センターに到着するまで、次試料が別の場所から投入されても発進しないように、インターロックされている。分析センターの試料受取機以降にトラブルが生じた場合、切換機を操作して試料を系外に取り出し、別の自動分析ラインで分析できるように異常対策を設けている。搬送所要時間は、最短約25秒、最長箇所から約40秒である。

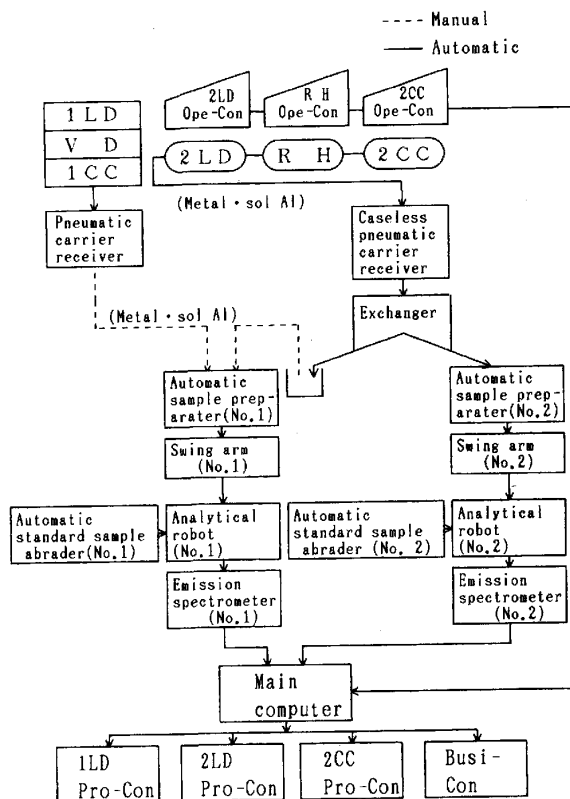


Fig. 1 Analysis flow chart.

3.2 試料調製装置

気送管末端の切替器と自動試料切断機とがパイプで直結されていて、試料は高所から落下し、機内に導入される。

先ず、冷却槽内で一定時間冷却され、その後切断、噴霧冷却、粗研磨、切断バリ取り、および仕上研磨と順次自動的に行い、仕上げた試料は付属のロボット（スイングアーム式）にて機外に取り出し、90°旋回下向転換しながら次の分析ロボットの受台まで搬送する。試料調製所要時間は約60秒である。

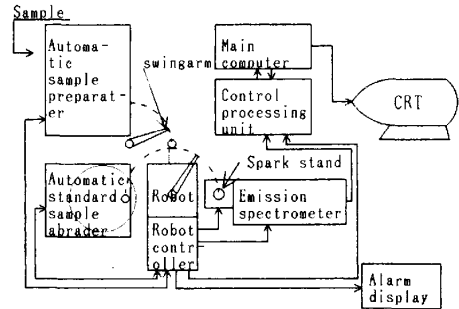


Fig. 2 Emission spectrometer and analysis robot.

3.3 分析ロボット

仕上げられた試料は、受台に置かれると、センサーの信号によって作動し、フィンガーアームで把持し、90°上昇旋回して分析装置の発光台にセットされる。分析ロボットを中心にした機器の配置を、Fig. 2 に示す。発光台に試料を装着した状況を Photo. 1 に示す。分析ロボットのフィンガーは、試料を90°ピッチで回転させ分析ポジションを変えることができる。通常2箇所の異なった位置を分析する。その分析値の偏りが、あらかじめ定めた基準値より大きい場合は、更に2箇所分析し、平均値を算出する。それでも分析値に大きな偏りがある場合、アラーム機構が働き、オペレーターのアクションをまつことになる。試料は所定の位置で放棄し、分析ロボットは元の位置に戻って待機する。その動作時間は約6秒である。

分析装置の標準化時は、分析ロボットが逆方向に90°旋回し標準試料研磨機内に配列されている標準試料を把持し、次に180°旋回して、分析装置の発光台にセットする。分析終了後の標準試料は元の位置に戻し、次試料を順次分析し、定められた数の分析を行う。

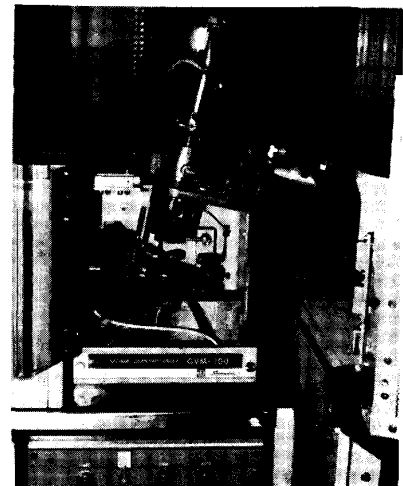


Photo. 1 Sample setting by the robot on the spark stand.

3.4 標準試料研磨機と標準化作業

標準化作業とは、分析装置の経時変化を修正する作業である。これは、標準値との差を検出し、補正係数を求め、以後の分析値を補正するために行うものである。全元素補正するには、通常5~7個の標準試料を必要とする。あらかじめ研磨機内のターンテーブル上に試料を配列しておき、内蔵の自動アームで標準試料を把持して、エンドレスベルト研磨機で研磨しておく。オペレーターが指示すれば、3.3項の分析ロボットと連動して標準化作業を行う。これによって、従来人手による研磨、分析の繁雑な作業も完全自動化された。

3.5 分析装置(真空型発光分光分析装置)

分析装置は、ロボット作業を行うため、発光スタンドを中心に、次に示す改造を加えた。①分析待機中に発光電極孔より空気の侵入を防ぐストッパーを設けた。②発光台に異物が残留して、試料セットの際、浮き上りを防ぐため、アルゴンフラッシュによる異物除去装置を取りつけた。③発光電極はAg電極からW電極に変え、電極交換頻度を1回/日にし、労力を減少した。

3.6 試料搬送

分析結果のフィードバックに際して、分析装置付属のマイクロコンピュータで算出した分析値と、分析コンピュータ端末から、入力された試料識別のキーNo. とを併合して、関係するプロセスコンピュータに伝送する。分析値とキーNo. との併合を誤りなく行うためには、試料の流れや、異常に対する警報など、コンピュータによる管理統制は必須の条件である。

このため、試料発送の際のキーNo. 入力に対する合理性チェックや、試料の流れに応じた各種の信号を管理して、CRT画面に試料搬送情報として表示し、オペレーターが管理できるようになっている。その制御システムを、Fig. 3 に示し、その信号の説明を、Table 1 に示す。

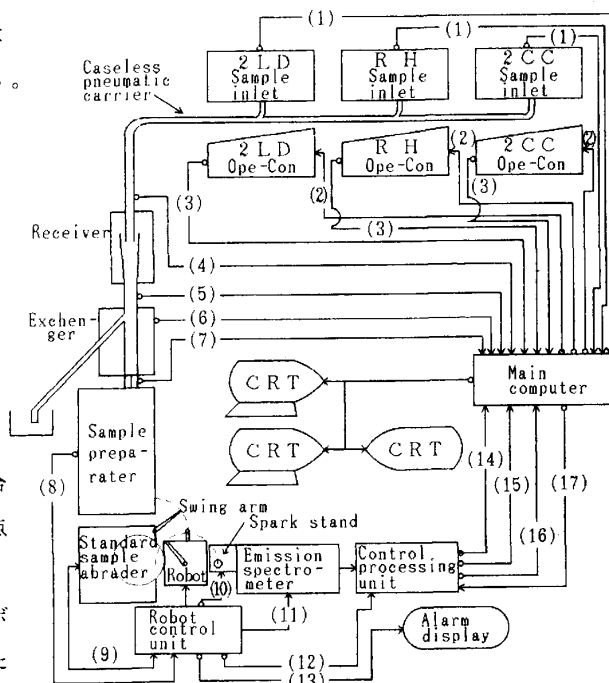


Fig.3 Control system of fully automated emission spectrochemical analyzer.

4 分析精度

自動分析において、マニュアル作業の分析値との整合性を保つことが、大きな課題であった。そして次の点
 ① 試料保有熱の問題、
 ② 自動研磨による研磨粗度の問題、
 ③ 分析ロボットの機械精度の問題、これ等について、検討するため、以下の実験を行った。

4. 1 試料保有熱の問題

自動切断研磨機の操作において、冷却時間のタイマーを設定する必要があった。冷却時間を短くすると、試料温度が高くなる。試料の温度が高いほど、スペクトル線の強度が上昇するとされている。⁽¹⁾それが、マニュアル操作と比較して、偏りのある分析値を与える原因の一つと考えられる。そこで、試料の温度が、分析値に与える影響について調査した。実験条件を以下に示す。

① 分析時の試料温度 : 40℃、100℃、150℃、200℃

の 4 水準

② 加熱方法 : ドライオープン使用

③ 分析結果の算出 : マニュアル操作用検量線使用

40℃の試料温度による分析値(マニュアル操作時の温度)を基準に、各温度水準の分析値との差を求めた。その結果の 1 例を Fig. 4 に示す。それによると、温度が高くなるに従って、C、Mn、Si、S、は大きな分析差を示した。その他の、P、Cu、Ni、Cr等の元素は、大きな偏りを示さなかった。その原因については今後検討する必要がある。以上の結果より、自動切断研磨機での、試料の温度を、100℃以下になるように、冷却タイマーを設定し、更に温度条件に合った検量線を作成した。

Table 1. Signal substance of the control system.

No	Signal substance	Signal way
(1)	Sample start	Caseless pneumatic carrier → Main computer
(2)	Certify data/Unusual data	Main computer → Ope-Con
(3)	Sample information	Ope-Con → Main computer
(4)	Sample received	Caseless pneumatic carrier receiver → Main computer
(5)	Sample outlet	Caseless pneumatic carrier receiver → Main computer
(6)	Interpret a sample exchange	Sample outlet exchanger → Main computer
(7)	Sample arrival at sample preparation machine	Sample preparation machine → Main computer
(8)	Ready/Busy	Sample preparation machine → Main computer
(9)	Busy/Error	Standard sample abrasion machine → Analytical robot
(10)	Sample arrival/Argon flash	Analytical robot → Spark stand
(11)	Start spark/Changing position	Analytical robot → Spark stand
(12)	Auto/Manu, Analysis/Standardization	Analytical robot → Control processing unit
(13)	Finish a analysis Reanalysis Robot error	Analytical robot → Alarm display
(14)	Analysis error Standardization error Robot error	Analytical robot → Alarm display
(14)	Robot error	Control processing unit → Main computer
(15)	Analyzer ready	Control processing unit → Main computer
(16)	Analysis completed	Control processing unit → Main computer
(17)	Guide of analysis group	Main computer → Control processing unit

4.2 マニアル研磨と自動研磨の問題

自動研磨は、油圧力にて研磨するため、マニアル研磨と分析面の粗度が異なる。これが分析値に与える影響について調査した。

先ず自動切断研磨機を通して自動分析を行った試料を、冷却後マニアルで研磨、分析を行った。

両者を比較した結果、温度条件の合った検量線を用いて分析値を求めれば、両者間に大きな差は認めなかった。その1例をTable 2. に示す。

Table 2. Comparison of analysis value between automatic and manual abrasion of steel test piece.

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Sn	Mo
(A) Manual	0.441	0.154	0.810	0.018	0.015	0.022	0.044	0.147	0.007	0.002
(B) Automatic	0.444	0.156	0.817	0.019	0.016	0.023	0.046	0.144	0.008	0.002
d=(B)-(A)	0.003	0.002	0.007	0.001	0.001	0.001	0.002	-0.003	0.001	0.000

(%)

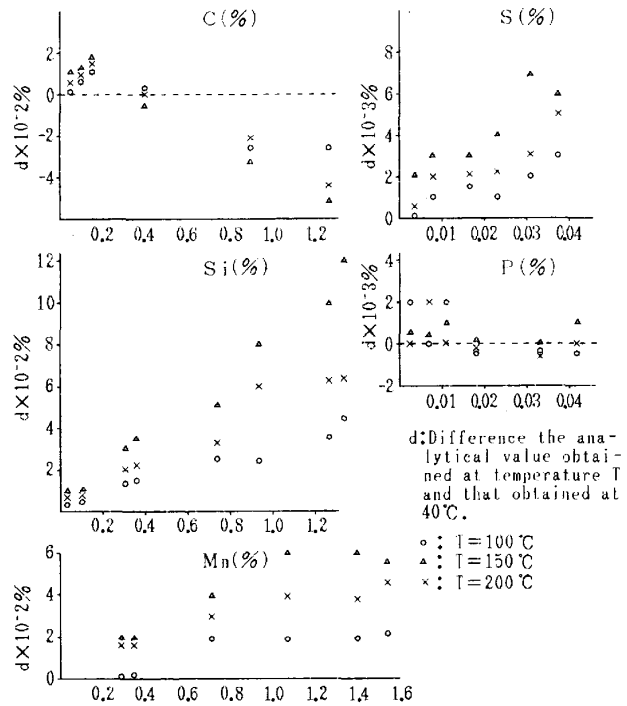


Fig.4 Influence of sample temperature on emission spectrochemical analysis in steel.

4.3 分析ロボットの機械精度の問題

分析ロボットは、常に正しい操作を行うことができるかが問題になる。すなわち、①試料を常に正しく発光台にセットできるか?、②分析点を移動しても、既発光スポットと重ならないことなどである。

この精度確認には、標準試料を用いて、発光点を4箇所移動して、10回の繰返し分析を行い、マニアル分析の精度と比較した。その結果マニアル分析と遜色のない精度が得られた。その1例をTable. 3 に示す。

Table 3. Comparison of precision between robot and manual analysis of steel sample. (%)

		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Sn	Mo
Manuale	n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	\bar{x}	0.881	0.138	0.340	0.006	0.014	0.103	0.022	1.16	0.012	0.007
	σ	0.0054	0.0010	0.0026	0.0002	0.0004	0.017	0.010	0.0075	0.0001	0.0002
	CV	0.613	0.725	0.765	3.333	2.857	1.650	4.545	0.647	0.833	2.857
Automatic	n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	\bar{x}	0.879	0.142	0.343	0.006	0.015	0.104	0.024	1.18	0.011	0.007
	σ	0.0071	0.0011	0.0029	0.0002	0.0005	0.014	0.013	0.010	0.0002	0.0002
	CV	0.808	0.775	0.845	3.333	3.333	1.346	5.417	0.847	1.818	2.857

5 自動化の効果

メタル分析の自動化の効果は次のとおりである。

①ロボットによって単調繰返し作業から開放された。②試料処理から自動化したので、個人差が解消し、処理時間のバラツキが著しく減少し、分析時間が短縮した。

Fig. 5 に分析所要時間を示す。③試料研磨を自動化したことにより、安全性が増大した。④作業量増大したが、省力を達成した。

6 むすび

昭和57年7月の第2製鋼におけるRH、2CC稼動に合わせて全自動分析システムを確立し、初期不良を克服して、現在順調に稼動している。

参考文献

(1) 鹿島次郎、久保田正明：分光研究、17(1968)、P.102

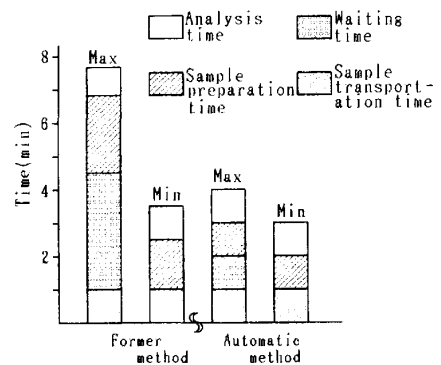


Fig.5 Comparison of analyzing time between the new automatic and the former method of analysis.