

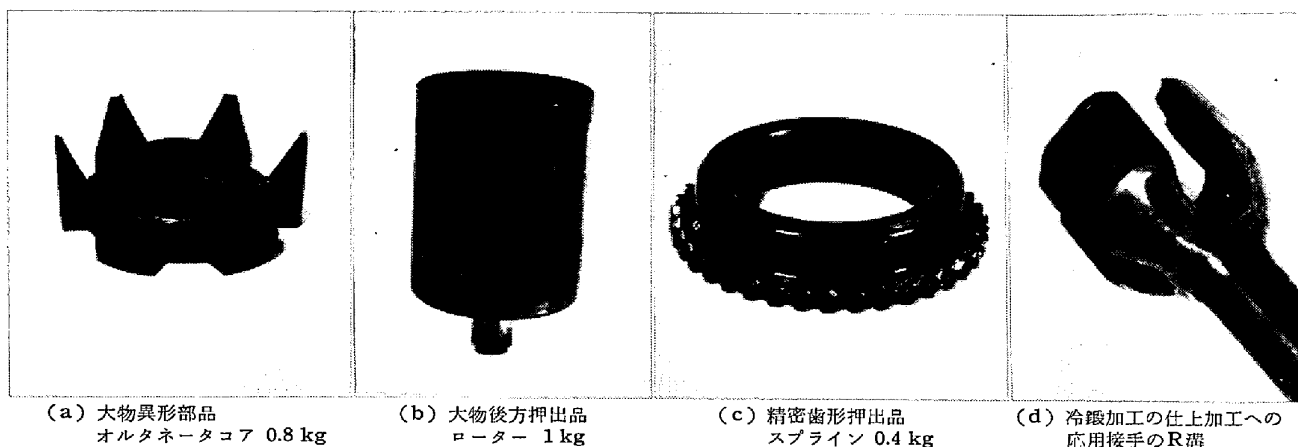


写真 4.6.3 冷間鍛造品の新しい分野の例

封入潤滑の採用により可能になつてこの生産システムの実用化が成功した。67年ごろにはこの方式は材料径45 mm 程度の大物部品にまで広げられた。しかし、これくらいの大規模なものになると、機械および型が高価で、生産速度の限界もあり、対象の選択を誤ると利点を失うおそれがある。長軸シャフトの押出しは、わが国でも67年ごろから横型連続押出しプレスによつて図4.6.4(b)に示す工程で行なわれるようになり、この領域での生産性を著しく高めた。たて型トランスファープレスは、仕上げ工程数の多い大物異形部品に用いられて効果をあげた。

(b) 冷間鍛造の適用領域の拡大

小物部品の領域から大物部品、異形状部品へと、その適用領域を広めた。写真4.6.3(a)に示すオルタネータコア、図4.6.4(b)に示す段付軸、写真4.6.3(b)に示すローターなどはその例である。また、写真4.6.3(c)に示すような精度の高い歯車が作られるようになった。冷間鍛造加工法が熱間鍛造や機械加工の工程の間に入つて、一つの精度のよい仕上げ加工要素としてうまく応用される例が多くなつた。

写真4.6.3(d)に示す接手の溝のしごき加工、前出の写真4.6.2(c)の傘歯車の仕上コイニングなどはその例である。

(3) 特殊鍛造

過去10年間に行なわれた特殊鍛造の開発は、いずれも大きな展開を見ないで終つている。二、三の例をあげる。くさび形ダイスによる熱間回転鍛造がチェコスロバキアで発明され、わが国でも65年ごろから開発が進められた。段付部品の鍛造に対して、材料歩留り、量産性、精度、コストの上で著しい利点を示したが、適用領域が狭く、顕著な普及を見るに至つていない。70年代に入つて粉末成形体の熱間鍛造法の開発がわが国を含む各国で行なわれたが、経済性に疑問が持たれており、実用化の例はまだ多くない。鋼の溶湯鍛造も型材、溶湯の秤量の問題などから実用化には至つていない。

(4) 周辺技術の進歩

いくつかの周辺技術の進歩が鍛造技術の進歩を助けた。

冷間鍛造の開発の初期にわが国ではなかなか得られなかつた、キズや脱炭がほとんどない表面の清浄なコイル

材が得られるようになった。引抜きなしの高精度の圧延コイル材も使用されるようになった。

冷間鍛造用工具材の選択の範囲も広がつた。高Crの冷間ダイス鋼のほか、Mo 高速度鋼、高V-Co系Mo 高速度鋼も使用されるようになった。靱性の高い高Co超硬合金が後方押出しポンチ、据込みダイスなどにも使用されるようになった。しかし、最近では高価な超硬合金が安易に用いられ過ぎの観がある。

放電加工法では、トランジスタ回路が応用されて電極消耗が少なく加工速度が速くなり、加えて多分割電源、無短絡電源、各種適応制御などの開発によつて一層生産性があがつた。これが歯形精密鍛造型や超硬合金型の加工に寄与した。

また加工速度の速い電解加工法は10年来積極的にとり入れたが、電極製作や精度に問題があるので、もっぱら荒地型の加工に利用されている。

4.7 管理技術の進歩

過去10年間の圧延技術の進歩は、エレクトロニクスの進歩、特に電子計算機の適応に負うところ大であつた。1960年頃までの圧延は、計測の困難なことから、目視観察と経験の積上げが中心であり、理論は原則的な面では役立っていたが、実操業に広く利用する段階になかつた。同時に生産管理、特に計画と実績の把握は、各工場の経験的に作られた方策にたよつて来た。しかしながら、品種と生産量の急速な増大から情報量が急増し、情報の流れの管理の必要が生まれて来た。妥当な生産計画の設定と、操業状況の正確な把握、速いフィードバックが圧延操業を安定させ、品質、歩留り、生産性の向上に著しく影響することが、認識されるようになって来た。コンピューターが管理、操業面に役立つであろうことは、かなり多くの人々の感ずるところではあつたが、1960年頃は、コンピューター自身の能力、信頼性が十分でなかつたことと、適応に先立ち、管理判断をコンピューターで処理しようとする論理的なシステムを組立てる必要があつた。圧延作業に適応する上でも十分実用に供しようするモデルを作る上の変形抵抗、摩擦係数といった、基礎的なデータの収集を始めとする地道な解析を必要とした。したがつてコンピューターは、1950年頃から一般に使用

されていたが、圧延工場に適応されるまでにはかなりの時間を必要とした。

一方圧延機の高速度・大型化も、水銀整流器からサイリスターと電動機制御の急速な進歩に負うところ大であり、精度の高い速度制御が可能になった。同時にエレクトロニクスの進歩で、従来の単一ループの制御から、総合的なデジタル制御へ移行し、複雑なシーケンス制御も容易に適応出来るようになってきた。過去10年間のわが国における急速な圧延工場の近代化は、世界的にも最も高い水準にあるが、これまでの発展は多くの分野の人々の協力と努力の結晶といえよう。

4.7.1 生産管理システム

圧延工場は、図4.7.1に示すごとく、粗材ヤードから始まり、加熱、圧延等の諸工程をへて製品ヤードに至るまでの数多くの工程と、ロール整備等の補助工程から構成され、工場全体としての収益性向上には、これらが有機的にバランスされることが重要である。工程にマッチした生産計画と指令の徹底、操業状況の早いフィードバックによる、計画の修正は、著しく、生産性、品質歩留りに影響するのであるが、従来、生産が継続して行なわれるため、管理の良否が正確に把握し得なかつたため、合理化はなかなか進まなかつた。古くは、ATH 厚板工場でパンチカードによりスラブカードを作り、スラブ在庫管理を始めとする工程管理が行なわれていたが、これでかなりの合理化はなされても、人手と処理の迅速性の面では、十分でなく、合理化への第一歩であつた。こうした管理の合理化は、生産量と品種の急激な増大にともなつて拍車がかげられた。特に、品種、サイズ構成の多様な厚板がこのニーズが高く、厚板から合理化が進めら

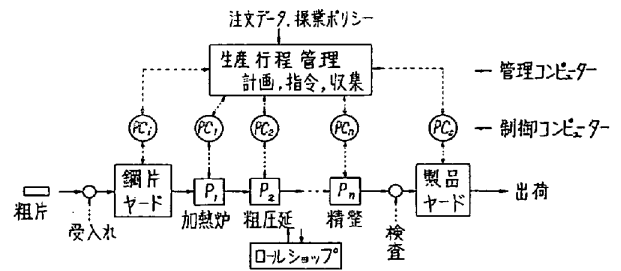


図 4.7.1 圧延行程原理図

P_n : 行程

PC_n : 行程制御コンピューター

れた。わが国でも、八幡製鉄所厚板工場で、コンピューターによるバッチ処理と、パンチカードによるスラブカードを利用した。工程管理システムが、昭和36年頃から採用されていた。

生産管理へのコンピュータ適応は古くから考えられており、鉄鋼業では、1960年に発足した。英国 RTB 社の新一貫製鉄所、スペンサーワークスで初めて採用されることになったが、コンピューターの適応を甘く考えていたこと、当時のコンピューターの能力も低く、データの入出力装置も十分でなく、明確な成果を上げ得なかつた。本格的な生産管理システムの採用は、IBM-360 のような高い処理能力と高度のソフトを持つたコンピューターと、指令表示に便利な TV 表示装置や、工場間、パルピット間のデータ通信技術の出現を待たねばならなかつた。

既存の製鉄所においては、35年頃からコンピューターの検討が進められ、効果的な面から徐々にバッチ処理ではあるが活用され、基礎がためがなされたが、本格的なオ

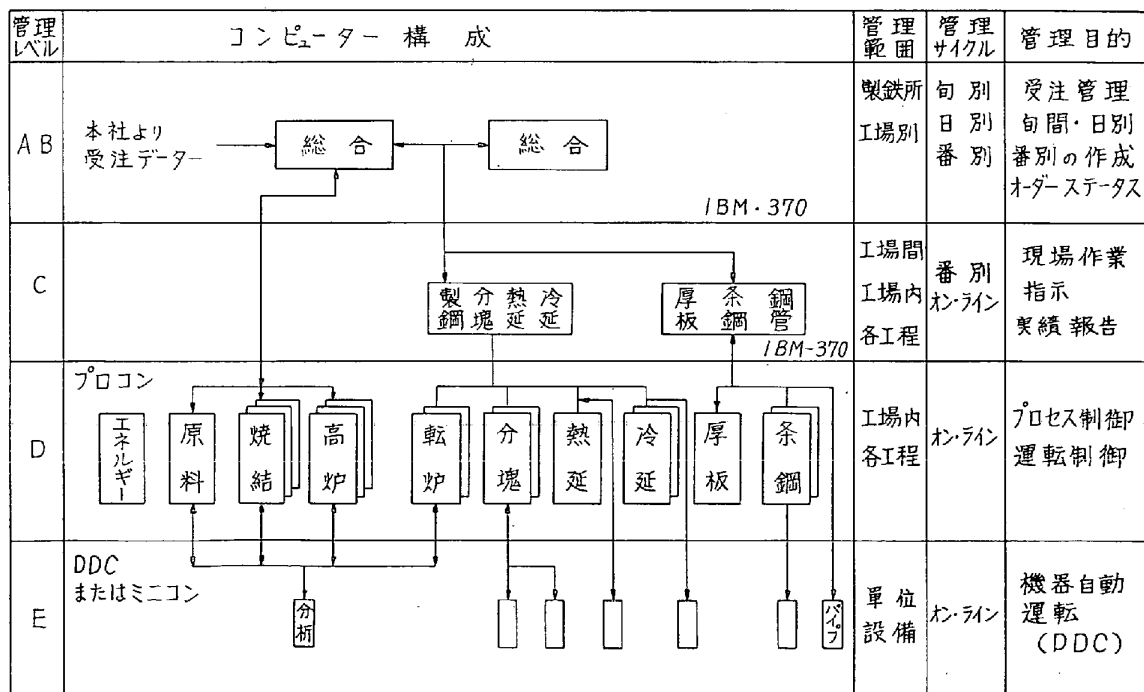


図 4.7.2 新日鉄君津製鉄所

コンピューターシステム (AOL システム)

(初期の構成からかなり拡大されている。49年、4月)

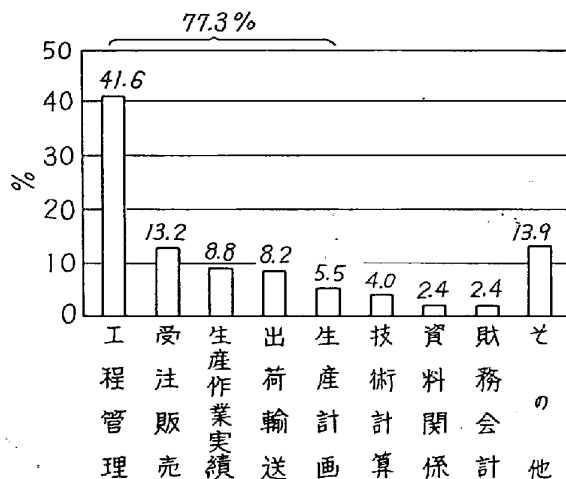


図 4・7・3 わが国主要一貫メーカーにおける
ビジネスコンピューター利用状況
(昭和 47 年)

オンライン処理によるシステムは、適応の容易さと投資効果面から、40年以降に発足した一貫製鉄所で大幅に採用されることになった。本格的なオンライン生産管理システムは、43年に発足した君津製鉄所（新日鉄）が世界的にも最初のもので、当時とすれば、最大級のシステムであった。この AOL と呼ばれるシステムは、本社から送られる注文書がファイルされた磁気テープのデータを入力して生産計画を作成、これを日別、シフト別、工程別に計画を順次作成、オンラインで生産指令し、かつ、工場の端末からインプットされる生産データを処理、実績集約を行なうもので、全体の構成は 図 4・7・2 に示すごとくである。AOL システムを端緒として、その後の一貫製鉄所では、オンラインシステムの採用は常識化し、その後のデータ通信技術、端末等のハードウェアおよびソフトウェアの進歩にともない、進歩したハイパーキーシステムが採用されるようになってきた。その最も進んだ形態が47年4月発足した大分製鉄所の生産管理システムに発展している。この間のおもな進歩は、(i) 生産指令が直接本社から通信回線を通じ送られるようになったこと、(ii) コンピューター間のデータ交換が容易になり、信頼性の向上で、ビジコン、プロコン間の直結が出来るようになったこと、(iii) 46年に日本鋼管福山製鉄所で初めて採用された、データハイウェイの技術がコンピューター間のデータ伝送を可能にした点が上げられる。

こうした傾向は、図 4・7・3 の鉄連情報処理委員会でもめた、ビジネスコンピューターの利用状況に示されるごとく、受注管理、生産管理、工程管理業務への利用が全体の70%以上をしめていることから明確に示されている。これら工程管理、生産計画へのコンピューターの適応による効果は、(1) 受注から圧延指令までの事務処理が迅速化され、かつ、計画修正が迅速に行なわれる結果、納期を著しく短縮出来、製品歩留りの向上がはかれる。(2) 工程要員が少なくかつ精度の高い管理が出来る。600万t一貫製鉄所で約1,000名の工程要員が省力できる。(例えば従来在庫棚下しは、多数の要員でチェック



写真 4・7・1 自動マーキング装置でマーキングされたホットコイル

しなければならなかつたが、コンピューターで正確にファイルされるため、不必要になつた。) (3) 人手による転記誤り、指令の不徹底がなくなり、正確な生産データ収集されること。(4) 必要とするデータが、何時でも印刷した形で提供できるので、技術管理、品質管理上のアクションが迅速に行なえることが主なものである。総合的な経済効果は、現状システムに必要なコンピューターレンタル費の約2倍以上の利益が上がつている。

工場内の工程管理をする上で、粗片、製品の判別は手書きによる鋼片番号によつて、目視により管理され、これが誤認の原因となつており、自動刻印機あるいはマーキング、出荷用ラベルの自動貼付、ペイントマーカーなどの開発が要望されていた。スラブ自動刻印機が昭和35年頃、数箇所に導入されたが、信頼性がなく、印字も明りょうでなく、ほとんど実用化されなかつた。各所で自動吹付機、刻印機の開発が活発に進められ、厚板用には、数種のマーキング装置が、コンピューターの指示で動いている。新日鉄室蘭製鉄所で開発されたホットコイル熱間マーキングは、粉末の耐熱塗料を用いた独創的な自動マーキング装置で、前後して、日本鋼管福山製鉄所において、静電塗装を利用したホットコイル・マーキング装置が開発された。

工程内にはこうした人手による作業が多々残されており、完全な自動化のためには、オンラインのコンピューターシステムだけでなく、自動マーキング、自動検査などの数多くの自動機器が必要であり、コンピューターシステムの開発に並行して、活発に進められている。新日鉄広畑製鉄所、厚板 PICS システムに見られる各種の自動化装置は、その一端を代表するもので、こうした開発が今後の自動化の中心になる。

4・7・2 計算制御システム

表 4・7・1 のコンピューターシステムの発展に示されるごとく、圧延へのプロセスコンピューターの適応は、かなり早い時期から進められたが、昭和42年頃までは、主として解析、開発の時代であり、幅広い実用化は、一見欧米より遅く進められたように見えるが、技術的には優れた内容を持つており、実質的な成果も上がつている。その結果43年以降急速に普及した。特にホットストリップ厚板においては、著しく古いミルを除き、主要なミルにはほとんど採用されている。

表 4・7・1 圧延におけるコンピュータ適応の発展

年次	生産管理 (on-line)	分塊	厚板	ホットストリップ	コールドストリップ	
35		CPC採用 新日鉄広畑 2分塊				
36						
37		均熱炉焼上り予測 川鉄千葉 1分 (N-2205)		新日鉄戸畑 80"ミル 解析用 (T-3300)		←計算制御 開発開始
38						
39						
40			データーロギング・解析 (N-310) 鋼管京浜 136"ミル		戸畑 No4 タンデム 解析 (T-3300)	
41	ホット調整管理 鋼管 コールド 福山			新日鉄堺 56"ミル 仕上 セットアップ (GE-4000)		
42	厚板生産管理 (N-2200) 川鉄水島	計算制御 (H-7250) 新日鉄堺 2分塊	計算制御 (Pro-550) 川鉄水島 188"ミル		計算制御 68"ミル (T- 7000) 焼鈍炉 DDC-(Y- 500) 新日鉄名古屋 21冷延	←計算制御の実用化
43	AOL-システム (IBM-360 ×7) 新日鉄君津			新日鉄君津 88"ミル 計算制御 (T-7000)		オンライン ←生産管理の実用化
44		均熱炉 DDC (YODIC- 500) 新日鉄名古屋		DDC-AGC (M-5) 川鉄水島 92"ミル		←DDCの普及
45						
46						
47						
	トータルシステム採用工場 6製鉄所		12基中 10基	20基中 16ミル	21基中 11基	
				80 %	52 %	

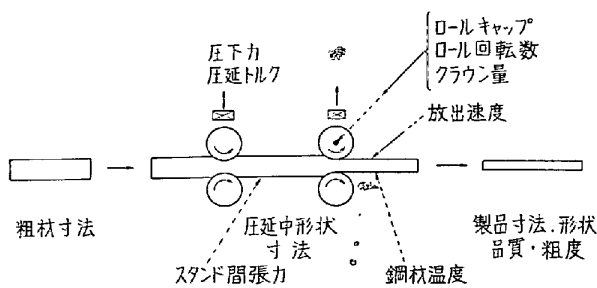


図 4-7-5 圧延に必要とされる計測

程度であつた。圧延の解析上第一に必要な圧延力、放出速度は、実験的にしか求められず、定常作業での計測はほとんどなされていなかった。現在でも、未解決の問題は多いが、過去10年間に、各種の寸法計測、ロードセルなどが開発され、この面は著しく進歩した。

圧延上に求められる計測は、第一に寸法形状であり、次に圧延条件として、圧延力、圧延速度、張力、温度があるが、これらほとんどが鋼材に非接触で測定することが望ましく、技術的にも難しい点である。板厚については、X線またはγ線などの放射線を用いたものが用いられているが、原理的に応答に限度があるため、クラウンの測定は困難であつたが、応答の早いものが作られ、ホットコイルの異状突起やウェッジの管理に適用されるようになった。また、シンチレーションカウンターを用い、従来のアナログ方式から、デジタル方式により演算処理し、精度を上げたγ線厚み計が、利用されるようになった。従来条鋼では、ほとんど厚み測定はなされていなかったが、新日鉄と富士通の共同開発により、H型钢の3方厚み計が開発された。

板類の幅計は、回転ミラーにより板からの赤外線を用いた Exatest 形のものが、35年頃より利用されたが、外部光源を用いた方が、精度が高いことから、外部光源型のものが主として用いられている。同様な光切断の原理を用いた線材の線径計測が試みられたが、線の圧延中の

振動などが誤差原因となり、実用化が遅れたが、最近実用化されるようになった。

鋼片、条鋼、厚板は指定の長さに切断することから、走間の長さ計が必要であり、これには数個の充電素子を用い、鋼片の通過時間と速度の測定から長さを演算する方式が利用され、ビレットや条鋼の切断制御に広く利用されている。メジャリングロールを用いる方式はスリップが誤差の原因になるが、厚板のような比較的遅い対象には利用できる。厚板の場合、先端の形状により幅不足部を生ずることがあり、ITVにより幅を同時に測り、正しく有効長を測定する方式が開発され、剪断工程に利用されている。

板圧延における板厚制御は、ゲージメーター法の出現で急速に普及したが、ロール偏心が精度に影響すること、加減速時の問題があり、これらの解決に圧延時の質量流れ一定の原理を用いた。圧下率制御形 AGC が、米国および日本ではほとんど同時期に実用化された。一方冷延における応答の早い油圧圧下ミルの普及で、厚み制御は著しく進歩し、関心はむしろ板の形状の制御に向けられた。しかしながら形状測定は、張力の低い場合には、板の変位から比較的容易に測定出来るが、張力、速度の大きな対象では、いまだ完成の段階にない。一部張力分布を測定する方式として、ASEA 型のものが利用されており、わが国では、棒状光源を用いたものが実用化されているが、使用範囲が限定されている。

圧下力の測定は、圧延における最も重要なもので、過去多くの検討がなされてきた。1960年頃からストレインゲージ形や ASEA プレスダクターのような磁歪式のものが利用されたが、圧延の悪環境のため耐久性がなかった。プレスダクターは、原理的に変圧器のようなものであり、やや機械的に弱く、設置にかなりの注意を要する。これに対して、カナダ Dofasco で開発されたワッシャー型ロードセルは、取付け位置が上部で、条件もよく信頼性の高いことから、1965年頃から普及するようになった。しかしながら、ロードセルは一見単純に見える

表 4-7-2 板 形 状 測 定 分 類 表

分 類	開発箇所・メーカー	製品化	特 徴
直接変位型	接触マイクロ方式	NSC-ニレコ方式	低速、オフライン計測に適している。
	光 学 方 式	I H I 方式	棒状光源-ITV方式、高張力の所には使えない。
	電磁ピックアップ	NKK-東芝方式	直接電磁ピックアップで、変位を測定する方式。
	エアーマイクロ方式	住友軽-東英	エアーフロートマイクロにより多点測定。
張力分布型	分割ロール方式	日立 Alcan-ASEA Lowey-Robertson Max Plank-Schloeman	2分割のため細かい変化は見にくい。 多分割で、圧力はプレスダクター使用。 変位をエアーマイクロで測定。 ストレインゲージ使用。
	電 磁 張 力 方 式	B I S R A J-L 方式	共に電磁ピックアップにより歪を測定している。

が、圧延用の場合、圧下力が面でかかるため、偏荷重の問題と潤滑の問題がある。その面で容量型ロードセルは、強度と偏荷重に対する精度の高い点で優れた特色を持っている。ロードセルは昭和40年頃まではほとんど輸入にたよっていたが、国産化が進んだことは大きな成果である。

圧延における放出速度の測定は以前から望まれていたが、いまだに解決されていない。レーザードップラー方式や、ゆらぎから相関方式により非接触で速度の検出が研究されているが、実用化されていない。そのため連続ミルの張力制御に対し、西独において、かみ込時のインパクトドロップの安定した時点での電動機の電流を記憶し制御する方式が利用され、この方式がトルク記憶方式などを含め、連続ミルの速度制御に広く利用されている。

測温は、加熱、熱間圧延、熱処理などに非常に重要な計測であるが、非接触測温には、鋼材の表面性状、特に放射率の変化などによりいろいろ問題があつたが、過去10年間に各国で活発に研究され、精度が著しく向上した。熱間圧延時の測温は、一時2色高温計が期待されたが現在では、波長幅の小さい、Siセルなどを用いたものの方が総合的には使用雰囲気の影響なども考慮すると、安定した指示に得られることが判明している。一方著しく放射率の低い冷延薄板の測温法も案出されている。従来、板の測温は、輻射高温計で一点測温であつたが、ホ

ットストリップのごとく、幅方向に分布のあるものについては、回転ミラーを用い、幅方向にスキャンし、任意の位置を多点、記録し得るラインスコープが開発され、ストリップのエッジドロップの管理に用いられている。

炉の測温において、点測温であることから、その代表性については多くの検討が行なわれて来たが、特にバッチ燃鈍では、底部から熱電対で押つける方式が長年使われて来た。その代表性という面で問題があり、むしろコイルと、インナーカバー中間の瓦斯温度の方が代表的であることが判明している。これらの点は、伝熱の解析にともない、測温にたよる以外に伝熱モデルから推定制御する方向になつている。

メッキ関係では、膜厚の連続測定が蛍光X線を用いて実用化された。一方、硬度管理面に数種の硬度計が開発され利用されている。両者共に電磁的な方式を用いているので、成分補正を必要とする。また鋼板の粗度の連続測定が光学的に試みられている。原理的には光学方式の方が面でとらえる点で、従来のラインスキャン方式より優れていると考えられるが、従来法が規格化されているので、光学方式の妥当性を明確にする開発が残されている。

特殊なものとして、保磁力が鋼材の成分または抗張力とよい相関があることから、保磁力の測定から線材の長さ方向の抗張力のバラッキの管理に利用されている。こ

表 4-7-3 過去 10 年間に開発された、主要圧延用計測器一覧表

項 目	メーカーおよび開発箇所	方 式
ス ラ プ 厚 み	CNRM (Noel, ICSTIS (1971) 712)	レーザ方式
"	小野測器	接触・ハサミ式
ス ラ プ 幅	Extest	光学スキャン方式
厚 板 幅	浜松TV—新日鉄	ITV方式
H 型 鋼 3 方 厚 み	富士通—新日鉄	γ線方式
厚 板 厚 み 計	Extest	γ線、デジタル方式
H 型 フ ラ ン ギ 幅	東京光学—新日鉄	光学スキャン方式
条 鋼 長 さ 計 (冷)	立石電機	接触ロール式
条 鋼 長 さ 計 (熱)	U.S.Steel	光学+接触ロール
"	小野測器	"
線 径 (熱間)	Austin—Electronics—U.S.Steel	光学スキャン方式
"	東芝	"
"	Extest	2重廻転光学スキャン方式
コールドストリップ長さ計	新日鉄	着磁法
"	J-L.—Donner Electronics.	接触ロール法
ロ ー ド セ ル	KELK—Dofasco.	リングワッシャー型
"	安川電機	磁歪型
"	東芝—新日鉄	容量型
ホ ッ ト ス ト リ ッ プ	東京光学 (ラインスコープ)	廻転ミラー、スキャン
温 度 分 布 計	ニレコ—NKK	渦流式
ス ト リ ッ プ 温 度 計	理学電機—新日鉄	X線螢光式
メ ッ キ 膜 厚 計	島津製作所—新日鉄	渦流方式
ブ リ キ 硬 度 計	横河電機 (Hc—メーター)	Hc 方式
線 材 ・ 材 質		

うした品質管理用の計測が、最近活発に研究されるようになって来た。これらは、オンライン損傷と共に、急速に活用される傾向にあるが、これらについては検査の項を参照されたい。

文 献

- 1) 鉄と鋼, 計測特集号 59 (1973) No. 5
- 2) 製鉄研究 オートメーション特集号 No. 279 (1974)

4.8 二次加工技術の進歩

4.8.1 鋼板加工技術

(1) 厚板の加工

厚板の二次加工技術として、切削、剪断、加熱、溶接などを組み合わせれば、あらゆる形状の構造部材、機械部品を製造することができるが、本稿では主として厚板の成形を中心とした加工様式につき簡単に述べることにする。

(a) ロール成形

(イ) ペンデングロール方式

厚板のプレート、コイルを素材として、主として大径溶接管のための成形法である。古くから実施され、現在も広く活用されている方法で、2本の支持ロールと1本の圧下ロールにより構成されている。鋼管のみならず圧力容器、水力発電所のペンストック、ドラムなど大きな円管曲げにも用いられている。特に最近では、ビーム状

部材の曲げにも用いられ、曲げ半径検出装置と組み合わせて、所定の曲率を持つ製品が作られるようになった。代表的なロール配列を図4.8.1に示すが、斜線をほどこしたロールが矢印方向に動き、成形曲率を変え得ようになっている。(a)、(b)は普通多く用いられる方式であるが、このロール配置では鋼板の端部に曲げ加工を与えることができないので、ロールまたはプレスにより端部に予備曲げを施しておく必要がある。(c)~(h)では端部曲げ加工が可能であるが、(f)~(i)はさらに鋼板の方向を変えることなく両端部に曲げ加工を与える利点がある。一般的にいつてこの方式は、径、板厚に制約はなく、特に図4.8.2のような多層圧力容器にはこの方式が用いられている。しかしロールたわみのため長さは3m~6mが限度である。

(ロ) ステップロール方式

この方式は、通常のロール成形ラインである。成形機、操業技術の進歩により、最大径 20 iN. 板厚 14 mm まで可能であり、厚板のコイル製造と高周波溶接技術の進歩と相まって極めて高能率の造管ができるようになった。

(ハ) ケージロール方式

大径管の成形ロールは大型となるとロール費がかさむ事と、板厚、直径の比 t/D が小さくなると、エッジ座屈による波うちが発生するため外径寸法に制約がある。

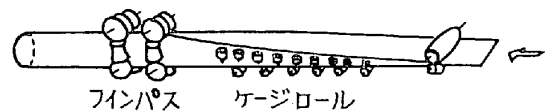


図 4.8.3 ケージロール概略図

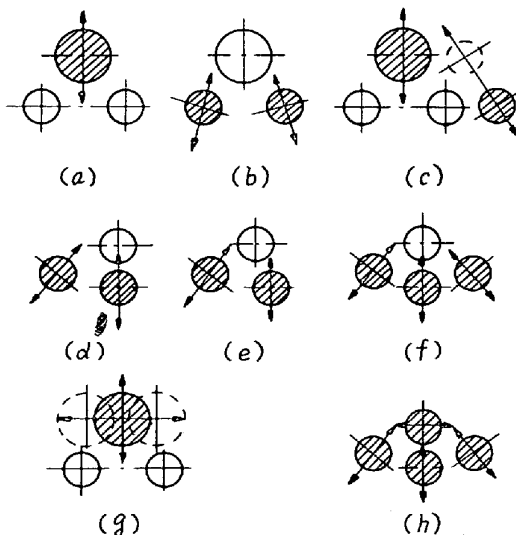


図 4.8.1 ロール配列の形式

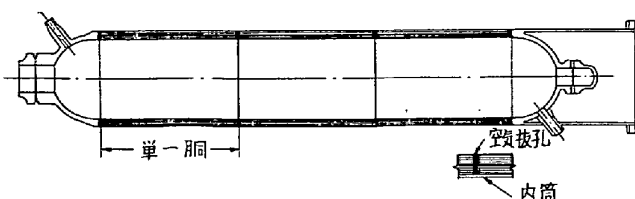
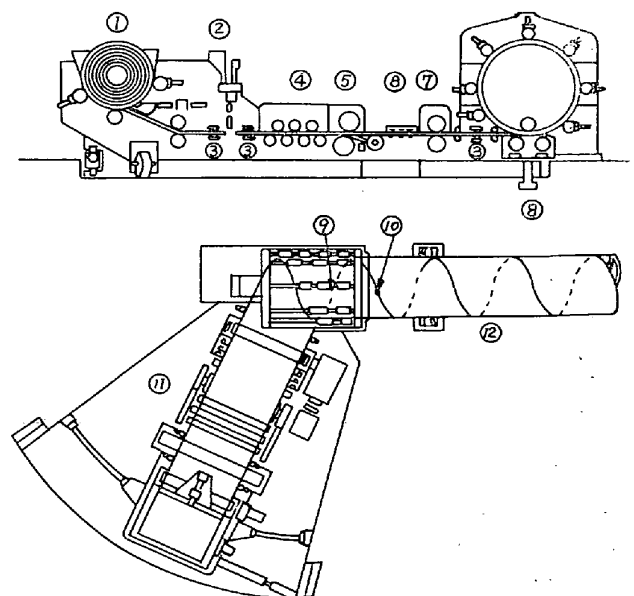


図 4.8.2 多層圧力容器



- | | |
|-----------|---------|
| ① アンコイラ | ② 突合せ溶接 |
| ③ サイド・ガイド | ④ レベラ |
| ⑤ サイド・トリマ | ⑥ 開先加工 |
| ⑦ ピンチ・ロール | ⑧ 成形 |
| ⑨ 内面溶接 | ⑩ 外面溶接 |
| ⑪ 前処理装置 | ⑫ 出口装置 |

図 4.8.4(1) スパイラル製管機概観