

Automatic Machining System of Mechanical Testing Process



前垣 謙一
Ken-ichi Maegaki
水島製鉄所 品質保証
部検査課



小石 想一
Souichi Koishi
水島製鉄所 品質保証
部分析課 主査(部長
補)



佐藤 明宗
Akimune Satoh
水島製鉄所 電気・計装
部電気・計装技術室 主
査(課長)



中瀬 政治
Masaharu Nakase
水島製鉄所 システム
部 主査(掛長)



大西 史博
Fumihiro Ohnishi
日本ユプロ(株)

要旨

昭和60年7月に完成した水島製鉄所の材料試験センターでは、材料試験の生産性と信頼性の向上を目指し、材料試験プロセスにおける加工の自動化を図った。全自動ガス切断装置の開発のほか、薄板試験片、シャルピー試験片の各自動加工機を開発するとともにハンドリングの自動化も図った。本装置は、上位コンピュータとリンクすることにより、試験材の照合作業を除いて、無人連続加工が可能となった。現在、順調に稼働しており、材料試験片加工要員の省力、試験所要日数短縮、試験信頼性向上などで著しい効果を得ることができた。

Synopsis:

Kawasaki Steel Mizushima Works, aiming at the enhancement of productivity and reliability in mechanical testing, established the Mechanical Testing Center in July 1985. Fully automatic gas cutting machine, other automatic punching device for thin sample plates, and automatic machining equipment for Charpy impact test specimens as well as an automatic handling system of test specimens have been developed for the Center which has since been operating successfully.

Automatic machining with unmanned control has been realized by such new automatic machining equipment and by linking the system to a host computer. As a result, remarkable improvements have been realized in terms of reduced manpower needed for machining of mechanical test specimens, shortened periods required for testing, and enhanced test reliability.

1 緒 言

わが国の鉄鋼業では、生産性と品質の向上を目的に製造設備の自動化やコンピュータ化はかなり推進されているが、製品の材質を調べる材料試験部門の自動化は遅れており、最近になってようやく部分的に自動化されはじめたのが実情である。水島製鉄所では材料試験の生産性向上および試験所要日数短縮を目指し材料試験業務の自動化とコンピュータ化を実現するため、検討に2年、建設に2年を費やし、昭和60年7月に材料試験センターを完成した。

本報では、自動書きおよび自動バリ取りを備えた全自動ガス切断機を含む3つの新しい自動加工機の開発および試験片の自動ハンドリングシステムについて紹介する。

2 水島材料試験センターの概要

材料試験センターの建設は、要員のスリム化、生産性ならびに信頼性の向上および試験工程の短縮を目的としたものであり、それらを達成するため、材料試験室の統合、自動化機器の導入、専用コン

ピュータによる情報処理のオンライン・リアル化を行い、材料試験業務の設備の自動化を主体としたハードおよびソフト両面での総合システム化を目標とした。

当センターは製鉄所で製造される鉄鋼製品の材質特性を最終検査する部門であり、その作業工程は以下のように大別される。鋼材から採取された試験材母板を、(1)試験項目別の小試験材に溶断ないし剪断などの方法により分割する切断作業、(2)それらの小試験材を規定の試験片形状に機械加工する試験片加工作業、(3)試験片による各種材質試験および(4)判定処理である。

Fig. 1に当センターのレイアウトと試験材の物流を示す。なお、当センターは試験材母板の運搬効率を重視し、最も発生枚数が多く、そのうえ単重の大きい厚板材を直接コンベア搬送できるように厚板工場に隣接して設置し、他品種材はトラック移送とした。

また、Table 1に今回新たに導入した自動設備機器を、Fig. 2にシステム構成を示した。当センターでは上位コンピュータであるビジネス・コンピュータと各自動機器を連結し、加工や試験情報の伝送と実績収集を自動化している。

* 昭和62年8月17日原稿受付

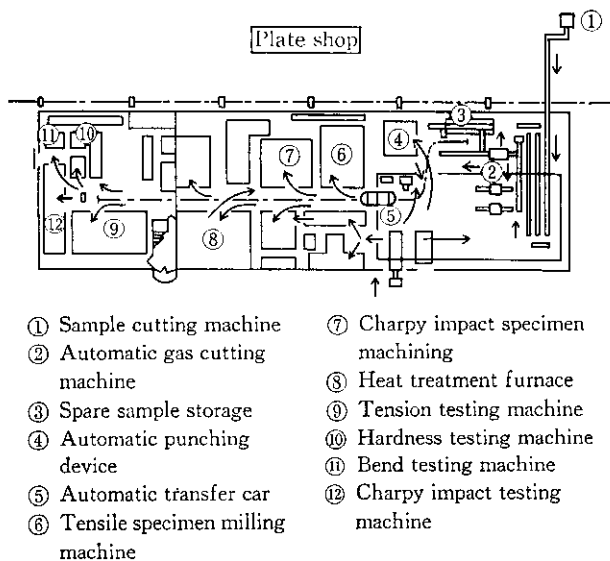


Fig. 1 Layout and material flow in mechanical testing center

Table 1 Newly introduced equipment and computer linkage condition

	Name of equipment	Quantity	Computer linkage	Remarks
Sample cutting and machining	Automatic stamping machine	1	○	
	Automatic gas cutting machine	1	○	R × 2
	Automatic punching device	1	○	
	Tension test specimen machining	1	—	
	Charpy impact specimen machining	1	○	R × 1
Mechanical testing and sample handling	Automatic tension testing machine	4	○	200 tf, 50, 20, 10
	Automatic Charpy impact testing machine	1	○	R × 1
	Automatic hardness testing machine	1	○	
	Automatic transfer car	1	—	
	Automatic spare sample storage	1	—	
	Rectangular type	1	—	
	Round type	1	—	

R: Robot

3 全自動ガス切断

3.1 全体システム

全自動ガス切断機は厚板シアラインに直結し、上位コンピュータと連結するものであり、特殊材の半自動ガス切断を除きすべてが自動化されている。全体システムと物流を Fig. 3 および 4 に示す。厚板シアラインで切断された試験材母板は、テーブルローラーにより材料試験センターへ搬送される。異材混入防止のため、受入場で試験材母板の識別記号を確認し、受入れ順に再入力する。その後、試

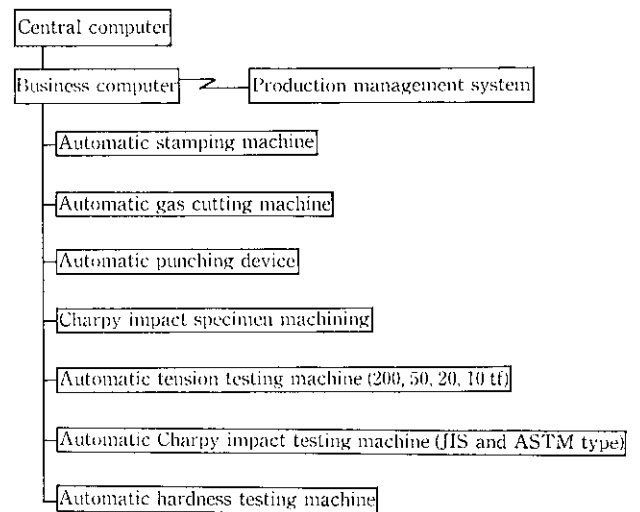


Fig. 2 System structure of mechanical testing process

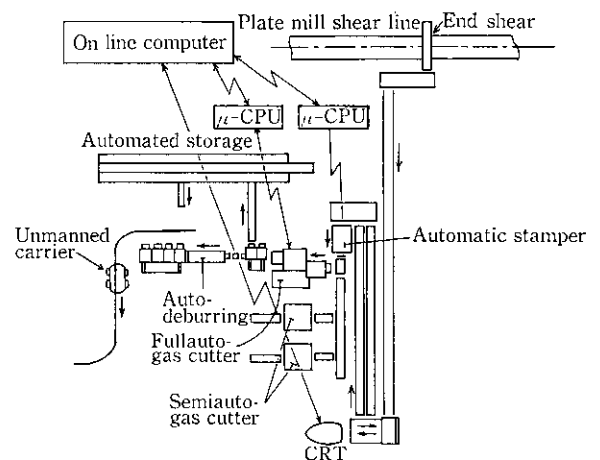


Fig. 3 Layout of gas cutting system

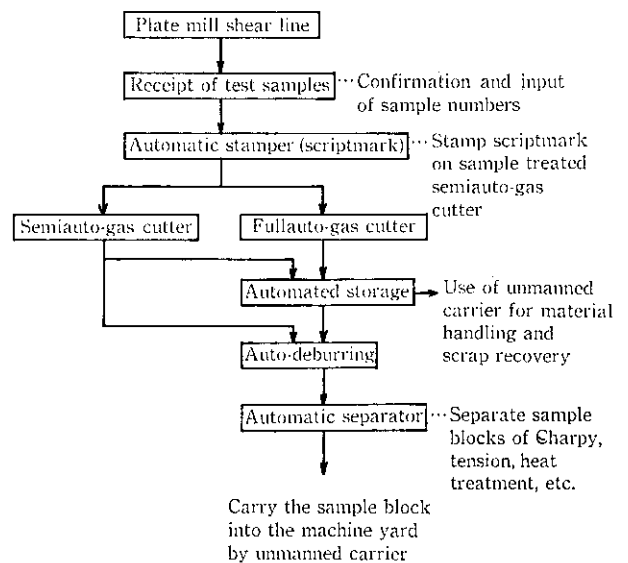


Fig. 4 Material flow of gas cutting system

験材母板は個別トラッキングが行われ、刻印や切断情報が上位コンピュータより各自動化機器へ伝送され、切断が実施される。切断小試片は行先別に仕分けされ、特に予備材は切断実績の返送により自動倉庫内へ送られ在庫状況が管理される。

自動刻印機で、切断前に切断パターンに対応した位置に10桁の刻印マーキングが行われる。半自動切断機を用いる母板は、罫書きマークも刻印される。

自動ガス切断された試験片のうち、本試験片は裏面を上へ反転後4台のバリ取り機で各片のバリを除去した後、各種の試験片バッグに自動仕分けされる。さらに予備材は、立会の有無により2種の予備材バッグへ収納され、満杯になるとオペレータがバッグ内の予備材の荷姿を確認後それらのバッグNo.に対応した自動倉庫の指定番地へ格納する。

3.2 装置の特徴

(1) 切断パターンの多様化

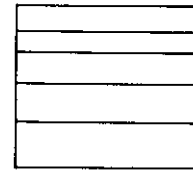
今回の全自動ガス切断機は従来と異なるいくつかの特徴をもつ。まず、Fig. 5に示すように、従来は、ほぼ正方形の素材を長方形に切断することにより自動化設備の簡素化を図っていたが、当所では多少自動化設備が複雑になるとしても母板歩留り損を重視する方針で種々の素材形状から、50種に及ぶ複雑な切断パターンを処理できるようにした。具体的には、従来はFig. 6の左に示すように、すの子上に素材を置き、切断小試片の切断線と直角方向に発生する熱歪による変形をクランプし、すの子と直角方向のみに切断するという方式であったが、今回はFig. 6の右に示すように素材を空中に保持し、4軸の自由度(X軸Y軸Z軸および90°回転)をもつ直交ロボットに、3本の間隔変更自在な切断トーチをとりつける方式を採用した。

当初、切断小試片の切断線と板面上直角方向に発生する熱変形や板面に対し下方向へのそりが懸念されたが、多数の切断実験の結果、特に細幅試験片の熱変形は端部の捨て切りを行えば支障がないこと、板厚が4.5mmの薄物についても下方向へのそり量は少なく切断に影響がないことがわかりこの方式を実用化した。

(2) 切断小試片のハンドリングの自動化

従来、切断された試験片はFig. 7の左のようにプッシャーで押し出す方式で仕分けされていたが、今回は次のバリ取り工程へ、バリのある裏面を上面として確実に移送する必要があるため、図の右に示すように分割された試験片を1枚ずつロボットハンドで搬送する方式とした。

Conventional cutting



Complex new cutting

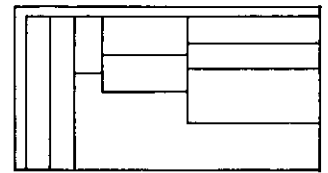
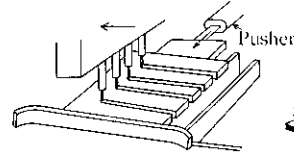
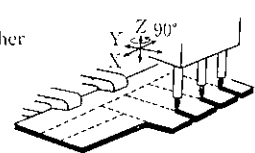


Fig. 5 Improvement of cutting pattern

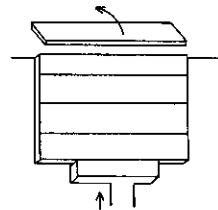


Conventional way of cutting

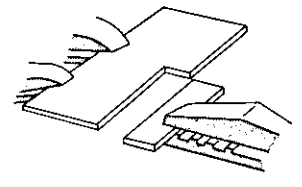


Flexible cutting by the robot hand

Fig. 6 Improvement of cutting method



Separation by the pusher



Secure robot handling

Fig. 7 Improvement of specimen handling

(1) および(2)の考えをもとに具体化した自動ガス切断機の構造図がFig. 8である。

(3) バリ取りの自動化

グラインダにより研削する方式は、バリの量によって削り過ぎや削り残しが生じるため自動化には不適切とし、エア振動たがねで、バリの根元部を切り離す方式を採用し確実に迅速な自動化を達成した。

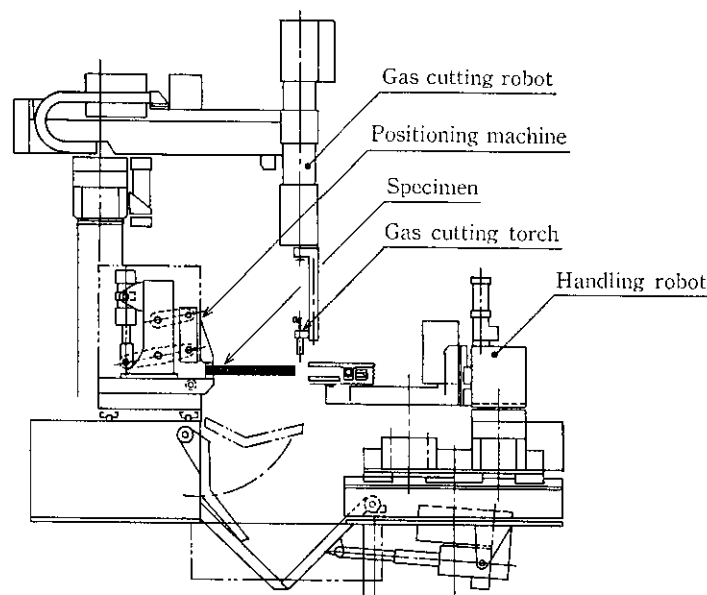


Fig. 8 Gas cutting robot

Table 2 Specifications of automatic gas cutting machine

Size of sample plate	
Thickness	4.5~50 mm
Length	120~500 mm
Width	300~880 mm
*1 Strength	Less than 100 kgf/mm ²
Weight	180 kg max.
Specifications of machine	
Gas	Propane gas
Number of torch	3
Fire nozzle	Nos. 2 and 3
Cutting robot	Rectangular robot*2
Handling robot	Rectangular robot*2
Working time	4.7*3 min/plate
Deburring	
Method	Air jet chisel
Cycle time	30 s/sheet

*1 Restrictions imposed by stamping machine

*2 Degree of freedom of motion: 4

*3 Case of standard cutting pattern

(4) 半自動切断材の罫書き作業の自動化

自動切断機で処理できる素材は上位コンピュータの切断情報により、装置内のマイクロ・コンピュータに記憶させている切断パターンにもとづき罫書きなしで自動的に切断される。一方、自動切断機で処理できない特殊な板厚や形状のものに対する罫書き作業は従来石筆を用いて人手で行っていたが、今回刻印機に罫書き記号の刻印ポンチをセットして、あらかじめ入力した罫書きパターンにそって刻印ヘッドを移動させることにより自動化した。もちろん試験片の識別記号の刻印作業も自動化できている。

上述の特徴をもつ全自動ガス切断機の主な仕様を Table 2 に示す。

4 薄板試験片自動打抜装置

薄板試験材母板からは、引張試験、エリクセン試験、硬さ試験などの多くの試験片を切り出す必要がある。従来は煩雑なシアによる人手作業であったが、今回 Fig. 9 に示すような多種類の試験片を完全無人運転で打ち抜く装置を開発した。

4.1 装置の仕様と構成

薄板試験片自動打抜装置の主な仕様を Table 3 に示す。本装置では素材板厚 0.4~3.2 mm の打ち抜きに対処するため 2 種類のクリアランスの各ポンチ・ダイスをもった打抜装置と搬送ユニットより構成されている。Fig. 10 に示すようにオペレータが最大 40 枚の試験材母板を積載し、その識別番号を入力し、スタートボタンを押すと、上位コンピュータより加工命令と刻印情報が伝送され、各母板より最大 19 枚の試験片が完全無人で打ち抜かれる。母板は真空パッドにより 1 枚ずつ吊り上げられて、X、Y 方向に自動的に位置を決めるクランプ装置にセットされる。打ち抜き形状と刻印のポンチ選択は上型に取り付けられた打ち抜きポンチおよび刻印ポンチと下型のダイスのセットされた上下 1 対の金型円盤の回転制御により行われる。クランプ装置の位置決め制御と金型円盤の回転制御が同期しながら命令通りの刻印と試験片打ち抜きが自動で行われる。打ち

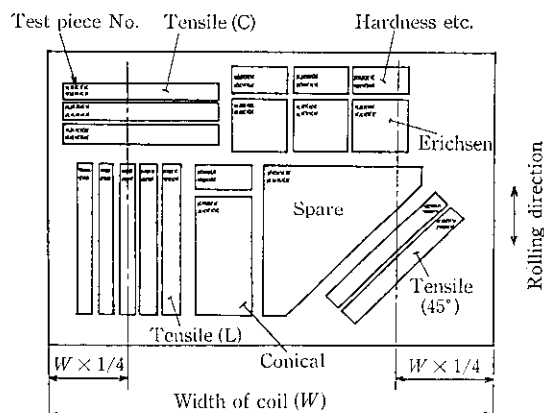


Fig. 9 Punching pattern for thin sample plate

Table 3 Specifications of automatic punching device

Specifications of device	
Number of turret station	72
Working time	4 min/plate (Standard punching pattern)
Stock of plates	Max. 40
Size of thin sample plate	
Thickness	0.4~2.0 mm 2.0~3.2 mm
Length	600~1 600 mm
Width	500±50 and 750±20 mm

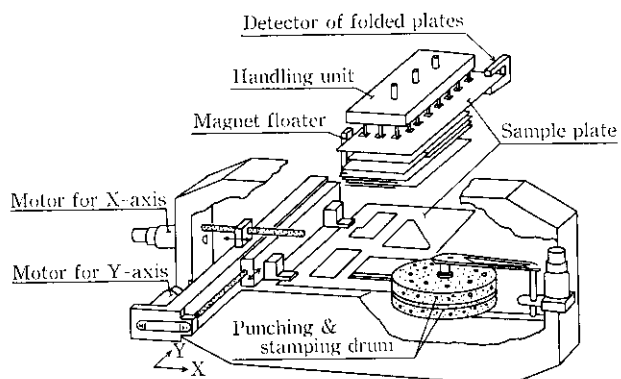


Fig. 10 Automatic punching device for thin sample plate

抜きパターンを Fig. 9 のように一定パターンとし、板幅の 1/4 の位置を中心にして打ち抜く演算は、NC 装置で行わせ、打ち抜き不要の場合、刻印情報をブランクとすることにより、所定の位置から必要な試験片のみを自動打ち抜きしている。また、打ち抜きによるかえりを小さくするため、板厚によって、クリアランスの異なる 2 種類のポンチ・ダイスを取りつけている。

5 シャルピー試験片自動加工機

従来、自動化されたものの一例として、フライス加工機を 4 台および刻印機、分割フライス、研磨機を直列に並べたものがあるが、加工機やハンドリング装置が多く、価額が高いことに難点があった。

5.1 装置の仕様

シャルピー試験片自動加工機の主な仕様を **Table 4** に示す。

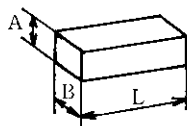
5.2 装置の特徴

今回開発した装置の特徴は、中央に多関節のハンドリングロボットを置いて、ハンドリング装置をシンプルにしたこと、**Fig. 11** に示すように、長手中央部に必要な長さ、幅および厚さを 1 台のフライ

Table 4 Specifications of Charpy impact test specimen machining

Specifications of machine	
Milling machine	Main power 11 kW
Dividing device	Main power 7.5 kW
Stamping machine	Alphabet and number of three figures
Deburring device	Belt sanding
Stock of blocks	Max. 40
Size of sample block	
Thickness	9~50 mm
Length	190±2 mm
Width	65 mm

Remarks: Size of Charpy impact test specimen



A: 10.3 ± 0.1 and 7.8 ± 0.1 mm
 B: 10.3 ± 0.1 mm
 L: 55 ± 0.1 mm

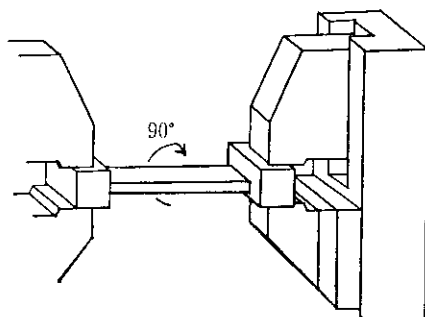


Fig. 11 Clamp and index device

ス盤で 90° ごとに回転するクランプ装置を用いて 4 面を 1 箇所ずつ加工することにより、持ち換えや切粉によるトラブルをなくし、寸法精度のよい加工を迅速に行うようにしていることである。これにより試験材は長手中央部のみを減厚、幅決め加工され、端部に刻印 3 桁を打刻されて 3~6 個の試験片が自動加工される。研磨は、1 個ずつ研磨するより、従来のように約 300 個を一括研磨の方が能率的であるので自動加工機への組み込み対象外とした。これにより、非常に安価でシンプルな加工機をつくることができた。**Fig. 12** に装置構成を示す。

6 ハンドリングの自動化

試験片のハンドリングに極力人手を使用しないようにするため下記の工夫を行った。

6.1 予備材の立体倉庫への格納

自動ガス切断機で切断された予備材は、立会の有無に従って自動仕分けされて、2つのバッグに自動格納される。満杯になると、重量検知によりオペレータがコールされ、荷姿を確認のうえ、行先番地を指示すると、コンベアとスタッカークレーンの連動運転により立体倉庫へ自動格納される。

バッグ No. と倉庫の棚 No. を同一とし、上位コンピュータの端末でバッグ No. を登録しておくことと切断完了後実績信号の返送によりそれらの予備材はバッグに投入された時点で自動的に上位コンピュータで在庫管理される。バッグの最大容量は 500 kg で約 400 個のバッグが格納されている。

6.2 予備材、試験済み試片の自動廃却

大半の予備材は、試験が正常に完了した時点で廃却する必要がある、この作業に多大の労力が必要であった。今回、上位コンピュータがバッグ単位で廃却可能リストを作成し、そのバッグ No. を押釦で指示すると、スタッカークレーン→コンベア→無人台車→廃却ステーションへと自動移送される。廃却ステーションでは自動的にバッグが反転されてスクラップバッグへ予備材が投入される。空バッグは再び同ルートで元の番地へ格納される。試験室の試験済み試片も無人台車によって自動廃却される。

6.3 試験片の自動搬送

切断された試験材は、シャルピー、引張、熱処理、その他の 4 種に

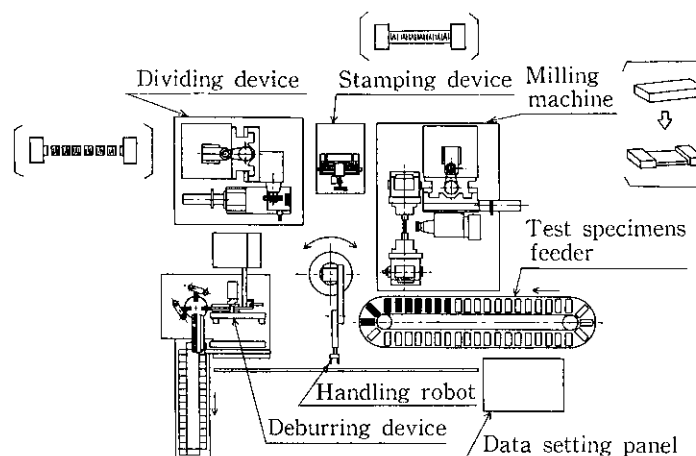


Fig. 12 Automatic machining process of Charpy impact test specimens

自動的に分類され無人台車により加工ステーションへ搬送される。さらに空バッグがあれば持ちかえってくる機能ももつ。加工済み試験片もオペレータの行先指示により所定の試験室へ自動搬送される。

以上のように主要な試験片のハンドリングは、ほとんど人手を必要としない自動搬送となった。

7 効 果

今回の自動化による効果の一例を以下に示す。まず、自動化機器の適用率を高めるため、加工パターンの標準化等をはかり、自動化率は Fig. 13 に示すように薄板試験片自動打抜装置では 81% となった。実験材のように加工パターンが特殊なものや情報が上位コンピュータにないものを除き大半を自動化している。

主な加工機の省力効果としては全自動ガス切断機システムでは、刻印、書き、切断、バリ取り、仕分けの各作業を自動化した結果、18 名が 8 名に、薄板試験片自動打抜装置では負荷として 4 名が 1.5 名に、さらにシャルピー試験片自動加工機では 6 名が 3 名に削減された。すなわち、加工要員はほぼ 1/2 に、試験要員はほぼ 1/3 に削減することができた。また、試験日数も短縮され、受入れから加工、試験、合否判定までの所要日数は従来に比べ圧延のままの鋼材で 1.5 日、試験片熱処理材で 1.8 日短縮することができた。

さらに、加工、試験設備の自動化により、個人差や人為ミス等の要因が排除され、加工および試験の精度が高くなるとともに安定した。

8 結 言

水島製鉄所の材料試験センターでは、材料試験の生産性向上を図るために、全自動ガス切断装置、薄板試験片自動打抜装置およびシャルピー試験片自動加工機の 3 つの新しい装置を開発するとともに、ハンドリングの自動化も図った。この結果は以下のとおりである。

- (1) 全自動ガス切断装置では切断機へのロボットの適用、自動書きおよび自動バリ取りの具備により、打刻から切断、バリ取

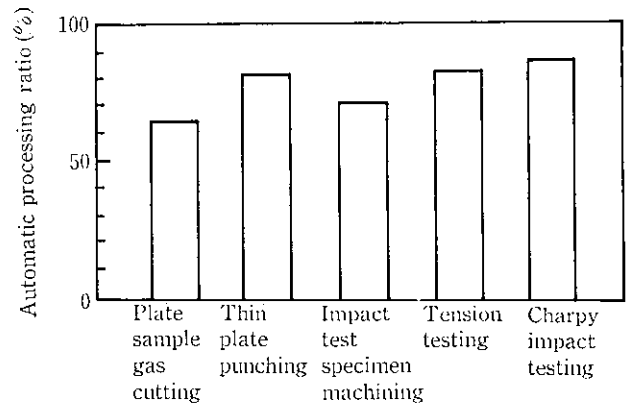


Fig. 13 Automatic processing ratio at the Mizushima Works Mechanical Testing Center

り、仕分けまでの全工程の自動化を完成した。

- (2) 薄板試験片自動打抜装置では円盤にポンチ、ダイスを埋め込んだタレットパンチプレスと搬送装置の組み合わせにより、素材のハンドリング、刻印、多種類の試験片の打ち抜きまでを完全無人運転で打ち抜く装置を完成した。
- (3) シャルピー試験片自動加工機では試験材の両端をクランプして、もちかえることなく 4 面を 1 箇所加工する方式を開発し、さらに面加工機、刻印機、分割加工機をハンドリング・ロボットを中心にセル型に配置することにより、低コストでシンプルな自動加工機を完成した。
- (4) ハンドリングの自動化では立体倉庫と無人台車を有機的に連動させることにより、予備材の格納・廃却および試験片のハンドリングにほとんど人手を必要としない自動搬送を完成した。

当センターは、現在順調に稼働しており、省力と工程短縮および加工ならびに試験の信頼性向上に貢献している。

なお、建設時から設備の開発および安定操業に終始ご支援いただいた大阪富士工業株式会社、さらに自動化機器の開発にご協力をいただいた新明和工業株式会社、株式会社アマダ、有限会社常国鉄工所、東光エンジニアリング株式会社、川鉄インターレイク株式会社の関係各位に心から感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 白石利明, 渡辺郁夫, 亀田正紀, 田中春之: 川崎製鉄技報, 16 (1984) 1, 60-67
- 2) 大西史博, 中瀬政治, 小石想一: 鉄と鋼, 72 (1986) 10, A336
- 3) 佐藤明宗, 小石想一, 大西史博, 前垣謙一, 藤原好文, 沢田岳嗣: 鉄

と鋼, 72 (1986) 10, A337

- 4) 前垣謙一, 佐藤明宗, 小石想一, 常国隆克, 平田 剛, 宮本 博: 鉄と鋼, 72 (1986) 10, A338