

© 1990 ISIJ

技術報告

鋼材の全自動機械試験システムの開発

齊藤 久雄*・小谷野敬之*²・遠藤 正夫*²
土屋 茂*²・小川 旭*²・前田 孝三*²

Development of the Full-Automated Mechanical Testing System
for Steel Products

Hisao SAITOH, Takayuki KOYANO, Masao ENDOH,
Shigeru TSUCHIYA, Noboru OGAWA and Kohzoh MAEDA

Synopsis :

Mechanical testing in steel production plays an important role in both quality assurance through the materials inspection of various high grade steel products, and stabilizing or upgrading the steel quality through supplying the production analysis data. Authors have been engaged in developing the updated materials testing system for a more accurate and rapid testing process. However some problems still remain in the area of delivery time of test results and worker's job efficiency. In June 1988, we developed a new system for total factory automation of the full-automated materials testing at Fukuyama Works, NKK Corporation, including the automatic machining process of test specimens and a computer control system first of their kind anywhere in the world. This paper details the aims of the development and the new machining techniques.

Key words : materials testing ; steel ; specimen machining ; factory automation ; computer control.

1. 緒 言

製鉄所における材料試験は商品の品種や用途に応じて引張試験、シャルピー衝撃試験、曲げ試験、エリクセン試験等、多種多様の試験が行われる。年間生産量 700-800 万 t 規模の製鉄所の材料試験では品種構成にもよるが、月間 8-10 万本もの試験片を取り扱っている。また試験工期は作業内容、必要手順、試験設備等の条件によって 2h から 30 日とまちまちである。近年、試験工期の短縮に関する製鉄所内外からの要請は日増しに厳しくなっており、これにどう応えていくかという課題がある。また材料試験の作業にあたっては、各品種の試験材の採取から試験値を出すまでの各工程に固有の管理が必要であって、試験工期、立会い試験片の管理等、変動要素が多く一律に基準化できないところも多いという特徴がある。一方、最近ではよりいっそう厳密な試験管理とその保証が要請される場合が増加しており、作業員の資質のみに頼らない確実な管理が要請されている。

2. 材料試験技術の現状と問題点

このような材料試験の課題に対応するために、これま

で当社および各製鉄所で自動化システムを志向した数多くの技術開発がなされ、引張試験の自動化、インライン材料試験システムの開発等の具体的な成果をあげてきた¹⁾。特定の品種ないし材料試験作業工程の一部に限ってみれば近代的な生産ラインに適合した自動システムが稼動している例もある²⁾。しかし、多品種製鉄所の集約型材料試験の全体をひとつのプロセスとみる時、このプロセス全体を全自動システム化した例はまだない。この発想の論議を割愛して一つの材料試験のあるべき姿との前提をおくならば、これに到達できない要因は主に次のような材料試験に必須のシステム技術が必ずしも十分でない点が問題と考える。

- (1) 試験指示のシステム化に必要なデータベースのふぞろい
 - (2) 試験片の自動加工技術開発の立ち遅れ
 - (3) 試験量の変動が多く、試験片の物流フローが未整理
 - (4) 将来的な試験種類や処理量の見通しが付けにくい
- このうち筆者らが直面する特に大きな課題として着目したのは、試験片の自動加工技術であって、その具体的な開発すべき要素技術としては次のような点があげられ

平成元年 4 月本会講演大会にて発表 平成元年 7 月 31 日受付 (Received July 31, 1989)

* NKK 商品技術センター (Steel Products Technical Center, NKK Corporation)

*² NKK 福山製鉄所 (Fukuyama Works, NKK Corporation, 1 Kokan-cho Fukuyama 721)

る。

- (1) 複雑な工程を汎用性のある機械で加工する技術
- (2) 加工に伴うバリやノロを自動的に処理する技術
- (3) 工具摩耗を自動的に補正する高精度加工技術
- (4) ハンドリングが容易な打抜試験片の加工技術
- (5) 全品種に共通な試験片の識別管理方法

これらの技術は試験片加工全体の流れの中にくみこまれて前後工程の精度や能率条件を満たすものが同時に実現できないと、前述した高いレベルのトータルシステムの構築は不可能である。

3. 全自動材料試験システムの構築

今回筆者らは前述した課題に対応し、現状および将来の材料試験の要請に応じていくためには計算機利用技術と自動化技術を駆使した全自動材料試験システムを構築する必要があると判断し、次のような推進目標を掲げて、福山製鉄所の材料試験のトータル FA システムの開発に着手した。

- (1) 全品種の加工・試験情報の一元管理システムの構築
- (2) 整合性のとれた完全自動化の追求
- (3) 将来の試験量変動にも対応できる加工と試験の能率バランスの確保

このためにまず材料試験作業条件の整理を次のように行った。

(1) 試験処理量の多い引張試験, シャルピー衝撃試験, エリクセン試験については試験片加工から試験までの全自動化を実現する。

(2) 自動加工ラインの共用が可能な曲げ試験片, 落重試験片については自動加工後ライン降ろし手動試験とする。

(3) 優先処理のための自動加工, 自動試験ラインへの割込機能の確保

(4) 加工と試験の中間に試験片バッファを設け前後工程の負荷を調整できるようにする。

(5) 試験片のトラッキング方法と識別管理方法の確立

(6) 予備試験材, 立会い試験片の保管管理の確立

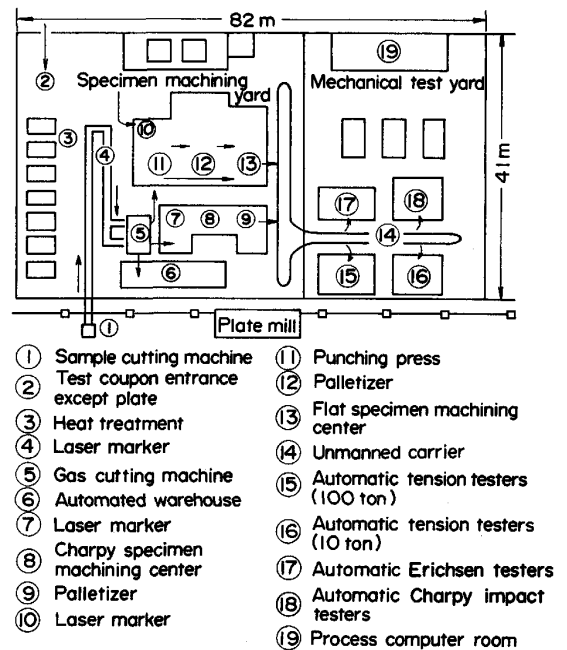
(7) 将来の物流量増大に対応できる拡張スペースをみたレイアウト

(8) 立会い試験日, 工期情報の管理システム充実

これらの検討結果によって構築した新材料試験センターのレイアウトを Fig. 1 に、主要加工機・試験機の仕様を Table 1 に示す。これらの技術的内容を以降順次説明する。

Table 1. Main specifications of equipment.

Machining equipment		
Gas cutting	Application Coupon size Method Speed	Plate, hot rolled products 6-50 mm t, max 550 w×550 ml Gas (C ₂ H ₂ , O ₂), NC control 3 min/coupon
Punching press	Application Coupon size Method Speed	Hot/cold rolled, coated 0.4-7 mm t, max 1 mw×1 ml Single head punching press 1.4 min/coupon
Flat type specimen machining	Application Coupon size Type Speed	Plate, hot/cold rolled, coated 0.4-50 mm t Vertical machining center 7.3 min/100 mm thickness
Charpy specimen machining	Application Coupon size T. P. size Notch type Speed	Plate, pipe, shape, hot rolled 9-70 mm t, 65 mm w, 90-115 mm l 10×6.67, 10×7.5, 10×10 mm 2 mmV, 2 mmU, 3 mmU, 5 mmU 9 min/coupon/machine
Testing equipment		
100 t tensile tester	Composition T. P. size Control Capacity	100 t×2, robot×1, controller×1 Extensometer×2, T. P. measure×1 3-70 mm t (flat, circular type) Rate of stressing/straining 28 000 pcs/month/2 tester
10 t tensile tester	Composition T. P. size Control Evaluation Capacity	10 t×2, controller×1, extensometer×2, T. P. measure×2 0.3-5 mm t (flat, specimen) Rate of stressing/straining Tensile test, AI, BH, rankford 28 000 pcs/month/2 tester
Charpy impact tester	Composition T. P. size Test range Capacity	JIS×1, ASTM×1 (50 kgf·m) Robot×2, cooling bath×2 10×2.5-10×10 mm (2V, 2U, 3U, 5U) +20--100°C 24 000 pcs/month/2 testers
Erichsen tester	Composition T. P. size Method Capacity	Tester×1, controller×1 0.1-2 mm t×90 mm w×90 mm l JIS A, B method 27 000 pcs/month



- ① Sample cutting machine
- ② Test coupon entrance except plate
- ③ Heat treatment
- ④ Laser marker
- ⑤ Gas cutting machine
- ⑥ Automated warehouse
- ⑦ Laser marker
- ⑧ Charpy specimen machining center
- ⑨ Palletizer
- ⑩ Laser marker
- ⑪ Punching press
- ⑫ Palletizer
- ⑬ Flat specimen machining center
- ⑭ Unmanned carrier
- ⑮ Automatic tension testers (100 ton)
- ⑯ Automatic tension testers (10 ton)
- ⑰ Automatic Erichsen testers
- ⑱ Automatic Charpy impact testers
- ⑲ Process computer room

Fig. 1. Layout of the materials testing center.

3.1 計算機システム

全自動材料試験システムを効率良く運用するためには試験・検査指示情報システムの充実が不可欠である。試験材の採取指示、試験方法指示等が統一化され、迅速に指示されることから確実な全自動材料試験の実効があがってくるものと考えられる。従来から開発してきた福山製鉄所の生産管理システムの充実に加えて、全社的な販売・生産総合管理システム(New sales and production system)と開発時期をあわせたため材料試験指示システムの構築を効率的に行うことができた。

材料試験センターの計算機システムの構成を Fig. 2 に示す。センター計算機、プロセス計算機、加工機器・試験機等のコントローラ、の3段階構成として、分散化を図るとともに、この3者を有機的に結合する情報ネットワークを採用したので、各装置の機能を最大限に活用できる。センター計算機では検査証明書の発行や総合的な生産管理、出荷管理を分担し、プロセス計算機は新材料試験センターで必要な情報を一元管理しセンター内の物流の管理および制御、試験片加工、試験の指示、実績収集および作業管理を行う。下位コントローラではプロセス計算機の指示により試験片のマイクロトラック、機器制御、実績情報の生成などを行う。

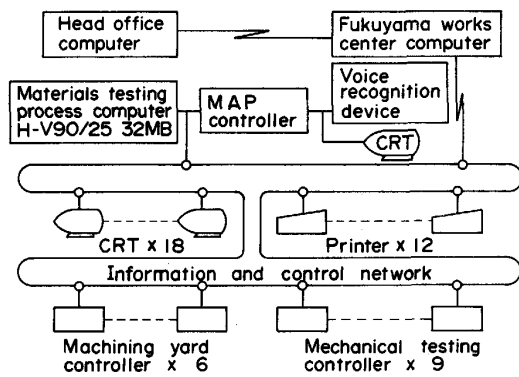


Fig. 2. Computer system configuration.

3.2 自動加工技術の開発

3.2.1 自動溶断加工

厚鋼板、熱延鋼板の試験材から引張り、シャルピー、曲げ試験片等を加工する前処理として、ガス切断で試験材を細分化する溶断加工がある。現状で実用化されている自動溶断加工レベルは溶断、刻印処理のみにかぎられていて、試験片に付着しているノロが完全に除去されるレベルにまでにはなっていない。また溶断処理能力の面でも能率が低く適用板厚範囲が狭い、刻印・溶断処理装置の信頼性が低い、等数多くの問題を抱えている。

このうち特に問題となるのがノロの処理であって、従来、単一火口で広い板厚範囲をカバーしようとする溶断速度、ガス流速だけでは最適な溶断条件が得られず、条件の合わない板厚部分で過剰のノロを発生させていた。この場合母材と溶断すべき材料とが溶断切放しできなくなったり、切放しができたとしてもその後の工程でノロの処理が難しくなるばかりでなく、脱落した大きなノロが機器の誤動作の原因となり、また次工程の機械加工の精度が維持できなくなる等、自動化上大きな障害となる。そこで、Fig. 3 に示すような加工フローとして次のような技術開発を行った。

(1) 板厚に対応した火口自動選択方式の採用

6-50 mm の板厚に応じて3種類の口径、形状の異なる火口を上位計算機の指示により自動的に使い分けるようにした。火口の種類、予熱時間、溶断速度、火口の高さを組み合わせることにより、それぞれの板厚でほぼ最適な溶断条件を得ることが可能になり、溶断面の面粗度の向上とノロの発生を最小かつ均一にすることができ、さらに後工程に自動バリ取り装置を設置して上記の問題を解決した。

(2) ダブルステージ回転式溶断機の採用

試験材の受入れ、溶断、払出しを同時に2箇所で行えるダブルステージ回転式を採用することにより設備費のアップ30%で溶断能力を従来の2倍(1試験材あたり3 min)まで上げることができた。この方式により機器

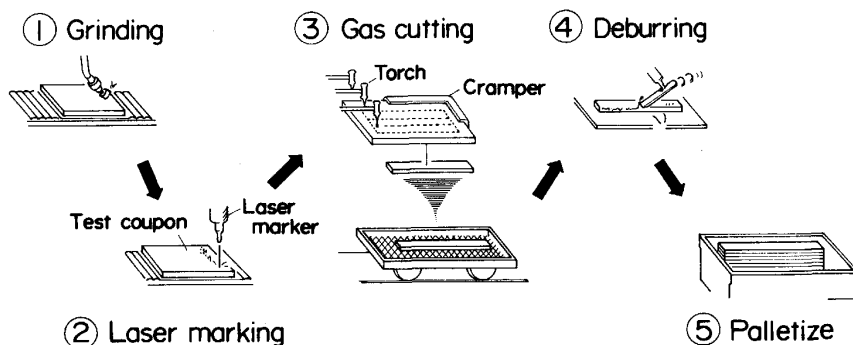


Fig. 3. Gas cutting process of plate test coupon.

の故障があった場合、片肺運転ができ、システム全体の停止を避けることが可能となった。

以上の開発により広い板厚範囲を能率良く処理でき、かつ信頼性の高い自動溶断システムを実現した。

3.2.2 薄板試験片加工

熱延鋼板、冷延鋼板、めっき鋼板等の薄板試験材からは一般的に引張試験片、エリクセン、ランクフォード試験片がとられる。薄板試験材からの試験片採取本数は他品種と比較して多く、しかも試験片寸法がまちまちである。現在の加工はシャーによるものが一般的であって、試験片一枚ごとに識別番号を手書きで記入し、枠組フライス加工としている。完全自動化を進める上での課題としては各試験片の高精度加工、試験片の識別、試験片のハンドリング、加工ラインとしての処理能率の確保に集約される。

そこで、下記に示すような技術開発を行って、Fig. 4に示すような試験材の供給、試験番号の自動刻印、パンチングプレスによる打抜き、打抜き材料と母材とのつなぎ部分の溶断、所定パレットへの仕分け、作業パレットの入庫・出庫までを全自動で行うラインを構成した。

(1) 高精度・高信頼性シングルヘッド型パンチングプレスの採用

本工程では次の理由により油圧クランプ式シングルヘッド型パンチングプレスを採用した。

- ① 試験片の取扱時間約 25 s と高速で処理する。
- ② 後述するマイクロジョイントの幅を 1 mm (可変) とする。
- ③ 打抜きの精度は ± 0.25 mm 以下とする。
- ④ パンチングプレスの工具の寿命は極力長くする。

これにより打抜き板厚が 0.4 mm-7.0 mm の幅広い範囲についての高速で安定した操業を可能にした。

(2) マイクロジョイント方式の採用

打抜き工程の自動化のネックは打ち抜いた試験片が母材

から離れてしまい、自動処理できないことにあった。このため従来は切放し後の試験片を人手により仕分けし次の工程に供給していた。本工程では打抜き時、試験片と母材の間をマイクロジョイント(幅 1 mm, 長さ 5-10 mm 程度の連結部)でつなぎ、全打抜き完了後平坦なテーブル上で母材の位置を決め、それぞれの試験片に電流を加え母材から切り放すマイクロジョイント溶断方式を採用した。これによりロボットによるハンドリングが容易になった。

(3) 打抜きパターンへの対応

薄板試験片の打抜き形状は 27 種類で採取種類と数、採取方向をあわせた試験片の打抜きパターンは 200 種類におよび、しかも今後ますます多様化することが予想された。そこで、試験材寸法の物理的制約からくる採取可能数量の組合せをもとに、採取不要の試験片をスキップする方式で打抜きパターンを整理すると合計 45 パターンに集約することができ、パンチングプレスの処理速度にみあう高速で柔軟な取合せ対応を可能にした。

3.2.3 平型試験片加工

本加工は薄板試験片加工で打ち抜かれた試験片および自動溶断加工で溶断された試験片のうち平型引張試験片、曲げ試験片、落重試験片の側面(平行部を含む)を加工する工程である。試験規格によって試験片種類ごとに平行部の幅と長さが異なるので、現状では平行部の形状に合わせたフェイスミルでフライス加工するのが一般的である。この場合、試験片種類ごとに相当数の工具を準備する必要がある。また処理能率の向上を図るために加工前に試験片を数十枚重ねて枠組し、まとめたものを加工する方式では、枠組のセット・リセットおよび加工後の試験片のバリ取りは人手作業が前提となっている。

試験片種類別の層別枠組の自動化、バリなし加工方法の開発、さらには本加工ブロックの前後設備との合理的なつながりを意識して機能分担や装置構成を決めなけれ

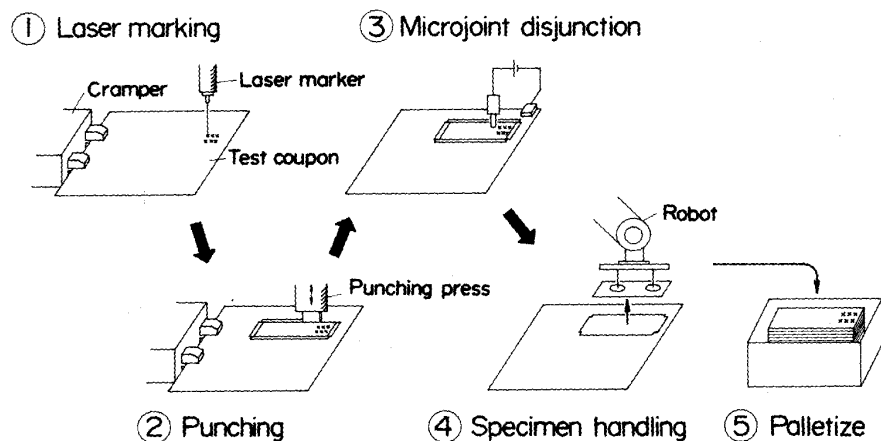


Fig. 4. Punching process of thin test coupon.

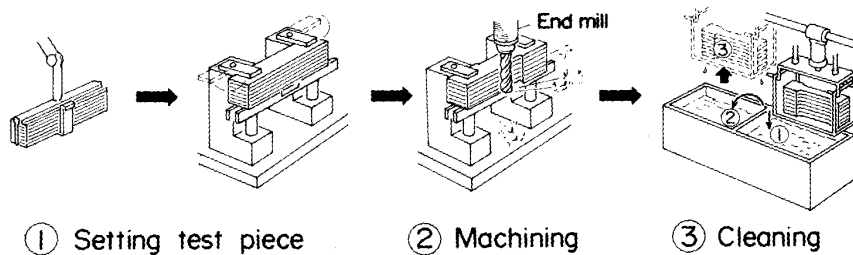


Fig. 5. Machining process of flat specimen.

ばならない。そこで下記のような技術開発を行った。

(1) 多数枚の試験片の同時加工方式

本工程では対象材料に薄板が多く、しかも処理能率を上げる必要があるので前に説明したように同じ試験片を最大 100 mm まで段重ねし、縦形マシニングセンターで同時加工する方式を採用した。

(2) 試験片寸法対応型治具の開発

マシニングセンターで取り扱う試験片は 22 種類で、その寸法も幅 30 mm から 86 mm、長さ 250 mm から 440 mm までと多様である。そこで本工程ではこれらの試験片を仕分けし 1 台のマシニングセンターのテーブル上に 3 種類の治具を設けることにより全試験片に対応可とし、かつ試験片のクランプを確実にした。

(3) 専用加工用工具の開発

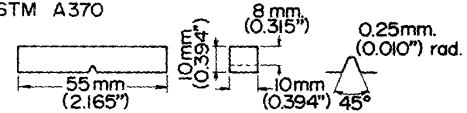
平型試験片を最大 100 mm まで積み上げ、高速で加工するとき、通常の方法では ①幅精度が上部と下部で異なる、②引張試験片の平行部と R 部のつなぎ部分に段差ができ工具がビビリ、加工面に縞状模様が残る、③上部下部の切り刃の抜ける箇所にバリがでる、等の不具合が生じた。そこで種々加工実験を実施した結果リード角 45° のエンドミル (4 枚刃ハイス) が最適であることを確認し、平行部の最小板幅公差 ± 0.25 mm および上部と下部の幅寸法差 0.1 mm 以内の加工が可能となった。さらに多数枚同時加工するとき最上部と最下部の試験片の側面に残るバリについては、仕上加工諸元の検討と円柱状のバリ取り専用ブラシの開発により除去することができた。

今回実用化した平型試験片加工は Fig. 5 に示すように段重ねした試験片の治具への移動、治具クランプ、計測、加工、加工試験片のパレットへの移動の一連の工程をマシニングセンター、ロボット、専用治具で全自動加工するものである。

3・2・4 シャルピー衝撃試験片加工

シャルピー衝撃試験片は溶断された一次試験片から Fig. 6 に一例を示すような高精度加工 (幅・厚さ 10 mm ± 25 μ m : ASTM) が、加工サイズ区分、切欠区分 (U または V)、切欠方向 (表面または断面)、板厚内採取位

By ASTM A370



Note—Permissible variations shall be as follows:

Adjacent sides shall be at	90° ± 10 min.
Cross section dimensions	± 0.025 mm (0.001 in.)
Length of specimen	+0, -2.5 mm (0.100 in.)
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	± 0.025 mm (0.001 in.)
Dimensions to bottom of notch:	8 ± 0.025 mm (0.315 \pm 0.001 in.)

Finish 63 μ m (1.6 μ m) max. on notched surface and opposite face; 125 μ m (3.2 μ m) max. on other two surfaces

Fig. 6. Dimension of Charpy impact test specimen.

置区分、および高精度切欠き等の制約のなかで処理されなければならない。

従来この種の自動化の例としては、自動フライス盤とロボットによる部分的な自動化と、専用機を並べた専用ラインの二つがある。前者について言えば、シャルピー試験片加工の主作業であるノッチ溝の加工、加工後のバリ取り作業は手作業により後工程で行っており、単純な切断加工および面加工にとどまっている。後者の場合、材料の粗加工から仕上加工までを 20 台以上の専用機を配置して一貫加工するが、専用機の細部の調整、消耗品の交換等に相当の人員と時間を要するうえ、故障が一か所でも発生すると全ラインが停止し、著しく生産能率を下げる問題がある。また、専門家による連続加工方式の検討がなされたが成案までに至っていない³⁾。このように、シャルピー試験片加工の自動化については今日まで関心の高いテーマであったにもかかわらず、現在まで完全自動処理ラインとして実用化されておらず、フライス盤などを組み合わせた手動加工が主導的となっている。

そこで今回下記に示すような技術開発を行って、材料の受入れ、寸法測定後、Fig. 7 に示すような基準面の粗加工、番号刻印、仕上加工、切断、バリ取り、洗浄、試験片寸法測定、仕分け、保管までを全自動で行うラインを開発した。

(1) マシニングセンターを中心とする高精度加工ステーションの開発

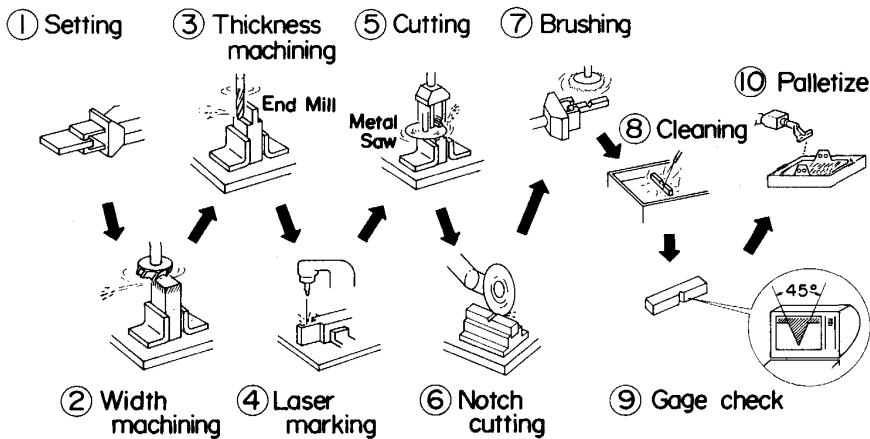


Fig. 7. Machining process of Charpy impact test specimen.

シャルピー試験片は試験片そのものの寸法が小さい上に加工精度が厳しく、更に面粗度が厳しい(▽▽▽3-S)ということで高い加工技術を要する。本工程では汎用性の高い標準のマシニングセンター、ロボット、コンベアーと専用治具、特殊ツールを有機的に組み合わせることにより、所定の形状精度と面粗さを確保し、更に加工時のバリも自動除去できる高精度加工ステーションを開発した。またこのステーションを複数台組み合わせることにより異常時にも全面的なライン停止を必要とせず、試験片の生産に柔軟性をもたせることが可能となった。

このステーションの開発にあたっては1台のマシニングセンターですべての加工を所定の時間内に完了する工具の選定と加工実験による切削諸元の決定、特に摩耗管理の困難な研磨工具を用いないで、切削工具のみによる面粗さ(3-S)の確保とコーナーのバリ取り加工、およびノッチ溝加工時のバリ取り専用ツールの開発により従来自動化困難な工程の全自動加工を可能にした。

(2) 曲げ剛性の低い試験片専用加工治具の開発

本工程では厚さ 6.67 mm、幅 10 mm という低剛性の試験片を高精度で仕上げる必要があるため、加工時の撓みを極力抑えるような治具を開発した。また高圧油 350 kgf/cm² を用いることにより治具クランプ部をコンパクトにし、かつ材料の保持力を大とした。

(3) インライン計測による加工精度フィードバックシステムの開発

シャルピー試験片の幅、厚さ、底高さの加工精度は呼称寸法 $\pm 25 \mu\text{m}$ と厳しく、工具の摩耗、マシニングセンターの伸びの変化、材料の硬さのばらつき等の影響を無視できない。そこで本工程では接触式センサーを用い、治具基準面および加工中、加工後の切削面の位置を計測しデータをフィードバックすることにより変化量を補正するシステムを開発した。このシステムにより常にある公差内の加工精度が得られると同時に工具の摩耗分の補

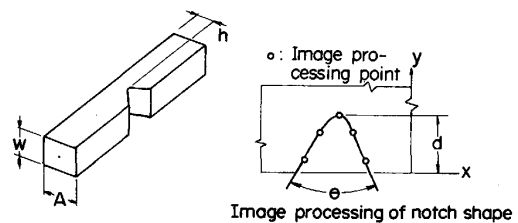


Fig. 8. Measurement method of Charpy impact test specimen notch.

正が可能となった結果、切れ味が悪くなるまで工具を使用でき、工具交換の頻度を1日/1回程度にのばすことが可能となった。

(4) 試験片精度のチェックおよび保証システム

ツールの異常、マシニングセンターの制御システムの異常等があった場合、大量の不良品が流れる危険性がある。また近年試験片の品質保証に対する要求は更に厳しくなっており個々の試験片の寸法検査データを管理する必要がでてきた。そこで本工程では加工完了した試験片の幅、厚さ、長さ、溝形状、切欠深さ等を自動計測し測定値が許容値を超えた時は警報を出すと共に該当試験片を加工したマシニングセンターを自動停止できるものとした。幅、厚さ、長さの測定は電気マイクロメーターを用い、溝形状、切欠深さについては Fig. 8 に示すような画像処理により可否の判定を行う。この寸法検査装置の開発により、加工システムの異常がチェックでき不良品の大量発生を未然に防止すると共に、従来手作業で行っていた個々の試験片の寸法測定が自動化された。この計測器による加工精度のチェック結果の一例を Table 2 に示す。これにより客観的な加工精度の評価と管理が可能となったといえる。

3.3 自動試験機の開発

試験片の番号照合から測寸、装着、負荷、特性値の算

Table 2. Measurement result of Charpy specimen.

Item	Measurement results		Note (ASTM A370)
	X Bar	σ	
Angle, θ (°)	44.99	0.13	45±1
Width, W (mm)	9.993	0.005	10±0.025
Thickness, A (mm)	9.995	0.007	10±0.025
Notch bottom height	8.012	0.009	8±0.025
Depth of notch, d (mm)	1.982	0.014	Not specified

Unit: mm N=99

出までの試験手順の確実性を高めるためには試験の自動化が有効である。処理量の多い試験を集約して、Table 1 に示した7台の自動試験機を下記の開発を行って導入した。

(1) 試験機の信頼性の向上

連続24hの無人運転に耐える信頼性を保つために引張り、シャルピー試験機のセルフチェック機能を充実させた。引張試験機は試験ロットの開始ごとに、ハンドリングロボット、伸び計、チャッキング装置を含めた総合的なダイナミックシミュレーションを自動的に行う。シャルピー試験機は試験ロットの開始および試験温度の変更の都度、空振りによるエネルギー損失のチェックを自動的に行う。もし、規定値をはずれた場合は即座に自動停止し警報を出力する。なおエリクセン試験機の新機能は特でない。

(2) 能率バランス

試験規格の規定で試験機の能率はほぼ一定となり、特定試験機への試験片が集中した場合のバッファ機能と緊急材の優先処理が作業上の問題となる。前者については加工棟に自動パレットストッカーを置き、プロセス計算機による負荷と在庫監視で最適な能率がだせるようにした。

後者については試験機側に手動介入の割込み口を設け、緊急の試験片を優先処理できるようにして能率バランス調整を行う。

3.4 試験片の識別管理

一本の試験片が数10tもの商品の材料特性を代表し、自動加工・試験ラインと手動作業が共存する福山材料試験プロセスでは、試験片の加工から試験までの一貫した試験片の識別管理システムが品質保証上特に重要である。そこで本システムでは材料試験プロセス計算機によるゾーン内計算機トラッキングと、安定した文字が得られるレーザー刻印機による現品表示とを併用する方式を採用した。そしてFig. 9に示すように自動溶断加工、シャルピー試験片加工、薄板試験片加工の各自動加工ゾーンおよびオフライン用にそれぞれ1台のレーザー刻印機を組み込んだ。

技術開発項目は下記の点である。

(1) 刻印面の均質化

各試験片自動加工ラインに供給される試験材または試験片の刻印面は厚鋼板、熱延鋼板のように圧延スケール

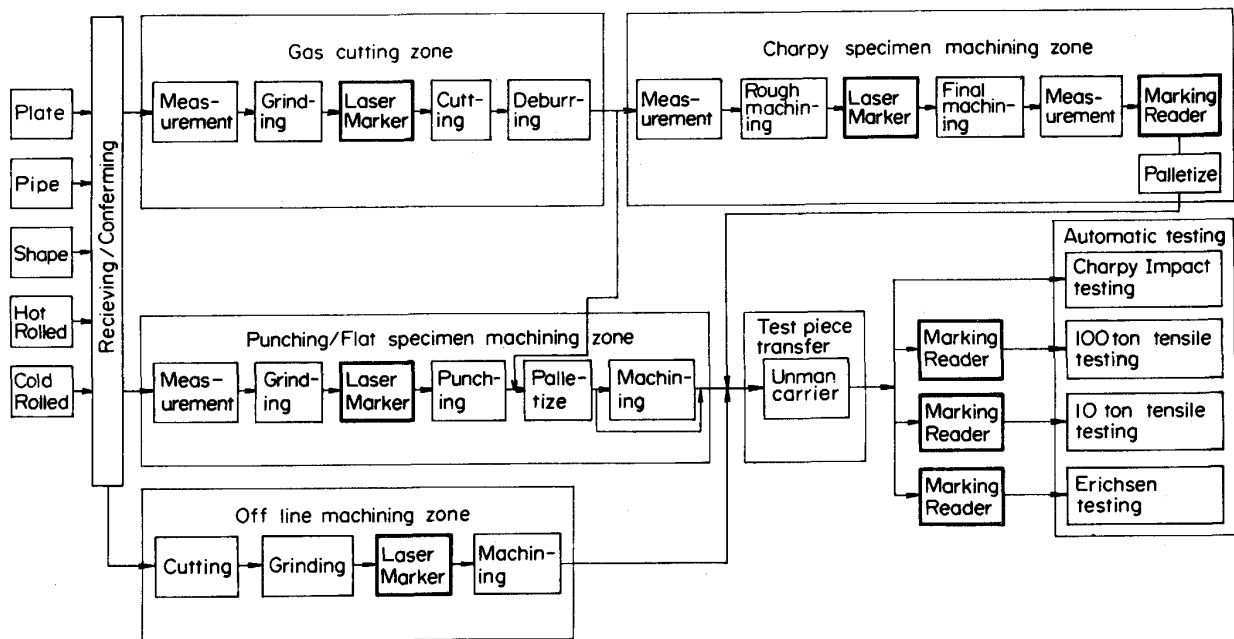


Fig. 9. Identification control system.

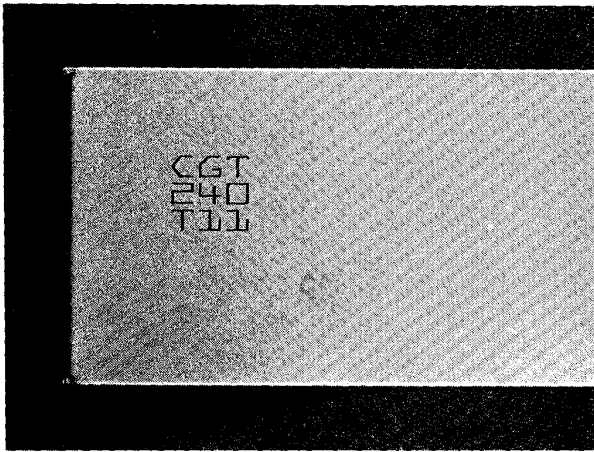


Photo. 1. Laser marking on a test specimen.

肌のものやめっき鋼板のように表面処理されたものがある。このような面にレーザー刻印した場合刻印文字と刻印面とのコントラストが上がらないことがあり、画像処理による文字読取りには不利である。刻印の読取りを容易にするためには刻印面を均質にする必要がある。このために各試験片の自動加工工程の中で刻印部を研磨しスケールやめっきを除去することによって均質な金属面にした。これにより文字読取りで安定した画像が得られ上述の問題を解決した。

(2) 文字刻印の採用

従来自動化システムの中での識別管理にはバーコードなどが用いられているが、人が直接認識できない等の問題がある。そこで試験片への識別番号の刻印には Photo. 1 に示すような特殊形の英数字を用いた。これにより自動文字読取りとオペレーターの目視による識別管理の両方を可能にした。

これらにより万一計算機によるトラッキングのミスが発生したとしても直ちにライン停止し全工程における試験片の識別を人の目と計算機システムの両方で確認できるようにした。これにより、材料試験システムの識別管理を確実なものにすることができた。

4. 技術的成果

福山製鉄所の新材料試験センターで開発した自動材料試験システムの技術的意義は次のようにまとめられる。

(1) 整合性のとれた完全自動化材料試験方法の確立

a) 処理量の多い、シャルピー試験片 12 種、平型引張試験片 19 種、曲げ試験片 2 種、落重試験片 1 種、その他薄板試験片 6 種、合計 40 種類の試験片を自動加工できる多品種対応型自動加工システムを開発した。これにより福山製鉄所で取り扱う全試験片の 65% の自動加工が可能となった。シャルピー、引張り、エリクセン試験については、加工から試験までの、世界初の完全自動処理ラインを実現した。

b) 自動処理ラインと各装置の機能分担を整合性のとれた形で構築した。すなわち、緊急突発処理用割込機能の確保、異常・故障時等のバックアップ方法の確立、および将来の増産に対応できるバッファースペースの配慮等。

(2) 全品種の加工・試験一元管理システムの導入

a) 試験片の完全トラッキングと識別管理方法の確立。

b) 進捗管理、実績管理、試験材および試験片の管理、工具管理等の生産管理システムの充実。

これにより従来手動試験や加工に要していた外注をふくむ作業員約 260 名のうち手動試験加工に要する要員を除き 100 名をこえる省力化ができる見通しを得た。また従来 24 h を要していた薄板引張試験の工期を約 1/2 に短縮することができた。

5. 結 言

今回開発した全自動材料試験システムは自動加工や試験の一元管理をとおして世界で初めて達成した材料試験のトータル FA システムと考えている。今後は試験指示システムのいっそうのレベルアップやオンライン材料試験の開発とあわせてなおいっそうの材料評価技術の充実と迅速化を図っていきたい。

最後に本システムの開発にあたって多大なご協力をいただいた(株)日立製作所の方々はじめ、ご指導ご協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 齊藤祥三, 西藤勝之, 成田 宏, 山下 昭: 材料試験技術, 23 (1978) 1, p. 49
- 2) 齊藤森生, 吉田真人, 小峰 勇, 伏見直哉, 新宮寺俊夫, 沼野正睦: 日本鋼管技報 (1985) 110, p. 70
- 3) 久保俊彦, 福田 稔: 24 時間稼働機械材料試験省力化システム研究会報告書 (日本産業用ロボット工業会編) (1976)