
マイクロミルを用いたガスシールドアーク溶接用ソリッドワイヤ連続製造ライン
Continuous Manufacturing Line Using Micro Mill for Gas Shielded Metal Arc Welding Wire

高橋 直久(Naohisa Takahashi) 山中 榮輔(Eisuke Yamanaka) 中川 豊(Yutaka Nakagawa)

要旨：

水島製鉄所溶接棒工場では、ガスシールドアーク溶接用ソリッドワイヤを製造するため一次伸線、焼鈍、メッキ連続ラインを建設した。線材の粗引き工程には、高生産能力、生産性向上等を目指して、イタリアコンティニウス社製の3ロール方式のマイクロミルを導入した。本ラインは、1993年1月に稼働を開始し、ライン速度は第一ステップ目標の500m/minを達成した。マイクロミルのロール寿命が従来品に比べて約2倍の超硬ロールを開発、7mm線材に適応した圧延パススケジュールや、圧延潤滑油による冷却条件の設定により、圧延後線材の形状や、引張強さは良好な結果を得た。また作業性および作業環境の改善にも成果を上げた。

Synopsis：

Kawasaki Steel Corp. has developed a new manufacturing line of gas shielded metal arc welding wire in Mizushima Welding Rod Plant. The main features of the new line are (1) serial processing of rough drawing, annealing, and copper plating, and (2) adoption of a 3-roll-type micro-mill of Continuous Corp. (Italy) made to the rough drawing process in order to increase productivity. This line started operation in January 1993, and achieved 500 m/min of rough drawing (primary purpose) and two-times roll life of the micro mill by adopting WC roll. Moreover, an excellent shape of wire, good mechanical properties, workability, and improving in operational environment were obtained by the most suitable roll pass schedule for the 7mmφ rod and cooling condition of lubricant.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

マイクロミルを用いたガスシールドアーク溶接用 ソリッドワイヤ連続製造ライン*

川崎製鉄技報
26 (1994) 4, 181-185

Continuous Manufacturing Line Using Micro Mill for Gas Shielded Metal Arc Welding Wire



高橋 直久
Naohisa Takahashi
水島製鉄所 条鋼圧延
部溶接棒課長



山中 榮輔
Eisuke Yamanaka
水島製鉄所 条鋼圧延
部長



中川 豊
Yutaka Nakagawa
水島製鉄所 設備技術
部設備技術室 主査(課
長補)

要旨

水島製鉄所溶接棒工場では、ガスシールドアーク溶接用ソリッドワイヤを製造するため一次伸線、焼鈍、メッキ連続ラインを建設した。線材の粗引き工程には、高生産能力、生産性向上等を目指して、イタリアコンティニウス社製の3ロール方式のマイクロミルを導入した。本ラインは、1993年1月に稼働を開始し、ライン速度は第一ステップ目標の500 m/minを達成した。マイクロミルのロール寿命が従来品に比べて約2倍の超硬ロールを開発、7 mm線材に適応した圧延パススケジュールや、圧延潤滑油による冷却条件の設定により、圧延後線材の形状や、引張強さは良好な結果を得た。また作業性および作業環境の改善にも成果をあげた。

Synopsis:

Kawasaki Steel Corp. has developed a new manufacturing line of gas shielded metal arc welding wire in Mizushima Welding Rod Plant. The main features of the new line are (1) serial processing of rough drawing, annealing, and copper plating, and (2) adoption of a 3-roll-type micro-mill of Continuous Corp. (Italy) make to the rough drawing process in order to increase productivity. This line started operation in January 1993, and achieved 500 m/min of rough drawing (primary purpose) and two-times roll life of the micro mill by adopting WC roll. Moreover, an excellent shape of wire, good mechanical properties, workability, and improving in operational environment were obtained by the most suitable roll pass schedule for the 7 mm ϕ rod and cooling condition of lubricant.

1 緒 言

近年、溶接の高効率化、自動化により、ガスシールドアーク溶接用ソリッドワイヤの需要比率は増加傾向にある。溶接棒工場ではこれに対応するため、新たに高効率なマイクロミルを一次伸線に導入し、次工程の焼鈍、メッキ工程までを連続化したNo.4ラインを建設した。建設にあたり、(1)高速化、連続化による生産性向上、(2)素材径の太径化($\phi 5.5$ mm から $\phi 7.0$ mm)による素材費の低減、(3)通線作業の容易化および粉塵の発生防止による作業環境の改善等を、主な狙いとして計画を進め、初期の目標を達成することができた。

本稿では、マイクロミルを中心とした連続製造ラインのNo.4ライン設備概要と技術の特徴および運転結果について紹介する。

2 連続製造ライン(No.4ライン)の概要

No.4ラインの仕様をTable 1に示す。また、本ラインの全体図をFig. 1に示す。

$\phi 7.0$ mmの線材コイルは、油圧によって傾倒する2本のペイオフスタンドに水平にセットされ、払出し時垂直方向に向き、上取りされる。コイル尾端を他方のペイオフスタンドのコイル先端と運転中に接続することにより連続処理される。

次に、3個 $\times$ 2対のベンディングローラーを通り、スケールは機械的に除去する。次いでマイクロミルの入側スタンドに通した線材は8基の3ロールスタンドで圧延し、線径は2.8 mmとなる。圧延油は、水溶性のエマルジョンを使用しており、ミル出側でワイヤ表面に付着した油分は、ワイピングユニットで液切りする。その後、ワイヤはガイドパイプの中を通りコイラーまで導かれる。コイラーの上部より入線したワイヤは、 $\phi 760$ mmのブロックに巻き取られ、コイラー下部に位置しているコンベヤー上に落下する。コンベヤーは低速で移動しているため、ワイヤはループ状となり、連続焼鈍炉に送られる。 N_2 ガス雰囲気中で昇温、均熱、冷却工程を経て焼鈍したワイヤは、ループ状のまま前処理および水洗した後、シアン化銅浴で、電気銅メッキされる。ライン出側に位置しているコレクターによって、ワイヤはキャリに集積される。

以上の工程は、ラインを停止することなく連続的に生産される。

* 平成6年9月30日原稿受付

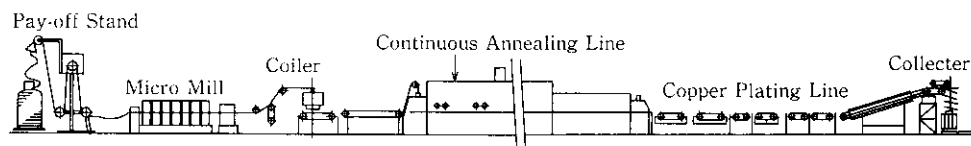


Fig 1 Schematic drawing of continuous manufacturing line of welding wire

Table 1 Specifications of main equipment

Item	Specification
Pay-off Stand	
Max. coil weight (t)	2
Supply type	Upward
Number of stand	2
Descaler	Roll bending type (XY direction, 3 roll × 2 set)
Rolling Mill	
Inlet dia. (mm)	7.0
Outlet dia. (mm)	2.8
Max. speed (m/min)	1 000
Number of stand	8
Main motor (kW)	470
Rolling oil	Soluble emulsion oil
Wiper	Air nozzle type (with electrostatic mist collector)
Coiler	Vertical type
Block dia. (mm)	760
Continuous annealing line	Looping process type
Atmosphere gas	N ₂
Fuel	Mixed gas
Line speed (m/min)	max. 8
Copper plating line	Looping process type
Solution	Cyanide copper
Line speed (m/min)	max. 8
Collector	
Coiling weight (t)	max.1.3

るため圧延の高速化が可能。

(2) 瞬時に行われる圧縮によって引張強さや、伸び等の物理的特性の優位性のため素材の大径化が可能。

(3) 線材の装入は先付け作業が不要で、最初のスタンドのロールに装入させれば、モータの駆動により自動的に短時間で通線が可能。

イタリアコンティニウス社プロペルチの3ロール圧延機（通称マイクロミル）はすでに全世界で32基、国内でもステンレス鋼線、特殊鋼線材分野への実績があり、価格も安価である。このマイクロミルを、新たにガスシールド溶接用ソリッドワイヤの生産ラインに適用することを決定し、1992年4月より建設を開始した。

3.2 マイクロミルの概要

3.2.1 ロール構成

マイクロミルは3ロール圧延方式で、Fig. 2に示すとおり、120度ごとに配置した3個のロールで1スタンドを構成している。圧延素材の材質、径および仕上径によってスタンド数を決定する。本ミルの場合、スタンドは0番から7番までの8スタンドあり、Fig. 3に示すとおり、偶数スタンドで線材の断面形状を○～△にし、Fig. 4に示すとおり奇数スタンドで線材の断面形状を△～○に圧延する。各スタンドのロール間調整を精密に行うことが精度のよい円形を得るポイントであり、プロフィールプロジェクトで20倍に拡大してオフラインで調整を行い、直径公差は理論径に対し ± 0.035 mmにすることができる。

3.2.2 ミル駆動方式

マイクロミルの駆動系をFig. 5に示す。圧延機は1台のモータで駆動し、設計した減速面に各ロールスタンドに平歯車で動力を分配している。動力分配した各々の軸に各ロールスタンドの第一軸が結合し、さらにロールスタンド内で120度の位相に配置したベベルギアで第二軸に動力を伝達している。

3.2.3 潤滑システム

潤滑油系統をFig. 6に示す。各スタンドのベベルギアおよびロ

3 マイクロミル導入の経緯および概要

3.1 導入の経緯

近年、ガスシールド溶接用ソリッドワイヤの製造ラインは、線材の粗引き、焼鈍、銅メッキ工程を連続化し合理化を図っている。さらなるライン効率化の課題は、線材の粗引き工程におけるダイス引抜き伸線の高速度および線材の入線作業性の向上にあった。

ダイス引抜き伸線方式では、線材と伸線ダイス間の相対速度が極めて大きいため、発熱の面から伸線速度に限界があった。これにかわる方法としては、ロールによる冷間圧延があり、プロペルチの3ロール圧延¹⁾、ベベルロール冷間圧延²⁾、2方向圧延コンバインドロール³⁾等が知られている。

ロール圧延がダイス引抜き伸線に比べて優れている点は、

(1) ロールと線材間のすべりが少ないため、熱の発生を抑制でき

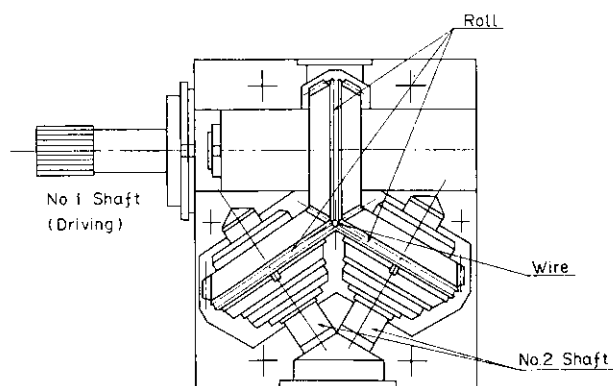


Fig 2 Schematic drawing of stand

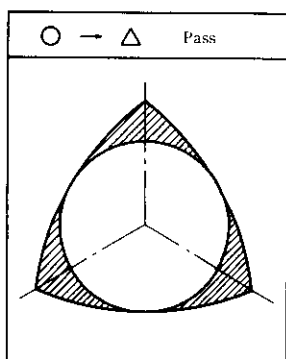


Fig 3 Round to triangle pass

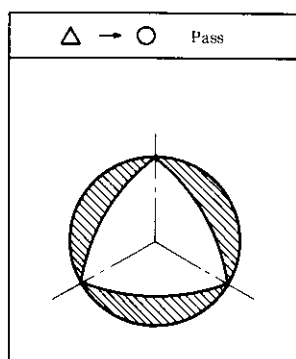


Fig 4 Triangle to round pass

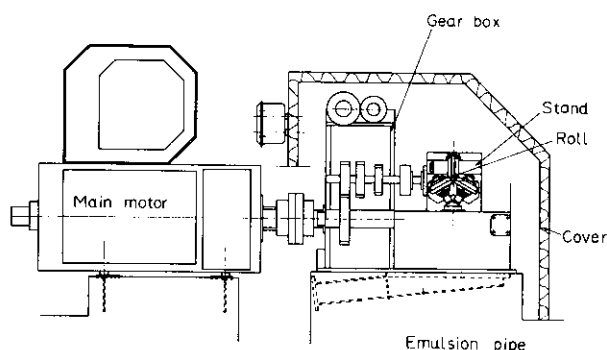


Fig 5 Schematic drawing of micro mill

ールには温度制御付きの同一エマルジョン系油を潤滑している。ロール軸受ベアリングおよび圧延機駆動系トランスミッションギアは、それぞれ別系統の温度制御付き潤滑油を潤滑している。ロール潤滑油に混入するスケールはワンウェイタイプのペーパーフィルタ装置で除去する。

3.2.4 ロールスケジュール

各スタンド間は、張力や圧縮力は作用しないようにメタルフロー一定、すなわち (断面積) × (速度) = 一定の原理で圧延速度を決めている。また線材と圧延ロール間の相対速度差が少ないこと、圧縮時間も短いことにより圧延後の線材の物理的特性により結果を得ている。ステンレス鋼等の難伸線材をマイクロミルで圧延する場合は、スタンド間の減面率は通常 20% 以下が一般的であるが、今回のガスシールドアーク溶接用ソリッドワイヤのパススケジュールは

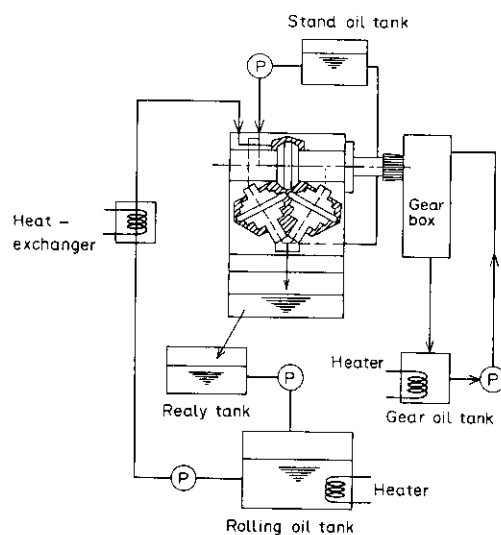


Fig 6 Schematic drawing of lubricant flow

Table 2 Pass schedule

Stand No.	0	1	2	3	4	5	6	7
Form	▼	●	▼	●	▼	●	▼	●
Size (mmφ)	0.62	6.06	4.68	4.73	3.60	3.64	2.77	2.80
Reduction (%)	13.1	13.7	22.2	21.7	23.6	22.4	22.7	23.5
Mass flow (%)	+1.4	+0.9	-0.3	-0.3	+0.5	+0.6	-0.6	

Table 2 に示すとおり高いところの減面率は約 23% を設定した。

4 運転結果

1992 年 11 月より連続焼鈍炉、メッキ、マイクロミル、コイラーの順に単独運転を開始し、12 月にライン全体性能確認運転を行い、翌 1993 年 1 月より営業運転を開始した。主な運転条件を Table 3 に示す。

Table 3 Operational condition

Material specification	JIS Z3312 YGW-11
Inlet wire dia. (mm)	7.0
Outlet wire dia. (mm)	2.8
Rolling speed (m/min)	500
Number of stand	8

4.1 品質

4.1.1 圧延後線材の形状

各スタンドから採取したワイヤサンプルの断面写真を Photo 1 に示す。最終スタンド出口の偏径差は、目標 0.070 mm に対し 0.060 mm を達成した。引抜きダイス方式より偏径差は大きい、粗引き中間径のため後工程に支障のない品質水準である。

4.1.2 引張強さ

Fig. 7 にダイス引抜きとマイクロミル圧延におけるワイヤ引張強さの比較を示す。ダイス引抜きは、φ5.5 mm から φ2.8 mm (減面率 74.1%) に伸線しその後焼鈍した。マイクロミル圧延は、

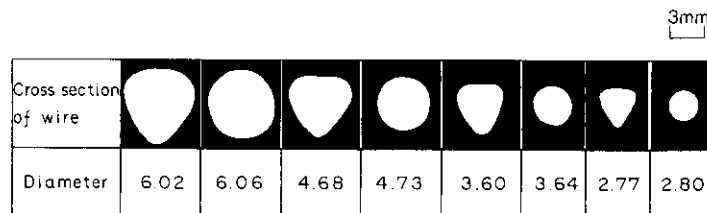


Photo 1 Cross section of wire in each stand

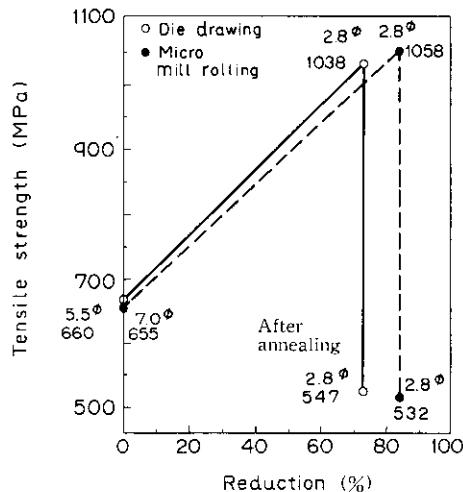


Fig 7 Comparison of tensile strength

φ 7.0 mm から φ 2.8 mm (減面率 84.0%) に伸線し、その後焼鈍を行った。ダイス引抜きよりもマイクロミル圧延方式の方が、減面が約 10% 高いにもかかわらず圧延後の引張強さは、あまり上昇していない。このことは、圧延方式特有の瞬時にされる圧縮による効果と考えている。また、焼鈍後の引張り強さに関しても圧延方式の方が、ダイス引抜き方式より低くなっている。圧延方式は高減面による加工歪量が大きく、圧縮加工によるせん断変形量も大きいことによるものと考えている。7.0 mm の線材を利用することは、引張り強さ上何ら問題のないことがわかった。

4.2 ワイヤ温度

圧延後、最終スタンド出口でワイヤ表面温度を測定した結果を Fig. 8 に示す。

500 m/min までは実測値を示し、それ以上は温度計算のモデル

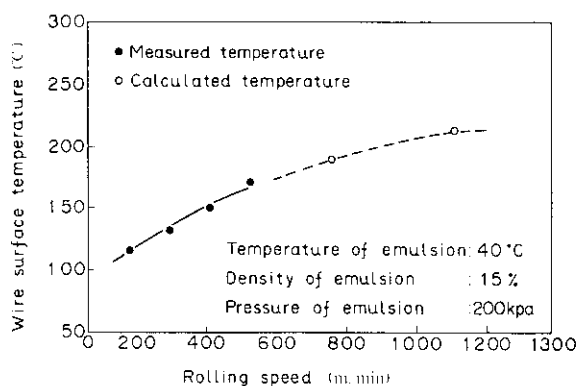


Fig 8 Wire surface temperature at final pass

方式により求めた結果を示す。200°C を超えるとテンパーカラーやワイヤのコイラーキャプスタンでの滑りに問題がある。1000 m/min 圧延では線材温度は、214°C まで上昇すると予想している。したがってエマルジョン液の温度および量を調整することで 1000 m/min 圧延は可能であると考えている。

4.3 ロール材質と寿命

マイクロミルのロールに求められる特性は、(1) 線材の安定した形状を得るために、耐磨耗性が高いこと、(2) ロールの割損によって、線材の断線や急激な形状不良を発生させないために衝撃に強いこと、(3) 線材の表面に点圧される凹状のキズやカキズ等を与えないためにロール表面が滑らかで、ピンホールや荒れが発生し難いこと等が必要である。

以上の性能を満足させるため、近年タングステンカーバイトを主成分とする超硬製のロールが主流となっている。超硬の機械的性質を示す値として、硬度、圧縮強度、抗折力等があり、タングステンカーバイトの粒子径の大きさ、密度、またバインダーの種類量によって、その性能は決まる。線材の成分や圧延潤滑油の種類、濃度によってもロールの寿命は左右されるが、溶接用ワイヤの圧延では、ロール割損によるロール寿命の低下、不良品の発生およびライン停止が最大の関心事である。ロールの割れ感受性を鈍くするため、Fig. 9 に示すように硬度を低くし、抗折力、圧縮強度を高めた超硬ロールを適用した。ミルメーカー推奨の超硬ロールと当社で改良したロールの機械的性質の比較を Fig. 9 に示す。

ロール寿命は、Fig. 10 に示すように、約 2 倍に向上した。

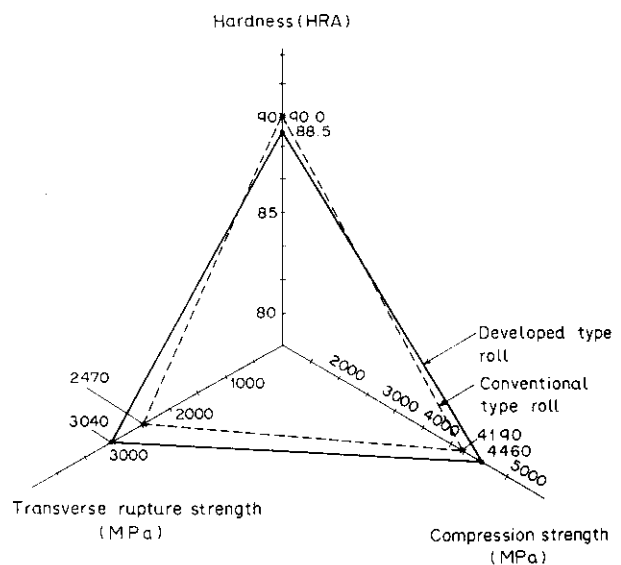


Fig 9 Comparison of mechanical properties

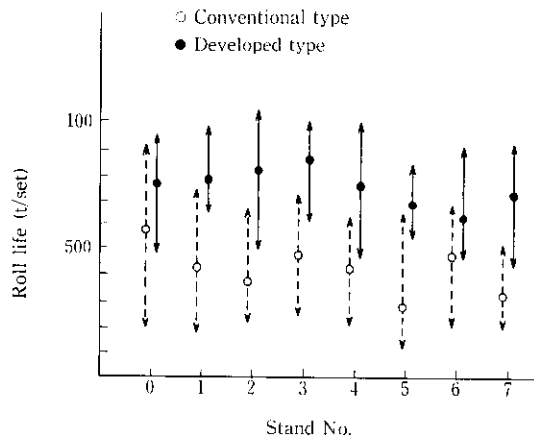


Fig 10 Comparison of life between conventional type and developed type rolls

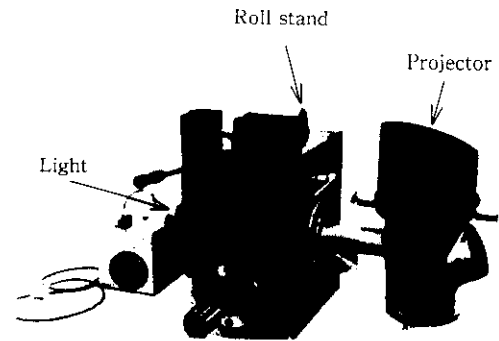


Photo 2 Profile projector

4.4 操作性

4.4.1 ロールの隙間調整

圧延機より取外したスタンドの入側出側のガイドを外し、Photo 2に示すように出側に光源、入側に20倍のプロフィールプロジェクターをセットする。ロール相互の隙間調整は第1軸のロールを基準として、左右の第2軸をラジアルおよびスラスト方向に移動させて行い、この調整作業は約15分を要する。

4.4.2 ロールの取替

ラインから外したスタンドを2分割し、第1軸および第2軸を取り出す。ロール入替後、固定ナットは、エアレンチまたはトルクレンチを用いて、所定のトルクで締付ける。このロールの取替作業は前項に示すロール隙間調整と合わせて、1スタンド当たり約60分を要する。

4.4.3 入線作業

従来、ダイス引抜方式では線材を伸線機へ入線する作業は作業負荷が高く、時間もかかりまた危険な作業でもあった。今回のロール圧延方式では、線材を伸線機へ入線する際、線材の先付け作業(線材の先を細くする作業)は省略でき、0番スタンドのロールに線材を押し込むだけでよい。その後順次後段のスタンドに線材は挿入され圧延される。この作業はラジコン(遠隔寸動操作)により行い、最終スタンドを線材が通過するまでの時間は、約1分で終了する。この作業では、各スタンド間で線材の先端がガイドを通り、次スタンドのロールに確実に挿入されるのを確認(目視)しながら行うことが重要である。正規のパスラインを外れた場合は、線材がベベルギアにかみ込むなどのトラブルを起し、復旧に長時間を要することがある。

4.4.4 圧延作業環境

従来、ダイス引抜方式では伸線潤滑材に乾式潤滑材を使用していること、大径の伸線ブロックが高速で回転しているため乾式潤滑材を飛散させること、また伸線機全体は非常に大きいため集塵設備が難しい等の理由で作業場の環境は粉塵でよくない状態であった。

今回のロール圧延方式では伸線潤滑材に湿式潤滑材を使用していること、圧延機は非常にコンパクトなため設備全体を覆うカバーがあるため粉塵の発生はほとんどなく作業場の環境は非常に改善された。

5 結 言

水島製鉄所溶接棒工場で、1993年1月から稼働を開始したマイクロミルを用いたガスシールドアーク溶接用ソリッドワイヤ用No. 4ラインの設備と操業について述べた。得られた結果は以下のとおりである。

- (1) マイクロミルは、コンティニウス社の3ロール圧延方式で、当社独自の圧延パススケジュールや硬度、圧縮強度、抗折力を設計した超硬製圧延ロールの開発を行った結果、ワイヤの良好な圧延形状の維持およびロール寿命の向上(従来の約2倍)が図れ、ガスシールドアーク溶接用ソリッドワイヤ連続ラインに採用し、安定した操業が可能となった。
- (2) ロール圧延による線材の加工発熱の低減や冷却効果の有利性により圧延後の引張強さを押えることができ、7.0 mm線材の利用が可能となった。
- (3) 入線作業負荷の軽減や一次伸線作業場から粉塵を無くすることにより、作業環境が大幅に改善された。

参 考 文 献

- 1) R. C. Reuter: *Wire Industry*, 50 (1983) 592, 203-205
- 2) 福岡新五郎・武藤兼一郎: 第37回塑性加工連合講演会講演論文集, (1986), 69.
- 3) (株)第二吉田記念鉄工所カタログ