

(解説)

二次加工技術開発の歴史

History of Development of Secondary Processing Technology



山根茂洋*1

Shigehiro YAMANE

The second processing technology development of our wire rod has advanced along with the development of steel materials. Second processing is essential to the manufacturing of various parts from steel wire rod, and in this paper, the history of development of secondary processing technology is reviewed and future prospects are considered.

まえがき＝当社ではニーズの多様化，高機能化に伴い新しい鋼材を開発してきた。それと同時に，当社は鋼材をより付加価値の高いものにする加工技術も開発してきた。現在我々がやっている線材二次加工は，たゆまぬ研

究開発を重ねた先人の努力によって達成されたものといえる。

本報では，当社における二次加工技術開発の歴史(図1)を振り返ってみたい。

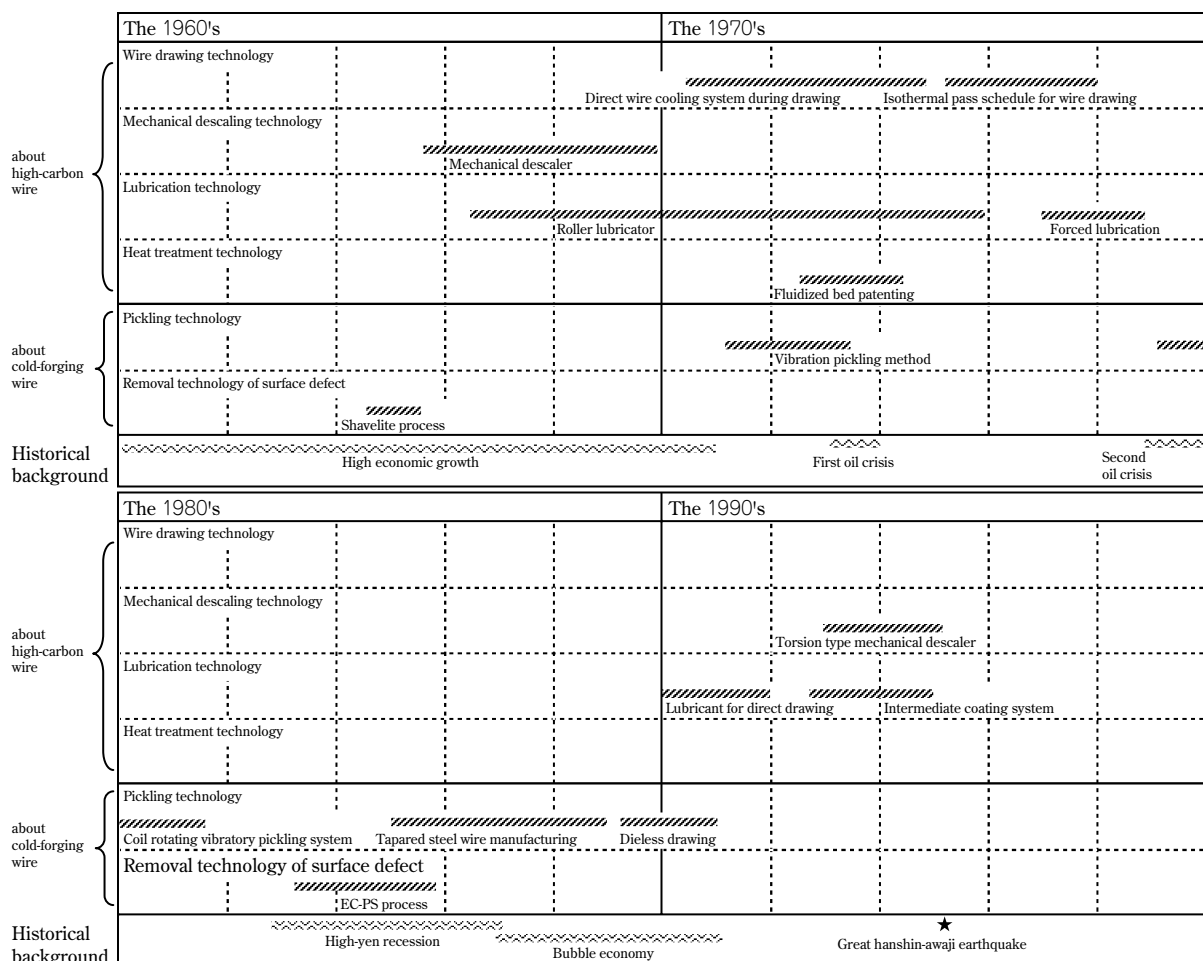


図1 線材二次加工技術開発の変遷
Fig. 1 Time-line of development of secondary processing technology

*1 鉄鋼事業部門 技術開発センター 線材条鋼開発部

1. 二次加工技術開発のはじまり

戦後間もないころ、わが国の二次加工技術は欧米に比べて50年程度遅れているといわれていた。そのような状況のなか、欧米の加工技術に追いつき追いつくべく、彼らの技術文献などを手がかりに開発が進められた。これは、高品質な製品を提供するための加工技術を開発するとともに、それを提供することによって需要家の技術競争力を強化する狙いがあった。また、省力・省エネルギーや環境問題への対応など、世の中の求めに応じて進められた開発案件もあった。

2. 高炭素鋼線材に関する二次加工技術開発

わが国の戦後復興のなかで、復興資材である線材の高品質化と加工技術に対する要望が強くなった。記録によれば、1951年に当社で国産初の軟鋼線材用乾式連続伸線機が試作され、1952年には米国エトナ社と提携して試作した乾式連続伸線機が我が国初の高炭素鋼線用乾式連続伸線機であるとされる¹⁾。以降連続伸線機が急速に普及していき、それに関連した技術開発も盛んに行われた。

2.1 高速伸線技術

伸線速度の高速化は生産性向上のために必須の課題であったため、まず乾式潤滑剤の開発に取組んだ。当時は市販の乾式潤滑剤では潤滑性が不十分であったことから自社開発に踏切ったものである。潤滑剤の原料や配合比は文献などを参考に試行錯誤で作り込み、徐々に伸線速度を向上させていった。

さらなる伸線の高速化を目指し、1970年ごろからは冷却技術の開発に着手した。素材メーカーである当社の取組として、線材を20℃以下の低温で伸線したとき線材の機械的性質がどの程度向上するかという観点から試作を始めた。試作を重ねた結果、ダイス出口直後を直接水冷することにより時効脆化の進行を大幅に抑制できることがわかり、ダイス背面の直接水冷とダイス直後の線材を冷却する「Kobe Direct Cooling System」を開発した²⁾

(図2)。この技術は国内をはじめ海外にも普及し、1987年には約400基の実用実績を誇った³⁾(図3)。

2.2 メカニカルデスケーラによる伸線技術の開発

1966年ごろから環境問題がクローズアップされ、酸洗に代わる脱スケール方法の開発に取りかかった。当時、

メカニカルデスケーラは、海外や国内でも溶接棒のような限られた業界で使用されていたが、一般的には普及していなかった。当社が目標としたのは「メカニカルデスケーラ本体の開発」ではなく、「メカニカルデスケーラによる伸線技術の開発」であった。伸線工程のノウハウをトータルで技術開発しなければ需要家での労力がかかり、普及の障害になるという考えがあった。開発はメカニカルデスケーラ本体のほかに、潤滑剤やその付帯装置の開発まで行い、一連のインライン処理技術を開発した(図4)。こうした取組は、試作工場を持ち試作ラインでテストができる当社の強みであり、需要家での実用化を推進するために多大な効果があった。これにより開発した技術は比較的スムーズに普及していった。メカニカルデスケーラは、ベンディングとワイヤブラシを組み合わせたりリバースベンディング方式が炭素鋼線材を中心に多く使用されるようになり、1973年ごろに「Kobe Super Mechanical Descaler」として需要家に導入、指導していった。その後、従来のリバースベンディング方式では曲げぐせの影響で脱スケールが困難とされていた高炭素鋼線材に対し、ねじりひずみを与えることによって線材全周にわたる脱スケールが可能なねじり式メカニカルデスケーラも開発された(図5)。

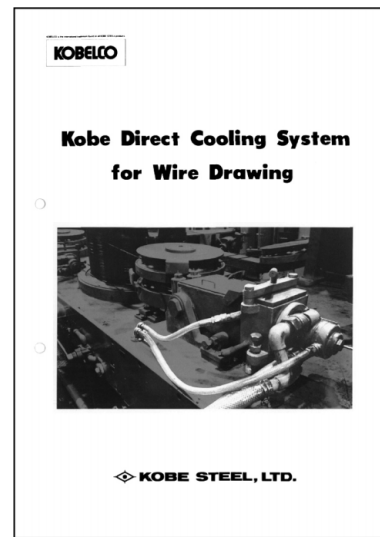


図3 「Kobe Direct Cooling System」の海外向けパンフレット
Fig. 3 Booklet of "Kobe Direct Cooling System" for overseas users

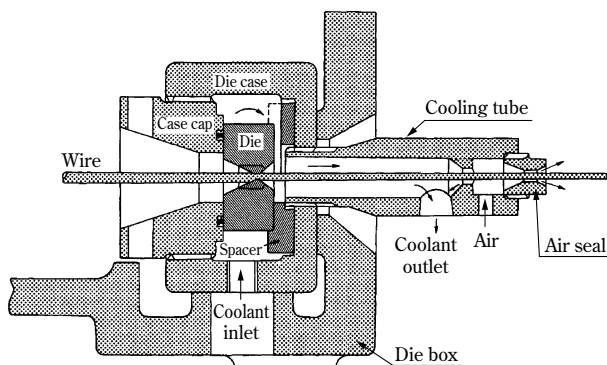


図2 冷却伸線装置の概念図²⁾
Fig. 2 Schematic of direct cooling unit

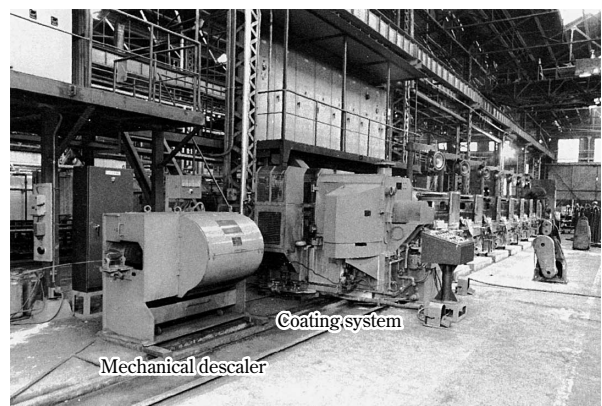


図4 メカニカルデスケーラとコーティング装置
Fig. 4 Kobe Super Mechanical Descaler and coating system



図5 ねじり式メカニカルデスケーラ
Fig. 5 Torsion type mechanical descaler

2.3 伸線潤滑技術

メカニカルデスケーラによりスケール除去された線材は、酸洗した線材に比べて表面が平滑であり、乾式潤滑剤をダイスに持込む効果が低い。このため、潤滑不良を起こしやすという欠点があった。そこで、乾式潤滑剤を圧着させてダイスへの持込みを補助する圧着ローラを開発した⁴⁾ (図6)。乾式潤滑剤をダイスに効果的に導入するためのローラ形状に加え、乾式潤滑剤に投入しても確実に回転する機構の改良を重ねて完成させた。圧着ローラは、メカニカルデスケーラを使用した伸線のみならず、潤滑効果を向上させるために極めて有効であり、伸線ラインに多く普及した³⁾。その他潤滑状態を改善する方法として、強制潤滑伸線法や回転ダイス法なども開発され、ダイス寿命の延長や伸線速度の向上に寄与した⁵⁾。さらに、メカニカルデスケーラと組み合わせたりん酸亜鉛のインラインコーティングの開発に取り組んだ。このとき開発された装置は普及しなかったが、後のインライン潤滑被膜技術に大きな影響を与えた。

2.4 流動層パテンティング技術

環境対策が発端となった技術開発をもう1件紹介する。高炭素鋼線材は、良好な伸線性と所要の機械的性質を得るため、伸線前にパテンティング処理が行われ、多くの場合鉛パテンティングが行われていた。しかし、鉛パテンティングは400～650℃の熔融鉛を冷却媒体として使用するため、鉛ヒュームの発生や酸化鉛の処理など、非常に大きな環境問題を抱えていた。そこで1970年代中ごろ、化学反応槽によく利用されている流動層が大きな熱交換機能を持つことに着目し、鉛パテンティングに代わる技術として冷却媒体にジルコンサンド気体流動層を利用した流動層パテンティング法を開発、実用化した⁶⁾ (図7)。

2.5 線材皮削り技術の開発

当社の二次加工技術で世界的に普及した技術の一つに線材の表面皮削り SHAVELITE[®] (以下、SV という) がある。SV は線材の表面きずや脱炭などの表面欠陥を完全に除去する技術である。ステンレス鋼やベアリング鋼、高級ばね鋼など、高級線材に対して需要家から寄せられる厳格な表面品質要求に応じて開発、1965年に完成

した。当時当社で製造されていたステンレス線材で問題になっていた表面きずや脱炭層の除去が開発のきっかけとなった。

従来、線材の表面きず除去方法はターニング方式やグラインダ方式があったが、米国の非鉄分野のみで適用されていたシェービング方式を適用して実用化させたことは画期的であった (図8)。その後、「Kobe Shavelite」と称して国内外で採用されるようになり、技術供与も盛んに行われた (図9)。この技術は表面をいかに均一にはぐかがポイントであり、自動調芯機構⁷⁾の開発によって達成することが可能となった。

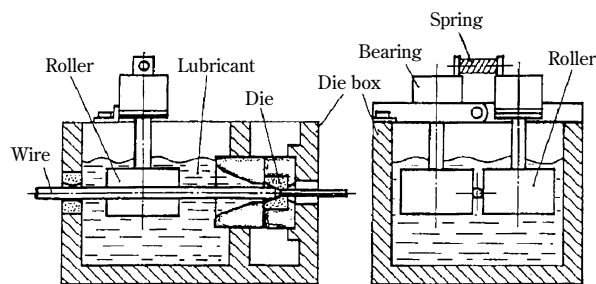


図6 圧着ローラの概略図⁴⁾

Fig. 6 Schematic of roller lubricater

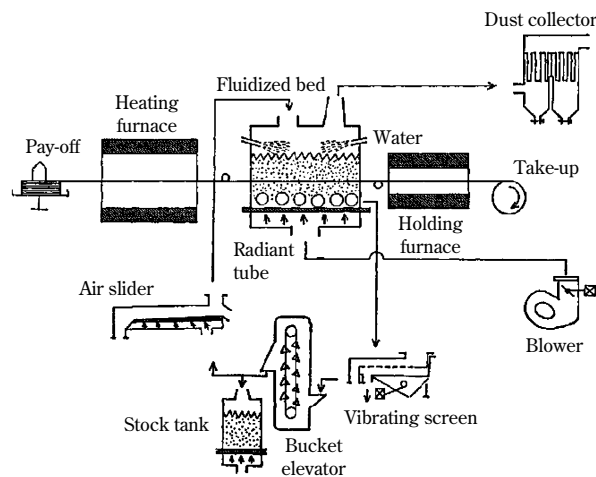


図7 流動層パテンティングの概略図⁶⁾

Fig. 7 Schematics of fluidized bed patenting system

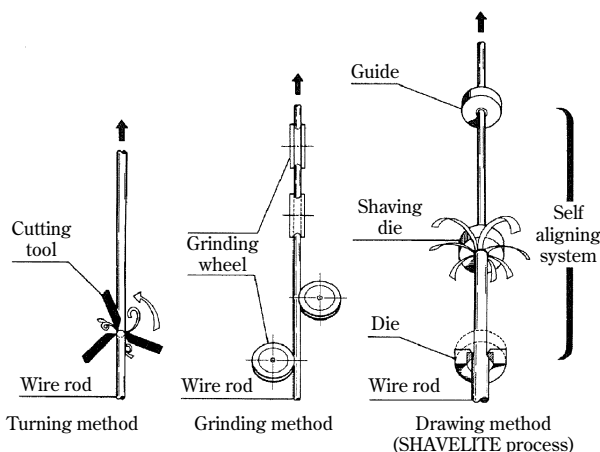


図8 SHAVELITE[®]方式と他方式の概念図

Fig. 8 Schematics of SHAVELITE[®] method process and other methods



図9 SHAVELITE®の海外向けパンフレット

Fig. 9 Booklet of SHAVELITE® process for overseas users

3. 冷間圧造用線材に関する二次加工技術開発

高度経済成長に支えられた自動車や電化製品などの旺盛な需要に伴い、それらに用いられるボルトなどの部品を加工する冷間鍛造技術も進歩し、冷間圧造用線材の加工技術についての開発が進められた。

3.1 酸洗技術の開発

線材の脱スケールは、最終加工品の表面品質に影響を与えるため、線材二次加工工程のなかで最も重要な工程であるといえる。線材の脱スケールは現在まで、コイルを塩酸や硫酸などの酸槽に浸漬するバッチ式酸洗が主流となっている。バッチ式酸洗は環境対応が必要となるものの、コイルのまま処理ができるため量産に適していることから普及してきた。一方で当時は、コイルの線間に酸が浸透し難く、脱スケールの状態にむらが発生するという課題があった。その対策として、コイルを解束しフック上で広げて酸洗するという、大きな労力を要する方法を採っていた。

これに代わる振動酸洗技術を当社が開発し、使用し始めたのは1971年である。従来のコイル単重を1トンから2トンにする計画を当社が打出したとき、需要家の既存酸洗槽では2トンコイルに対応できないという問題が発生したことが開発のきっかけとなっている。すなわち、2トンコイルを解束してフック上で広げるとフックに収まらないため、結束したままコイルを酸洗する技術が必要であったのである。

当初、振動モータを積載したフックをばねで受ける機構でコイルを振動させる方式であったが、コイルとフックの接触部にスケール残りが発生する問題があった。そこで、コイルとフックの接触部をずらしながら回転させるコイル回転振動酸洗法を開発した。1982年に当社のモノレールタイプの自動酸洗設備に適用したところ、酸洗時間を従来の1/3に短縮させることができた⁸⁾(図10)。モノレールタイプの酸洗設備は、ホイストがフックと一体となってレールに沿って槽間を移動するもので、各ホイストに振動装置が設けられていた。

その後、モノレールタイプに比べて低コストでコイルの大荷重化が可能な置台振動式振動酸洗法が開発され、

電磁石固定方式やエアスプリングの採用、フックレベルリングシステム、周波数変換システムなど様々な技術が付加され、現在の酸洗設備に欠かせない技術となっている⁸⁾(図11)。

3.2 部分皮削り技術の開発

1980年代になると、自動車の重要保安部品などに用いられる線材に対してはきずのない線材が要望されるようになった。冷間圧造は熱間鍛造後に機械加工する工程に比べてエネルギーコスト低減や歩留り向上の効果があるが、線材にわずかなきずがあっても加工中に割れが発生する問題がある。そこで、前述のSVの技術ノウハウを渦流探傷と組み合わせ、渦流探傷検出信号から表面きずのみを削る部分きず取り技術(ECPS:Eddy Current Partial Shaving)が開発された⁹⁾(図12)。この技術は、広い範囲の伸線操業条件に対応できるため生産性がよいことに加え、表面きず部のみを除去できることから歩留りロス

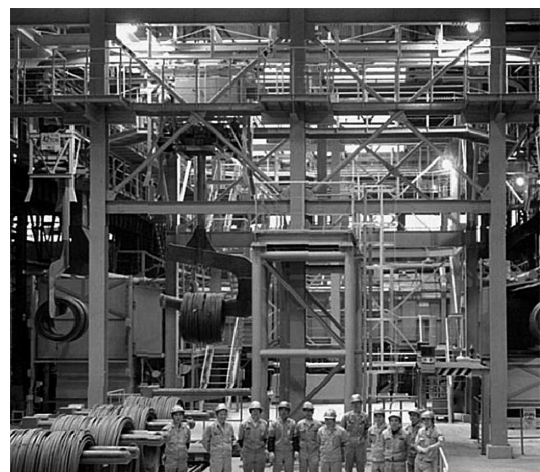


図10 モノレール式自動酸洗設備

Fig.10 Monorail type automatic cleaning house

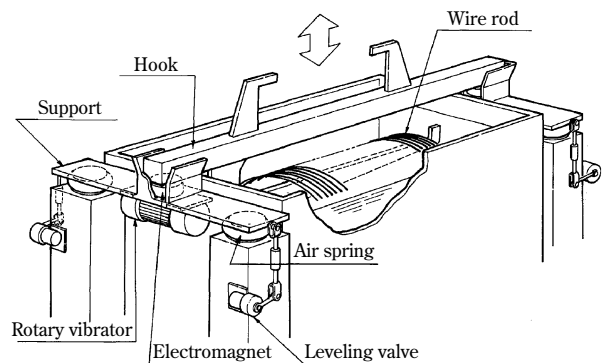


図11 置台振動式振動酸洗装置⁸⁾

Fig.11 Support vibrating system

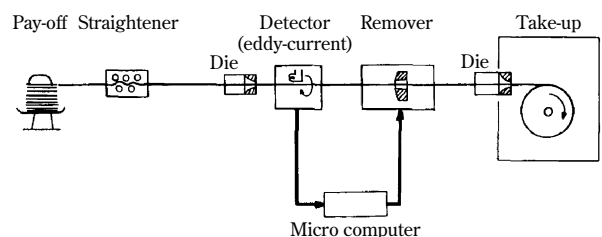


図12 ECPSの概念図⁹⁾

Fig.12 Schematic of ECPS

最小にできるという利点がある。このきず取り技術を使って伸線した線材の品質に対しては多くの冷間圧造メーカーから高い評価を受けた。

むすび＝線材には表面性状の厳格化や高機能化が要望され、それに対応した加工プロセス開発や生産性向上技術、さらに地球環境負荷に対応した省エネ、環境改善技術の開発がこれまで以上に必要になると予想する。二次加工によって製品の付加価値を高めたオンリーワン製品を創出するという場面は、今後ますます多くなると推察する。また、今後グローバル化が進むなかで、どのような環境下でも展開できるグローバルスタンダードな加工技術も重要になると想像する。

二次加工技術開発の歴史を振り返ったとき、その時代背景や需要家からの要望に基づいて開発した加工技術が当

社製品を支えてきたといえる。また、当社が二次加工技術分野におけるパイオニア的存在として技術をけん引してきた。今後、先人たちの残した技術を礎として、革新的な技術開発を目指していきたい。

参 考 文 献

- 1) 日本塑性加工学会：日本の塑性加工（1986），pp.479-480.
- 2) Y. Nakamura et al.：Wire Journal, Vol.9, No.7（1976），p.59.
- 3) 川上平次郎：鋼線の伸線加工速度の向上に関する研究，（1988），p.166.
- 4) 川上平次郎：鋼線の伸線加工速度の向上に関する研究，（1988），p.96.
- 5) 中村芳美：塑性と加工，Vol.31, No.355（1990），p.955.
- 6) 高橋栄治：鉄鋼界，Vol.25, No.12（1975），pp.42-48.
- 7) 中村芳美ほか：特殊鋼，Vol.23, No.7（1974），p.56.
- 8) 田中勝正ほか：最近の振動酸洗技術，（1992），pp.1-4.
- 9) 川口康信：第115回塑加シンポジウムテキスト，（1988），p.11.