



## 先進圧延技術の展望と可能性

木内 学  
Manabu Kiuchi

東京大学生産技術研究所 教授

### Trend and Possibility of Advanced Rolling Technology

#### 1 はじめに

21世紀を目前にして、我が国の鉄鋼産業は長引く閉塞状況と将来展望の喪失に苦しんでいる。激変著しい世界市場にあって、先進国間の厳しい競争のみならず中進国の急激な追い上げにあいつつも、過去20年余の間、こと鉄鋼技術に関しては世界の指導的立場を維持してきた我が国の鉄鋼産業も、ここにきてさすがに体力の消耗と技術成長の停滞が目についてきた。長く続いた設備投資の縮小や大規模な人員削減による先導的技術開発能力の低下は、もはや覆うべくもなく、我が国が世界に誇ってきた最高の生産性と比類なき製品品質の維持さえも危うしとの感をぬぐい得ない。

このまま現状を座視し、栄光を欲しいままにしてきた鉄鋼技術・鉄鋼産業の没落を看過することは許されない。しかしながら、これを阻止するためには、あえて無謀のそしりを恐れず、従前の常識や通念を超えた変革に挑戦し、新しい可能性と展望を切り開いて行かなくてはならない。そのためには我々研究者・技術者自身の思いきった意識と行動の改革が必要である。

#### 2 革新を求める背景

我が国の鉄鋼産業の新たな躍進のためには、(1)鉄鋼材料そのものの革新、(2)鉄鋼材料の製造技術の革新、(3)鉄鋼材料の利用技術の革新、が不可欠である。

このうち、材料面からの革新については、既に、スーパーメタルあるいは超高強度構造材料(STX21)など、次世代を担う鉄鋼材料の開発プロジェクトが官民挙げて推進されている。これらのプロジェクトは在来品の2倍以上の強度・靱性・加工性などを発現し得る材料技術の確立を目指しており、大きな成果が期待されている。

他方、次世代鉄鋼産業に求められる製造技術の革新につ

いては、精錬から精整に至る長いプロセスの中に、多くの課題が残されている。そのうち最も大きなものの一つが、圧延技術の革新である。我が国の圧延技術は、過去幾多の先進技術を生み出してきた。完全連続冷間圧延システム、酸洗・冷延・焼鈍の直結化システム、HCミルやペアクロスミルに代表される数々の高機能圧延機、更に近くは連続熱間圧延システム、等々の開発と実用化は、いずれも世界を先導する技術的成果であり、我が国の技術的優位性を世界に誇示し得るものであった。

しかしながら、世界の鉄鋼産業を取巻く環境は大きく変化しており、需要構造、生産構造、更には供給構造も根底から変わりつつある。そこには、技術力のみでは対抗しきれない力も働いている。ゆえに、従前の成功と成果のみに依存しては、長く我が国が誇ってきた経済的・技術的優位性の維持も難しくなりつつある。現状を打破し、新しい世紀に向けて次なる発展を実現するためには、過去半世紀の鉄鋼技術の様々な成果を踏まえながらも、更にそれらを大きく超える先進的な鉄鋼材料の創成と革新的な生産技術の構築が求められる。とりわけ高機能・高品質鋼材の創出と、革新的な生産性・効率性の向上を実現し得る次世代圧延技術の開発が必要である。そのために必須の機械要素技術、計測・制御技術、加熱・冷却技術なども目覚ましい進歩を遂げており、圧延革新の条件は急速に整いつつある。

本稿では、私論ではあるが、かかる視点から、次代を目指す圧延技術の基本構想の幾つかを示す。

#### 3 超高压下圧延

鉄鋼材料の圧延技術の革新には、その核となる幾つかの基幹技術が必要となる。その中で、高速大変形付加技術は、急速加熱技術、急速冷却技術と並んで、圧延材の内部構造の制御、例えば、結晶の超微細粒化並びに結晶方位の完全

制御化、ひいては強度、延性、靱性等の制御のために必須の技術である。そして、この高速大変形付加技術として強く求められているのが超高压下高速圧延技術である。

超高压下高速圧延を実現する圧延機としては、図1にその基本構造を示す高速遊星クラスター圧延機(High Speed Planetary Cluster Mill, HSPC Mill)が考えられる。これは、概略4～8本の比較的径の大きいワークロールと、それらを支え公転させるための回転支持体およびバックアップロール、更にそれらを支持するハウジング、駆動機構などから構成される圧延機であり、各ワークロールは公転しつつ遊転または自転し、被圧延材に沿って転動してその表層を強く圧下する。この圧延方式の特徴は、(1)各ワークロールによって被圧延材に加え得る変形量が極めて大きく、高速で大ひずみ特に、大せん断ひずみを付加することができる、(2)被圧延材に対して1パスで大きな圧下を付加することができ、大寸法の素材から最終製品を一気に製造できる、(3)必要に応じて複数の同種圧延機をタンデムに並べて更に高度の圧下を加えることができる、(4)ワークロールの数を限定することにより、操作の安定性とメンテナンスの容易化を実現できる、などにある。

高速遊星クラスター圧延方式および圧延機(HSPC Mill)の開発に当たって、要求機能発現上の特別の困難さは見当らない。圧延機の構造および駆動のあり方については、強度、動的特性、所要動力、その他の検討事項が残されているものの、実現性は十分ある。この圧延方式の最も有望な利用分野として、次節に述べる連铸厚スラブの大厚下圧延があるが、それ以外にも、極微細粒のつくり込み圧延、結晶方位制御圧延、急冷硬化圧延、など、新しい機能鋼材の創成圧延技術としても広く活用できる。

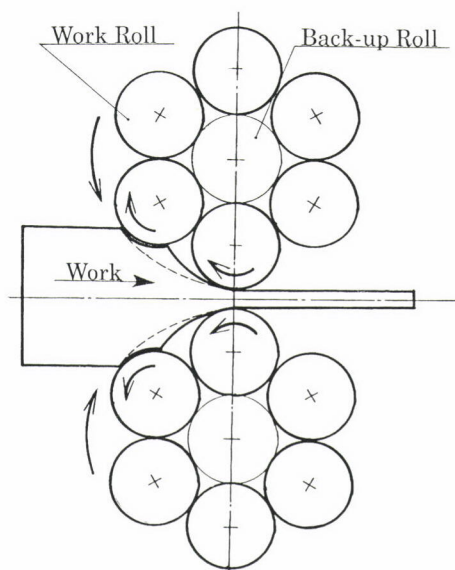


図1 遊星クラスター圧延機(HSPC Mill)の基本概念図

## 4 連铸厚スラブの大厚下圧延

鋼板の製造に際して、連続铸造厚スラブを、中心ザク領域の凝固終了前に大厚下して、適切な粗圧延機またはホットストリップミルに直接送込み、圧延効率を高めるのと同時に、中心偏析のない鋼板を製造することは、圧延技術者の長年の夢である。この連铸からストリップ圧延に至るプロセスの直結化が実現できれば、著しく高い生産性を獲得しつつ高品質鋼板の製造が可能となるばかりでなく、前節で述べた高機能構造材料製造への道を拓くことにもなる。

連铸厚スラブの凝固終了前大厚下圧延は、従来、繰返し議論されながらも実現しなかったが、その理由として、(1)圧下に伴う凝固シェル内面の割れ、デンドライトの破碎に伴う溶湯の偏在、などマクロ・ミクロの偏析を誘起する各種の問題の発生が予想されること、(2)上記問題に対応し得る被圧延材内部の変形流動制御の手法が不明であること、(3)凝固シェルの破碎に伴う溶湯の流出の恐れがあり、対応策が示されていないこと、(4)安定的に大厚下を加える方法がないこと、(5)大厚下によりスラブ内部で絞出された濃化溶鋼の処理方法が不明であること、などが挙げられている。

上述の問題については、従来、極く軽度の圧下を加えた場合のみが議論され、圧下の害のみが強調されてきたきらいがある。実際、凝固シェル内面の粗大化した組織を完全に破碎する水準の大厚下を加えた場合の内部組織の挙動についてはほとんど知られていないのが実状である。

ここで提案するのは、従来議論されてきた水準とは全く異なる大厚下圧延、即ち圧下率が少なくとも80%以上の圧延、である。すなわち、連铸厚スラブにかかる大厚下を加えて凝固シェル内面を完全に破碎し、かつ、未凝固ザク層を一気に急冷凝固圧延することを目指している。このような大厚下圧延を実現する方法および圧延機としては、前節で提案した高速遊星クラスター圧延機(HSPC Mill)が利用できる(図2参照)。

この圧延方式を導入することにより、上述の種々の問題を将来の可能性へと転換し、(1)高速大変形圧延による内部組織の改質、(2)内部未凝固層の急冷凝固圧延による連铸速度の向上(3)連铸厚スラブの大厚下圧延と最終粗圧延あるいはホットストリップ圧延との直結化による生産効率の飛躍的向上、などを狙うことができる。なお、この遊星圧延方式による連铸厚スラブの大厚下圧延においては、各ワークロールによる圧下率と公転速度を変化させることにより、連铸工程と圧延工程の速度バランスを任意に調整できる点も大きな利点となる。また必要に応じて同種圧延機を増設し、厚スラブに加える全圧下率を更に上げ、生産効率を極度に高めると同時に、前述した速度バランスの調整



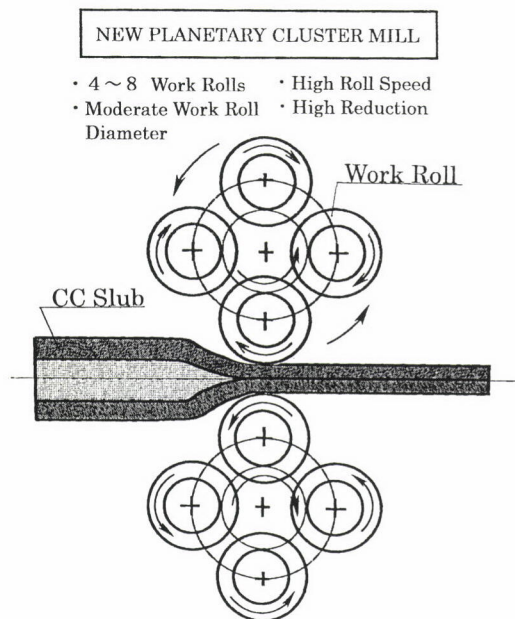


図2 連铸厚スラブ大圧下圧延の基本概念図

範囲を大きく広げることができる。

## 5 連続半凝固圧延

連続半凝固圧延とは、溶湯を半凝固状態にいたるまで攪拌冷却し、得られた半凝固スラリーをロール間に導き、凝固せしめると同時に圧延して、微細な結晶構造を有する薄板その他の圧延製品を得る方法である(図3参照)。

この圧延法の狙いは、(1)溶湯から直接的に板材・棒材・線材などを製造する、(2)溶湯を半凝固化することにより、いわゆるストリップキャストにおいてみられる凝固過程の不安定化現象を防止し、安定した操業を実現する、(3)半凝固化スラリーを急冷凝固圧延することにより、内部組織を微細化する、(4)強圧下大変形を加えることにより、再結晶を誘起し、被圧延材の改質を達成する、などにある。

図3より理解されるように、これは単なる铸造プロセスではなく、半凝固スラリーからの急冷凝固および大変形付加を通して、製品特性の大幅な改質を目指す連続圧延融合プロセスである。製品品質の高度化と同時に、連続プロセスとして高い生産性の達成も可能である。実施に当たっては、半凝固スラリーの固相率制御や雰囲気制御を行う必要性も考えられるが、基本的な技術の実現性については既に一連の研究により確認されている。

図4には、もう一つの新しい圧延プロセスとして、いわゆる半溶融圧延法の概要を示す。この圧延法では、被圧延材を半溶融状態に加熱した後、ロールを用いて急冷凝固させつつ大変形を加え、微細な内部組織を持つ製品を得るこ

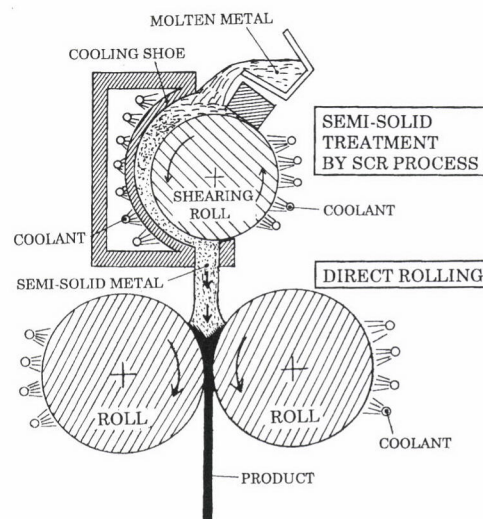


図3 連続半凝固圧延の基本構想

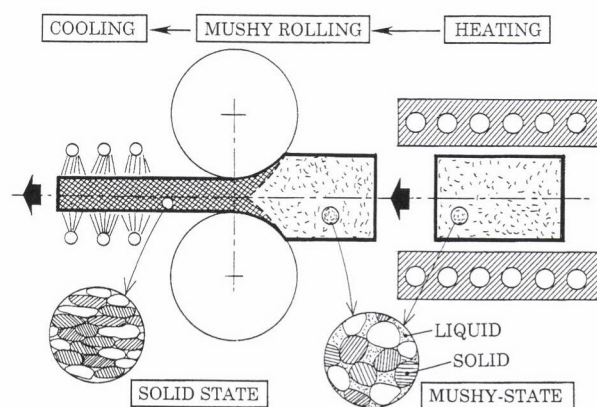


図4 半溶融圧延概念図

とができる。この場合も従来の圧延法に比して製品の大幅な改質や新機能の創成が期待できる。

## 6 ストリップCC圧延

いわゆるツインロールを用いたストリップキャスト法は、溶湯から直接的にストリップを铸造することを目指しているが、その際の最大の問題点は、(1)凝固プロセスの安定性の確保が難しい、(2)湯シワ等の製品表面欠陥の防止または表面品質の確保が容易でない、(3)幅端部からの溶湯の漏れを防止することが難しい、(4)生産速度や生産性に限界がある、ことにある。

これらの問題解決のためには、铸造のみを目指す従来のプロセスを「铸造+圧延」を実行できる融合プロセスへと転換する必要がある。すなわち、高速铸造機能と強圧下圧延機能を併せ有する融合型ストリップCC圧延機(Cast Rolling Mill)を導入し、溶湯に対する安定した凝固促進能力および凝固直後のストリップに対する大変形付加能力をできるだけ高めることが不可欠である。

ツインロール方式ストリップCCにおいて、凝固終了点位置を制御し、凝固挙動を安定化させるためには、大径ロールが有利であるが、通常の一体型ロール構造では、大きな冷却能力と大圧延荷重に耐える強度および剛性を両立させる方法が難しく、ロールの支持方式や駆動方法の面でも問題がある。例えば、冷却能力を高めるために中空ロール化すれば、強圧下圧延に要する強度や剛性の不足を招き、操業上の問題を起こしやすい、逆に、強度・剛性の高い中実ロールを採用すれば、冷却能力が低下する結果となる。そこで考えられるのが、図5に示すツインリングロール方式のストリップCC圧延機である。

ツインリングロールCC圧延法では、溶湯を冷却し凝固させ、更に凝固直後の被圧延材に直接触れて圧下するための一対のリングロールと、これに圧下力を加え駆動するための一対のバックアップロールを兼ねたドライブロール、およびリングロールを定位置で回転させ、また必要に応じてリングロールの位置を変更し調節するための複数の支持ロールとが用いられる。

リングロールは構造から考えても容易に理解できるように、その径を拡大することは容易である。ゆえに、大径のリングロールを用いることにより、溶湯および凝固シェル更に凝固完了後のストリップとの接触域を長くして、凝固とそれに続くシェルの合体および圧延へと至る課程を安定化することができる。また、リングロール自体は大きな剛性を有する必要はなく強圧下圧延に必要な力は、その内側に配置されたバックアップロールによって与えられる。

一方、この方式の圧延機においては、鑄造とそれに続く圧延を受持つ領域以外において、リングロールを外側および内面から冷却することは容易であり、周転毎の外部冷却により、リングロールを十分冷やし、大きな冷却能力を付与することができる。併せて、ロールの表面管理も実行し

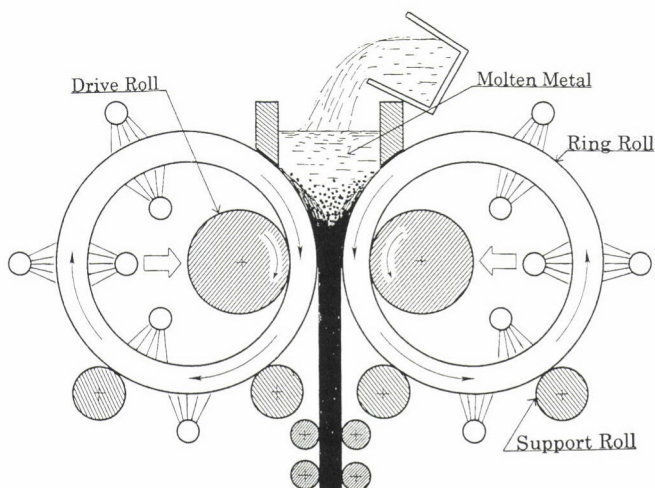


図5 ツインリングロール方式ストリップCC圧延機の基本構成

易い構造を有している。

他方、バックアップロール兼ドライブロールには大きな剛性あるいは強度と駆動力を付与することができるので、リングロールに対して必要十分な圧下力と駆動トルクを伝達することが可能である。

更に支持ロールの位置制御を通して、リングロールの微細な位置制御が可能であり、凝固シェル接合点(凝固終了点)の最適位置制御も可能となる。

これらにより凝固終了点をロールギャップ中心より入口側へ大幅に移動させ、凝固過程を安定化させると同時に、凝固後のストリップに大圧下をかけて所要の板厚を獲得し、あわせて表面品質を確保することも出来る。

図6には、シングルリングロール方式のストリップCC圧延機の基本構想を示す。この場合も、圧延機の構造、特性、期待される効果はツインリングロール方式の場合と同じである。

## 7 超高張力圧延

現行の張力付加圧延においては、最大でも被圧延材の降伏応力の30～40%の張力を付加して圧延を行うのが普通である。張力を付加する理由はいろいろあるが、圧延圧力および圧延荷重の低減、ロール摩耗の低減、被圧延材の走行の安定化、被圧延材の形状制御の容易化、などが主たるものである。

被圧延材に、その降伏応力の70～80%以上の張力を加えて圧延する超高張力付加圧延は、被圧延材のくびれや破断その他の不安定変形、あるいはプロセスの動的挙動の安定化制御の困難さのゆえに、長い間、不可能と考えられてきたが、近年の計測技術、シミュレーション技術、制御技術の急速な進歩により、あながち不可能とばかり云えなくなってきた。

このような圧延を実現する超高張力圧延機(Super High

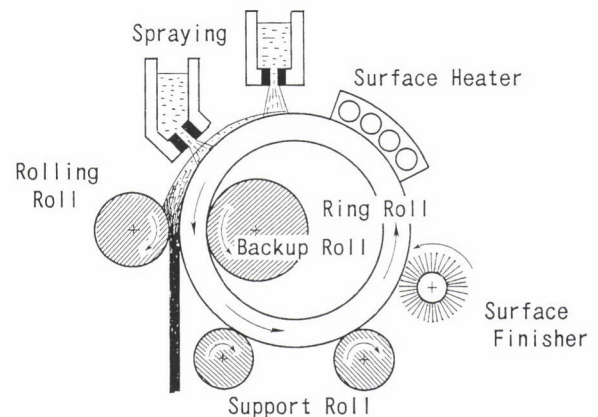


図6 シングルリングロール方式ストリップCC圧延機の基本構成



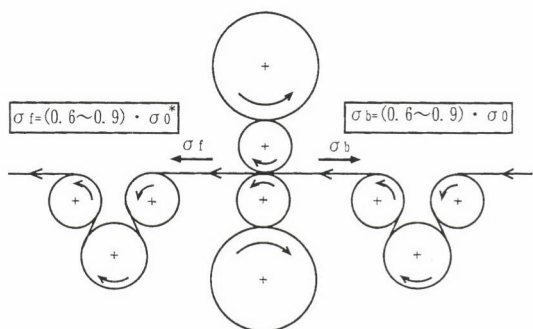


図7 超高張力圧延機(Super High Tension Mill)の基本構成

Tension Mill)の基本概念を図7に示す。一般的な構成としては、圧延機の入・出側に張力付加装置が設置される構造となるが、次節に示す非対称圧延機や極小径圧延機など、圧延機そのものの方式および入・出側の流入・流出角度等の組合わせとしては種々のものが考えられる。

超高張力圧延技術が望まれる最大の理由は、この技術により、従来の板厚方向圧縮変形優先の圧延から長手方向伸び変形優先の大変形圧延へと、変形構造の転換が可能になり、ロールギャップにおける被圧延材の変形内容を従来の圧延におけるそれと大きく変え得る可能性があることにある。即ち、超高張力下の伸び主導大変形により、圧延に伴う被圧延材の内部組織の変化、特に集合組織の発生の度合いや形態が従来とは大きく変わることが予想される。それらを適切に制御することにより、成形性に優れた棒材、あるいは強度や変形限界に優れた板材を開発できる可能性がある。その他、圧延効率の大幅な向上、ロール段数の削減など設備の簡素化、その他の効果も期待できる。

更に、次節に示す非対称圧延技術との組合せによる薄板の冷間圧着圧延あるいはクラッド材の製造など、超高張力圧延技術は、現行技術の限界突破を目指す近未来圧延技術の最重要課題の一つである。

## 8 多自由度非対称圧延

多自由度非対称圧延および圧延機(Super Flexible Mill)は、(1)異なる上下ロール径を有し、(2)上下ロール速度、(3)圧延方向に対する上下ロール軸のなす角度、(4)被圧延材の流入角度、(5)同じく流出角度、(6)被圧延材流入時の幅方向傾斜角度、(7)同じく流出時の幅方向傾斜角度などを数値制御手段を用いて変更できる機能を有し、加えて(8)被圧延材の上下面、幅方向各位置の単独または部分的な加熱・冷却、(9)複数素材の挿入・取出し、などの機能を有するものとして構想できる(図8参照)。

この圧延機および圧延技術を用いることにより、(1)板表裏面の片面大圧下による表層改質圧延、(2)クラッド板の安

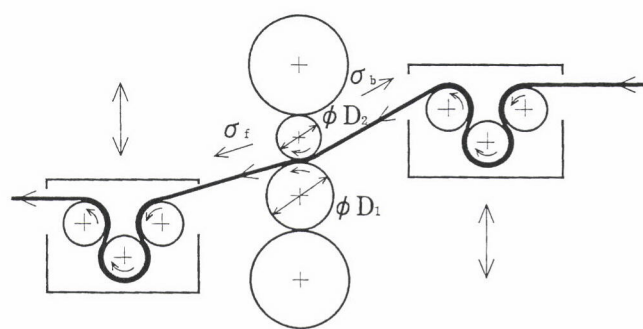


図8 多自由度圧延機(Super Flexible Mill)の基本概念

定な連続圧延、などの他に、(3)複数の異種材料の圧着圧延による積層複合板材の製造、(4)厚さ方向に内部組織の異なる板材の製造、(5)厚さ方向に残留応力が異なる板材の製造(6)幅方向に厚さの異なる板材の製造、(7)幅方向に材種が異なる板材の製造、などが可能となる。

図8は、被圧延材の流入および流出角度のみを制御する場合を示しているが、前述のごとく、被圧延材の流入・流出時の幅方向傾斜角度を数値的に制御し、また必要に応じて、上下のロール軸と圧延方向とのなす交叉角を同時または別々に数値制御手段を用いて変化させることにより、幅方向に異なる材種で構成されている板材の圧延や幅方向に異なる圧下率を要する圧延など、いわゆるテイラードブランド対応の板材の製造にも対処できる。

この多自由度非対称圧延技術も、超高張力圧延技術と並んで、近未来の鉄鋼産業が必要とする最も応用範囲の広い基盤圧延技術の一つである。

## 9 表層創成浸漬圧延

表層創成浸漬圧延(Dip-Rolling)は、母層となる金属素板を同種金属または異種金属の溶湯中に浸漬して走行させることにより、その表面に溶湯金属を凝固させ、この凝固層を直ちに圧延し、その内部組織を改善するとともに、母層と凝固層との接合強度を高めつつ新しい表層を創成することを狙いとするプロセスである(図9参照)。

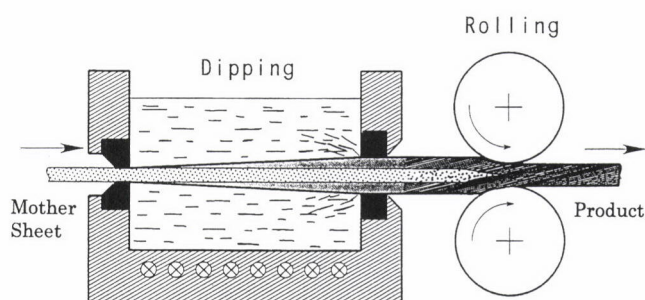


図9 表層創成浸漬圧延(Dip-Rolling)の基本概念

圧延に際しては(1)母層と凝固層とを同時に大圧下し、凝固層のみならず母層をも含む被圧延材全体を改質して新しい機能を発現させる、(2)凝固層のみを適度に加圧、圧下、冷却することにより、表層組織の改質並びに母層との接合強度の向上を図る、場合とがある。更に、(3)浸漬圧延後の薄くなった製品を再び母層素板として溶湯中に浸漬し圧延し、かかる凝固・圧延を繰返して製品長さを増し、いわゆるストリップの連続製造に代わるプロセスとして利用することも可能である。

また、(1)、(2)のいずれの場合の圧延方式を採用にしても、それらの浸漬・凝固・圧延を繰返し、必要に応じて種々の熱処理を施すことにより、いわゆるクラッド材、あるいは多層積層構造を有する複合材料を製造するプロセスとして利用することもできる。

## 10 表層改質めっき圧延

いわゆる浸漬型のめっき層内部の結晶構造のあり方については必ずしも十分に研究されていないが、多くの場合、めっき層の厚さに比して、結晶粒の相対的大きさが異常に大きい構造を有しており、このことがめっき層の強度の低下や剥離を誘発する原因となっている。

浸漬後のめっき層の凝固完了直前あるいは凝固完了直後に圧延を加え、新生めっき層に急冷および大変形を付与することにより、めっき層の内部構造を改質し、超微細粒化を実現して、その強度や機械的特性を大幅に変えることができる。表層改質めっき圧延(Galvanize-Rolling)の狙いは、めっき層が持得る金属学的・機械的特性を高め、新しい特性を獲得することにある(図10参照)。

更に、この方法を拡張したプロセスとして、(1)浸漬法により極端な厚めっき層を形成せしめ、(2)母層金属とめっき層との反応を促進させて金属間化合物層の成長を促した後、(3)これに大圧下圧延を加えて、成長した金属間化合物

層を破碎し、(4)これを再加熱してめっき層を半溶融状態にして、粒状化した金属間化合物をめっき層中に分散させ、(5)これに急冷強圧下圧延を加え、分散した金属間化合物粒子とマトリックスたるめっき層金属および母層金属とを圧着させて、いわゆる粒子強化型複合めっき層を作出することができる。この方法を用いることにより、所要のめっき層の特性を維持しつつ、その硬度や耐摩耗性を大幅に向上させて新しい機能を有する表層構造の形成が可能となる。

## 11 表層改造半溶融／溶融圧延

板材、棒・線材、管材の表面を高周波加熱法その他の加熱法により、半溶融または溶融状態に加熱し、この表層部をロールを用いて急速に冷却し凝固せしめると同時に圧下し変形を加えて、急冷凝固効果および再結晶効果により、超微細構造を有する表層を形成するのが表層改造半溶融／溶融圧延法(SM/MRプロセス、Surface Mushy/Melt Rolling)である(図11参照)。この方法により、薄板の表層に極めて微細な結晶構造を有し、強度が高く、変形能が高い第二相を形成することができる。このようにして製造される自己複層型傾斜機能材は、強度および二次加工性に優れ、最終製品の品質を大幅に高めることが期待出来る(図12参照)。

更に、この圧延法の応用として、加熱され半溶融化または溶融化した表面にセラミック粒子やセラミック短繊維、黒鉛粉あるいは炭化物粒子、更に異種金属の粉末や粒子を散布または混入し、その直後にロールで圧入しつつ急冷凝固させ、あるいはまた適切な温度履歴を付与しつつ凝固圧延を施し、各種の複合層を形成することも出来る。散布あるいは混入され圧入されたセラミックや黒鉛あるいは異種金属の粉粒や短繊維は、半凝固層あるいは溶融層へ埋め込まれ固定されて種々の機能を有する複合層を形成する。この様にして表層部を任意に改質できることがこの圧延法の特徴である。

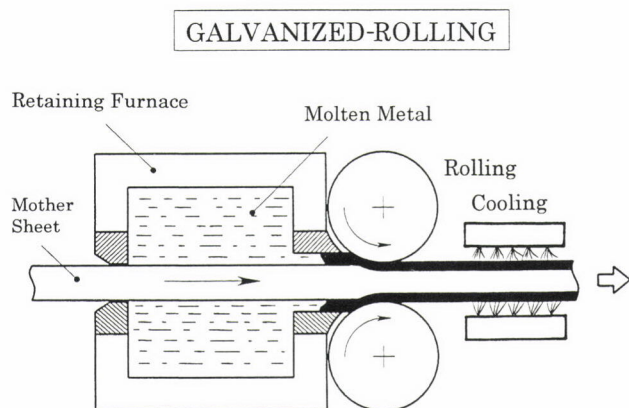


図10 表層改質めっき圧延(Galvanize-Rolling)の基本概念

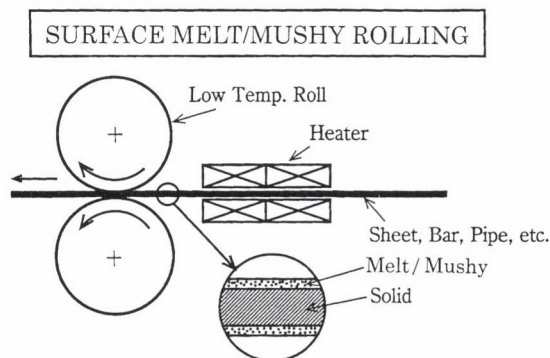


図11 表層改造半溶融／溶融圧延(Surface Mushy/Melt Rolling)の基本概念



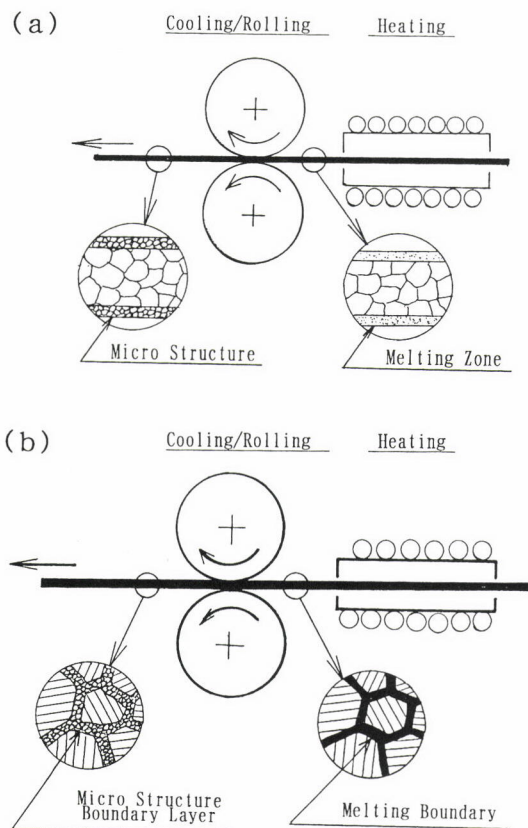


図12 SM/MRプロセスによる表層改造の事例  
(a) 表層微細構造の形成  
(b) 粒界微細構造の形成

## 12 複合矯正圧延

複合矯正圧延(Combined Levelling-Rolling)とは、図13に示すごとく、圧延とテンションレベリングとの融合プロセスである。図13では、テンションレベラーが、圧延機と巻取り機および巻戻し機との中間に一台ずつ設置される形となっているが、圧延機に対して入側、出側、のいずれかに1台、あるいは両側に合計2台以上設置する場合がある。

衆知のごとく、薄板の圧延では1パスでクラウン比率を大きく変えることは難しい。その理由は、クラウン修正量が大きくなると幅方向にみた長手方向伸び差が大きくなり、出側における板形状が悪化し、下流側ロールへの走行あるいは巻取りが困難となることにある。

そこで、圧延加工とテンションレベリングを直列的に組み合わせ、圧延ロールによる板クラウンの修正機能とテンションレベラーによる板平坦度の改良機能とを同時に実行することにより、(1)圧延1パス当たりのクラウン修正量を大幅に増大させ、パススケジュール設計の自由度を高める、(2)圧延によって発生する縁波やセンターバックリングを圧延直後に修正することにより、圧延作業を安定せしめる、などの効果が期待できる。複合矯正圧延は板形状の制御機

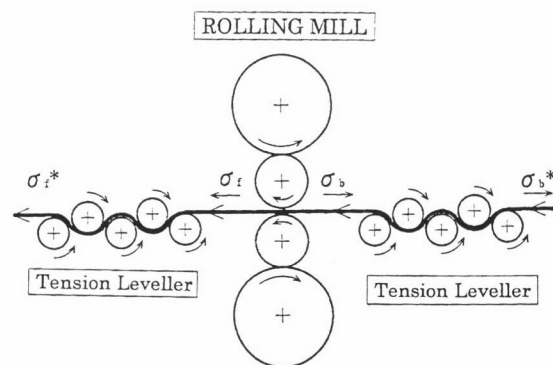


図13 複合矯正圧延概念図

能を高め、形状品質の高度化を実現すると同時に、圧延効率を大きく向上させることができる。

## 13 複合成形圧延

一般に幅方向に板厚が異なる板材を圧延によって製造することは非常に難しい。これは、板材の圧延では、ロールギャップにおいて、摩擦力による拘束のために、被圧延材の幅方向への流動が起こりにくい、という圧延の力学的特質に起因している。ゆえに、幅方向に厚さが異なる板材を効率的に製造するためには、幅方向への材料流動を促進するメカニズムの導入が必要である。

そこで考えられるのが、いわゆるロールフォーミングプロセスと板圧延との融合である。ロールフォーミング法による丸波や角波を有する波板の成形に際しては、被加工板材に幅方向に強い張力が作用するため、素板の各部に幅方向の伸びすなわち板厚の減少が不可避免的に発生する。分布の形態は、フォーミングロールの組合せや設定位置によって異なる。それゆえ、このロールフォーミング加工を適切に利用し、素板板厚の望ましい幅方向分布を獲得した後に、目的とする形状を持つロールを用いて圧延することによって、幅方向に厚さの異なる板材を比較的容易に製造できる(図14参照)。

## 14 結言

本稿では鉄鋼製品の製造にかかわる限界突破型未来技術の例として、圧延技術の新しい可能性について示した。それらの多くは、様々な要素技術や、個別技術の組替え、組み合わせ、あるいは融合の上に成立している。そして、そのいずれもが従来技術の限界を突破できる可能性を秘めている(図15参照)。ゆえに、既存の意識や既成概念を捨てて、未知の可能性に挑戦してみることが大切である。

我が国の技術風土には、従来試みられたことのないプロ

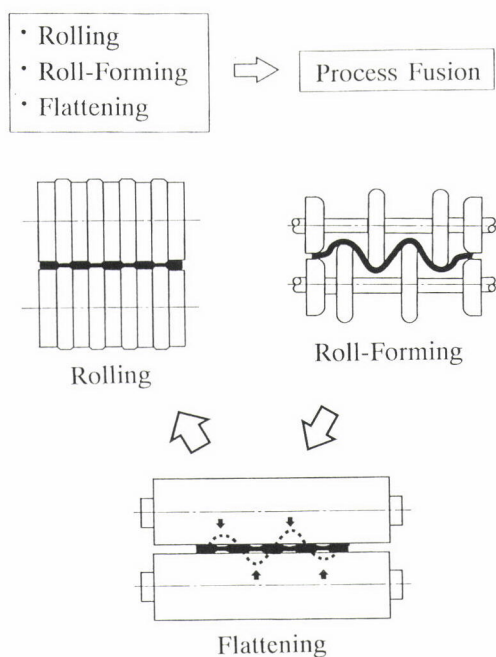


図14 複合成形圧延概念図

セスや技術に直面するとき、提示された構想やコンセプトの真の意味を追求する代わりに、その難点や欠点のみを指摘し強調する傾向が強い。独創性の重要性が語られる一方で、このような反応や考え方が無数の可能性を喪失せしめていると云うことができる。

限界を突破し得る技術開発が強く求められていながらも、将来への展望がなかなか開けない閉塞状況にある現在、従

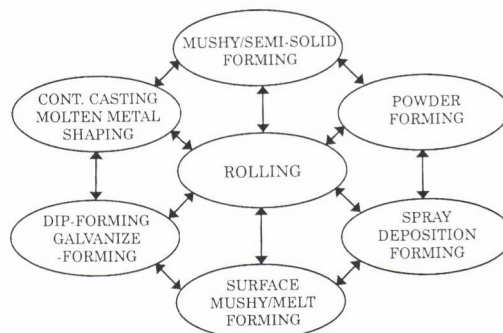


図15 圧延にかかわる技術融合連関図

来の枠組の中で出来ることはやり尽されたのであり、可能性に富みながら高い難度やリスクを伴わない技術課題などは残っていないと考えるべきである。大切なことは、「提案の核心は何であるかを深く考え、肯定的に可能性を追求する」ことである。このような積極的取組みなくして、未来を開く革新的な技術やプロセスの開発はあり得ない。かかる意味から、本稿に示した幾つかの提案が、我が国の圧延技術ひいては鉄鋼技術の未来のために役立つことを願っている。

#### 参考文献

- 1) 木内 学：生産研究，49（1997）9.
- 2) 木内 学：鑄造工学，68(1996) 1，9.

(1999年6月9日受付)