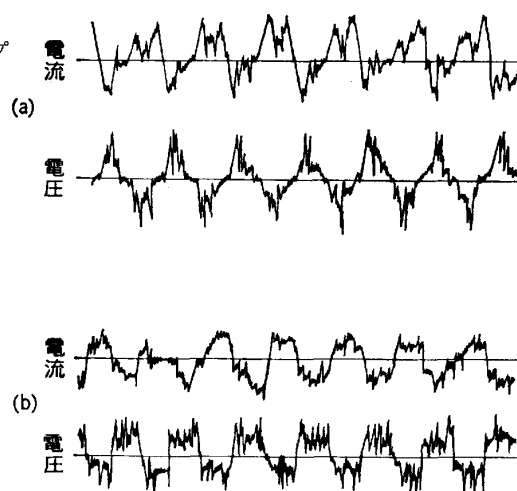


図 4.4.7 新型フラッシュバット溶接機の構成図  
(藤原ら：製鉄研究 (1981) 307, p. 25)



(a) 正弦波電源, (b) 矩形波電源  
図 4.4.8 ストリップ用フラッシュバット溶接機電源特性の比較  
(藤原ら：製鉄研究 (1981) 307, p. 29)

同時に電源も新しい短形波電源が適用され、接合部品質向上に寄与している。これは従来の正弦波に比べて常に所定の電圧が印加されるためフラッシュ発生頻度が高く溶接入力ゼロクロス前後の過渡期間が短縮され短絡面積が小さくなり、フラッシュ過程での酸化物減少に効果を発揮したものと考えられている。図 4.4.8 はその比較結果を示す。

## (2) レーザ溶接技術

一方、高炭素鋼、高級珪素鋼板およびステンレス鋼板などは溶接部の結晶粒粗大化や脆化が起こりやすいので、このような影響のない溶接法としてレーザー溶接に注目が集まり、一部では実用化されるまでに至っている。レーザー溶接の特徴は①溶接入熱が小さく、②余盛りのほとんどない溶接ビードがえられるという点にあり、珪素鋼の溶接、製品コイルのビルトアップに対して有効である。溶接のサイクルタイムでいえば、フラッシュバット溶接にやや劣るが、アーク溶接よりははるかに短く条件によつては利用価値の大きいことが確認されている。とくに珪素鋼製品コイルの長尺化に対しては継手部の品質特性が大幅に向上可能である。

また、高価なレーザー溶接機を最大限に発揮させるため、レーザーエネルギーの有効利用も積極的に検討されている。例えば、レーザーエネルギーの吸収率を向上させるためプラズマの有効利用技術などが開発されている。さらに高級鋼板の接合部品質にはフィラワイヤ供給方式が有効で高精度な添加技術も開発されている。

### 4.4.5 今後の方向

鉄鋼製造プロセスの溶接技術は圧延工程から下流部門の接合技術として年々重要度が高まっている。今後は現

状溶接法の複雑な溶接現象がさらに明確にされながら、自動化、計装化はよりいつそう進展していくものとみられる。また高速化高生産化は現状溶接熱源による極限技術の追求が期待されているが、画期的な向上は望みえない。したがって、高級薄鋼板などに一部実用化されつつあるレーザー溶接あるいは電子ビーム溶接のような高密度エネルギー源の利用に注目が寄せられる。今後、これらの最新溶接法の応用研究によりいつそう拍車がかかるではあろうが、アーク溶接などに比べてエンジニアリング上解決を要す課題が多く、実用化の展望をえるためには被接合部の精度向上技術、高出力装置の低価格化さらにはメンテナンス面で一段の進歩が要望される。

## 4.5 熱処理技術

### 4.5.1 加熱技術

#### (1) 加熱炉・熱処理炉省エネルギー技術

炉の省エネルギーの基本的考え方は、最適加熱操業、排ガス損失熱の低減、炉体損失熱の低減、排熱回収等である。

##### (a) 最適加熱操業

連続加熱炉での鋼片加熱は、オイルショック以降の操業度の低下に伴い、低炉床負荷操業となり、炉尻排ガス温度が低くて熱効率の良いヒートパターンが実現できるようになった。その結果、炉尻排ガス温度が  $800^{\circ}\text{C}$  から  $600^{\circ}\text{C}$  に低下することによつて、約 13% の燃料原単位が低減できた。この炉床負荷を低くして熱効率を上げるヒートパターンを採用する考え方は、新設加熱炉の設計にも反映され、適正炉長が選択されるようになった。

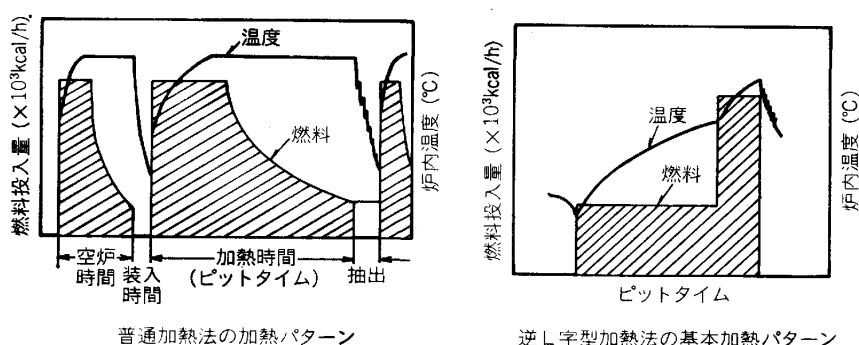


図 4.5.1 均熱炉加熱パターンの従来法と逆L字型加熱法

一方、均熱炉においても、炉が高温に維持され、燃料燃焼熱の多くが排ガス顕熱として炉外に持ち去られる普通加熱法(図 4.5.1)に対し、鋼塊内部の凝固潜熱を有効に利用して鋼塊表面の加熱に役立てながら圧延可能温度にする理想的な加熱法である逆L字型加熱法(図 4.5.1)が完成された。この方法は、同じように鋼塊の保有熱量を有効に利用する二段加熱法、傾斜加熱法等に比較して、ヒートパターンが非常に簡単であり、操業が容易である。

#### (b) 排ガス損失熱の低減

燃焼用空気量が適正でない、排ガスの増加、あるいは未燃 CO の発生によつて、熱効率が低下する。したがつて、断熱火炎温度を最適にする空気比、1.0 を目標として操業する必要があり、炉尻排ガス中の O<sub>2</sub> 濃度を検出し、各帯の燃焼用空気量設定制御に利用している。さらに、高温ガスの熱解離を考慮すると、放射強度の最大点が低空気側にずれるという知見に基づき、最近では 0.95~1.0 の低空気にすべく、CO 分析計を用いて制御する例もある。

#### (c) 炉体損失熱の低減

断熱性に優れ、耐熱温度 1400°C を超えるセラミックファイバーが開発されるに伴い、炉内壁、スキッドパイプの断熱材として用いられるようになり、炉壁放散熱の 30~40%、冷却水損失の 40~60% が低減された。また、開口部損失熱の低減のため、シール、断熱の強化が行われ、以前にもまして侵入空気や熱放散を防止するようになった。

#### (d) 排熱回収の強化

排ガスの熱回収強化としては、高効率の空気予熱、ガス予熱レキュペレータ、排熱ボイラー、冷却水損失の回収装置として、スキッドボイラーが採用された。レキュペレータの高効率化は、伝熱面積の増加、向流多パス熱交換方式の採用によるもので、温度効率が 80~90% のものも出現した。

#### (2) 熱片装入・直送圧延

熱片装入や直送圧延は、連続鋳造や分塊ミルと熱間ミ

ルとの相異なるプロセスの連続化であり、本技術の実施は両プロセス間の温度、能力、製造パターンの整合、品質保証、一貫製造管理システム、並びにレイアウトの最適化等に係わる連続化技術を総合的に開発、発展させる必要があり、これらの技術レベルによつて、その形態、比率、温度レベルが大きく左右される。

前工程からの鋼片の顕熱を利用するので軽加熱、省加熱ですみ、最大の省エネルギー効果をもたらし、その適用拡大、質的向上に向けて精力が注がれた。その結果、熱延ミルのみならず、厚板、大形、条鋼、線材の各ミルでも実施されつつあり、我が国一貫製鉄所の省エネルギー量産技術として定着しつつある。

#### (a) 熱片装入

高温鋼片を直接、加熱炉へ装入して省エネルギーを図る方法である。熱延における現在の熱片比率は、全国平均で約 50%、比率最大ミルで約 80% であり、装入温度にして平均で 500°C、最高 800°C 程度である。装入温度 500°C で燃料原単位にして、およそ 100×10<sup>3</sup> kcal/t の節減がなされている。

#### (b) 直送圧延

連続化技術の結集によつて直結化を成功したミルが出現した。その基本的設備構成および温度確保状況は表 4.5.1 のようである。現時点では、いずれも高温鋳造であるものの、熱間ミル側で圧延開始するために必要な温度に達するには放熱面積の大きい鑄片コーナー部の若干の温度補償が必要である。端部温度補償装置として、①必要部分のみ昇熱可能なこと、②必要量だけの昇熱が可能なこと、③入熱の ON/OFF が容易に行えること、などを満足する直交磁束型誘導加熱装置が開発された。また、圧延材端部温度確保のためには、幅方向全体加熱が可能な保温カバー方式、ガス加熱エッジヒータ、電磁誘導加熱方式が開発され、各ミルの圧延機温度確保の目的に応じて、最適な方式が採用された。将来的には、無加熱の直送圧延が実現されるものと考えられる。

なお、直送圧延を採用しているミルの燃料原単位は 50×10<sup>3</sup>~150×10<sup>3</sup> kcal/t の実績をあげている。

表 4.5.1 直結プロセスの基本的設備構成と温度確保

連铸-圧延基本プロセス	温度確保
	<p>連铸を圧延に近接して設置しスラブエッジの低温部の誘導加熱のみで対処。 生産構成上、高速一定製造が可能で、スラブ断面平均温度を高位に確保。</p>
	<p>パターン操業化のため、サイジングミルを採用し、温度補償として、復熱炉を設置。 既設連铸-圧延間の距離が遠いため、熱間圧延ミルの加熱炉で、再加熱を実施。</p>
	<p>パターン操業化のため、サイジングミルが必要なこと、および連铸-圧延間が遠いため、铸片全体の加熱が必要なことから、復熱炉を設置。</p>

(3) 低温加熱・低温域圧延

ラインパイプ用高張力鋼の需要増大と要求性能の高強度化、高靱性化に対応して制御圧延法による高張力鋼の製造が一般化した。圧延作業がある温度以下で一定量以上の圧下を加えて普通圧延よりも低い温度で圧延を終了するので、圧延荷重が大きくなり、適用板厚が比較的薄物に限られること、温度調整のため余分の時間が必要で圧延能力が低下すること、などの問題が残されていた。

その後、ラインパイプ用鋼材の厚肉化、高靱性化、溶接上の要求の高度化が進み、制御圧延法も、鋼片温度の低下、低温域での圧延の強化、変態点以下での二相域圧延の導入等の新しい展開-新制御圧延法が行われ、これに対応した形で設備面でも、強力な圧延機の設置とともに、低温でも均質に鋼片を加熱できる加熱炉が導入され、低温加熱・低温域圧延技術が確立した。

熱延においても、低温加熱・低温域圧延は、燃料原単位低減効果が大きく、省エネルギー面で有利であり、粗ば厚アップや保熱炉、保熱カバー、高速圧延に代表される圧延ライン温度降下防止技術と低温化、高速化に伴うAIN 固溶の材質問題、スキッドマークの増大に伴う寸法精度、スケール疵や巻形状等の品質改善技術等の総合的対応が採られた。

(4) レーザー加熱による新熱処理

大出力のレーザーが開発され、100 kW の出力が連続的に発生可能となつている。レーザーは極めて狭い領域に、そのエネルギーを集中させることが可能であり、そ

の制御も容易なため、局部加熱に適している。短時間で目標温度に達するので、鋼材内部への熱伝導が少なく、レーザービームを外すのみで、冷却装置を使用せずに焼入れが可能である。したがって、焼入れ歪みがほとんど発生しない特徴を有し、精密部品に利用されつつある。

4.5.2 冷却技術

(1) 铸片冷却技術

連続铸造においては、铸片の内部・表面欠陥の防止、設備・操業の安定化、铸片頭熱の次工程への利用が重要課題である。铸片表面割れの多くは铸型内で発生し、二次冷却帯において、水スプレー衝突部やガイドロールとの接触部における局部強冷と復熱の繰り返しによつて伝播し、形成される。そこで、二次冷却帯の铸片均一冷却方法が検討され、気水冷却方式による緩冷却が、表面割れの軽減、高温出片に有効であることが明らかにされた。内部混合型ノズルの採用によつて、ノズル閉塞防止も同時に達成可能なことから、気水冷却方式に切り替えられつつある。

一方、連続铸造や分塊圧延で製造されたビレットの冷却床における強制冷却法として、外部混合型ノズルによる気水冷却方式が実用化された。

(2) 新制御圧延・制御冷却プロセス

この技術は、圧延直後の厚鋼板を圧延ライン上で、適正に選択された冷却速度で冷却することにより、溶接性、靱性を損なうことなく高強度の鋼板を得る技術である。上述の新制御圧延と組み合わせ、日本が世界に先駆けて開発し、1980年8月以降、実用化され、広義の新制御圧延技術に含まれる。

新制御圧延プロセスでは、普通圧延や従来の制御圧延法に比較して、鋼片加熱温度が低く、低温域の圧下が大幅に強化されている。一部には、圧延途中で Ar<sub>1</sub> 変態温度以下まで冷却し、再度、焼ならし温度程度の低い温度域に加熱して圧延する方法（2回加熱2回圧延法）等も採られている。Ar<sub>3</sub> 変態温度以下の二相共存域での圧延は、一種の冷間加工の効果により、強度を大幅に上昇

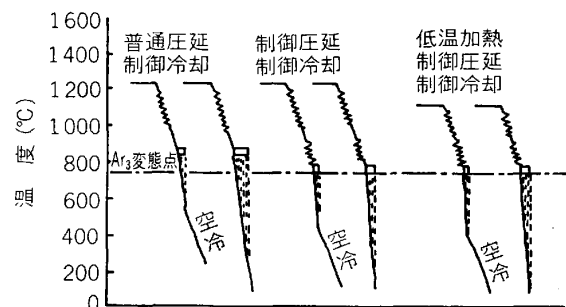


図 4.5.2 制御冷却を併用する新制御プロセス

させるが、逆に低い加熱温度から圧延を始めて、比較的高温で圧延を終了する方式等もあり、用途に応じて各種の特性を持つ厚板が造り分けられるようになった。

圧延後の制御冷却を伴う新制御圧延プロセスの各種パターンは模式的に図 4.5.2 のように示される。効果的な強度上昇は Ar<sub>3</sub> 変態点直上からの急冷によつて得られるが、この冷却は焼入れ組織にならないので、焼もどしのための再加熱は不要である。このプロセスは、具体的には厚板仕上げスタンド後面の圧延ライン上に位置する冷却設備によつて、適正な冷却速度で適正な温度まで冷却するもので、冷却装置には、鋼板をピンチロールにより拘束する拘束型と拘束しない開放型がある。

制御冷却のポイントは、鋼板の平坦度、材質の均質性、操業の安定性を達成する点にあり、実用化に必要な冷却装置のハード、安定操業に必要な操業管理ソフトの開発、平坦な鋼板を得るための熱歪み制御システムの開発、いつせいで冷却方式の開発に見られるような均質性維持のための配慮によるものである。

新制御圧延・制御冷却システムを従来技術と比較すると表 4.5.2, 4.5.3 のようである。

(3) 直接焼入れ製造技術

直接焼入れは熱間圧延後の鋼材顕熱を利用して焼入れ

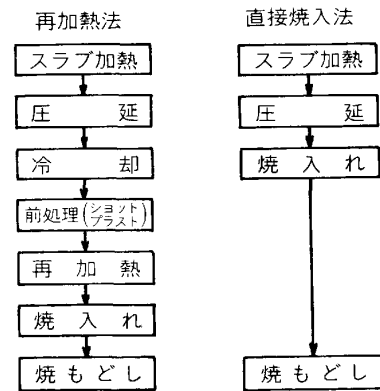


図 4.5.3 再加熱法と直接焼入れ法の製造工程

を行う技術 (図 4.5.3) であり、原理的に鍛造焼入れと同じである。熱間圧延後の鋼材が焼入れに必要な温度を有している限り、板、管などの形状を問わず適用でき、従来の再加熱法 (図 4.5.3) に比較して、熱処理工程がすべてオンラインで一貫処理できるので、よりいつそ品質の安定化が可能となり、また製造工程日数が短縮できるようになった。基礎研究は厚板で先行していたが、実用化は、1979 年頃からシームレス鋼管でまず始まった。

(a) 厚板の直接焼入れ

厚板の直接焼入れは、上述の新制御圧延・制御冷却プロセスの冷却制御設備を拡大し、鋼板を無拘束で冷却する方式、別途、同プロセスにピンチロールで拘束するローラケッチ型の冷却設備を付設して冷却する方式等が採用されている。

(b) 鋼管の直接焼入れ

管の曲がり防止が重要で、冷却速度と曲がりの関係が検討された。曲がり防止には冷却速度が鋼管の長手方向で急激に変化しないように内面流速を上げる必要があることが報告された。また、管壁近傍の流量分布を軸流化すれば冷却能が改善されることに着目し、水槽内に管を収容するケーシングを配置して、管の内外面を同時に軸流冷却する技術が開発された。また最近では、管端をクランプして内面に高速噴流を与え、管を回転しつつ管頂上線にスリット状のラミナ流を落下させるという方式も開発され、長尺管が水槽なしで直接焼入れされるようになった。管を回転しながら冷却する方式は、曲がり防止にとくに有効である。

(4) 新冷却法および冷却法の改善

新プロセスの実用化に伴って開発された新冷却法として、カーテンウォールクーリング (CWC)、噴水冷却法があり、一部のミルで採用されており、順次拡大使用されていくものと考えられる。また、熱間圧延機のロール冷却が再検討された。

表 4.5.2 製品事例における制御冷却法と従来法の比較

例1 造船用降伏点36kgf/mm <sup>2</sup> E級鋼板			制御冷却の効果
	従来法	制御冷却法	
熱処理	焼ならし	—	省資源 省エネルギー 省工程 需要メリット (溶接性の向上) 加工性の向上 能率向上
合金成分	Si+Mn+Nb またはCu+Ni	Si+Mnのみ	
炭素当量(WES式)	0.380~0.420	0.320~0.360	
溶接割れ防止予熱温度	75℃~100℃	25℃	
例2 高張力ラインパイプ用鋼板APIX65 (降伏強さ45kgf/mm <sup>2</sup> 鋼)			制御冷却の効果
	従来法	制御冷却法	
圧延法	制御圧延	制御圧延	省資源 省エネルギー 省工程 需要メリット (溶接性の向上) 加工性の向上 能率向上
合金成分	Si+Mn+Nb+V	Si+Mn+Nb	
炭素当量(WES式)	0.400	0.350	
伸び	35%	43%	

表 4.5.3 対応・技術の比較評価

製造技術	製品		設備操業							総合評価	
	材質強度	溶接性	省厚肉	オンライン化	建設コスト	レイアウト	省エネルギー	生産効率	安定性	評価	判断
焼ならし	×	△	×	○	×	×	×	×	×	○	×
焼入れ焼もどし	○	○	○	○	×	×	×	×	×	○	△
制御圧延	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○
新制御圧延法	(△)	(○)	(△)	(○)	(△)	(○)	(△)	(○)	(△)	(○)	(○)
制御冷却	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
直接焼入れ焼もどし	○	○	○	○	△	×	○	○	○	○	○

( ) 内: 圧延途中冷却低温再加熱圧延法

## (a) カーテンウォールクーリング (CWC)

既存のサイフォン管ラミナ冷却に代わるものとして、スリット状のラミナ流を形成する冷却法が開発された。

その特徴としては

① 冷却水をカーテン膜状に流して鋼板を冷却するので幅方向に安定して均一冷却可能

② 冷却能力はサイフォン管ラミナ冷却に比して約2倍

③ 冷却ヘッド、ノズルの大幅削減が可能で、メンテナンス性が良好などである。

## (b) 噴水冷却法

既存のスプレー方式による鋼板下面冷却に代わるものとして、水槽内に水没させたノズルから冷却水を噴射し、周囲の水を同伴させて冷却する方法が開発された。冷却能は従来のスプレー方式に比較して40~50%向上する。

## (c) ロール冷却の効率化

熱間圧延で使用されるロール冷却水は高圧で膨大であり、省エネルギー、ロール寿命、製品表面品質への影響等から効率的な冷却技術が要求される。近年、狭い面積に大量の冷却水を噴射するよりも、広範囲に少量の冷却水を噴射する方式が効率的で有利であること、また、冷却水の高圧化は、はね返り等で必ずしも冷却効率が良くなく、20 kg/cm<sup>2</sup>G が適切との報告がされ、冷却水ヘッドの配置の最適化、ノズルの広角化によつてロール冷却水量を半減したミルがある。

## 4.5.3 加熱冷却技術

冷延鋼板製造技術では、熱使用の多い焼鈍プロセスにおいて省エネルギー対策の推進、工程集約技術の拡大が行われ、バッチ炉の超省力化、省エネルギー化、連続焼鈍処理ラインの設置が進んだ。

## (1) 冷延鋼板製造における加熱冷却

## (a) 連続箱型焼鈍システム

ベル型バッチ焼鈍設備の生産性の限界に対して飛躍的な向上を得るため、バッチ炉の超省力化を図った新しい箱型焼鈍炉 (UAD) が稼動していたが、さらに能率、省エネルギーの観点から加熱冷却を効率よく行う連続箱型焼鈍システムが開発された。これは加熱室と冷却室の固定型式を採用、コイルのみが連続的かつ自動的に加熱室から冷却室へと移動する新方式である。

① 加熱室、冷却室を移動する際に必要なクレーン等のハンドリング作業がなく、コンピュータによる遠隔操作が可能で、要員を大幅に縮小可能

② 加熱冷却を各々独立した室で行うため加熱効率、

冷却効率が良くなり、かつ焼鈍時間を大幅に短縮が可能

③ 建屋内に大型クレーンを必要とせず、建屋費用が削減可能

などの特徴を有している。

## (b) 回転炉床式連続焼鈍炉

上述の連続箱型焼鈍システムと同様に省エネルギー、生産性向上、品質の安定化を目的として、マッフルを用いる円型回転炉床式焼鈍炉が実用化された。

## (c) 薄板連続焼鈍処理ライン (CAL)

世界に先駆けて稼動した連続焼鈍処理ラインは、冷延鋼板の生産性、品質の大幅な向上を目的にその後著しい普及を遂げた。その普及は、急速冷却と制御冷却技術の急速な発展によるところが多い。

連続焼鈍においては、製品の特性別に異なつた加熱冷却サイクルが要求されるが、従来、冷却方式としてガスジェット冷却および水焼入れの二方式が一般的であつた。前者は冷却能が小さいので、過時効処理時間が長くなり、後者は、冷却能が大きく、急速冷却過程途中での冷却停止制御ができず、過時効処理温度 (約 400°C) までの再加熱を必要とする欠点があつた。これらの問題点を補う新冷却方式—高速ガスジェット冷却、水冷ロール冷却、気水冷却の開発が行われ、実用化された結果、急速冷却、制御冷却が可能となつた。

## (i) 水冷ロール冷却方式

鋼板を水冷ロールに接触させることにより冷却するのである。従来方式に比較して大きな冷却速度 (100°C/s以上) が可能で、同時にロールと鋼板の接触長の調整により冷却終了点温度が任意に制御できるものである。

## (ii) 気水冷却方式

水冷ロール冷却と同様に、比較的速い冷却速度 (100°C/s以上) で、かつ冷却終了点温度の制御が可能な冷却技術である。霧化した水滴とガスの混合流を鋼板に直接吹きつけて冷却する方式で、水量の調整および冷却長の調整によつて冷却速度、冷却終了点温度の制御をする。

また、加熱方法としても従来のラジアントチューブに代わり、直火ジェットバーナによる急速加熱法が加熱帯、均熱帯の一部に採用された。さらに、めつきラインで実用化された無酸化直火加熱技術の適用も検討されている。

以上により、通板速度を変えることなく冷却速度と温度を自由に調節でき、適切な過時効処理条件と組み合わせることによつて一般冷延鋼板から加工性、溶接性に優れた高張力鋼板まで広範囲の品種がラインのコンパクト化を図りつつ大量生産可能となつた。

## (2) 条鋼製造における加熱冷却

## (a) 極厚パイプ素材の熱処理

石油掘削リグで使用されるドリルカラーのような極厚パイプは、通常 10 m 以上の長さの丸棒を焼入れ、焼もどし後、内削して製造される。使用時に高い回転力を伝達し、かつ衝撃荷重がかかることにより、高強度、高靱性が要求される。これを満たすため、パーレル式連続炉を使用して順次加熱された部位を、リング内径に設けられた噴射ノズルによる回転スプレーによつて急冷する技術が開発された。材料の加熱曲がり、冷却むら発生防止のため、丸棒には回転が与えられている。

#### (b) 高周波の適用拡大

高周波発生装置として半導体素子の開発に伴い、サイリスタ、トランジスタのインバータが採用されるようになった。真空管方式に比して省電力化、コンパクト化、迅速応答が可能になり、高周波を利用した熱処理の適用が拡大した。その結果、熱処理は、部品の機能上必要な部位のみの熱処理に移行しつつあり、例えば自動車のステアリングラックシャフトの嚙部、等速ジョイントアウターレースのトラック溝などがある。さらに、ギヤへの適用が精力的に研究されている。また、従来の焼入れ技術—浸炭、窒化等との組み合わせの研究も進められた。

#### (c) 浸炭焼入れ技術の改善

ガス浸炭炉における処理部品の精度向上、省力化の観点から、ガス浸炭雰囲気中のカーボンポテンシャルを高精度に自動制御する方法が指向され、赤外線式  $\text{CO}_2$  分析計の採用が一般化した。さらに高感度酸素センサの採用も見受けられる。また、 $\text{N}_2$  ガススペース浸炭が検討されつつあり、変性炉が不要、ガス消費量が従来の  $1/3 \sim 1/5$  となり経済的等の特徴を有する。

### (3) 鋼管製造における加熱冷却

#### (a) 誘導加熱熱処理

急速加熱による材質向上が期待され、1976 年頃から鋼管の誘導加熱による全体加熱処理が始まった。誘導加熱熱処理の特徴としては

- ① 急速加熱により組織が微細化し、強度、靱性が向上
  - ② 熱処理温度の迅速な制御
  - ③ 急速加熱による管形状、とくに真円度劣化の低減
  - ④ 設備がコンパクトであり、公害防止装置も不要
- のような点が挙げられる。

低周波と高周波の組み合わせにより、管肉厚全体の均一加熱が可能で、管と管を間隙なく接合して加熱することによつて管端も含めて長手方向の均一加熱が可能で、これが実験的に確認された。さらに理論面からも走行誘導加熱の解析が行われ、昇温特性、温度分布、その周波数依存性等の基礎的検討が行われた。その結果、後続管を先行管に接合するまで加速するキャッチアップ技術

などが開発されるとともに、コンピュータ制御による均一加熱技術が実用化された。

小、中径管では管の曲がり防止が重要で、曲がり防止や真円度の向上、円周方向温度分布の均一化などのために、加熱冷却中の管に常に回転を与えたり、冷却床での回転を増すなどの種々の技術が開発され、これによつて冷間矯正が省略可能となつた。

さらに、大径の UOE 鋼管分野への適用検討が始まった。溶接金属や熱影響部への靱性の要求が高度化した場合、造管後に鋼管全体を熱処理することが有利となり、大径管を熱処理する最も簡単な方法と思われる。

焼入方式としては、外面冷却のみならず内面からもランスを挿入して冷却する方法が開発された。

#### (b) その他の加熱冷却

油井管のチュービングのように管端アップセット部を有する鋼管に対し、炉内にアップセット部のみを急速加熱する装置を設置し、管全体の加熱時間を短縮する技術が開発された。また、このような小径管の焼入方式として初めて、水槽内浸漬型内外面焼入装置が設置された。

ERW 鋼管の溶接部は、靱性改善のために、ポストアニールによる焼ならし処理が通常行われる。いつそうの高靱化要求から、ポストアニール条件や、その後の強制冷却の適用が検討された。ERW 製油井管の需要増から、管全体を加熱処理することが一般的となり、高強度の調質型油井用 ERW 鋼管の製造技術が開発された。

鍛接鋼管に関しては、低温製造法が開発された。スケルプを低温で加熱炉から抽出し、誘導加熱で両端部を加熱、鍛接する方法であり、これに伴つて、レデュースング時のシーム部増肉防止のために、シーム部の急速冷却方式が採用された。

## 4.6 表面処理

### 4.6.1 展 望

#### (1) 10 年間の歩み

昭和 48 年のオイルショック以来世界景気は低迷を余儀なくされ、我が国の粗鋼生産は昭和 48 年をピークとして現在に至るもこの水準に復していない。この背景としては資源、エネルギーの枯渇、価格の高騰のほかに第三世界の台頭、我が国産業構造の高度化、無公害、長寿命、安全といった社会的ニーズの高まり、更にはプラスチック、アルミニウム、セラミックス等の競合素材の発展が挙げられよう。今後素材としての鉄鋼材料の量的な意味での飛躍の伸長は期待薄であるといわれるゆえんである。

この中にあつて表面処理鋼板は、これらのニーズにマ