

低いのが TiN である)。フェライトの核生成に界面エネルギーが最も重要な因子であることを示している。

現在の技術の主力が制御圧延・制御冷却とか加工再結晶といういわば後天的な技術により材質を制御しているのに対し、先天的にその仕掛けを製鋼段階で組み込むオキサイドメタラジの技術は既存の技術が過酷な負荷をかけるとか精密な制御が必要なものに対し安定して生産性をあげることが可能な技術と成りうるものと期待される。

(7) 界面

多くの材料において界面の問題の重要性はますます大きくなっている。鉄鋼材料においてもすでに述べてきた相変態、析出、再結晶、あるいは破壊において結晶粒界や異相界面は重要な役割を果たしており、巨視的な理解から原子レベルでの理解、相関関係からより直接的な理解へと進展している。

10年前までに AES などの界面分析の進歩とその活用により、界面の化学種と鉄鋼材料の表面・界面に関わる諸性質の関係が明らかにされた。例えば不純物の粒界偏析の解析による粒界脆化の現象論的な解明がなされたのを初め、各種の割れ・脆化の解明に寄与してきた。界面の基礎技術のこの10年の進歩はさらに著しい。一つには高分解能電子顕微鏡や AP-FIM あるいは STM などの原子構造の高度解析技術の進歩によるところが大きい。特に異種物質界面の理解が進んだ。STM は表面技術への応用が主たるものの、高分解能電子顕微鏡および薄膜試料作成技術の進歩は析出物とマトリックスの界面、結晶粒界構造などの原子配列レベルの情報を与えるところまできた。このことは相変態、析出などの制御に重要な寄与をするものと考えられる。

一方界面を作る技術としてこの10年薄膜材料技術が大きく進歩した。エピタキシャル技術による原子単位での結晶方位制御は花盛りであり、人工格子やエピタキシャル薄膜の界面構造の研究が進んでいるが、実用材料でも相変態・析出や酸化などの異相界面でエピタキシャル成長は起こっており、その原子レベルでの構造（欠陥構造も含め）が性質を支配している。鉄鋼材料においても接種を核とする再結晶核制御（オキサイド・メタラジを活用した析出物・異相などの界面に特定方位の結晶をエピタキシャル成長させる）により、加工・再結晶と全く異なる結晶方位制御が期待される。

8.2.3 材料製造技術

この10年間、我が国の鉄鋼材料製造技術は目覚ましい発展を遂げてきた。その背景と技術の流れをまとめると次のようになる。

① 鉄鋼材料に対する市場ニーズがさらに高度化、多様化した。これに対応するため、高純度鋼溶製技術や TMCP などの製造技術がより洗練され、製品特性のよりいっそうの向上や新製品の開発が進められた。

② コスト競争力強化のため鉄鋼製造工程の連続化、省工程、省エネルギー化の要請が強まり、連続製造適用鋼種の拡

大、連続製造-熱延の直結、冷延鋼板の連続焼鈍化、厚板の直接焼入れなどの合理化技術が発展した。

③ 新しいシーズ技術に基づく、ファインスチール、アドバンストスチールと称される付加価値の高い、多くの高機能材が開発された。

④ 材質予測理論や相平衡計算などコンピューターメタラジが進歩し、鉄鋼材料製造技術に応用され始めた。

本項では、特に進歩のあった技術、新しく開発された技術を中心に、この10年間の鉄鋼材料製造技術の進歩について述べる。

(1) 高純度鋼、高纯净鋼利用技術

近年、あらゆる需要分野で鋼材の使用環境、使用条件の苛酷化により要求品質が高度化したこと、新しい鉄鋼製造プロセスや製造技術の開発により鋼の成分設計が変わってきたこと、連続製造や各種の省エネルギープロセスの普及に伴い鋼の製造性改善への要求が高まったことなどを背景として、溶銑予備処理→複合吹練転炉→炉外精錬→連続製造の一連の製鋼工程において、鋼の高純度化、高纯净化技術が目覚ましく発展した。その結果、最近の高純度化可能レベルは C: 10~20 ppm, N: 10~20 ppm, S: 3~5 ppm, P: 10~20 ppm, O: 5~10 ppm, H: 0.5~1 ppm に達しており、これら技術の実用鋼への適用が進んだ。

高純度化、高纯净化技術により開発された鋼材の例を以下に述べる。まず、冷延鋼板の焼鈍工程がバッチ焼鈍から連続焼鈍に変わってきたことにより、優れたプレス成形性が要求される自動車車体用の深絞り用冷延鋼板では、C と N を 30 ppm 程度以下に低減し、さらに Ti や Nb を添加して固溶 C, N を炭窒化析出物として固定した IF (Interstitial Free) 鋼が量産されるようになった。一方、自動車の足回り部品向けで、優れた伸びフランジ性が要求される高張力熱延鋼板では、20 ppm 以下の極低 S レベルの鋼が素材として用いられるようになった。

量産高級鋼における要求特性の苛酷化は厚板や鋼管で顕著であり、例えば、石油や天然ガスの開発や輸送に関連する鋼材には、低温靱性、溶接性、耐水素誘起割れ性（耐 HIC）などに対する厳しい仕様が、また、LNG タンクに用いられる 9%Ni 鋼には優れた低温靱性が、海洋構造物などに用いられる高張力鋼板には耐ラメラテアー性が要求される。これら厳しい要求に応えるため、通常 S は 10 ppm 以下、P は 50 ppm 以下、H は 2 ppm 以下に制御されている。

自動車のタイヤに用いられるスチールコードでは有害な介在物を極力減らし、さらに変形しやすい介在物への形態制御により断線頻度が著しく減少した。また、継目無し鋼管や棒鋼の製品である軸受鋼でも、O を約 10 ppm 以下に低減し酸化物系介在物を少なくすることにより、転動疲労寿命の著しい向上が図られた。その他、耐食性の優れた高純度フェライト系ステンレス鋼、超高真空用クリーンステンレス鋼、エッチング特性の優れた TV シャドーマスク用アンバー材など

幅広い製品分野で、高純度化、高浄化技術による性能向上、新製品の開発が活発に行われた。

多くの鋼材では、高純度化は諸特性の改善効果をもたらすが、場合によっては逆の効果をもたらす場合や適当に不純物がある方が好ましい場合もあるので、最近の開発から二、三の例を紹介する。

まず、IF 鋼板は優れた深絞り性を有するが、粒界の C が枯渇するため、粒界強度の低下による二次加工脆化を生じやすくなる。これは固溶 C を少し残したり、B の微量添加により粒界を強化することによって改善される。一方、フェライト-パーライトタイプの高靱性熱間鍛造用非調質棒鋼では、TiN や MnS により加熱時のオーステナイト結晶粒の粗大化を防止するとともに、MnS やこれを核に析出した V 炭窒素化合物を利用して熱間鍛造後の冷却中に粒内フェライトの変態を促進し、組織の微細化を図る技術が実用化されているが、この場合は、S レベルはやや高目が好ましい。また、直接 1 回掛けホロー用鋼板に関しては、従来のリム脱炭鋼板並みの耐爪飛び性とプレス成形性を有する連続鍛造適合鋼種として、O を 500 ppm 程度に調整した高酸素極低炭素鋼が開発された。

地球環境保全の観点から、スクラップリサイクルの強化が重要な課題となってきた。スクラップを溶解するに際し、スクラップから混入する Cu や Sn などの不純物元素をいかに除去するかの研究も進められているが、これら不純物元素をある程度含んだままの鋼を使いこなす製造技術の確立が今後必要となるであろう。

(2) 厚板の加工熱処理 (TMCP) 技術

厚板の非調質高張力鋼の製造技術として開発された、制御圧延と制御冷却 (水冷による加速冷却) を組み合わせた TMCP (Thermo-Mechanical Control Process, 熱加工制御または加工熱処理) は 1980 年に我が国で実用化されて以来、国内外の鉄鋼製造メーカーに広く普及し、近年ますますその技術が洗練され幅広く活用されるようになった。

TMCP により優れた品質の構造用鋼材や高張力鋼材を製造するには、制御圧延、制御冷却条件の最適化とともに、Nb, V, Ti, B などの微量合金元素の成分設計上の工夫および S, P, O, N, H などの有害不純物元素の低減との組み合わせが不可欠である。制御圧延はオーステナイト領域およびフェライトに一部変態した領域で行われるが、オーステナイト未再結晶域での累積圧下率を高めると、フェライト粒の顕著な微細化が図られ、母材の靱性向上に有効である。また、圧延後の加速冷却では、フェライトの変態点が低下し、微細粒が得られるとともに、空冷の場合に生成するパーライトがベイナイトを主体とした低温変態相に変化し、強靱化が達成される。Fig. 8.15 に TMCP における熱加工履歴によるマイクロ組織変化の概念図を示す。

高張力鋼の要求性能としては、強度、靱性ととも耐低温溶接割れ性、溶接熱影響部 (HAZ) の靱性など溶接性が重要である。低温溶接割れに関しては、TMCP 鋼では一般鋼に比較して低 C 当量にて高強度を達成できるので有利である。また、HAZ 靱性に関しては低 C 当量化によるマイクロ組織改善に加え、Ti 窒化物または酸化物による HAZ ミクロ組織の微細化、Al 添加による固溶 N の低減、低 Si 化による高炭素島状マルテンサイト低減などの対策がなされている。

Fig. 8.15 における CR-AcC・1, AcC・2 などの熱加工履歴に代表される TMCP は造船用 490 MPa (YP 353 MPa) 級に適用されたのを皮切りに、厳しい低温靱性が要求される寒冷地の海洋構造物用厚物 490~550 MPa 級高張力鋼板、石油や天然ガス輸送用のラインパイプ用 X60~80 級高張力鋼板に適用された。なお、ラインパイプの使用環境は悪化の一途をたどり、H₂S を含むガスや原油を運搬するパイプには耐 HIC 性、耐 SSC (硫化物応力腐食割れ) 性など厳しい耐サワー性が要求される。C, P, Mn の低減によるスラブの中心偏析の軽減と極低 S 化および Ca 処理による硫化物の低減、形態制御を行った上で、TMCP での加速冷却により偏析部への C の拡散濃化を防止すると、その界面に水素がトラップし

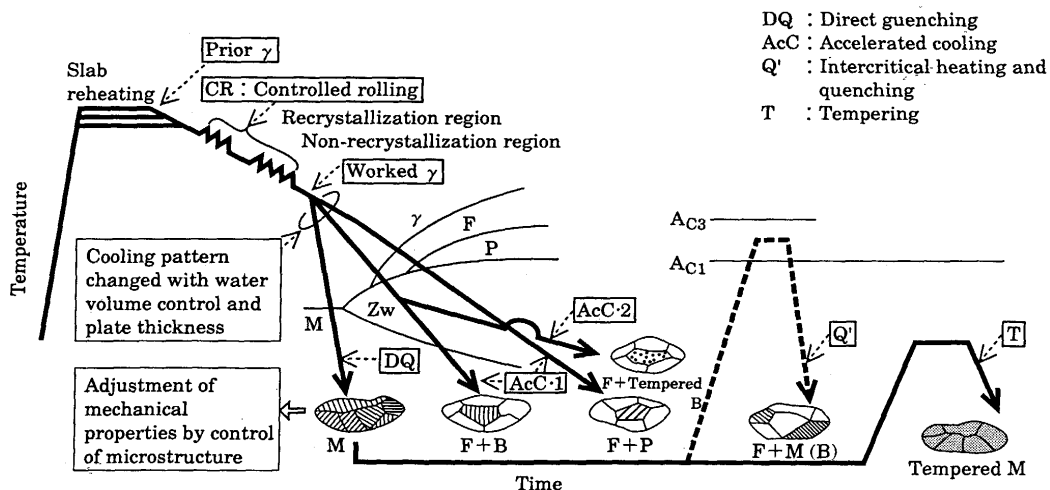


Fig. 8.15. Schematic illustration of micro-structure control on TMCP.

HICの起点となる低温変態相の硬さが低下するので耐HIC性が改善される。一方、溶接部のSSC感受性はHAZ硬さが高いほど増大するが、低C当量化の可能なTMCPは有利となる。また、建築構造物の大型化やインテリジェント化に伴い、鋼材の極厚化や高張力化が進展しているが、良好な溶接性と高強度が必要な建築用490 MPa級高張力鋼板もTMCPで製造されるようになった。

TMCPはオーステナイト系ステンレス鋼板の製造にも適用されている。制御圧延の適用によって細粒化および下部組織の強化を通して高強度化（特に高耐力化）を図ることができ、さらに、圧延後の加速冷却により炭化物の析出が抑制され、そのままでも溶体化処理材と同等以上の耐食性が確保される。また、オーステナイト系ステンレス鋼と普通鋼を組み合わせたステンレスクラッド鋼板にもTMCPが応用されている。

最近、TMCP技術の一環として、熱間圧延後直ちに水焼入れし、ついで焼戻し処理を行う直接焼入れ法(Direct Quenching: DQ)により高張力鋼板が製造されるようになってきた。直接焼入れ法は従来の再加熱焼入れ法と比較して、再加熱の省略による省エネルギー効果のほかに、①溶体化状態から焼入れられるため、焼入れ性の増大や焼戻し時の析出硬化を最大限に利用でき、その成分を低減でき溶接性が向上する、②制御圧延を通し最終組織の細粒化が図られ、高強度で脆性亀裂停止性能の良好な高靱性鋼材が得られるなどの利点が期待できる。現在、この制御圧延後の直接焼入れ法(DQ-T)は、橋梁やペンストックなど各種構造物に用いられる590~980 MPa級の高張力鋼板などに適用されている。

高層ビルの耐震設計上優れた塑性変形能を有する鋼材として開発された590~780 MPa級低降伏比高張力鋼板は、再加熱・焼入れ法とともに直接焼入れ - A_{c1} ~ A_{c3} 間の二相域再加熱・焼入れ-焼戻しのサイクル(DQ-Q'-T)で処理する方法などにより、硬質のマルテンサイトやベイナイトを軟質のフェライト地に分散させた複合組織にすることで所定の性能が付与された。

今後、従来法で製造されている圧力容器用Cr-Mo鋼などについてもTMCPの適用拡大が進められるものと考えられる。また、前項で述べられた材質予測モデルがTMCP鋼を主体とした厚板製造プロセスにおいて構築され、品質設計システムや新製品の開発に活用され始めた。今後、コンピュータを用いた材質予測・制御技術のさらなる発展が期待される。

(3) 熱延鋼板の加工熱処理技術

熱延鋼板製造工程は、鋼片を加熱、粗圧延、仕上圧延、ランナウトテーブルでの加速冷却、巻取り後の徐冷といった一連の熱間加工と熱処理を付与して材質を制御する加工熱処理プロセスである。これまで、採りうるプロセス条件の自由度は比較的小さかったが、1980年代になると、二段冷却などランナウト冷却の高度な制御とともに、200℃以下の超低温

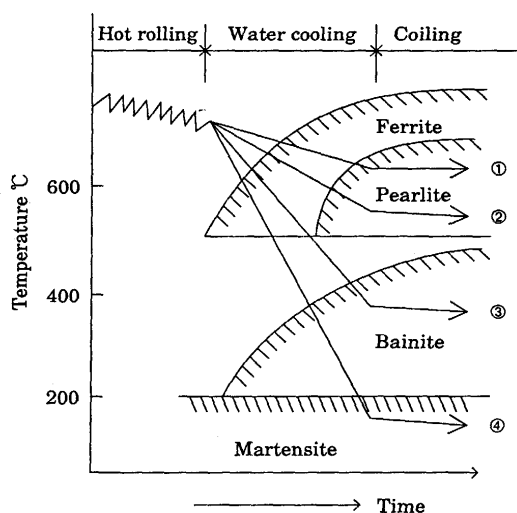


Fig. 8.16. Control of micro-structure in hot rolling line and hot rolled steel products. Products: ① Low carbon hot rolled steel; ② Nb bearing high strength steel; ③ Bainitic dual phase steel & Retained austenite containing dual phase steel; ④ Martensitic dual phase steel.

巻取りや熱伝達係数の変化が大きく従来制御が困難であった400℃前後の巻取りが可能となった。このようなランナウト冷却制御技術の進歩は、水冷バンクの細分化や緩冷却装置などハード面での対策とともに温度推定モデルをベースにした制御システムの高精度化などソフト面での進歩によるものである。このような広範囲の温度制御技術によってマイクロ組織の広範な制御が可能となり、自動車向けを主体とした成形性に優れた490~780 MPa級の高張力熱延鋼板が開発された。

Fig. 8.16に熱延での冷却条件と得られるマイクロ組織の概念図を示す。巻取温度が600℃前後でフェライト+パーライト組織を主体とする従来タイプの鋼板、400℃前後でフェライト+ベイナイト+(残留オーステナイト)の複合組織鋼板あるいはベイナイト単相鋼板、200℃以下でフェライト+マルテンサイトの複合組織鋼板が得られる。実際の製造工程では、変態挙動や強度に影響を及ぼすC, Mn, Siなどの添加量の適正化や加工性の向上を狙った極低S化などを行った鋼片を、適切な温度と圧下率で仕上圧延した後、巻取りに至るわずか15秒程度のランナウト冷却のパターンと巻取温度を制御することにより、マイクロ組織の微細化、フェライトの体積率、第二相および第三相の種類および体積率の調整が行われる。

Fig. 8.17に強化機構の異なる種々の高張力熱延鋼板の引張強さと伸び、穴拡がり率(伸びフランジ性の指標)のバランスを示した。従来の固溶強化や析出強化による鋼板やマルテンサイト系複合組織鋼板に対して、残留オーステナイト系複合組織鋼板は優れた伸び、ベイナイト単相鋼板は優れた伸びフランジ性そしてベイナイト系複合組織鋼板は良好な伸びフランジ性と伸びのバランスを有する。

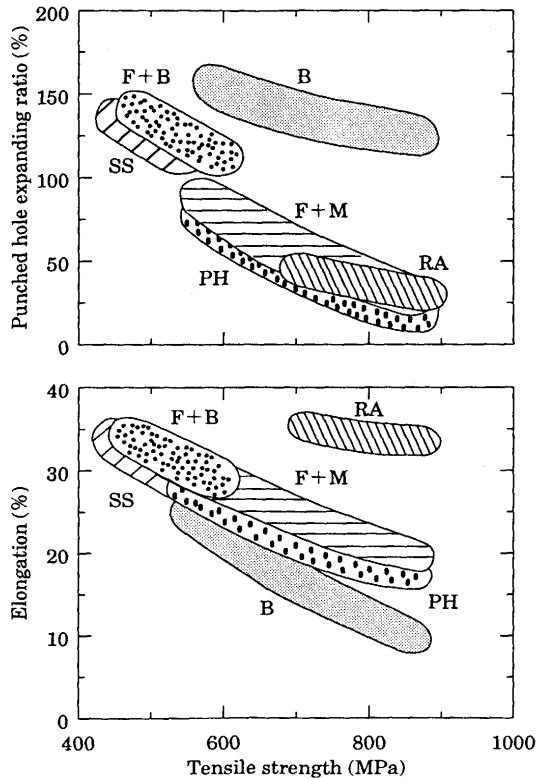


Fig. 8.17. Relation between tensile strength and mechanical properties of various hot rolled high strength steel sheets. B: Bainitic steel, F+B: Bainitic dual phase steel, F+M: Martensitic dual phase steel, RA: Retained austenite containing dual phase steel, SS: Solid solution hardening steel, PH: Precipitation hardening steel. (SAE Technical Paper series, No. 930283)

ベイナイトで強化した鋼板が優れた伸びフランジ性を示すのは、ベイナイトが適度な延性を有し、また、フェライトとの硬度比がそれほど大きくないため均一に変形しやすいことによる。また、残留オーステナイトを10~20%程度含有し、残りがフェライトとベイナイトで構成される残留オーステナイト含有複合組織鋼板はTRIP現象(Transformation Induced Plasticity, 変態誘起塑性)により優れた伸びを示すのが特徴である。ただし、このタイプの鋼板は伸び特性が良かったため優れた張出し成形性を示すが、加工により硬いマルテンサイトが生成するため、剪断縁の延性が要求される穴拡げ加工やバーリング加工などの伸びフランジ加工性についてはマルテンサイト系複合組織鋼板と同様に必ずしも良好ではない。このように熱延プロセスでの加工熱処理により種々の特徴を有する高張力熱延鋼板が製造できる。

なお、前述のような広範囲の冷却能力を有するランナウト冷却制御システムと冶金学的原理に基づく材質予測モデルとの組み合わせによって、熱延鋼板の材質を造り分ける技術が検討されており、それをを用いた出鋼成分の集約や合金成分の削減などの成果が報告されている。コスト競争力向上のため熱延加工熱処理技術が果たす役割は今後ますます大きくなるであろう。

(4) 冷延鋼板の連続焼鈍技術とIF鋼による深絞り用鋼板の製造技術

冷延鋼板の焼鈍工程を一つのラインに集約・連続化した連続焼鈍プロセスが我が国で開発され、1972年に実機ラインとして工業化されて以来、連続焼鈍プロセスは世界的に普及した。現在、日本では14基の冷延鋼板用連続焼鈍ラインが稼動中であり、冷延鋼板製品の約60%以上がこの方法で製

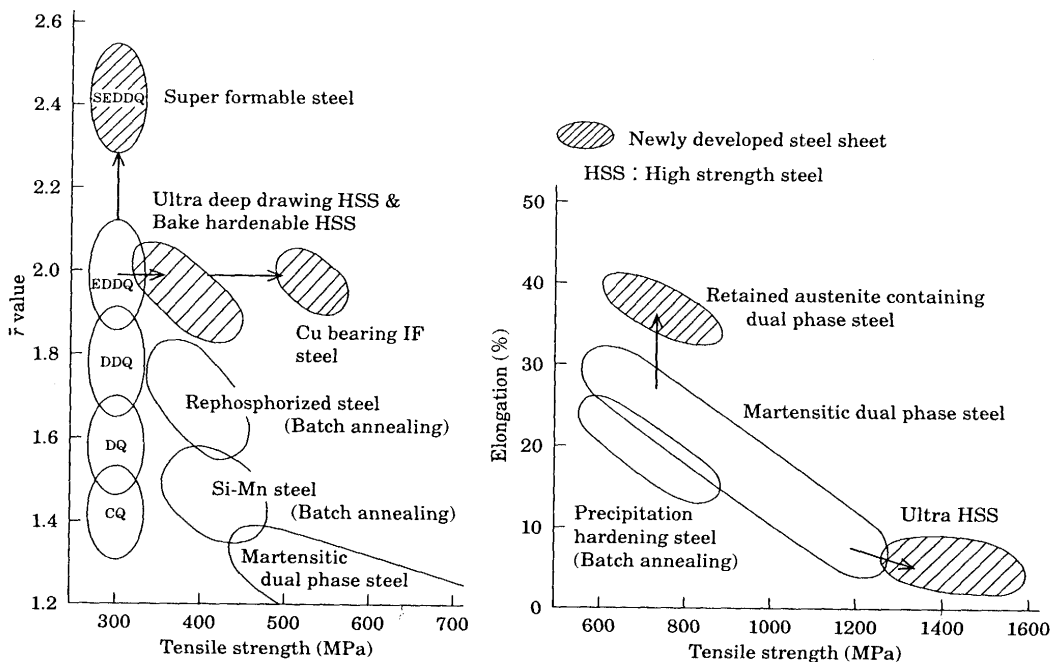


Fig. 8.18. Relation between tensile strength and formability of newly developed continuous annealed cold rolled steel sheets.

造されるようになった。連続焼鈍ラインでは、冷間圧延された鋼帯は加熱→均熱→急冷→過時効処理の熱サイクルで処理される。成分、熱延条件、冷延条件とこのような熱サイクルの組み合わせにより、再結晶集合組織やマイクロ組織を制御し270 MPa級の軟質深絞り用鋼板から1470 MPa級の超高張力鋼板まで幅広い製品が製造される。Fig. 8.18に最近開発された連続焼鈍による各種冷延鋼板の引張強さと r 値、伸びの関係を示す。

軟質鋼板は、当初低C-Alキルド鋼の高温巻取り材を素材として製造されたが、この鋼種では時効指数が40~50 MPaで遅時効性レベルが得られているものの、 r 値が1.4~1.6でCQ~DQレベルが得られる程度であった。1980年代になると、連続焼鈍生産能力の増大とともに、DDQ、EDDQのような r 値が1.7~2.1の高深絞り性や非時効性の要求される高級鋼板も連続焼鈍化する必要性が高まり、IF鋼が大量に適用されるようになった。以前のIF鋼は、Cが0.005~0.01%程度であったので、Tiを0.1%程度添加せざるを得ず、スラブ表面品質や高温焼鈍の必要性などの問題があった。その後、製鋼技術の進歩とともに、Cを安定して0.003%以下に低減する技術が確立され、TiあるいはNbを単独あるいは複合で微量添加したIF鋼が開発され、大量に使われるようになった。

また、最近では二次精錬操業の強化より、C、N、S、Pなどのレベルをより低減した高純度IF鋼を用いて、熱延条件制御、冷延高圧下、高温連続焼鈍の組み合わせにより、 r 値が2.5、伸びが55%を有するSuper EDDQとも言うべき超加工性鋼板も開発されている。

IF鋼は高深絞り性、高延性以外に、軟質で低降伏点、非時効性という特長を有するため、同じように連続熱処理で製造される深絞り用溶融亜鉛めっき鋼板や軟質ぶりき原板にも適用されている。しかし、IF鋼は優れたプレス成形性を有する反面、2次加工脆化、合金化溶融亜鉛めっき鋼板におけるパウダリングと呼ばれるめっき剥離現象、スポット溶接継手の疲労寿命低下などの問題点が指摘されている。これらについては多くの研究が行われ、それぞれを改善する技術が実用化されている。最近、Thermo-calcを用いた多相間平衡の熱力学的計算による解析や実際の析出物の形態分析などにより、IF鋼中の炭窒化物や硫化物の析出・溶解挙動が明らかにされつつあり、今後こうした手法が材質制御に活用されることが期待される。

IF鋼の思想を取り入れた、焼付硬化型高張力冷延鋼板や超深絞り用高張力鋼板の開発も盛んに行われた。IF鋼をベースにBH性を付与させる製造方法には大きく分けて2種類ある。一つは鋼中のC量に対して、Ti、Nbなどの炭窒化物形成元素を原子当量以下にして、フリーなC量を10 ppm程度残すように鋼成分を設計する方法、もう一つは連続焼鈍を高温で行い、析出したNbC、TiCなどの炭化物を再固溶させて固溶Cを残すという方法である。また、超深絞り用高

張力鋼板はIF鋼にSi、Mn、Pなどの固溶強化元素を添加して高強度化を図ったものであり、440 MPa級までが製造されるようになった。それ以上の高強度レベルに対しては、IF鋼にCuを1%以上添加し、連続焼鈍後、 ϵ -Cuの時効析出処理を施すことにより製造が可能となった。なお、我が国におけるIF鋼の生産量は年々伸び続け、現在冷延鋼板やめっき鋼板など合せて年産約600万tにも達していると言われて

いる。連続焼鈍の熱サイクルを組織制御に利用して、これまでフェライトとマルテンサイトから成るマルテンサイト系の複合組織鋼板が主に製造されてきたが、これに加え新しく高延性を有する残留オーステナイト系複合組織鋼板や超高強度を有する鋼板が開発された。残留オーステナイト系複合組織鋼板はC-高Si-Mn鋼を連続焼鈍にてフェライト+オーステナイト二相域に加熱後、過時効処理帯を利用してオーステンパー処理を施すことにより製造される。マイクロ組織および機械的性質の特徴は前述の熱延鋼板の場合と同様である。

引張強さが980 MPa級高張力鋼板はすでに実用化されていたが、さらに高強度を有する鋼板のニーズが高まったことにより、新しく加工性の良い1170~1470 MPa級の超高張力鋼板が開発された。これらの鋼板は連続焼鈍の急速冷却をフルに活用し、ベイナイトやマルテンサイトなどの変態組織強化により製造されるもので、マイクロ組織の制御を通して曲げ性およびこのような高強度域で問題となる遅れ破壊特性に対しての改善が図られている。

(5) 複合化・高機能化技術

ユーザーニーズの多様化、高級化傾向に対応するため、鋼材と他の金属、樹脂との複合化やレーザー、ドライコーティングなどを用いた高機能化技術が進歩した。

(a) 複合化技術

複合化鋼板としては鋼材と他の金属を接合したクラッド鋼(鋼板、鋼管など)と樹脂と薄鋼板を積層化した樹脂複合鋼板があり、いずれも1980年代以前に開発されたものであるが、ここ10年、高級化するニーズに対応するため新しい組み合わせの材料や特性の向上が図られた。

まず、クラッド鋼板の製造方法としては、ステンレスクラッド鋼板で開発された溶接組立てスラブを用いた熱間圧延法が、Tiクラッド鋼板に適用され量産されるようになった。厳しい腐食環境下で優れた性能を発揮するTiクラッド鋼板では、TiとFeは金属間化合物を作りやすく、また、鋼中のCが拡散して界面に達するとTiCが形成され、接合強度が下がることから、この対策として中間材にTiとの金属間化合物の成長速度が比較的遅い純鉄などが用いられている。

新しいクラッド鋼板として、リニアモーターカーのリアクションプレートに用いられるAlクラッド鋼板は、加熱したアルミニウム板と常温の鋼板を重ね合わせて圧延する異温度圧延法により開発された。また、温間圧延による接合によりアルミニウム-ステンレス薄板広幅クラッドコイルの製造法も

開発された。板以外では、熱間押し法によるシームレスクラッド鋼管やクラッド鋼板を UOE で製造するクラッド鋼管が実用化された。

薄い粘弾性樹脂を薄鋼板で挟んだ樹脂複合型制振鋼板は、熱硬化樹脂の採用による制振性能の向上のみならず、樹脂に金属粉末を混入させて導電性を付与するとによるスポット溶接性の改善、亜鉛めっき鋼板やステンレス鋼板の適用による耐食性の向上など、用途に応じた開発が進められた。

(b) 高機能化技術

エレクトロニクス分野で発展した PVD や CVD 技術が、表面改質による鋼板の新たな機能や意匠性の付与技術として、コイルを処理する連続ドライプロセッシング技術に利用されたが、これらを鋼自体の高機能化に応用する技術も開発された。

Fe に Si を添加して行くと電気抵抗が増加するとともに磁気特性が向上し、6.5% 含有すると磁気歪が零となり、高周波用途として最も優れた磁気特性を示す。しかし、Si 量が 3.5% を越えると脆くなり冷間圧延による薄板化が困難であった。そこで、化学気相蒸着法 (CVD) を利用する方法が開発された。CVD 法は、高温に加熱した低 Si 鋼板の表面に SiCl_4 を供給して表層に Si 高濃度層を形成させ、これを無酸化性雰囲気中で高温加熱して Si を鋼板内部に拡散させ、Si を 6.5% 含有した鋼板を製造する方法で、連続ラインにより処理が行われている。

CO_2 レーザーは鉄鋼製造ラインではコイル継ぎ溶接や管

溶接に用いられているが、冷延鋼板の調質圧延ロールの表面ダグ加工に利用して、潤滑性を保持した上で塗装後に光沢と写像性を高めた高鮮映性鋼板の製造技術に応用された。これはパルス状の CO_2 レーザーを圧延ロールの表面に規則的に照射して穴を刻んでいくもので、そのロールを用いて調質圧延を行うことによって、鋼板の表面に規則的な凹凸を転写する技術である。

一方、方向性電磁鋼板においては、レーザービームやプラズマジェットを照射して磁区の細分化を図り、鉄損を低減する技術が開発されている。なお、最近では歪取り焼鈍にも耐えるように、表面に溝を導入して磁区細分化を図る方法も開発されている。

以上、この 10 年を振り返り、主な鉄鋼材料製造技術の進歩について概説した。急激な円高など経済情勢の変化や中進鉄鋼国の追い上げ、さらに地球環境問題などへの対応から、今後、鉄鋼材料に対する需要家ニーズや社会的ニーズはますます厳しいものとなることが予想される。このため、よりいっそうのコスト競争力向上と性能向上が必要となろう。前者に関しては、汎用材料の製造条件の徹底した合理化や低コスト新製造プロセスの開発などが進められよう。一方、後者に関しては、鉄鋼材料としての極限性能の追及や高機能化の研究が引き続き多方面で展開されるであろうが、これまで以上にニーズ適合し、しかも性能とコストのバランスのとれたものが要求されよう。また、スクラップリサイクルや環境対応を前提とした鉄鋼製造技術の開発も推進されるであろう。

8.3 需要分野別鉄鋼材料の進歩

8.3.1 車社会と鉄鋼材料

(1) 概況

(a) 車をとりまく環境の変化と鉄鋼材料

現在、我が国の自動車保有台数は 6,200 万台、国民 2 人に 1 台の割合に達しており、車抜きには我々の生活は考えられない。車に対する要求は時代とともに変遷し、また当然これを反映して自動車用鋼材へのニーズも変化してきた。この前の 10 年間のキーワードが、オイルショックに端を発した燃費低減と小型軽量化であったとすれば、この 10 年間は、一方では地球環境問題に伴う排ガス規制やリサイクル問題、安全対策の強化などが挙げられ、他方ではユーザーニーズの多様化に伴う個性化、高級化指向があった。さらに 1990 年代に入ってから、1 ドル = 100 円に及ぶ一段の円高の動きを受けて合理化、コスト重視への圧力も強まった。

Fig. 8.19 はこの 10 年における普通・小型乗用車の原材料構成比の変遷を示す。鉄系材料の構成比は 1983 年の 76.0% から 1992 年の 72.3% へと若干の減少傾向にあるが、依然 70% 以上を占めている。さらに平均車体重量は 1983

年を 100 とすると 1992 年は 133.2 となっており、自動車 1 台当たりには使用された鉄系材料の総重量は逆に増加している。またこの 10 年は、一部の限定車に対してではあるが、アルミを初めとして鉄鋼に変わる軽量材料の適用が大いに試みられた時代でもあった。Fig. 8.20 は大幅なアルミの採用により注目を集めたスポーツカー NSX の材料構成比を示す。

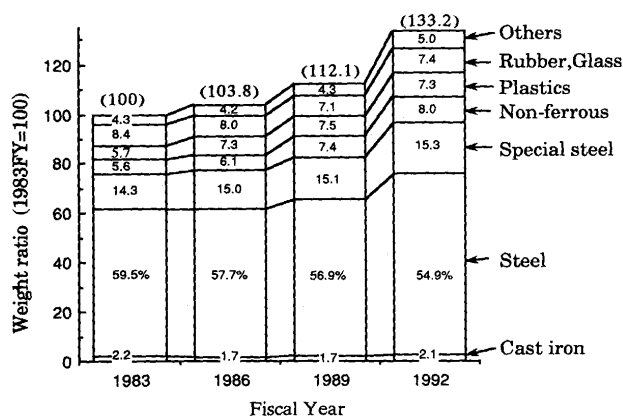


Fig. 8.19. Annual change of the ratio of raw materials used for passenger cars.