

4. 加 工

4.1 鉄鋼加工技術の展望

本特集号が回顧する既往10年間は本邦の鉄鋼生産がそのまへの10年の終りに比べて2倍半にもなろうかという顕著な増産をなした時期であり、加工技術においてもあらゆる面において画期的ともいべき進歩をとげており、そのいずれの分野においても進歩の様相に関して共通した点が認められる。その骨子をあげれば、基礎理論から生産技術の広い分野にわたる活発な共同研究、均質かつ優良な素材の大量供給の実現、設備の大型化と高速化、計測・制御技術の開発による生産の自動化と連続化、計算機制御、ならびにこれらの進歩に基づく生産性、品質および歩留の向上、さらに省力化と環境改善にいちじるしい進展があったことなどである。わが国においてその成果は特にめざましく、各種の加工製品はその質、量ともに世界の最高水準を争っており、製品の輸出はもちろん、従来とくに加工設備が先進諸国依存度が高かった状況は一変して加工設備と技術を含めて広く海外に輸出されるようになり、好評を得つつある。

4.1.1 加工理論における共同研究

本協会共同研究会の圧延理論部会は、圧延設備の製造者と使用者が協同して、各種の圧延理論の比較検討、熱間および冷間の変形抵抗と変形能の測定と解析、潤滑剤の性能の検討、圧延機剛性の検討、板圧・形状の制御および計算機制御などの多くのテーマについてデータの蓄積と理論的討議をかさねてきており、圧延設備と操業の進歩改良に不可欠の指針を与えている。かつそれらの成果の一部は出版されていて、広い範囲の利用に供していることもこの時期における注目に値する成果である¹⁾²⁾。さらに、わが国の圧延機の自動化における制御方式が圧延理論に基礎をおいているのに対し、諸外国の方式は圧延動力の実績に基づいている場合が多いといわれるが、これらの相違は共同研究の成果が広く活用されていることを雄弁に物語っているといえることができる。

また、薄板成形技術研究会は、成形加工用薄鋼板製造者と自動車製造者などの使用者を含む組織であり、成形性力学の基礎のもとに異方性塑性理論を展開し、各種の成形方式に対する板の適性判別ならびに特性値の改良に関して共同研究を行っており、国際共同研究組織である IDDRG の一環ともなっている。

さらに、再結晶集合組織の生因に関する材料学的研究の共同研究会も本協会と日本金属学会、日本学術振興会が共催する鉄鋼基礎共同研究会の部会として設けられている。

これらの研究組織には大学、公立研究機関の研究者もメンバーに加え活発な研究活動を行なっているほか、共同研究会の各部会そのほかにおいても、加工理論の実際操業に応用するための共同研究が活発に行なわれている。

る。

4.1.2 素材の加工適性の向上

鋼片素材の大型化は、加工作業の成績を向上させるための重要な因子である。しかし大型鋼塊においては、その内質の不均一が避けられず、成品特性上種々の障害がある。連続鋳造法は均質な大型鋼片を製造するのに適しているのみならず、鋳込歩留も向上するという利点がある。また、小型圧延機による成品の製造に対しては逆に小型鋼片を連鋳によって作り連続圧延することもできる。連続鋳造材は材質の清浄度もよく、圧延成品の形状もきわめて優れているが、現在なお進歩の過程にあり、未解決の難点もある。その一例はフラックス・パウダーの巻き込みによる介在物の突発的な増加であり、最終スラブに往々に発生する。連連続鋳造技術の完成が解決策であろう。

きびしい加工に際しては素材の介在物の少ないことが要求されるが、これには適切な脱酸、真空脱ガスなどが有効である。S、Pを減少させたり、A₃点付近以下の温度の熱間加工量を増して延長した介在物を粉碎分散させることも、各種加工用途で実施されている。一方、大型鍛造品むけの鋼塊の内質を改善するためには、真空アーク再溶解法や ESR 法による精製が有効である。

素材の表面疵は加工に有害であり、除去法としては溶削、皮むき切削などが多く採用されてきた。連続・高速作業に適する表面疵検出器も開発された。一方、熱延鋼帯の内部欠陥を検出するためには超音波探傷法などが活用されている。

4.1.3 大型化と高速化

圧延、鍛造、溶接、プレス、焼結などすべての加工分野において大型化・高速化が推進された。これらの具体的な内容は各項にゆずるが、大型・高速の設備の性能を十分に発揮するためには、ロール、ダイ、潤滑、保守などの関連技術水準が高く、オペレーターの技倆も完熟していることが必要である。この点においてわが国の水準はきわめて高度のものであると考えられる。

4.1.4 自動化と連続化および計算機制御

操業の高速化にもかかわらず、各種の計測装置の発達と加工設備の応答の迅速化とによって、加工精度はきわめて良好となり、品質欠陥もいちじるしく減少している。加工理論の進歩と計測・コントロール技術の改良とによって計算機制御が容易となり、ホットストリップ、コールドストリップ、H形鋼などの圧延操業において実施されている。コイル酸洗、溶接、冷延を完全に連続させたコールドストリップ操業も、いちはやくわが国で実施され、世界の注目を浴びている。加工後の各種精整作業においても、各種検出端と計算機の組合せにより、自動化、省力化の実績があがっている。また、薄板のプレ

スラインの自動化も各方面で実施され、海外にもすでに輸出の実績がある。

4.1.5 加工中の材質改善

コントロールド・ローリング、ペイナイト組織化などの加工・熱処理を施した厚板は、溶接鋼管の性能を高めるために使用される。冷延鋼帯のバッチ焼鈍に際しては、化学成分、熱延履歴、バッチ焼鈍サイクルの組合せにより、再結晶集合組織を改善して、 n 値と r 値とを向上することができる。さらにオープン・コイル焼鈍によれば、 C や N をも減少させて加工性、時効性を改善することができる。また近來開発された軟質連続鈍法では、短時間で形状がよく各種の加工特性を備えた冷延鋼板をえることができるようになった。これらは最近10年間の技術進歩の成果であり、今後さらに多くの収穫が期待される。珪素鋼板についても4.3.2(2)(b)に記されるように、加工サイクルの改良によってきわめてすぐれた国産技術が完成され、ひろく海外に技術輸出されている。

4.1.6 省力化と環境改善

素材、設備ならびに計装の進歩により、各分野において大幅な省力化が可能となり、また同時に作業環境もいちじるしく改善された。熱間圧延工場の作業員は、いまや空調された制御室内において、計器表示により操作指示を行っており、往時の作業環境とは大きな相違が見られる。公害の軽減、絶滅についても多大の研究と投資が行なわれ、廃酸、廃アルカリ、燃焼排気、含油排水の処理については、法規制と地域協定に基づいて周到な配慮がなされている。プレス機の騒音、振動についてもこれを軽減する装置が出現している。

また生産工場における工程管理についても、大型計算機によるオンライン管理が導入され、工程の迅速化、納期の短縮とともに、要員の節減とミス防止に大きな効果をあげている。

さらに新しい溶接法、冷間鍛造法、放電加工法などの導入は、品質の向上とともに省力化と環境改善の点で高く評価されている。

4.1.7 将来の展望

資源・エネルギー問題、環境・安全問題が、今後の社会の進路決定にいよいよ大きな影響力をおよぼすこととなり、加工技術もこれを念頭において発展させられ、あらゆる見地よりして人類の福祉に貢献すべきものであることはいうまでもない。このため環境の改善と公害の防止にはさらに大きな進歩が見られるであろう。

成品の性能向上と寿命の延長とはただちに資源・エネルギーの節約につながるものである。素材の均質化、適切な合金成分の添加、中間加工および熱処理による加工性の向上などに関して、この目的のため学理に基づいて多方面で精力的な開発がなされねばならない。加工品の精度向上と生産性向上については、前述各項に記した諸方策がさらに推進さるべきであるが、とくに重要なのは形状検出端の開発と、これに対する有効迅速な操作機能の整備であろう。これらのテーマについてもわが国における緊密な共同研究態勢が将来さらに大きな寄与をなす

ことが期待される。

文 献

- 1) 日本鉄鋼協会編：圧延理論とその応用（昭44）
誠文堂新光社
- 2) 日本鉄鋼協会圧延理論部会：圧延研究の進歩と最新の圧延技術（昭49）
- 3) 鉄と鋼：59（1973）13，（圧延技術の進歩）
- 4) 日本鉄鋼協会条鋼部会編：わが国における最近の大形鋼製造技術の進歩（昭47）
- 5) 日本鉄鋼協会鋼板部会編：わが国における最近の厚板製造技術の進歩（昭48）
- 6) 日本鉄鋼協会鋼管部会編：わが国における最近の鋼管製造技術の進歩（昭49）
- 7) FRANZ KÖSTESS 著，協会翻訳：形鋼と棒鋼用圧延機（昭49）

4.2 加工理論の進歩

4.2.1 圧延理論

(1) まえがき

わが国の鉄鋼業は米国およびソ連につぐ世界第3位の規模で、その圧延部門の進歩は著しく、ストリップミルの保有数は米国につぐ第2位であり、また圧延設備は高能率、高生産性の世界最新鋭ミルを有している。これら大型、高速設備の操業を支える圧延技術は、その基礎ともいふべき圧延理論の発展、およびその実用化への拡張研究に大きく依存している。わが国における圧延理論に関する研究は歴史的には日本鉄鋼協会の共同研究会圧延理論部会（旧圧延理論分科会）における盛んな討論と、たゆまざる努力の積み重ねによって発展してきた。それらの業績は日本鉄鋼協会編“圧延理論とその応用”に詳細に解説されている。

また圧延理論の展望についても多くの論文が出されておりそれらを参照されたい。さらに最近、圧延理論部会20周年記念シンポジウム¹⁾が開催され、圧延研究の進歩と最新の圧延技術に関して各専門分野別に報告されているので、くわしくは、それらの論文に譲ることにして、ここでは歴史的発展の概況について述べる。

圧延技術の進歩の最も代表的なものの1つに圧延機の計算機制御がある。圧延理論に立脚した数式モデルの開発さらにそれらを連続圧延に拡張した総合特性の解明が圧延プロセスの最適化へのアプローチを可能としてきた。また板圧延の二次元圧延理論のみならず、鋼管、条鋼等の三次元理論への発展もみられ、鋼管の連続圧延およびH形鋼連続圧延にそれらの成果が発揮されており、板圧延以外の圧延分野における計算機制御、自動化への進展が今後期待されている。

(2) 圧延理論の発展

1925年 VON KARMAN が板厚に比して板巾の広いいわゆる平面ひずみ条件における二次元圧延理論を提出した。図4.2.1に示すロールバイト内における水平方向応力の平衡から(1)式を導いた。

$$d\left(\frac{hq}{2}\right) = p(\tan\theta \mp \tan f)dx \quad (1)$$