特集・金属加工の将来展望

特集号の企画にあたって

加 藤 健 三*

人類の誕生以来、道具を用いる金属の加工技術は長い人間の歴史をつくり上げた。古書によればチグリスユーフラテスにおいて、自然金、自然銀の加工が行われ日常生活に使用されたということであり、わが国においても砂鉄より得られた玉鋼の加工の歴史が思い出される。そして現在、この人類の能力がますます拡大され、各種の加工物としてその姿をあらわし、あるいは宇宙空間まで、あるいは地下数千米までその触手をのばしている。日本金属学会会報編集委員会よりの依頼にもとづき、金属加工の現在までの進歩発展をふりかえり、将来を展望することはまことに有意義であり、その必要性もきわめて大きいものと考えられるが、今回は特に鉄鋼の加工に重点を置いて専門家のご寄稿をいただいた。

さて、金属加工を最も単純化して考えれば、(1)加工設備、(2)加工材料および(3)トライボロジーすなわち設備と材料の接触部における摩擦その他の表面問題に帰するように思われる。そして、金属加工の進歩はこの3方面の研究を絶え間なく進めることであろう。加工設備の最近の進歩には大型化、連続化、高速化、高圧化、耐熱化、自動化などが見られ、加工材料については変形能の増大、加工硬化指数(n 値)、ランクフォード値(r 値)、パウシガー効果など材料特性値の解明および向上、冷間のみならず、温間、熱間における変形特性の解明および加工性の向上などがはかられた。しかし、忘れてはならないことはトライボロジーの問題、たとえば熱間押出し加工におけるガラス潤滑や冷間鍛造加工におけるリン酸塩被膜潤滑によって従来、不可能とされてきた新加工技術が可能となったことであり、これらはいずれも第二次大戦以後に急激に発展したものである。

ここで、目を材料開発に転じてみると、近年における自動車用鋼板の発達を忘れることはできない。今でこそ日本の自動車用鋼板は世界一級の折り紙をつけられてい

るが、20年以前にはアメリカの材料でなければ使用できないとまでいわれた。当時からアメリカの鋼板はコマーシャルクオリティのリムド鋼とドロ잉クオリティのアルミキルド鋼の2種類で、プレス成形の難易度により使い分けてきた。しかしわが国の研究開発にたずさわる人々の熱心はその現状に満足することなく、あるいは非時効性低炭素鋼板、あるいは脱炭材、あるいはTi添加鋼板などと各種のグレードの製品を生み出し、一時は“ r 値競争時代”とまでいわれたことがある。そして、その原動力となったのが材料の基礎的研究であり、また、ユーザーとしての自動車関係技術者とメーカーとしての鉄鋼関係技術者および大学・研究所関係の研究者の共同研究の賜物であった。当時はまだ日本の自動車工業も現在のごとき大規模な形にはなっておらず、プレス工場においてはしばしば鋼板の破断が生じた。しかし、この破断はプレス技術に原因があるのか、また、鋼板の加工性に原因があるのかはあまり明白でなかった。

そこで各種の材質の鋼板が鉄鋼メーカーによって試作され、鋼板上にスクライプトサークルをつけ、各種のプレス型でプレス実験を進めた。この実験によりそれぞれのプレス型における塑性ひずみ分布および材料特性の差異が明瞭に観察されるようになり、過大なひずみの場合はプレス型の改良、小さなひずみでの破断は材料の加工性の改善に結びつけられた。材料開発としての鋼板の加工性向上の問題は、深絞り性の支配要因としての r 値、張出し性の支配要因としての n 値に焦点が合わされ、 r 値と相関をもつ鋼板の集合組織がX線を用いて研究され、(111)面が圧延板面に平行であるように製造された鋼板の深絞り性がすぐれていることが明白となった。 r 値の向上のためには、ホットストリップミル、コールドストリップミルおよび焼なまし、調質圧延のすべての工程に関係があることが学問的にも技術的にも明らかとなり、金属加工プロセスとそこから生み出される材質の特性が関係づけられたことは金属加工技術が単に形状を決

* 大阪大学教授；工学部
Introduction: Kenzo Kato (Faculty of Engineering, Osaka University, Suita)
1980年1月10日受理

定するばかりでなく、金属学的に材料の内質を決定することができる意味において重要な科学技術であるということができよう。

もう 1 つの材料開発の例として忘れてならないのは制御圧延技術 (controlled rolling) の発展であろう。この技術開発の基礎は結晶粒度が細くなれば降伏応力が上昇するという Hall-Petch Relation にあるといわれる。その基礎的研究は主として諸外国で行われたが、これを大規模な実用化に結びつけたのは、わが国の研究者、技術者であり、圧延温度を制御することによって強度の高い鋼材を生み出すことに成功し、世界全域における石油ラインパイプに利用されるまでに至った。とくに Nb を添加することにより圧延中の再結晶をおくらせる技術を確立し、圧延加工という金属加工技術により低合金鋼でありながら高強度で低温ぜい性に有利な鋼板を生産することに成功したことは材料開発の面からも高く評価されよう。

最近とくに注目される例としては、冷間圧延後に連続焼鈍工程において、連続的に洗浄→再結晶加熱→水焼入れまたはガス冷却→過時効処理→調質圧延を行うことによって深絞り用鋼板から高張力鋼板までの各種鋼板をきわめて短時間に生産し得る連続焼鈍技術が確立した。しかもこれらの技術開発がわが国が世界に先がけた点を強調しなければならない。

現在、自動車メーカーにおいてそれら各種の鋼板、とくに高張力冷延鋼板のプレス加工への応用の研究が進められ、すでに、一部の新車には採用されており、自動車の安全性を目的とした強度の向上および省エネルギーのための軽量化に役立てられている。

以上のように見てくると、金属加工技術が単なる力学的課題ではなく、材料学的課題としてとらえてゆかなければならないことを痛感するとともに、これが将来の金属加工技術研究の 1 つの方向であるということができよう。

実は本学会の協力のもとに本年 9 月末から 10 月初旬にかけて圧延に関する国際会議が東京で開催されることとなり、テーマとして、(1) 圧延板の形状制御、(2) 圧延潤滑、(3) ダイレクトローリング、(4) コントロールローリングの 4 項目をかかげて各国の申込みを受けたが、国外からの分だけで約 60 題目の申込みがあり、国内の分を合計すると 100 題目を越える状態で、その反響の大きさに驚いているところである。これも圧延加工という金属加工技術が世界的に見て大きな課題であり、とくに

わが国の研究および技術開発のレベルの高さが評価された結果であろうと考えられる。

さて、以上のようにわが国の金属加工技術の進歩はめざましいものがあるが、新しい 80 年代においてはわが国のはたさなければならない基礎的ならびに応用開発的な研究に対する責任もきわめて大きいと考える必要がある。とくに石油問題に端を発したエネルギー問題をふまえて資源の乏しいわが国の研究開発がどうあるべきかを考えるとき、その重要さを痛感するとともに、国際協力の線を広い意味で推進せざるを得ないように思われる。とくに国際的な学会活動では従来は基礎的分野に限定される場合が多かったように思うが、それも勿論必要であるが、さらに一步を進めて応用開発的なものを新しく推進して行く必要が大きく、金属加工技術の各分野においても一段の努力を捧げなければならないであろう。そして、それぞれの分野において、前述の加工設備、加工材料およびトライボロジーに関する研究開発を進めなければならない。これを基礎的な意味を含めて言い換えれば、力学と材料学とトライボロジーということになり、金属加工の力学、金属加工の材料学、および金属加工のトライボロジーの 3 つの項目ということになる。とくに本学会としての金属学的な立場からの加工問題へのアプローチを期待してやまない。

なお、本学会として「金属学の未来像」のまとめが進められているが、加工材料に関しては変形挙動の微細的考察、延性破壊条件の解明、複合負荷のもとでの変形挙動の公式化、加工プロセスからみた素材特性、特殊環境下での塑性変形挙動、複合材料、超塑性材料、変形のシミュレート法などがテーマとしてあげられ、また、加工プロセスに関しては材料流れ、加工割れ、疵の防止と検出、潤滑剤、加工材の表面性状、液相から固相への連続加工、粉末冶金と塑性加工の一体化、中間温度域における加工、高温・高圧加工、高エネルギー速度加工、せん断切口の改善、圧延の 3 次元変形、廃物利用・再生の観点からの加工法の見直し、エネルギー節約型加工プロセスなどのテーマがあげられていることを付け加えておきたい。

以上、金属加工の将来展望特集号の企画に当って私見を述べたが、今回の特集号はとくに鉄鋼関係の第一線の専門家の執筆をいただき、会報の内容を充実することができたことに対し、深甚なる感謝の意を表するとともに、会員諸賢のご一読をお願い申し上げる次第であり、今後さらに非鉄金属関係の金属加工の特集を行う必要があると考えられる。