

# 塑性加工と環境問題に関する調査研究

(社) 機械技術協会 環境問題研究委員会

委員長 佐野利男

(工業技術院 機械技術研究所 課長)

(平成3年度研究開発助成 AF-91014)

## 1. 研究の背景

1972年、ストックホルムで開催された国連人間環境会議に続き、1992年6月にはリオデジャネイロで国連環境開発会議（UNCED、地球サミット）が開催された。この20年間に、2度にわたるオイルショックに直面したが、その際の我国の対応は早く、エネルギー多消費の重厚長大型の産業構造から軽薄短小型へと構造転換がはかられて、これらの危機を乗り越えてきた。例えば、従来は殆ど利用することなく捨てていた熱エネルギーや動力の回収が積極的に実施され、その結果として達成された省エネルギー率は先進国の中でも極めて高く、省エネルギーの優等生との評価も得た。塑性加工技術に対しても、その背景と状況は同様であった。即ち、塑性加工は大型化、高速化、連続化などを通じて量産化への道を進み、同時に生産効率が高く、量産効果が大いであるという意味で重厚長大型の技術に負うところが大きかったが、オイルショック後に台頭してきたニーズの多様化・高度化は、省エネルギー的な側面以外においても塑性加工技術の変質を促してきている。その一例は、塑性加工における多種少量生産化と製品の高品質化・高精度化として具現しており、各種塑性加工におけるニアネットシェイプ加工や加工技術のインテリジェント化などが模索されている。

上記のUNCEDでは、オゾン層の破壊、地球温暖化、酸性雨、森林（とくに熱帯林）の減少、野生生物種の減少、砂漠化、海洋汚染、有害廃棄物の越境移動、及び開発途上国の公害問題など、いわゆる「地球環境問題」と開発の両立性、即ち、21世紀に向けて接続可能な地球社会を作るための具

体的な国際合意をまとめようとする試みが行われた。しかし、これらの地球環境問題と個々の塑性加工技術との関連は必ずしも明確ではない。例えば、塑性加工で利用する鉄鋼材料の製造過程では、国内のエネルギー消費量の約13%が使用されており、同時にCO<sub>2</sub>排出量の比率もそれとほぼ同程度の割合を占めている。また、1991年10月に「再生資源の利用の促進に関する法律」、いわゆる「リサイクル法」が施行され、資源リサイクルの観点から飲料用缶のリサイクル運動も盛んになってきているが、アルミニウム、スチール製の飲料用缶はいずれも塑性加工によって作られている。さらに、リサイクル法では、紙とガラス業界に55%の目標再生率を設定し、自動車やテレビなどはリサイクルしやすい構造や材質にすることなど義務づけている。このように、単に塑性加工だけでなく、最終的に製品を得るまでの全プロセス、また製品寿命やそのリサイクルまでを考慮する必要があり、塑性加工が今日の地球環境問題に及ぼす影響の評価は必ずしも容易ではない。

一方、このような地球レベルの環境問題のほかにも、工場・事業場における騒音・振動、また廃液などの地域的な公害問題も塑性加工技術と無縁ではない。

このような今日の地域及び地球環境問題に対する対策技術としては、1970年代における各種公害対策のような対症療法的とは異なり、地球規模のグローバリゼーションと21世紀に向けての接続可能性を考慮した技術開発が要求されている。地球規模の環境変化は産業革命後の200年間で生じたとされているが、なかでも1950年以降の変化が著

しく、各種工業技術の躍進の時期に符合し、塑性加工技術もその例外ではない。地域及び地球環境問題と各種産業との関連を明らかにし、塑性加工及びその関連技術と環境問題の関連を明らかにすることは、21世紀に向けて接続可能な技術開発とそのためのキーテクノロジーを模索するために、必要不可欠である。

## 2. 研究成果の概要

研究会、資料収集等による塑性加工及びその関連技術と環境問題の調査結果は、以下のようにまとめられる。

### I. 塑性加工における省資源

塑性加工は形状の付与と材質の改善を目的とする加工法であり、本質的に材料の歩留まりが高く、省資源に適した加工法である。従って、塑性加工の適用領域を拡大させることは、省資源の観点から環境問題に寄与することになる。材料の歩留まり向上のためには、製品の（ニア）ネットシェイプ化、高精度化、不良品発生率の低減などの技術開発継続が必要であるが、その際に過剰ではなく、適正品質の確保が重要である。塑性加工の適用領域を拡大するためには、塑性加工技術の高度化と新技術の開発が必要となるが、例えば高機能素材材を得るためには、形状、寸法の合目的化（異形偏肉板材の製造、異形・異径の線・棒・管の製造、異形・偏肉管材の製造、高寸法精度化）、また製品特性の合目的化（残存変形制御、加工硬化制御、表面性状制御、残留応力制御、複合化・接合化）などの加工技術開発を目指す必要がある。

### II. 塑性加工における省エネルギー

塑性加工の前後の工程には、加熱及び熱処理の工程を含むことが多いが、これらの加熱・熱処理工程のためのエネルギーは塑性加工に必要なエネルギーよりはるかに大きく、工場に材料が搬入されてから製品として出荷されるまでの一連の工程（加工システム）を対象として省エネルギー対策を講じる必要がある。加熱を含む加工プロセスの設計においては、加熱工程の削減、最適加熱方法・

シーケンス、温度の制御方法などについて検討する必要があるが、顕熱の有効利用も大切である。加工温度の低下や冷間加工の適用領域の拡大に関する技術開発も必要となるが、これに付随した材料開発も重要である。また、逐次加工、連続加工の採用による加工機械の小型化や低パワー化についても検討する必要がある。

### III. 省エネルギーのための塑性加工

CO<sub>2</sub>発生制御のために自動車の燃費向上が要求されてきているが、20～40%の燃費向上を達成するには15～35%の軽量化が必要といわれている。自動車のボディパネルのアルミニウム化のためには、そのプレス成形技術が重要となるが、冷延鋼板に比較すると延性が小さく成形性に劣り、また形状凍結性が悪いなどの成形上の問題点が多く。さらに、アルミニウム合金の場合は現状ではn値やr値が成形性を評価する指標となっておらず、実用合金ではr値を大きく変化させられないなどの難点もある。従って、成形性に優れた材料開発とともに、アルミニウム合金に適した成形条件の確立とそのための技術開発が急務である。一方、高張力鋼板の成形性向上、中実材の中空化とその加工技術開発など、鉄鋼材料を用いた軽量化対策も積極的に推進する必要がある。このほかに、Ni基超合金など難加工材の超塑性鍛造、超伝導線の伸線技術、低鉄損電磁鋼板の材質制御など、発電効率や送電効率の向上を通じて省エネルギーに寄与する塑性加工技術の役割も重要である。

### IV. 塑性加工における騒音・振動

1989年度の公害苦情全体の25.6%が騒音で、また3.2%を振動が占めており、騒音発生源の35.6%、振動発生源の31.5%が工場・事業場であるが、工場・事業場を発生源とする騒音・振動の大半は鍛造機械、プレス機械など塑性加工機械によるものであるといわれている。騒音・振動の対策技術は発生源対策、伝搬防止対策及び受振・受音対策などに大別され、鍛造機械やプレス機械について、従来から種々の工夫がなされてきているが、さらに騒音・振動対策に務める必要がある。一方、従

来の対策技術は一旦発生した騒音・振動を受動的に低減しようとする方法であるが、外部から制振エネルギーを供給して能動的に振動力を抑えるアクティブな対策技術も重要である。

#### V. 塑性加工における環境汚染物質

塑性加工に関連して使用される化学物質としては、潤滑剤、冷却剤、洗浄剤及び表面処理剤などがある。潤滑油のような油剤は、性能の限界まで循環利用した後に燃料、廃油として処理するが、その際、イオウ、塩素、リン系の極圧剤や窒素化合物添加剤については公害対策を施す必要がある。熱間鍛造用の潤滑剤として水溶性黒鉛が多く使用されているが、作業環境改善のために白色または無色の潤滑剤への移行が熱望されている。塑性加工品を洗浄する際に種々の洗浄剤が使用されているが、オゾン層を破壊するトリクロロエタンも一部では使用されており、代替物質への移行が急務である。このほか、加工前の表面処理、加工後に使用するめっき液などの廃液処理にも十分な公害対策を施す必要がある。

#### VI. 資源再利用と塑性加工

リサイクルによるエネルギー、廃棄物、大気汚染への効果は、鉄鋼材料ではそれぞれ60～70%、95%、30%、またアルミニウムでは90～95%、100%、95%と試算されている。製造過程で排出される産業廃棄物のうち、金属屑は99.5%が再資源化されているが、これに対して、例えばスチール缶の再資源化率は44.8%、アルミニウム缶は42.6%と、一旦市場に出て最終製品として利用された後の再資源化率はあまり高くない。理由としては、成分が明らかでなかったり、異種材料との複合化などにより高品質の材料に再生できないことやリサイクルのシステムが確立されていないことなどがあげられる。資源の再生利用を促進するためには、破形技術（分断技術、破碎技術、粉末化技術）、劣化素材の改質技術（機械的強度の向上、変形能の向上、耐環境性の向上、複合化による改質）、低品質素材の加工技術（加工プロセス、

加工工具、加工機械）などの塑性加工技術の開発が必須である。さらに、リサイクル法によって自動車や一部家電製品はリサイクルしやすい構造や材質に工夫することが義務づけられたが、従来は各部品の高機能化を目指して使用する材料の材質改善が行われ、異種材料や異種部品の締結・接合技術も含めて、塑性加工はあくまでも製品化のための技術であった。今後はリサイクリングという新たなシステムの枠組の中で、従来と同じ機能をもった部品・製品を加工する必要があり、環境問題を念頭においた加工方法、加工システムの開発など、新たな展開が必要とされている。

以上の調査結果から、環境問題の解決に寄与する塑性加工関連技術には、

- (1) 省資源・省エネルギー技術（材料歩留まり向上技術、加工エネルギー・加熱エネルギーの削減技術、加工プロセスの合理化技術、加工品の高機能化技術、加工品の品質評価技術）
- (2) 防音・防振技術（騒音・振動の発生源及び伝搬評価技術、騒音・振動の伝搬防止技術、発生源における振動削減技術）
- (3) 環境汚染物質の削減技術（油剤の使用削減及び再生利用技術、黒鉛系潤滑剤の白色化技術、有害化学物質の使用削減技術）
- (4) 資源の再生利用技術（スクラップ・切屑などの直接加工技術、破碎・粉碎技術、材質劣化材の改質及び高品質化技術、材料選別技術）

などがあることが明らかになった。これらはいずれも、環境問題を念頭においた塑性加工技術が今後目指すべき方向を示しているが、現時点では総論的な課題提起に過ぎない。しかし、いずれの課題も技術的には広範な内容を包含しており、これらを具体的に検討し、当該の研究開発テーマの策定をはかり、研究開発を効率よく推進するためには、今後、産・官・学の密接な協力関係並びに国際的な協力体制のもとに調査研究を継続する必要がある。