

大幅省資源のための生産技術

鈴木 弘*

Hiromu SUZUKI

工業技術は目的に応じて最適の原理を採用し、最良の方式を取り入れながら進歩して行く。したがって、目標が修正されれば、それに応じて異なる原理と方式とが採用されて技術が変貌することがあるのは当然である。出力と効率とを追求して進歩してきた自動車用のエンジンが、排気の清浄という新しい目的の重視の時代に入って、技術の進歩の方向を変針して改良進歩を競っている現状は、そのわかりやすい一例である。

オイルショック以来、省資源が世界をあげての関心事になった。これも工業技術の大きな目的となることはいうまでもない。わが国でも資源の限度に関する認識が一般に行き渡ったとはいいいながらも、まだその認識は観念的・表面的であって、真の意味を理解している人は少ないように思われる。生産技術に関しても、従来の方式を踏襲したままで、材料の加熱温度を多少引き下げるとか、歩どまりの向上を計るとか、消耗材料の節減を考えると、いわば日常的な努力による改良策は種々工夫されて、それなりの効果はあげている。しかし、加工方式までも再検討して、大幅の、いわば抜本的な対策が省資源の目的で新しく登場してきた例は少ないように思われる。

オイルショック以来、わが国においてはエネルギーコストは約3倍にはね上がった。しかし、エネルギーコストの高騰はこれで終わったわけではない。石油資源の底が見えるにつれて、今後ますます高値になると考えるべきである。したがって、省エネルギーを重要な前提条件として、生産技術の抜本的な改善策を今から検討して置かねばならない。

私たちの専門分野である塑性加工は、切削加工のような切削くずは出さない省資源型の加工法であり、また生産性が高く量産に適した加工法でもあるので、大量生産時代に入った現在では生産技術の中核に位置している。しかし、量産技術として利用すれば、大量のエネルギー消費が伴うことは避けられない。エネルギーの利用効率が悪いわけではない、むしろ他の加工法よりはすぐれているが、とにかくに金属材料のほとんど全量が一度ならず数度までも塑性加工を経過して工業製品になって行くので、塑性加工のために消費されるエネルギーの総量は莫大である。したがってその節減もまた大きな経済的効果がある。

塑性加工の学術と技術の両面の現状は、省資源・省エネルギー等の前提条件からの強い要求があれば、それに

応えて技術革新を実現できるだけの高い実力を備えているので、今こそその課題に取り組むべき好機である。塑性加工は最近の十余年間に急速の進歩をとげた。たとえば、有限要素法の利用によって、解析解の求められない複雑な変形も数値解は求められるようになった。また、電算機をプロセスコントロールに用いることによって、タンデムミルのような独立変数の数十もある巨大機械でも、複雑な作業を適確に実施あるいは再現できるようになった。特に日本の塑性加工のレベルは欧米諸国を抜いてきわめて高い。したがって、企業がやる気になりさえすれば、実現の可能な技術革新は少なくない。筆者の考えているテーマを二、三例披露しておく。

1. 加熱エネルギーの節減

金属の加工工程の中の加熱工程はコストの高いものである。材料1トン当たり数千円かかるのが普通である。コストの高さはエネルギー消費の多いことの現れである。鋼材1トンを熱間加工温度である1,200°Cまで加熱する熱量は、効率100%として正味のエネルギーのみでも160 Kw-Hrを要する。加熱炉の効率はボイラーなどに較べるとはるかに低いので、実際に消費される加熱エネルギーはその数倍にのぼると考えなければならない。

これに較べて塑性加工に必要な加工エネルギーは意外に少ない。このことに気づいている人が少なく、加熱エネルギーよりも加工エネルギーの方が大きいと誤信している人が大部分である。しかし事実は反対であって、鋼材1トンをたとえば圧延加工により厚さ200mmから20mmまで加工するに要するエネルギーを、加工効率100%として求めれば、1,200°Cの熱間圧延では12 Kw-Hr、常温における冷間圧延では40 Kw-Hrであって、加熱エネルギーの160 Kw-Hrに較べてはるかに少ない。

上記の数字は、圧延加工において省エネルギーをねらうとすれば、加熱作業こそ第1目標であることを具体的に示している。かりに、現在実施されている熱間圧延を冷間圧延で置換えることが可能であれば、鋼材1トンの厚さを1/10に圧延するエネルギーが172 Kw-Hrから40 Kw-Hrへと、実に23%に縮小、いいかえれば77%の省エネルギーが実現するという、驚くべき結果になる。

日本で1年間に熱間圧延される鋼材を9,000万トンとすれば、上記の省エネルギーの総量は118億Kw-Hrに達して、出力136万Kwの発電機を運転しばなしの大電力に相当する。なお、これは加熱効率・加工効率ともに100%と假定しての計算であるので、実際の場合は実際

* 東京大学名誉教授

時間率・圧延及び加熱の効率等を考慮に入れなければならない。したがって、数字はすべて3倍ないし4倍くらいにはなるであろう。

とにかく、熱間圧延を冷間圧延で置き換えることにより実現する省エネルギーは大きく、圧延加工のコストダウンへの寄与は大きな期待が持てる。しかし、鋼の場合は製品の金属組織学的な要求条件から圧延温度の制約があるものもあり、冷間では変形能力が不足の場合もあるので、すぐに全面的に冷間圧延への切替が可能なのではない。しかし、圧延機の構造・強度等は、新スタンドの増設等の方法で技術的には対応可能な範囲はかなり広い。また完全に冷延に切り換えしないで、熱間圧延の加熱温度を大幅に下げることなどは、すぐにも採用の検討に値するものである。

特に銅及びアルミの圧延では導入可能の場合が少なくないので、早急な検討が望まれる。

2. 高い変形効率の活用

塑性加工によつて外形寸法を変化させ、あるいは要求される物理的性質を与えるが、その際材料内部で不必要な剪断歪が不均一に生じることが避けられず、そのために加工エネルギーが余分に消費され、また加工硬化が進み、残留応力値が高くなるなどの不利が伴う。

加工目的からは必要のない不均一歪が大きいほど変形効率が低くなるが、加工の種類によりその水準には差がある。一般には、押出加工・引抜加工・圧延加工の順に変形効率は高くなるのが普通である。なお同種の加工法の中でも、加工条件によって差があることはいうまでもない。したがって、製造の目的に合致する範囲内では、変形効率のより高い加工方法を選ぶべきであって、そうすることによって、生産能率・製品の品質ともに向上の期待が持てる。

一例をあげる。銅線は熱間圧延で直径7～9mmまで圧延加工して、それ以降は伸線加工するのが普通の製造法である。いま銅線1トンを9mm→0.9mmまで加工するものとして、現在の加工法である伸線加工を冷間圧延で置き換えたとすれば、7Kw-Hr程度の省エネルギーになるものと考えられる。すなわち10HPのモータを1時間回転させるエネルギーに等しい。エネルギー量としても無視できない程度であるが、それ以上に重要なことは、このエネルギー差が生じる原因が主として伸線ダイスと材料との摩擦により生じることである。いいかえれば、材料でダイスを摩擦して摩耗させ、逆に見ればダイスで材料を摩擦して不必要な剪断歪を余分に起こさせているので、上記のエネルギー差はすべて有害な作用をするために消費されていると見られる点に注目しなければならない。

好んで無益なエネルギーを消費する技術者がいるはずもないから、それ相応の理由がもちろんある。直径7～9mm程度で圧延を打ち切りそれ以降は線引に代えたのは、小サイズの線材を圧延する圧延機は従来は製作が困難で

あったからである。しかし現在の精密工業の技術水準であれば製作は可能でもあり、適切な設計の基礎を提供する研究も固まっている。したがって、細線の製造を線引から圧延に代えられない理由は、技術的にはも早取除かれている。線引の困難な硬質材料、特に生産単位の大きいステンレス線などは、直径1～2mm程度までの高速圧延を考えたい。

この例以外にも、周辺技術の進歩を取入れれば、変形効率の高い他の加工法に切り換えられる例は少なくないはずである。

3. 余肉を減らして省資源

金属製品の寸法にはかならず公差がある。使用目的から最小寸法が指定されれば、実際の工業製品の寸法はそれよりも少し大きくて、両者の差が公差以内にある。技術水準が高いほど最小寸法に近い寸法に製造できることはいうまでもない。

連続圧延機で製造される金属ストリップ材についても、圧延精度が向上するにつれて許容公差も切り下げられてきていて、現状では精度を高めて余肉を減ずるのは容易でないところまで来ている。しかし、最近数年の間に圧延板材のクラウン制御の技術が大幅に進歩した。圧延板の平坦度を高めるためには、横断面のプロフィルのクラウン量を1ミクロン以下の精度で制御する必要に迫られて、ロールの弾性歪量や熱歪量を人為的に変化させることにより高精度の板厚制御の目的を達成する技術が大幅に進歩したのである。

現在到達しているクラウン制御の研究成果を基礎にして、現在の圧延機よりもクラウン制御機能の高い圧延機を設計し得る可能性はすでに見えている。また作業方式の改善によるクラウン改善の可能性も残されている。

稱呼厚さ0.5mmのストリップのクラウン量が、0.02mmであれば、現状ではすぐれた材料といえるが、もしこのクラウンをゼロとして完全に肉厚均一の製品が得られれば、材料の節減は4%に近い。クラウンを半分改善しても2%の節減である。

わが国で年間に生産される鋼板が約5,000万トンであるから、かりに1%の節減でも50万トン、金額にすれば400億円の巨額である。クラウン制御の研究成果も工業技術へ100%導入して、大いに省資源の実をあげたい課題のひとつである。

4. ま と め

塑性加工技術の向上により大幅の省資源を実現しうる例をあげたが、省資源という目標をかかげて研究を結集すれば、まだまだ大きな成果を期待できる余地が残されていることを主張するのが本旨である。多くの専門分野の最新の研究成果を結集すれば、到達しうる結果はさらに高いものがある。最適生産システム研究会のメンバーによる特集号に本稿を寄せた意味はそこにある。