

生産加工の単位技術の最適化の重要性 (システムとユニットの両面からの最適化)

鈴木 弘*

Hiromu SUZUKI

生産システムの最適化のためには、主として単一の生産加工技術の枠内のみで新しい可能性を探求する従来の行き方では限度があることを指摘し¹⁾、鑄造・熔接・塑性加工・切削加工等の各専門の枠を越し、さらに公害対策・省資源方策までも総合的に考慮して、大きく取上げた問題について最適化を求めるとの必要のあることを述べた。

学術と技術との進歩の速度が最近いちじるしく速くなっている上に、各種の専門分野の進歩の速度に差があるので、狭い専門にとじこもっているのは、最適化が不可能なばかりでなく、他の分野における新しい発展に取残される危険さえあり、前述のように広い領域での最適化の努力が最近ますます重要になって来たのである。

しかし、視界を広くすることと同時に、個々の技術について深く掘下げた研究をも軽視してはならないことはいうまでもない。両者があいまって始めて真の意味での最適技術の開発が可能となるのである。最適化の努力もますます重要である。在来からの技術や、既存の生産機械の構造・特性などを、前提としないで、柔軟な考え方で深く掘下げて、最適化への努力すなわち技術の前進をはかることの重要性は一層増している。

加工応力条件の改善による生産の最適化

材料に外力を加えて形を変化させて製品を作る塑性加工では、加えられた外力によって材料内に複雑な応力分布が生じ、各方向の応力の組み合わせが限界条件に達すると材料は降伏して変形する。降伏を起こさせるための外力の加え方には一般論としては制約はなく、理論的には3方向の引張・圧縮の外に曲げ・振り・剪断を各方向に加えることが可能である。それらの組み合わせもいくらでも考えられる。

上記の原理を理論として知っている人は多い。しかし実際の生産加工の際には、在来から採用されている加工技術や加工機械による生産方式を踏襲する結果、外力の加え方は一定の方式にとどまっていて、改善の余地が残されている場合が少なくない。

降伏を起こさせるための外力の加え方に新方式を導入して技術を改善した過去の例では、“逆張力引抜加工”などが顕著な例である。この方法が発見されるまでの引抜

加工法では、棒・線などの素材をダイス孔に通して文字通り引抜き、その際にダイス壁から材料に加わる圧縮応力のみで材料の降伏を起こさせていたのである。“逆張力引抜加工法”では、ダイスに入って行く素材に進行方向と逆に後向きの力を加える。この逆方向の張力が材料に加わることによって、ダイス内の材料には軸方向の引張応力が新に生じて、ダイス壁からの圧縮応力との組合わせ応力により材料は容易に変形する。

その結果、ダイス壁面の摩擦が減り、ダイスの寿命の延長・製品の表面状態の改善・製品の残留応力その他の機械的性質の改善などの各種の技術的進歩——引抜加工技術の最適化の前進——が実現した。

板材の圧延でロールの入口・出口の両方向から材料に張力を加えながら圧延するのは、今では常識であるが、この張力圧延技術の導入によって圧延荷重が大巾に減少し、その結果極薄板の圧延・難圧延材料の圧延・圧延板材の寸法形状の改善など、板材圧延技術の飛躍的向上の基礎を築いた。これも圧延中の材料に引張応力を追加して、ロールから加わる圧縮応力とあいまって容易に材料の降伏が生じるようにしたものであって、加工中の応力条件の改善による最適化の一例である。

この外にも、加工中の応力条件の改善による最適化へのアプローチが行われた例は少ない。しかしそれ以上に、今後の適用の機会が残されている加工技術の数は多いはずである。

摩擦条件の改善による生産の最適化

材料の加工の際には、各種の工具によって材料に外力が加えられる。材料は外形を変形して製品となるが、工具との接触面で工具と材料との相対滑りを避けられない場合が多い。金属の塑性加工では一般に工具面における接触圧力が高く、低い場合にも数百気圧、高い場合には数万気圧にも達するので、摩擦力も大きく、工具と製品との表面を傷つけ磨耗させるばかりでなく、加工の可能性を左右する場合もある。

摩擦の悪影響を除去する常識的な方法は適当な潤滑材料あるいは減摩材料を採用することであり、従来この考え方に沿った対策が研究されて来た。しかし摩擦の悪影響を除去あるいは軽減する方法は、すぐれた潤滑材料を採用するいわば摩擦係数を小さくする上記の方法ばかり

* 東京大学生産技術研究所 第2部

ではない。

摩擦力は接触面における接触圧力と摩擦係数との積で定まるものであるから、接触圧力を減すことは摩擦係数を小さくすることと同等の効果がある。さらにまた、接触面での工具と材料との相対滑りを除去できれば、摩擦の影響は抜本的に取除ける。これらの方向からも改善策を検討することが最適化への道である。

前記の逆張り引抜加工法は応力分布の改善でもあり、また接触面圧力を大巾に減少する方法の一例でもある。板金のプレス加工において、雌雄両型の中一方の型をゴムに置換える技術があるが、ゴムは材料の変形に従って接触面に沿った方向にも容易に剪断変形を起こすので、接触面の摩擦の影響を大巾に低減する効果がある。ゴムの代りに油などの液圧を採用すれば、接触面に沿っての材料の移動に対する抵抗力は完全に除去できる。

押し出し加工法などでは、加工の進行にともない材料が変形し移動すると、工具の一部分がこれに接したままで同方向に移動する構造を採用して、摩擦の影響を取去っている例がある。

各種の加工法において、何らかの形で摩擦が大きな役割を演じている場合は多い。またその対策がその加工技術の成否と価値を決定することも多い。上記のように、摩擦係数のみでなく、接触圧力・相対滑りまでも含めて総合的に最適化を考えるべきであり、またその可能性は多く残されている。

温度分布を利用した最適化

材料の機械的性質は温度により大きな影響を受ける。温度を高めれば金属材料の変形抵抗は減少して加工が容易になる。この性質を利用して熱間加工が広く行われている。今後はこの性質を一段と活用する意味から、加工材料の部分加熱を導入する必要がある。

この考え方を採入れたものに、“周辺加熱深絞り加工”がある。円板形の素材からコップ状の製品を成形する深絞り加工では、外部から与える加工力は主として周辺部の変形を起こさせるために消費されるが、この加工力は素材の中央部に加えられ周辺へ伝達される。したがって中央部の材料の伝達し得る力の限度で加工限界がきまる。中央部の材料は強くて、周辺部の材料が軟かく容易に変形すれば、加工限界は向上し、この加工法の適用範囲も拡大できる。そこで考えられるのが周辺のみ部分加熱である。

局部的に急速加熱し得る方法を採用すれば、材料の特定の領域を選択的に加熱して材料内に温度分布あるいは温度傾斜を作ることが可能である。しかも高周波加熱・ガスジェット加熱・電子ビーム加熱などの急速局部加熱の方法が進歩して来ているので、温度分布を利用した加工の最適化を積極的に探求すべき段階になっている。

温度分布については、初期分布もしくは定常的分布のみでなく、加工中に温度を位置的と時間的と両面から制御して、変形の大きい部分を追って選択的に温度を制御することなども今後の課題である。

材料の状態の選択（液相・粉体などの活用）による加工条件の最適化

粉末を焼結して機械部品を製造する方法は従来から軸受メタルには応用されていたが、最近ではその応用の範囲が広がり、同時に寸法精度と機械強度の面でも非常に改善が進んで来た。粉末焼結合金では任意の成分を希望の濃度に配合してしかも均質な材料を得られることは大きな特長であって、この方法以外には製造不可能の合金もある。

その反面固体金属から粉末を粉砕して製造するのは生産率が悪く生産コストもかさみ実用的でない。したがって溶融金属を水中に投入して爆発的に粉体を生産することの可能な材料や、精錬過程で必ず一度粉末状態を経由する材料に最も適した方法である。しかし現状で十分この方法が活用されているとはいえない。今後応用の道を広げるとともに、強度と寸法精度を高める研究も進めて、全生産システムの最適化の一方法として積極的に活用することを考えなければならない。

溶融状態からの部品の製造は、プラスチックの射出成形と金属材料の鋳造があるが、金属については完全に溶融状態で成形し凝固を待つ鋳造よりも多少低温度領域の利用を考えるところに今後の技術の進歩が期待される。すなわち固液共存状態での高圧成形、通常の熱間塑性加工よりも高温の融点直下の温度域での塑性加工、などの技術は今後の研究にまつ点が多く、またその技術が確立されれば、生産加工システムの最適化のための手段が拡大される。

単位技術についても新しい見方で最適化の努力を

広範囲の学術・技術の総合による生産システムの最適化と同時に、単位技術課題の最適化の努力をますます強める必要のあることを指摘し、加工中の応力条件・摩擦条件・温度分布・材料の状態等の諸因子の最適化を手掛りとした生産技術改善の可能性を例として述べた。

以上にあげたものは文字通り例示であって、単位技術の最適化を求めるための考え方には何ら制約はない。むしろ既成の概念にこだわらないで、従来見落されていた因子まで考慮に入れ、あるいは新しく発展した理論や技術をも採入れて、その中で最適化を求めれば新しい躍進へつながる可能性は一層大きい。(1973年8月6日受理)

参考文献

- 1) 鈴木弘：最適生産システム研究の重要性，生産研究，Vol. 24, No. 8, 1972-8.