



研究ノート

塑性加工における コンピュータシミュレーション

小坂田 宏 造*, 森 謙一郎**

Computer Simulation of Forming Processes

Key Words : FEM Forming, Computer Simulation

1. はじめに

コンピュータシミュレーションは、実際に起っている各種の現象を計算機内で再現するものであり、今まで実験によって求められていた各種の情報が、迅速にしかも安価に得られるようになる。例えば工具の設計では、工具形状を色々変化させて材料流動を調べたい場合がある。実験では数種類の工具を製作するのは手間がかかるのに対し、コンピュータシミュレーションでは工具形状を変化させて計算させるのは容易である。また、コンピュータシミュレーションでは、実験では測定しにくい素材内部の材料流動、応力・ひずみ分布などが得られる。これらの情報から、工具・素材の破壊および工具面の焼付き・摩耗を予測することができる。このように、塑性加工にシミュレーション技術を応用すると、多品種少量生産、省コスト、高品質・高精度化に対して有力なツールになると考えられる。

最近、塑性加工において、加工中の素材の塑

性変形、温度分布、工具の弾性変形などをシミュレーションしようとする試みが活発に行われるようになってきた。塑性変形をシミュレーションする方法としては、スラブ法、すべり線場法、上界法、有限要素法（以下FEM）、境界要素法、差分法などがあるが、FEMがよく用いられている。FEMは物体を多数の要素に分割して計算する数値解析法であり、複雑な境界条件や実際的な材料特性を考慮することができ、高精度の計算結果を得ることができる。このため、プレス加工においてもFEMの適用に関する報告が多くなされている。

筆者らは剛塑性有限要素法と呼ばれる塑性加工解析に適したFEMを開発してきたが、ここでは、塑性加工のFEMシミュレーションに関して具体的な計算例を紹介する。

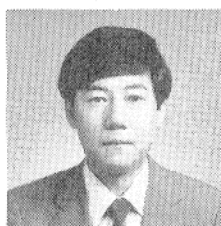
2. 鍛造加工

型鍛造では、金型で素材を変形されることによって各種の形状をした製品を成形する。鍛造加工の工程設計では、加工荷重・エネルギーが最小になる加工条件、工具と素材が破壊しない加工条件など、多くの要因が考慮される。図1は剛塑性FEMによって計算された型鍛造の素材断面の変形形状である。型内に素材が充満していく様子が分る。このようにシミュレーションでは、素材内部の変形挙動を見ることができ、型設計に必要な情報を得ることができる。得られる情報は、加工荷重や変形形状だけでなく、素材内部の応力・ひずみ分布、工具面圧分布も計算される。このため、コンピュータシミュレーションを用いることによって、高度の経験を持たない技術者でも工程設計を行うことができる。



*Kozo OSAKADA
1942年6月13日生
昭和45年京都大学大学院博士課程工学研究科機械工学専攻修了

現在、大阪大学基礎工学部機械工学科、教授、京都大学工学博士、生産加工学、TEL 06-844-1151



**Ken-ichiro MORI
1953年8月4日生
昭和53年神戸大学大学院工学研究科生産機械工学専攻修了

現在、大阪大学基礎工学部機械工学科、助教授、京都大学工学博士、生産加工学、TEL 06-844-1151

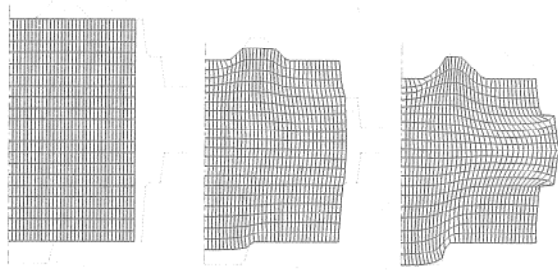


図1 軸対称鍛造における格子の変形

3. 押し出し・引抜き加工

素材を熱間または高速で変形させると、素材内部に温度の分布が生じる。素材の温度は変形抵抗を変化させるので、素材の変形に影響を及ぼすことになる。FEMは温度解析にも適用できるため、素材の変形解析と温度解析を組み合わせることにより、精度の高いシミュレーションを行うことができる。図2はステンレス鋼管の引

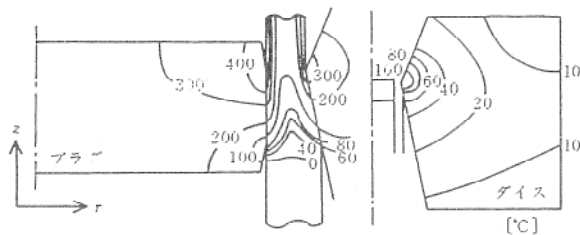


図2 ステンレス鋼管の引抜きにおける温度分布

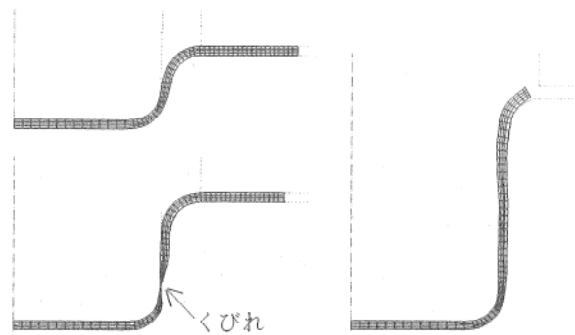
抜き加工における温度分布のシミュレーション結果である¹⁾。ステンレス鋼は温度上昇が大きい材料であり、プラグの温度上昇が著しいことが分かる。プラグは潤滑しにくく、焼付きが問題となり、その温度分布を知ることは重要である。

4. 板材成形

板材成形では、変形が局部に集中してくびれを生じ、破断に至ることがある。図3はブランク径を変化させて深絞りをした計算例である²⁾。直径の大きいブランクの場合、ポンチ肩部付近でくびれを生じて絞ることができなくなっている。

5. 粉末材の成形

ファインセラミック製品はセラミックス粉末



(a) ブランク径82mm (b) ブランク径80mm

図3 円筒の深絞り加工におけるくびれの発生

を型内で圧粉成形し、その後焼結することによって製品になる。焼結時の収縮は金属粉末と比べて大きく、数十%も収縮するため、焼結後の製品形状を予測することが重要である。図4はセラミックス材の焼結前後の変形形状である³⁾。工具形状および工具面摩擦により、圧粉体は不均一な密度分布を有しており、不均一密度分布により焼結時に不均一に収縮する。セラミック

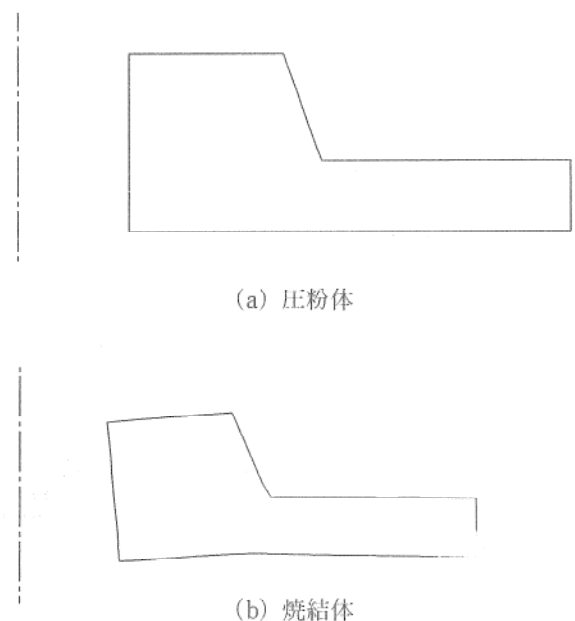


図4 セラミックスの焼結後の製品形状

ス製品は焼結後加工しにくいため、セラミックス製品のネットシェイプ化が今後問題となると考えられ、焼結後の形状予測手法はネットシェイプ化に対して重要になる。

6. おわりに

塑性加工においては、コンピュータシミュレーションは現在研究段階での使用が多いが、徐々に生産現場にも浸透しつつある。コンピュータシミュレーションのコストは下がる一方であり、コンピュータシミュレーションの方が実験的手法よりも安価になっている分野もでてきており、しかも開発の時間も短縮することができる。今後計算精度を一層向上させ、3次元変形、温度解析、工具の弾性解析など、より実際的な条件が考慮できるように改良が行われる。また、コンピュータグラフィックス、CAD/CAMシステム、エキスパートシステム等との結合により、

利用者が一層使いやすいものになる。塑性加工の開発の仕事が、大部分デスクサイドでできるようになるのも、近い将来であるように思われる。

参考文献

- 1) 麻田祐一・森謙一郎・吉川勝幸・小坂田宏造：塑性と加工，22-244 (1981)，488.
- 2) K. Mori and K. Yamaguchi：Proc. 1st Japan Int. SAMPE Symposium，(1989)，701.
- 3) 森謙一郎，小坂田宏造，米田辰雄，平野俊明：塑性と加工，32-368 (1991)，1136.

