

金型を使わないダイレス引抜きによる 金属マイクロチューブの創製

1. はじめに

超微小な金属マイクロチューブは、無痛注射針、放電加工用電極管、マイクロノズルなどさまざまな分野で望まれている。金属マイクロチューブを作製する主な手法として、ダイスやプラグ、マンドレルを用いるダイス引抜きが挙げられる。しかしながら、チューブの微小化に伴い、同様に極小化する金型・工具の作製やハンドリングが非常に困難になる。このようにマイクロスケールにおける塑性加工では、金型の存在自体が大きな問題となる。そこで本稿では、金属マイクロチューブを創製する新たな手法として、筆者らが提唱している金型を用いずにチューブが縮管可能なダイレス引抜きについて紹介する。

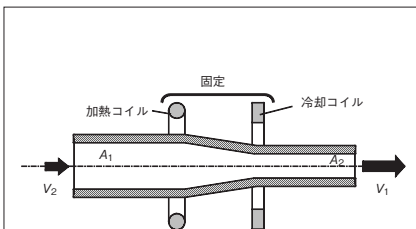


図1 ダイレス引抜きの概略図

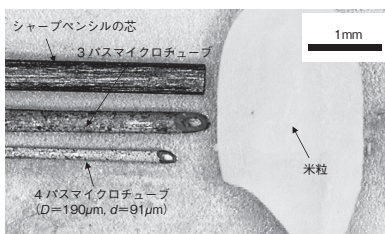


図2 創製した金属マイクロチューブ



図3 創製した中空異形金属マイクロチューブ

2. ダイレス引抜き

ダイレス引抜きは素材を局部的に加熱し、素材を移動させながら同時にチューブを引っ張ることによって縮管化させる方法である。図1にダイレス引抜きの概略図を示す。ダイレス引抜きにおける断面減少率 r は、チューブの引張速度 V_1 と供給速度 V_2 の比で決まり、式(1)で決定することができる。

$$r = 1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad (1)$$

特徴として金型・工具を用いずにフレキシビリティの高い加工法で細管化が可能で、従来の引抜き加工に比べ大きな断面減少率を得ることができる。また摩擦の影響を受けないので、マイクロスケールにおけるトライボロジー問題を根本から排除できる。ダイレス引抜きは古くから提案されている縮管プロセスであるが⁽¹⁾、マイクロ加工へ適用された例は全くないのが現状である。

3. 金属マイクロチューブの創製

ダイレス引抜きによる金属マイクロチューブの創製手法としての有効性を検証するために、Zn-22Al超塑性材料を用いた高周波誘導加熱によるダイレス引抜き実験を行った。その結果、外径 $D = 2\text{mm}$ 、内径 $d = 1\text{mm}$ の初期チューブから4回のダイレス引抜きによって図2に示すような外径 $D = 190\mu\text{m}$ 、内径 $d = 91\mu\text{m}$ の金属マイクロチューブの作製に成功している⁽²⁾。また創製した金属マイクロチューブの横断面形状を観察したところ、興味深い現象が生じていることがわかった。引抜き後の横断面形状は、引抜き前の横断面形状を相似的に小さくした形状となっており、筆者らはこの現象を幾何学的相似則が成立していると表現し

た。これはマンドレルやプラグなどチューブ内部に詰める金型が加工中に不要であることを意味しており、ダイレス引抜きは金属マイクロチューブの作製において非常に有効な手法であることを示している⁽²⁾。またこの幾何学的相似則を日の字形の異形管にも応用した事例もある。図3はダイレス引抜きによって作製した異形管の金属マイクロチューブである。縮管化しても二つの穴が潰れていないのが確認できる⁽³⁾。すなわち金型を中空部材内部に設置することなく縮管化が可能なダイレス引抜きはマイクロ塑性加工において非常に有効な手法であることがわかる。

4. まとめ

ダイレス引抜きは金属マイクロチューブの創製における金型・工具の問題を根本から排除したフレキシブルな加工法である。また横断面形状に幾何学的相似則が成立するため、金属マイクロチューブを作製する手法としては非常に有利な特徴を有している。その一方で、金型を使わないことで低下する寸法精度と熱を扱うことによって困難になる高速化の問題が挙げられ、今後、上記の問題点をいかに改善していくかが、ダイレス引抜きを金属マイクロチューブの作製に適用するうえで重要な課題といえる。

(原稿受付 2010年1月25日)

[古島 剛 首都大学東京]

●文献

- (1) 関口秀夫・ほか, ダイレス引抜き加工法, 塑性と加工, 17-180 (1976), 67-71.
- (2) Furushima, T., ほか, Experimental and Numerical Study on Deformation Behavior in Dieless Drawing Process of Superplastic Microtubes, *J. Mater. Process. Technol.*, 191 (2007), 59-63.
- (3) 古島 剛・ほか, 異形管の超塑性ダイレス引抜きに関する研究, 平成20年度塑性加工春季講演会講演論文集, (2008-5), 191-192.