



博士論文研究で訪れた “ワクワク感”

東京大学生産技術研究所古島研究室；特任研究員
岸本拓磨

1. 博士課程進学を決意したきっかけ

私は早稲田大学大学院基幹理工学研究科機械科学・航空宇宙専攻にて鈴木進補先生による指導の下、2021年3月に博士(工学)を取得しました。現在は東京大学生産技術研究所古島研究室の特任研究員として研究に従事しています。本稿では博士課程進学を決意したきっかけと博士論文研究を通して生まれた探求心(ワクワク感)について述べさせていただきます。

早稲田大学増田研究室で卒業論文研究を行った私は、増田千利先生の定年退職に伴い、修士課程から鈴木研究室にて研究活動を再開しました。鈴木研究室では、注射針等に用いられる金属マイクロチューブの空引きにおける肉厚・細径・平滑な表面に寄与する加工条件・ミクロ組織の解明に挑みました。空引きとは、内部に型を挿入せずチューブをダイス(テーパ状の孔が空いた工具)に通して縮径する加工法で、従来の空引きには肉厚が増加する問題がありました。修士論文研究ではダイス前後の加工速度の比(以下、伸管速度比と呼称する)が、チューブ金属部の体積一定則に基づくある閾値以上になると肉厚が減少することを解明しました。また、肉厚減少に伴い、加工方向と逆に働く後方応力がバルク材の降伏点に近づき、チューブ破断の可能性が高くなりましたが、力学モデルを用いて後方応力が降伏点以下となる範囲に伸管速度比を設定すると、チューブを破断させず肉厚は減少することを解明しました⁽¹⁾。この知見を数十年前に確立された空引きの力学モデル⁽²⁾に後方応力を新たに追加して得たことから、基礎的知見の確立により技術発展の可能性は飛躍的に拡大すると実感しました。この体験から基礎研究への興味が増し、博士課程への進学を決意しました。

2. 研究が進むにつれて探求心(ワクワク感)は向上する

博士論文研究では、“寸法効果”と“塑性異方性(肉厚方向に対する半径方向の変形のしやすさ)”などの材料の不均一性に着目し、以下の事柄を解明しました。通常、空引きにて外径はダイス径と一致しますが、近年の需要が高い外径2 mm以下のマイクロスケールでは、加工応力がバルク材の降伏点以下でも一部の結晶粒が降伏する寸法効果により外径が

ダイス径より細くなる引細りが発現します。また、塑性異方性を示すランクフォード値が大きいほど引細り量は増加します⁽³⁾。また、空引きで通常内面は荒れますが、面心立法格子構造金属では、{102}法線方向が内面の垂直方向に配向された結晶粒が内面の表面あれ進展を抑制し、肉厚減少時は肉厚増加時よりも{102}法線方向が内面の垂直方向に配向するように結晶は回転しやすくなります⁽⁴⁾。以上より、薄肉・細径・平滑な表面の実現には伸管速度比を体積一定則に基づく閾値以上、かつ後方応力がバルク材の降伏点より十分小さい範囲に設定する必要があることを解明しました。

以上の成果をまとめるにあたって、はじめは定性的な知見が多く、博士論文としては不十分でした。しかし、空引きなどの塑性加工に関するデータをマイクロ加工学と結晶塑性学の観点から考察していくと、メカニズムにまで迫ることができました。空引きと聞けば産業界には「そんな古典的な加工の研究で学位が取れるのか」との印象を受ける方がいるかもしれません。しかし、空引きなどの塑性加工にマイクロスケールで発現する寸法効果を融合させると世界でも例が少ない革新的な研究となります。マイクロスケールの空引きにおける引細り抑制の工程設計は、塑性加工と寸法効果の学術的融合により初めて解明できるものであり、経験と勘が重要視される現場では難しいかもしれません。また、従来困難とされてきた微小で曲面を有するマイクロチューブ内面における結晶方位の測定に成功したのは私の博士研究が初めてであり、“内面が金型と非接触であっても”{102}法線方向を内面の垂直方向に配向させれば表面あれ進展を抑制できると結晶塑性論に基づき重要な知見を得ることができました。博士論文の仕上げの段階まで来ると、マイクロ加工・塑性加工・結晶塑性を融合した様々な興味が湧き、まとめるのが楽になりました。このように、複数の学術領域を融合した新たな着眼点で考察して知見を得ることに“ワクワク感”を感じました。そして、今後の研究人生における着想が次々と浮かびました。この段階で訪れた“ワクワク感”は、博士課程に進学する学生にとって当たり前かもしれませんが、博士論文を仕上げなければならない圧力が強いうちは湧かないと思います。

3. “ワクワク感”を大切に

私の博士論文研究を通して言える学生へのアドバイスは、“ワクワク感”を大事にすることです。そうすれば研究の仕上げが楽になると思います。博士号取得までに鈴木進補先生から沢山のことを学びました。この場を借りてご教授賜りました鈴木進補先生に感謝申し上げます。最後にこのような執筆の機会を頂いた日本金属学会に深く御礼申し上げます。

文 献

- (1) T. Kishimoto, S. Gondo, K. Takemoto, K. Tashima and S. Suzuki: *J. Manu. Sci. and Eng.*, **141** (2019), 111008.
- (2) G. G. Moore and J. F. Wallace: *Proc. Instn. Mech. Eng.*, **182** (1967), 19-32.
- (3) T. Kishimoto, H. Sakaguchi, S. Suematsu, K. Tashima, S. Kajino, S. Gondo and S. Suzuki: *Metals*, **10** (2020), 1315.
- (4) T. Kishimoto, S. Suematsu, H. Sakaguchi, K. Tashima, S. Kajino, S. Gondo and S. Suzuki: *Mater. Sci. and Eng. A*, **805** (2021), 140792.

(2021年4月2日受理) [doi:10.2320/materia.60.364]
(〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 De406)