

薄肉管のねじ転造条件の検討

塑学 *山本 礼 (名工大・院)
 塑賛 三嶋 章嗣 (三嶋商事)

機塑正 北村 憲彦 (名工大院)

1. まえがき

ねじ転造は高い生産効率でねじを成形できる方法¹⁾として有効である。そのうち管用の中空ねじの転造²⁾では、厚みがねじピッチの約2倍が限界とされ、それ以下の厚みを安定して転造することは一般に容易ではなく、できるだけ小さな公差幅となる精度向上が課題とされている。今回、ダイス回転数やダイス押込みに関する諸量を精度良く制御しながら転造可能な装置を用いて、ねじピッチと同程度の厚みの管ねじの成形を試みる。転造できる条件では、成形条件に対する外径や有効径の違いを調べる。

2. 実験方法

2.1 実験装置および素材

実験には図1のような3ダイス転造盤を用いる。この最大転造荷重は40 kNで、主軸回転はサーボモータ、押込みは油圧で駆動する。それらを精密に制御し、ダイス押込み量1 μm 、ダイス押込み速度1 $\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、最大押込み位置での保持時間10 ms、主軸回転数1 rpmで変更する。転造ダイスはSKD11、外径56.3 mm、条数3、ねじれ方向は左である。中空素材用の芯金はSKD11製で、外径は15.77 mm、長さ9.0 mmである。

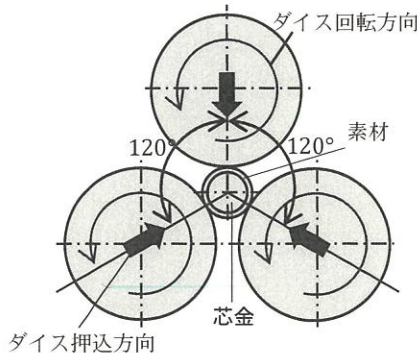


図1 3ダイス転造盤による転造加工

素材は硬さ230 HV1のSUSXM7製で、図2に示すように長さ9.0 mm、外径18.87 mm、内径15.80 mm、肉厚み1.535 mmの中空材である。この端部は30°で面取りされている。この素材を芯金の途中に入れ、芯金を手で保持しながら、所定の転造条件の下で転造する。

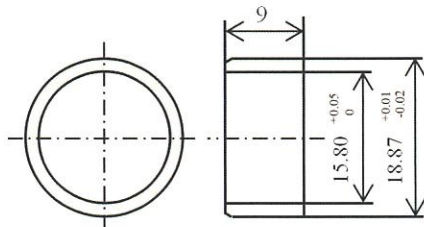


図2 素材の転造部

2.2 転造条件

転造条件の組合せ、特に①ダイス押込み量、②ダイス押込み速度、③最大押込み位置でのダイス保持時間（以下、ダイス保持時間）が成形の可否や精度に影響すると

予想される。今回は、ダイス押込み速度が低速（0.01, 0.03, 0.04, 0.05 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ）において、ダイス押込み量0.675 mm、ダイス保持時間0.01 sとする。また、ダイス押込み速度が高速（0.10, 0.20, 0.30, 0.50, 0.70, 1.00 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ ）において、ダイス押込み量を0.655~0.705 mm、ダイス保持時間を0.01~0.15 sとする。なお、全試験通じて主軸の回転数は300 rpm一定とする。

今回の実験では、図3に示す中空ねじを等級6eできる成形条件を探す。ここで等級6eの外径公差域は最少~最大で19.697~19.933 mm、有効径公差域は18.819~18.959 mmである。転造実験後のねじの外径、有効径を専用マイクロメータで各6箇所を測定し、等級6eの公差と比較する。

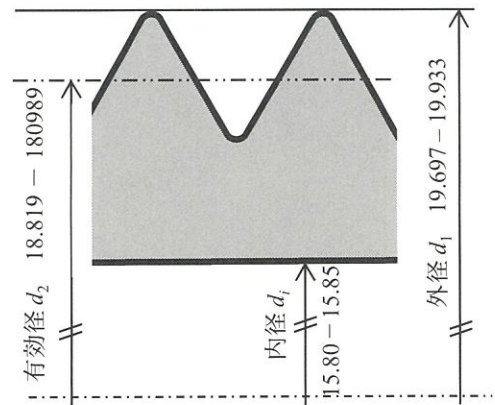


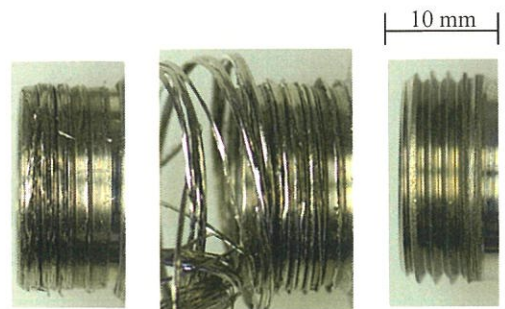
図3 実験した中空ねじの諸元 (M20×P1.5, 等級6e)

3. 実験結果

3.1 低速押込み 素材厚み並みのピッチを得るために、まず低速でねじ転造を試みる。ここで、押込み量は0.675 mm、ダイス保持時間0.01 sの転造品を図4に示す。

押込み速度が0.01 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ の図4(a)では、ねじ山が完全にはく離し、0.03 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ の図4(b)では多くのねじ部が取れている。浅い押込みで材料表層を繰り返して擦過し、これによる表層の加工硬化層がはく離したと推察される。

押込み速度を0.04 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ に上げると図4(c)のように山が成形されている。ただし、ねじ山の一部分に微細なはく離が観察された。これらの様子はダイス押込み速度が0.05 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ でも同様であった。以上より、このような低速は良好なねじ転造には不十分と判断される。



(a) 0.01 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ (b) 0.03 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ (c) 0.04 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$

図4 押込み速度の違いにおけるねじ山の成形状況

3.2 高速押込み 低速より思い切って一桁押込み速度を上げてみる。ダイス押込み速度を0.10, 0.20, 0.30, 0.50, 0.70, 1.00 mm·s⁻¹の押込み速度では低速と明確にことなり、良好にねじ転造できた。そこで、これらの精度を調べることにする。図5にM20×P1.5の中空ねじ転造の成形領域の例を示す。ここでは、押込み速度0.30 mm·s⁻¹の時に、押込み量と最大押込み位置でのダイス保持時間をいくつか変更し、これら条件の組合せに対する有効径と等級6eの公差とを比較する。

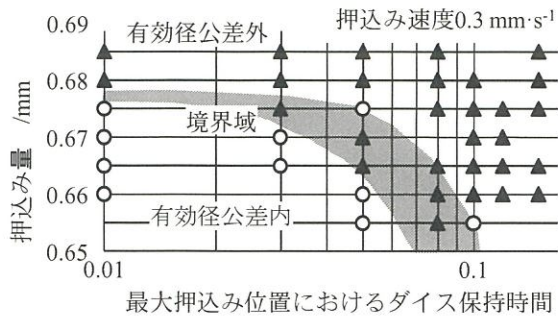


図5 M20×P1.5の中空ねじ転造の成形領域の例

有効径を公差内に収めるためには、まず手掛かりとなる有効径公差内が得られる条件を参考に、押込み速度の時間積分を追うことになる。ここでは簡便に良品条件の目安を得るために、最大押込み量と最大位置におけるダイス保持時間と関係づけてプロットする。有効径公差内となる条件が見られ、これは有益な目安になる。他の押込み速度0.10, 0.20, 0.50, 0.70, 1.00 mm·s⁻¹でも同様の傾向が取れた。

3.3 公差内の転造条件 以下、高速押込み0.50 mm·s⁻¹を例に押込み量、最大押込み位置におけるダイス保持時間をパラメータに公差は軸伸びの状況を調べる。

図6に押込み量に対する平均外径の関係を示す。ダイスを素材に押し込んだ分が、おおむね平均外径増加に寄与している。芯金が有効に内径側の変形を拘束していたことが伺われる。最大押込み位置におけるダイス保持時間0.01 sは短すぎて、十分に制御できているか疑問が残るが、今回の条件範囲では平均外径が等級6eの公差下限に入っている。図6の結果から、ダイスを最大で押し込んだまま0.03 s以上ダイスをその位置で保持すれば、保持時間に関わらず、平均外径が定まるとみられる。

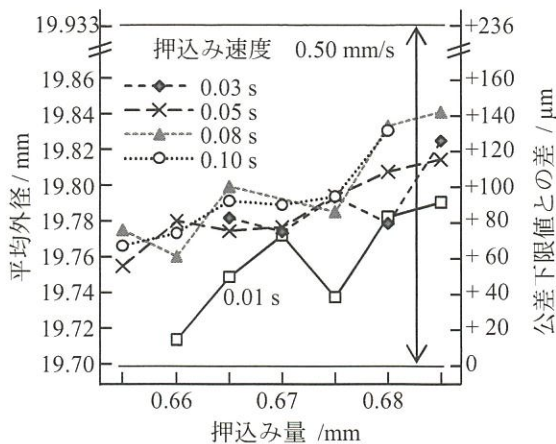


図6 平均外径に及ぼす押込み量と保持時間の影響

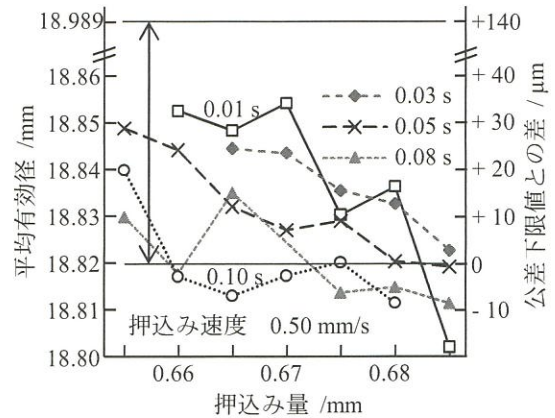


図7 平均有効径に及ぼす押込み量と保持時間の影響

次に平均有効径に対してダイス押込み量とダイス押込み位置での保持時間の影響を図7に示す。今回の条件下では、平均有効径は等級6eの公差内にある。押込み量が増すと平均有効径は減ってくる。長い保持時間では平均有効径の下限に近く、短い保持時間で平均有効径は大きくなる傾向がある。一般にダイスの山が素材に押し込むと、材料側に谷は形成されやすく、山は形成されにくい。この時有効径は谷側に移り、減少する。今回もこの傾向が表れたとみられる。押込み量が多く、保持時間が長い場合に、有効径が公差下限以下となる点は注意が要る。

図8に転造後の軸方向伸びから求めた平均軸方向ひずみを示す。押込みむほど平均軸方向ひずみが増えるのは芯金による内側材料の拘束の効果である。ダイス保持時間の影響はあまり大きくない。保持時間0.01 sは短すぎて、1周に押し込み切っていない部分もあると推定される。これが平均外径にも反映されたと考えられる。

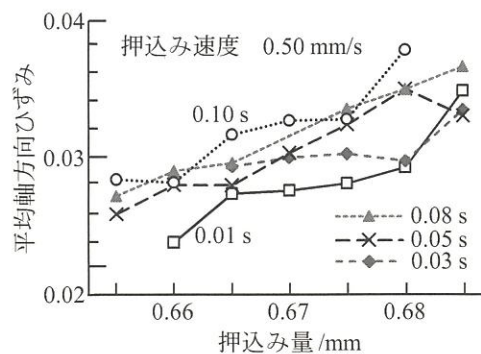


図8 軸方向伸びに及ぼす押込み量と保持時間の影響

4. まとめ

薄い管ねじ (M20×P1.5) の転造で、今回は等級6eを目安に成形可否や精度を調べたことを以下にまとめる。

- 1) 押込み速度0.05 mm·s⁻¹以下は遅すぎ、良好にねじ転造できなかった。
- 2) 押込み速度0.10~1.00 mm·s⁻¹では、有効径公差が等級6eに入るように、押込み後保持時間を適切に選べた。
- 3) その範囲で、押込み量が増えれば、平均外径は増え、平均有効径は減る傾向がみられた。

参考文献

- 1) 葉山益次郎：回転塑性加工学, (1981), 124, 近代編集社
- 2) 井上威恭：機械学会誌, 62-489, (1959), 1457.