

顔ねっと（施設間連携）を活用した機械加工 指導員の技能伝承

京都職業訓練支援センター
機械系 石山樹里・高木勝規

1. はじめに

製造業界では2007年問題の対策のために雇用期間の延長、他企業等の退職者の獲得等を行った。これにより熟練技能者が有する卓越した技能を損失せずに、製造活動を続けられた。その結果、製造業における就業者数が減少するものの、高年齢技能者数は増加した。現在、この高年齢技能者が有する熟練技能を若年技能者へ伝承（技能伝承）することが求められている。しかし、多くの中小企業においては、技能伝承の手法が明確化されていない、あるいは技能伝承をするための時間的・人的余力がない等の理由により、技能伝承に満足な施策がとり難い状況にある⁽¹⁾（図1）。一方、機構の能力開発施設においては、団塊世代のベテラン指導員の退職や新規採用指導員数の減数などにより、指導員が不足している施設も多い。このため、若手指導員はベテラン指導員からの技能伝承のための実技指導等を受けることが難しい状況がある。

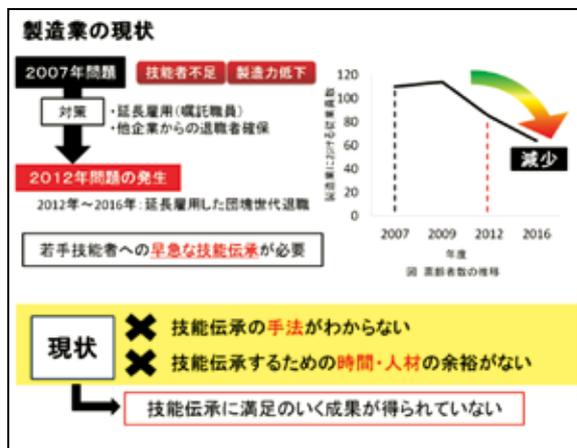


図1 製造業の現状と問題

また、全国に展開する職業訓練支援センターでは、統一した訓練カリキュラム、指導技法、および訓練効果が求められている。しかし、統一されているのは訓練カリキュラム程度であり、指導技法のうち作業の提示については、指導員の経験によりばらつきがあることがしばしば見受けられる。このため、顔の見えるねっとわーく機械系機械加工分野（以下、顔ねっと機械加工と称す）では、近畿圏内能力開発施設の機械系指導員に対し、次の二つの活動を行っている。①ベテラン指導員からの機械加工作業や実践的な加工手法に関する技能伝承②それら指導技法の共通化を図り、企業に対して技術支援が行える技能者集団（かけこみマイスター）の構築。本文では、顔ねっと機械加工で行われた過去5年間の実施内容と技能伝承について報告する。

2. 技能伝承の実施計画

顔ねっと機械加工の技能伝承のテーマは、毎年度の7月頃に行われる「顔ねっと機械加工委員会」で決定してきた。顔ねっとに関する詳細な位置づけと役割等については、これまでの報告があるので参照されたい。

委員会では、各施設の機械系指導員が参加して機械加工に関する技能についての問題点や加工方法についての課題点や疑問点などを話し合う。この中から技能伝承として相応しい内容をテーマとして決定する。ここで相応しい内容とは、書籍等に詳しく記載がなく、習得し難い実

実践的な加工手法だけでなく、治工具類の使い方の基礎から、技能の発展性を期待するための作業手順の基礎知識をさす。

以上のようにして決めた技能伝承のテーマに関して、前提となる知識や技能の確認とともに、企業で求められる加工技能や実際に加工されている機械加工作業、技能の発展的な内容の講義をベテラン指導員に実施していただいている。

平成22年度においては、普通旋盤によるねじ切り加工に関する総合的な技能伝承を行うことを計画した。また平成23年度および平成24年度においては、兵庫職業訓練支援センターにおいて、企業からの指導支援の相談を受けていた長尺物の旋盤加工技能についての技能伝承を行った。平成25年度は不整形物の加工、26年度はパス測定の仕方と加工の極意を技能伝承している。

なお、技能伝承の講師には「おうみの名工」である坂井利文氏（滋賀職業訓練支援センター 機械系指導員）にお願いし、関連知識に関する講義と実技指導を実施していただいた。

3. 実施実績

3.1 ねじ切り加工の技能伝承（H22年度）

普通旋盤によるねじ切りのテーマでは、高精度ねじ加工を目的とした場合の実技作業として挙げられる①ねじ切りバイトの研磨作業②ねじ加工作業③ねじ精度の



図2 ねじ切り加工の実技指導の様子



図3 ねじ切り加工テキスト

測定・評価作業の3項目について技能伝承を行った。

ねじ切りバイトの研磨では、旋盤作業の訓練で多く使用されているハイスヘルバイトを用いて、両頭グラインダと油砥石を使用した研磨作業を行った。その際、ねじ切り荒削り用や仕上げ削り用のすくい角のつけ方の実技指導を受けた。

ねじ切り加工作業では、普通旋盤におけるねじ切り機構、歯車選択方法（2段掛け・4段掛け）、切込み手法（直進法・斜進法・千鳥法）、加工手法等の指導を受けた。図2に実技指導の様子を示す。

ねじ精度の測定作業では、マイクロメータによる外径測定だけでなく三針による有効径測定、フランク面の粗さ評価、および勘合による嵌め合いの評価方法について指導を受けた。

以上の普通旋盤によるねじ切り加工に関して、指導技法の統一化と指導ポイントの明確化のために、能力開発セミナー用カリキュラムとテキストを参加者全員で作成した。作成したテキストの一部を図3に示す。

3.2 長尺物加工の技能伝承（H23-24年度）

長尺加工物のテーマでは、軸の直径に対する軸の長さ（L/D）が10以上のものに対しての技能伝承を行った。このテーマでは、①普通旋盤における長尺物加工で用いられる治具である「固定振れ止め」「移動振れ止め」の使い方②自作振れ止

めの設計におけるポイント③長尺加工における切削条件などの問題点の洗い出し④長尺加工における段取りの4項目について習得することを目的とした。その際、実技指導においては、普通旋盤の中空主軸内径側に材料を通すことが可能な丸鋼素材（ $\phi 38 \times 700$ ）の場合と、材料を通すことが不可能な丸鋼素材（ $\phi 65 \times 600$ ）の場合の2種類を題材とし、素材の大きさを考慮した段取りを習得できるように計画した。

普通旋盤による長尺物加工に関する経験や知識が顔ねっとの参加者にはほとんどなかったため、初めに長尺物加工に関する加工時の問題点について坂井氏より講義を受けた。次に、参加者で問題点についての解決方法を見出すため、文献調査やディスカッションを行い、共通認識の確立を図った。実技作業では、普段の訓練で使っているスローアウェイバイトやセンター押しによる手法で、 $\phi 38 \times 700$ の素材を使用して参加者全員が行った。この時、センター押し作業により旋削加工を行っている最中に、回転センターにより固定しているはずの素材の心押軸側端面が切削抵抗により外れ、作業者に危険性を与えることを指摘された。また、加工中の長尺物が切削による発熱により熱膨張し、軸方向長さの増加により長尺物がたわみ、円筒度が悪化する可能性があることも指摘された。この2つの対策として、心押し圧力を切削加工中に調整する心押し作業について指導を受け



図4 長尺物加工の実技指導の様子

た。また、今回の工具や加工手法では表面粗さおよび円筒度が目標とする仕上がり精度に達しないことも参加者全員が把握できた。

次に、長尺物加工で使用される2種類の振れ止めの使用方法と加工作業について実技指導を行った。図4に移動振れ止めを用いた長尺物加工の実技指導の様子を示す。

移動振れ止めの使用方法では $\phi 38 \times 700$ の素材を使用して実技指導を行った。その際、①材料を保持する2つの駒の位置関係と役割の違い②振れ止めの取付け方法③加工方法による駒とバイトの配置方法④加工中の2つの駒を調整するための調整ねじの使用方法⑤作業中の機械と作業者の位置関係⑥安全作業を意識した振れ止めの操作方法について指導を受けた。

固定振れ止めの使用方法では、 $\phi 65 \times 600$ の素材を使用して実技指導を行った。この素材では、旋盤に材料を固定する前に同軸精度に影響を与えるセンター穴を事前にあける必要がある。その際、片パスを用いて円筒中心のケガキ作業、電気ドリルによるセンター穴加工を行った。また、①固定振れ止めの旋盤への取付け方法②振れ止め駒の材料保持方法③回転中に駒と材料が摩擦熱による焼き付き防止を目的とした革ベルト等の使用方法④3つの駒の役割と切削加工中の使用方法⑤および高精度な同軸度を得るための加工手順について実技指導を受けた。

最後に、長尺物加工についても指導技法の統一化と指導ポイントの明確化のために、能力開発セミナー用カリキュラムとテキストを、ねじ切り加工技術と同様に作成した。

3.3 不整形物の加工方法の技能伝承 (H25年度)

現在では多くのNC工作機械やCAMの発達により、複雑な形状をもった製品の加工が出来るようになってきている。過



図5 不整形物の心だしの様子

去に熟練者が知恵を出し、治具などを製作しながら加工を行ってきたことが容易に出来るようになったため、普通旋盤などの汎用機では複雑な形状加工の必要性が少なくなった。これに伴い、これらの技術を持たない指導員が増えている。

そこで、H25年度は普通旋盤を用いて不整形物と呼ばれる形状の加工をテーマとした。

φ100×60のようなチャックでは固定出来ない形状の外周にドリルで穴を開け、さらに内径加工を行って目的の寸法公差内に仕上げる加工を行った。この材料を旋盤に固定するため、面板やイケールといった治具を用いた。さらには加工する材料を回転させたときのバランスを確認しながら、重りを付けた。また、材料の心だしは材料にケガキをし、トースカンで慎重に確認を行った。心だし作業の様子を図5に示す。

形状を固定している状態が不安定であ



図6 不整形物の穴開けの様子

るため、高速回転をすると材料が外れる危険がある。そこで穴開け作業と内径加工ともにハイス工具を使用し、低速回転での切削を行った。穴開け作業の様子を図6に示す。

不整形物加工は今回のような形状限りではないが、知識として習得することで、様々な形状加工に対する知恵の一つとなる。

3.4 パスの扱い方の技能伝承 (H26年度)

パスとよばれる測定器は、現在ではほとんど使用されていない。デジタル化された様々な測定器がある中で、パス測定に関する技能伝承を行う理由は、測定器の名称や扱い方を習得するだけでなく、技能に対する感性を磨くことが目的である。

技能伝承にあたって、パスについての知識や測定の仕方を知らない指導員が多いため、まずはパスの種類や扱い方についての説明と指導を受けた。パスの扱い方で使用したテキストの一部を図7に示す。

外パスの使い方 1		図 解	
手順	項目	要 点	図 解
1	パスの点検	1. パスのひしみの形状を確認する。 ひしみの形状が正確にでき、測定に用いる ことができる状態であることを確認する。 2. 測定対象の形状と測定線の形状 が一致していることを確認する。	
2	持ち方	1. パスの両方の中環を入れ、軸線 とよきし線で測定する。 2. パスの曲線を基準になるように 軸線に力を入らずに測定する。	

図7 パスの使い方テキスト

次に、外パス・内パスを用いて実際に円筒物の測定に関する指導を受けた。参加者全員がマイクロメータを使って実際に測定した値と、パスを用いて測定作業を行った値との比較を行った。また測定の際の坂井氏の目線を追うため、目線カメラを使用した。図8に測定の実技指導の様子を示す。



図8 パス測定の実技指導の様子

次に、実際に加工を行いながらパス測定をした。超硬工具を用いて切削量の微調整を行うことは難しいため、ハイス工具を使用することとした。 $\phi 0.05\text{mm}$ ずつ切り込みながらパス測定を行い、目標寸法まで加工した。

参加者全員、仕上がり寸法が目標値に一致することはなく、感覚を身につける難しさを理解した。

パスは手に伝わるわずかな感覚を頼りに測定を行うため、参加者は各自パスを購入し、常に同じパスを使い続けることとした。坂井氏は、パスを用いて材料を測定する際、この感覚を $\phi 0.005\text{mm}$ ほどの差で感じ取る。坂井氏と共に作業を行いながらそのわずかな感覚を実際に経験することで、様々な加工の「カン」を習得できる。

今後は、様々な課題をパス測定しながら加工し、さらなる感覚を磨くことにした。合わせて、目線カメラや定点カメラによる動画とメモなどの記録を参加者の意見を踏まえながら集約し、ベテラン指導員のもつ「カン・コツ」などの技能をできる限り多く形として残していく予定である。

4. 技能伝承を受けて

ベテラン指導員から若年世代の指導員へと技能を伝承させるためには、被継承者に実際に作業に従事させながら習熟さ

せる方法が第一に挙げられる。しかし技能には、ベテラン指導員が経験則的に体得したものなど、暗黙知的な性質を有するものの中にはあり、その継承に多くの時間を費やす。このため、個々の技能の体系化・可視化・定量化したのち、被継承者への理解を促すことが必要とされる。顔ねつと機械加工では、技能伝承テーマである旋盤作業において、体系化・可視化のためにカリキュラム作成、およびテキスト作成を行った。このテキスト作成の中には、指導の統一化や理解度促進を目的として、多数の写真や動画を作業者目線で撮影し、細かい作業のポイントも記載した。しかし、実際に作成したカリキュラムとテキストを用いて指導を行ったが、受講生が持つ前提知識、経験値、および受講目的の差により、ベテラン指導員のような受講生に応じた実技指導を実施することができなかった。その結果、作業の手法・手順の違いによる加工精度や加工時間への影響の説明や、加工時の不具合への対処方法についての説明などができていなかった。ここには、若手指導員はベテラン指導員と比べ、個々の作業における技能の質の差だけでなく、加工プロセス全体の流れを想定しつつ個々の作業時に起きうる予測の把握が不足していた。共通したカリキュラムを実施しようとした場合、指導員はテキストやカリキュラムの充実化や共有化だけでは不足である。テキストで表現が困難な暗黙知的な熟練技能や、より実践的な技能を習得し、個々の作業技能に対して取捨選択できる技術と技能を身につけることが必要不可欠である。

近年のコンピュータ、NC工作機械、およびCAMの発達により、熟練技能の一部を数値化することが可能となってきた⁽²⁾。また、熟練者の手先の感覚や音・振動等からの判断による加工状態判断や不具合予測などの熟練技能を定量化・体系化し、技能習得の短縮化に寄与する試みもみられる⁽³⁾。職業能力開発施設において、ベ

テラン指導員がもつ機械加工に関する「カン」の数値化や熟練技能の体系化には、多くの時間を費やすことであり、早急に取り組むべき内容であろう。しかし、技能は一朝一夕で習得できるものでなく、長年の自己研鑽により培われるものである。ベテラン指導員の大量退職を控えた現在、若手指導員が熟練技能をベテラン指導員から「五感」を含めた指導を仰ぎ、後輩指導員、あるいは受講生に対して伝承する必要がある。さらに、技能伝承における「五感」以外の伝承手法も検討する必要であると考えられる。そして、技能者集団「かけこみマイスター」が集う職業能力開発施設として、企業から信頼され、企業の人材育成と技術向上に貢献する必要がある。

5. おわりに

職業能力開発施設の指導員にとって、普段の実技指導で経験することが少ない、より高度で実践的な加工法が多くある。顔ねつと機械加工は、若手指導員の技能を練磨する場、発見する場として重要な役割を果たしている。また、施設を越えて行う顔ねつと機械加工は、ベテラン指導員の偏りによる若手指導員の技能伝承不足を補う役割も果たしている。

今後も顔ねつと機械加工では技能伝承をテーマとし、動画や写真の集約、テキストの改善を繰り返し、技能の見える化に向けて取り組んでいきたい。

熟練技能はテキストの工夫などにより可視化は可能だが、技能伝承方法については未だ検討の余地がある。

最後に、顔ねつと機械加工の運営および実技指導でご指導をいただいた坂井利文先生をはじめ、顔ねつと機械加工メンバー、および事務局の皆様へ感謝の意を称します。

参考文献

- (1) 平成24年度ものづくり白書、経済産業省。
- (2) 笠原和夫・広田明彦・滝野亮人：CNC旋盤による加工での切削抵抗データに基づく加工精度向上、精密工学会誌，77，6(2011)，pp. 581-586.
- (3) Y. Kameyama et al., Trans. JSME C, Vol. 75 (2009), pp. 2456-2458.

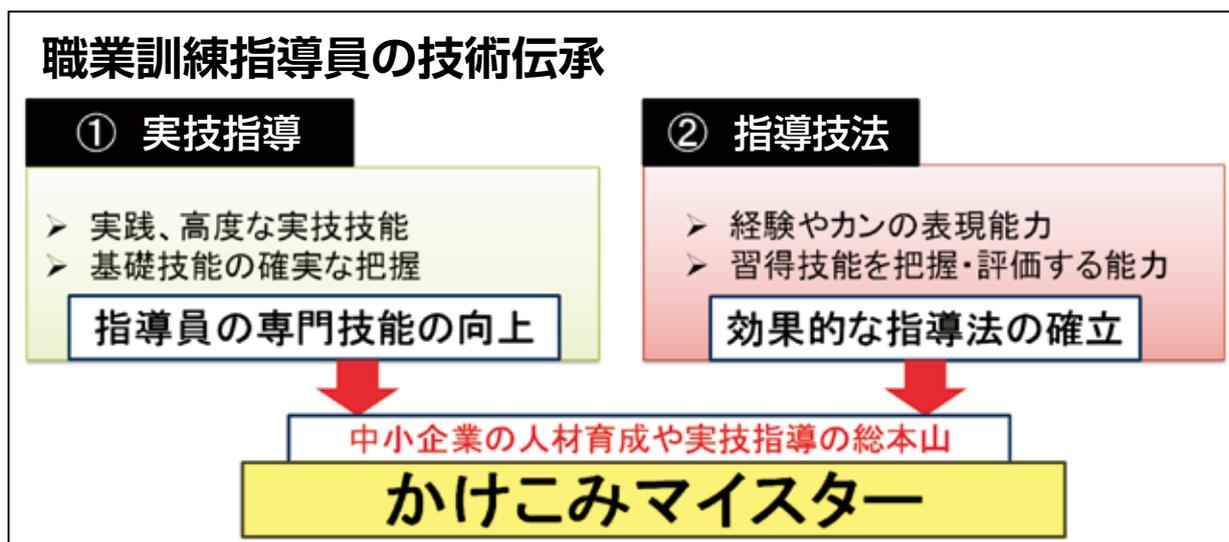


図8 機構指導員に求められるもの