

高度な技能への挑戦

—第42回技能五輪全国大会旋盤競技への参加と取り組みを通して—

静岡県立清水技術専門学校 機械技術科 牧野 心一

1. はじめに

団塊の世代の技術・技能者が大量に定年退職を迎える時期を目前にし、各企業にとって技術・技能者の確保は深刻な課題となってきた。本校では「時代に対応した即戦力となる技術・技能者の育成を目指す」をスローガンに、体制整備を経て平成14年度からはおおむね30歳までの若年者を対象に、機械技術科・電気技術科・設備技術科の3科を設置し、それぞれ20名の定員で2年課程の職業訓練を実施している。

今回、技能五輪全国大会に挑戦することになったきっかけは、第41回大会の視察であった。それまでは、技能五輪県大会予選（2級技能検定課題で実技試験を行う）には参加していたものの、全国大会は参加各企業が技術力の威信をかけて臨む非常に高いレベルの大会であり、私たちの技術では出場することさえできないのではないかという意識が強くあった。

しかし、大会視察時、企業を代表する選手の中に混じって参加する他県の専門校生の様子を見学した指導員が、もしかしたら私たちにも競技課題の加工だけならばできるかもしれないと感想を持ったことが始まりである。

その年度の総合実習において、訓練生の1人（2年生）が持ち帰った図面をもとに、旋盤の技能五輪全国大会競技課題を製作するというテーマに取り組んだ。

大きな偏芯加工や横穴加工など、通常では行わないような非常に困難な部分や、加工に時間の掛かる部品などもあったが、指導員らと共に工程検討し試作を繰り返した末、競技課題を完成させるまでに至った。幸い当時の1年生に、非常に動作性の良い訓練生がいた。

この訓練生を競技者として指導することにより、標準作業時間内に競技課題が完成できると期待が持てたのも要因である。科全体の技術レベルを向上させるため、1年次の後半には訓練生が各部品を分担しながら、技能五輪の競技課題を製作する訓練も取り入れた。

県や職業能力開発協会からも技能五輪旋盤職種に参加できないものか再三の要請は受けていたが、十分な実力も伴わないまま参加するのは躊躇された。

しかし、参加初年度に良い結果は期待できないものの、参加に向けて訓練をすることは私たちの技術力の大きな向上が期待されたため、出場を希望することとなった。

当時、静岡県では旋盤職種に参加する企業が少なかったため、本校で行う技能五輪県予選で上位の成績を収めれば、全国大会の参加資格を得ることができる点は大変恵まれていた。

2. 本校における訓練の概要

本校では2年課程の訓練期間を、半年ごとのⅠ期からⅣ期に分け計画的に訓練を実施している。機械技術科は、Ⅰ期に汎用工作機械（旋盤・フライス盤

など)を主とした基礎的な技能の習得を、Ⅱ期ではその応用および企業と連携したインターンシップなども行う。Ⅲ期では数値制御工作機械を主とした時代に即した技術・技能の習得を行う。

また、技能五輪県予選に参加することで、特に旋盤職種においては2級技能検定課題が確実に製作できる技能の習得を目指す。Ⅳ期においては自らが考え創意工夫する総合実習により、応用力と創造力を養成し、就業において即戦力となる人材の育成を目指している。

3. 課題について

3.1 2級技能検定課題

訓練生は2級技能検定の課題が確実に製作できる技能を身に付け、2年次の7月に技能五輪県予選の普通旋盤作業に参加する。

図1に2級検定課題図を示す。これはオス・メス2部品からなる課題で、外径・内径仕上げをはじめとして、ネジ・溝・テーパ加工とその組み付け寸法・フランジ幅・偏芯加工・部品のはめ合わせなど

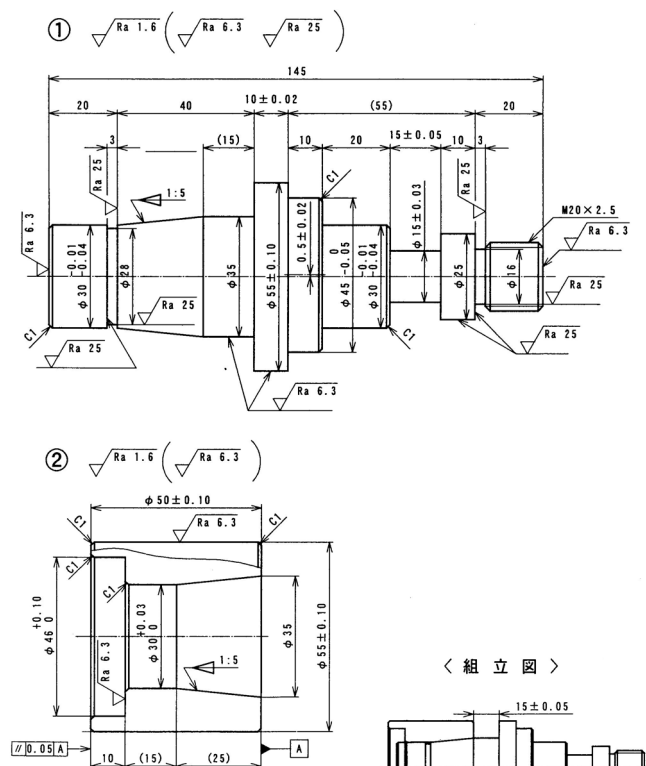


図1 2級検定課題図¹⁾

の要素が含まれている。

一通りの加工は1年次でも可能であるが、標準時間3時間、打ち切り時間3時間半の中で、確実に合格基準に達する部品を製作するために、Ⅲ期には特に集中的に訓練を行っている。

3.2 技能五輪全国大会課題について

競技時間は5時間半、打ち切り時間は6時間で、これを超過すると失格となる。また、競技前日には荒削り(規定の寸法まで)の時間として90分が与えられる。

6つの部品を組み付けるが、そのうち部品③は持参部品となっている。残りの5部品を5時間半以内に加工し、組み付け動作を確認した後提出する必要がある。難易度は2級検定課題の比ではない。単純に部品点数を考えても、加工時間は従来の半分程度に縮めなければ間に合いそうにない。

台形ネジ(逆ネジ)や三角ネジで組み付けるオス・メスが4対あり、特殊な芯出し方法が必要になる円筒外周面からの横穴を持つ部品⑥には偏芯の要素が多く、各部品の組み付け公差もほとんどが±0.020mmとなっており、当初は加工方法さえわからない部品もあった。たとえ部品単体で寸法公差内に加工ができたとしても組み付けや動作ができない、あるいは組み付け寸法が公差に入らないこともある。

図2に技能五輪課題図を示す。

この課題は、部品⑤を回転させると、その先端の偏芯(2mm)軸部分(φ22)に部品③の溝がはめ合われていることで、部品③が上下に4mm摺動するという動きをする。

この時、反対側からは部品①の先端部分(φ18)がネジ部の偏芯(1.5mm)により旋回運動をしながら挿入されており、軸線が一致して組み付けられたときのみ、前述の部品③の上下摺動を妨げないようになっている。

2級検定課題では、長手方向の寸法公差が±0.020mmの部分はフランジ部厚みの1ヵ所だけであるが、技能五輪課題ではほぼすべての部品がそうである。この長手方向の寸法公差は組立図における組み付け寸法公差に直結する。

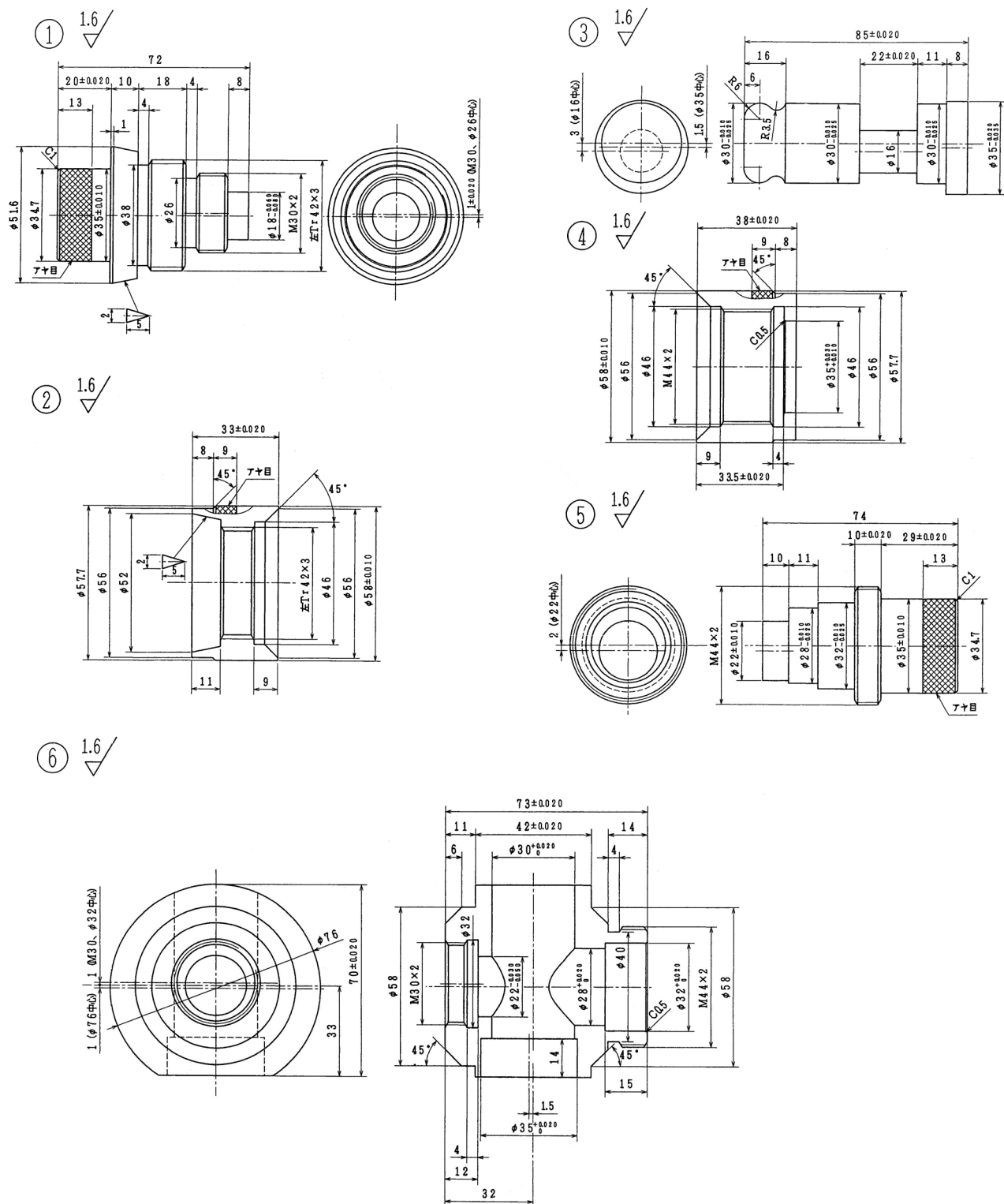


図2 技能五輪課題図2)

また、直径の寸法公差域は0.015mmまたは0.020mmであり、加工には細心の注意が必要である。さらに、各部品同士の組み付けについて考えてみ

ると、いくつかの最低限必要な注意点が浮かんでくる。

部品③溝部と部品⑤の先端部は、寸法公差がそれ

それぞれ $22 \pm 0.020\text{mm}$ と $\phi 22 \pm 0.010\text{mm}$ となっているが、この2部品は組み付くことが絶対条件であるから、溝部より先端部を必ず小さくしなければならない。

また、部品⑤の偏芯量 2mm は部品③のストロークになるので組立図A、Cの高さの寸法公差に影響し、大きすぎると部品③が部品①に干渉する。

部品⑤のローレット部は部品④に通ることが必要であり、更に部品①と部品②のテーパの段差は $0 \pm 0.020\text{mm}$ にしなければならない。

部品③と部品⑥の下部、それぞれの 1.5mm の偏芯量が合っていないと干渉を起こし組み付けができないことがある。

また、部品①と部品⑥のM30ネジ部の偏芯量が合っていないと、それぞれの軸心が一致しないため、部品③と部品①が干渉する複雑な工程である。

部品①の先端径 $\phi 18$ は最も重要であり、小さすぎる場合は課題の意味をなさない。部品提出時に検定委員の前で最初に測定することになる。

この部分は部品⑥の $\phi 22$ の内部を、中心から 1mm 偏芯した位置でさらに 1mm 偏芯して回転するので、 $\phi 22$ 程度が必要になる。仮に先端径を $\phi 17.94$ （公差内で最大径）とした場合、部品①と⑥の偏芯量を 1.02mm （公差内で最大）とすると部品⑥の内径は $\phi 22.02\text{mm}$ 必要となり、穴径を寸法公差に仕上げるできない。偏芯量も 1.00mm 以下にする必要があると考えられる。

以上のように課題の難易度と訓練生の能力から判断すると、従来のような加工のスピードや工程では制限時間内に加工が終了できないことが予想された。

そこで、今回は当初から「制限時間内に5部品を完成させ、組み付け動作させる」ことを目標とし、加工工程手順を考えた。後述する組立図A、B、Cに示された組み付け寸法公差を考慮した加工工程分析は、目標が達成できた後の課題とした。

4. 選手選考

今回の出場選手は、県予選において成績が上位の者を選考した。訓練生Aは作業が他の生徒よりも速く、2級課題を最短2時間20分程度で加工する能力

があった。

また、訓練生Bは訓練生Aほどの速さはないが、加工を理論的に考えることができ、仕上がり部品の寸法精度がよいという能力があった。

しかし、全国大会では競技時間が5～6時間という長時間に及ぶ。その間集中力や体力を維持すること、またより迅速な作業が求められる点において、現状では大いなる不安があった。

5. 練習時間の確保

問題が公表されてから大会までは3ヵ月間ほどしかない。通常の訓練時間とカリキュラムでは対応できないため、実習等を技能五輪の練習時間として振り替えた特別時間割を作成したが、通常の訓練や座学、資格取得のための講習など、すべての時間を振り替えることができたわけではなく、十分な練習時間が確保できたとはいえなかった。

さらに、大会直前には工具類を梱包し、発送する準備にも追われたため、移動日も含め直前の5日間は練習もままならない状態であった。

また、本校には大会で使用するテクノワシノLEO-80A型旋盤と同じ機種が設置されていない。そこで県内のポリテクセンターにご協力をいただき、直前の1週間ではあるが借用して練習をした。

6. 加工工程の変更

大会に向けて訓練生の練習が始まったが、特に訓練生が苦勞したのは部品⑥である。この部品⑥は、部品③をはめ合わせるための横穴を円筒外周面からあけなければならない、普段の訓練ではこのような加工は行わない。

この横穴は、組立図に示されたとおり $\phi 76$ 偏芯方向に平行に、かつ部品⑥のフランジ部の中央に、さらに軸線がワーク中心軸線と直交するように芯出ししなければならない。このため、ダイヤルゲージをフランジ部と外周面に当て、最も振れの少ない部分の数値を読みながら一致させ、上下左右の芯を出す。同時に偏芯方向がずれないように、また、ワークの

傾きを修正していく必要もあり、すべての位置を揃えるのに大変な時間が掛かってしまう。慣れないうちには2人の訓練生ともこの芯出しに1時間程度を要していた。

これでは制限時間内に加工が難しい。そこで、本来は荒削りの段階で横穴の下穴をあけておくべきであるが、これを省略し、大会前日の荒削りでは横穴を加工せず、中心位置をマーキングするにとどめる方法に変更した。

上下左右の芯を出す際に、中心位置の目印をセンタに近づけ合わせると、芯出しが比較的容易にできる。しかし、下穴があいているとこの目印がなく、非常に芯出しの時間が掛かる。訓練生は練習を重ねていくうちに、目印がある場合には10分程度で芯出しができるようになったので、その後のドリルによる穴あけの時間を加えても、目印がない場合よりも短時間に加工ができるようになった。

いくつかの加工工程を変更していった結果、訓練生Aについては次第に作業時間が短くなり、ぎりぎりではあるが6時間以内に加工ができるのではないかと期待が持てるまでになった。訓練生Bは最後まで6時間以内に加工ができなかった。

7. 大会の様子と結果

10月21日（木）準備日

夕方から機械割り当ての後、工具展開と試し削り

高校生と専門校生（7名）には大会本部から特別に練習時間と加工時間が与えられた。企業の選手とは技能の差が歴然としているためか、当該機種の機械操作を十分習熟させ、トラブルを未然に防ぐ目的もあったように思われる。

10月22日（金）大会1日目（図3）

午前中 競技開始 荒削り90分

10月23日（土）大会2日目（図4）

午前中3時間 午後2時間半の競技時間



図3 開会あいさつ



図4 競技中

打ち切りは6時間

結果として訓練生Aは当初の目標どおり、制限時間内に完成、組み付けし提出することができたが、部品単体の精度や組み付け精度には問題があった。

また、訓練生Bはもう少しのところで時間内に完成させることができなかった。本校の選手の結果は十分とはいえなかったものの、大会に参加している多くの企業選手の真摯な態度やすばやく正確な作業を間近に見学することそのものが、大変貴重な体験となった。

使用しているバイト類も違うが、作業台なども大変機能性に優れたものに改造されており、感心させられた。更には競技中のみならず、作業終了後の撤収作業のすばやさや機械清掃の丁寧さには驚くばかりであった。

反省点として、単体での部品加工がたとえ時間内にできたとしても、図面が要求する組み付け精度などを満たすことはできないこと、図面から必要な加

工工程を読み解くことができなかった点があげられるが、これは初年度の参加で簡単に解決できるような問題ではなく、高い壁を感じるとともに大変よい勉強をさせてもらったように思う。

8. 考察

本大会で実現できなかった部品⑥と部品①の偏芯位置の合わせ方と組み付け寸法、また各部品の組み付け公差について考察してみた。

以下図5, 6, 7に組立図A, B, Cを示す。

(1) 組み付け寸法

組立図A B Cに記されている各組み付け公差はすべて $\pm 0.020\text{mm}$ である。

当初このような組み付け公差をすべて満たすことはできないのではないかと考えていたが、3つの組立図と各部品の寸法公差を検討した結果、各部品を寸法公差どおりに作成することはもちろんであるが、部品⑥の45度のテーパ加工で部品④と部品⑥、部品

組立図A

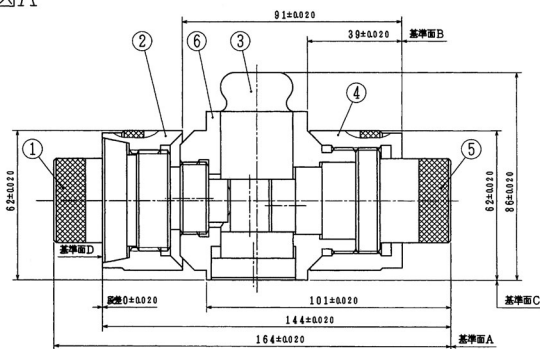


図5 組立図A²⁾

組立図B

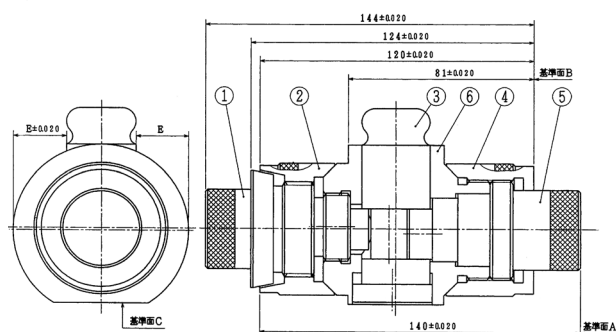


図6 組立図B²⁾

組立図C

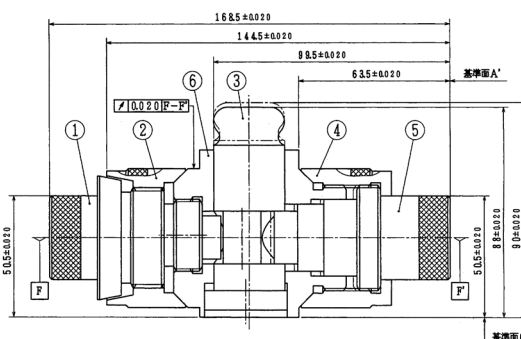


図7 組立図C²⁾

②と部品⑥の組み付け寸法を出すことが重要だということがわかった。部品端面間でそれぞれ $92 \pm 0.020\text{mm}$ 、 $101 \pm 0.020\text{mm}$ であることが組立図から読み取れる。

(2) 偏芯位置合わせ

部品⑥と部品①の組み付けでは偏芯軸方向の差が20度以内であることと同時に、組み付け寸法は部品端面間で $125 \pm 0.020\text{mm}$ の両方の条件を満たす必要があることもわかった。

大会参加時は、偏芯軸方向の合わせは、部品⑥のM30メネジの逃げ溝の深さを調節することで一致させようと試みた。ピッチが2mmであるため、最大1mm程度の調整で180度位相を変化させることができる。端面を0.1mm削ることで18度の変化であるから、目見当ではあるが、ほぼ近い位相にすることができる筈である。

しかし、部品①を完成させてから部品⑥に組み付けると、その位相合わせと組み付け寸法を同時に満たすことができない点に疑問が残っていた。

部品①の全長に取り代を残しておき、位相合わせをした後、組み付け寸法を出せばよいのではないかと考えてはいたが、大会参加時は制限時間内に加工を終わらせる工程を優先し、組み付け寸法までは考慮できなかった。

そこで今回は、部品①と部品⑥の組付け寸法と偏芯軸方向の合わせ方について、改めて工程を再検討してみた。あらかじめ部品①のM30オネジを偏芯させない状態で加工し、部品⑥のM30メネジを切り勘合させる。その後、部品⑥と部品①を組み付けたまま

偏芯させ、両部品にその偏芯位置をマーキングする方法である。

(3) 問題点

問題となるのは2点あった。

1点目はワーク素材の外径である。

部品⑥のφ76中心とM30中心はワーク中心に対し、それぞれ反対方向に1mm偏芯している。そのため、M30をワーク素材の中心とし加工を始めるとφ76は2mm偏芯する位置にあることからφ81程度が必要になる。(部品⑥素材の外径がφ80であるため)

そこで、荒引きの段階でφ19程度の下穴をワーク中心より1mm偏芯した位置にあげ、最初にM30メネジ、次にワーク中心部(φ58, φ22)、最後にφ76部と1mmずつ同じ方向に偏芯させる工程を考えてみた。本大会ではワーク中心部、M30メネジ、φ76部の順で加工したが、偏芯方向を反転させるため位相が180度になるかやや疑問が残っていたので、改善といえるかもしれない。

2点目は部品⑥のφ22、部品①のφ18の寸法公差である。

1mmの偏芯をする前の段階で、部品⑥のφ22内径の下穴(約φ20)に、部品①の加工前のφ18部(約φ20)が入るか検証してみた(表1)。

表1より偏芯量が1.02mmの場合は部品⑥の偏芯穴径が公差に入らないが、1.00mm以下の場合は加工ができることがわかった。そこで、今回は部品①の先端径は19.93mm、部品⑥の下穴径は19.95mmとし、

M30メネジを勘合させた後、0.98~1.00mmの偏芯をすることにした。

このように設定すれば、部品①の先端径は1.00mm偏芯した状態で19.93mmから17.92mmに、部品⑥の下穴径も1.00mm偏芯した状態で19.95mmから21.97mmに加工できるのではないかと考えた。

(4) 加工手順

以下に加工手順を示す。

部品① 前加工	
	φ 19.93 M30 φ 26溝 φ 55 φ 38に加工 (図 8)
部品⑥ 前加工	
	φ 59, φ 79, φ 59, φ 45 横穴 φ 27, 下穴 φ 27下穴 φ 19 (1mm偏芯位置) (図 9)



図 8 部品①前加工



図 9 下穴 φ 19は1mm偏芯位置

表 1 部品①の軸径と部品⑥の穴径

部品① 軸径 (17.92~ 17.94)	偏芯量 (1.00± 0.02)	部品① の偏芯 軸径	部品⑥の 必要な下 穴径 偏芯 軸径+0.02	偏芯穴径 (21.97~ 21.95)	合 否
17.94	0.98	19.90	19.92	21.88	○
17.93	0.98	19.89	19.91	21.87	○
17.92	0.98	19.88	19.90	21.86	○
17.94	1.00	19.94	19.96	21.96	○
17.93	1.00	19.93	19.95	21.95	○
17.92	1.00	19.92	19.94	21.94	○
17.94	1.02	19.98	19.98	22.02	×
17.93	1.02	19.97	19.97	22.01	×
17.92	1.02	19.96	19.96	22.00	×

部品⑥ 一工程	
①	横穴を1番爪に合わせる
②	3番爪を押し、 $\phi 19$ の芯出し（ $\phi 59$ が1mm偏芯する）
③	端面0.5
④	下穴径を $\phi 19.95$ に
⑤	$\phi 32$ 溝入れ後M30メネジ加工
⑥	部品⑥と部品①の組み付け 部品端面間を計測
⑦	部品①を組み付けた状態で、1番爪を押し0.98～1.00mm偏芯させる（図10）（ダイヤルゲージは部品①に当てる）
⑧	偏芯位置を部品①の外周にマーキング
⑨	部品⑥の $\phi 59$ を $\phi 58$ に
⑩	フランジ部幅を42.50に
⑪	内径21.97に
⑫	チャック側 $\phi 59 \rightarrow \phi 58.5$ 端面加工
⑬	1番爪を押し1mm偏芯
⑭	$\phi 79$ を $\phi 76.5$ に（図11,12）
部品⑥ 二工程	
①	$\phi 58.5$ 部で芯出し
②	端面 全長73
③	$\phi 58$
④	フランジ42.00
⑤	$\phi 44$

部品① 一工程	
①	部品⑥と部品①の組み付け長さより全長仕上げ（ $\phi 58$ のフランジ部を利用して計測）
②	端面より20mm仕上げ
③	ローレット加工
部品① 二工程	
①	$\phi 17.92 \sim 17.94$ 仕上げ
②	左Tr42×3
③	2/5 テーパー（図13）

部品⑥ 三工程から	
①	部品②と⑥の組み付け（図14）
②	横穴加工（図15） $\phi 30$ 内径 端面加工 1.5mm偏芯 $\phi 35$ 内径
③	70仕上げ
④	M44 $\phi 28$ $\phi 32$
⑤	部品④と⑥の組み付け（図16）

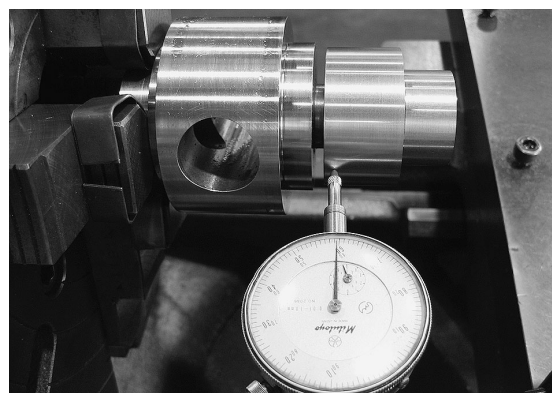


図10 1mm偏芯

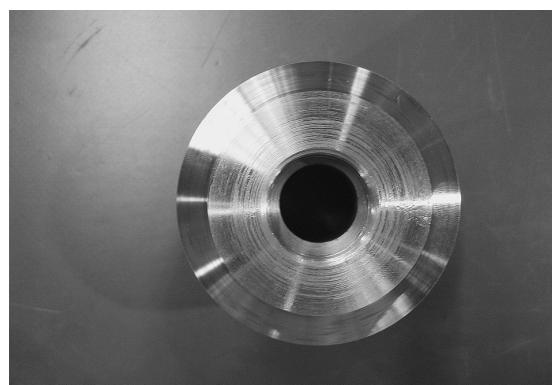


図11 M30メネジと $\phi 21.97$ mmの内径

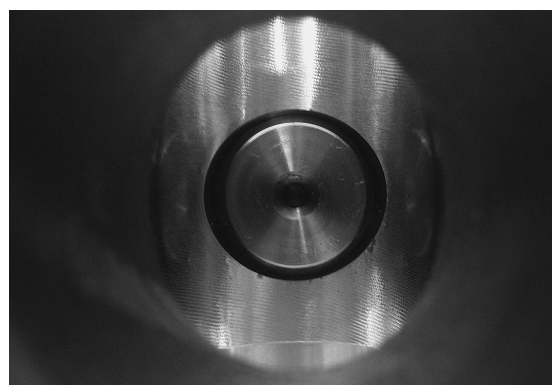


図12 偏芯軸の位相が合致した



図13 部品①と部品⑥の組み付け偏芯位置が合い、また組み付け寸法も予定どおり仕上げる事ができた

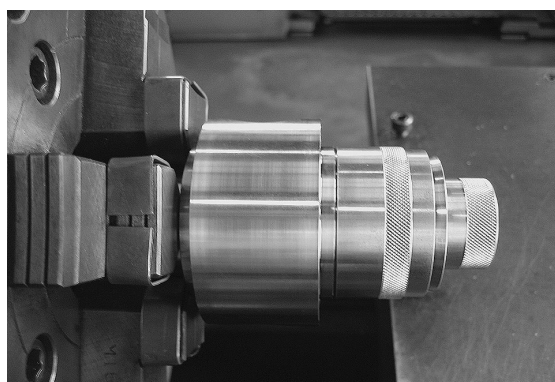


図14 部品②と部品⑥の組み付け45° テーパーで組み付け寸法出し

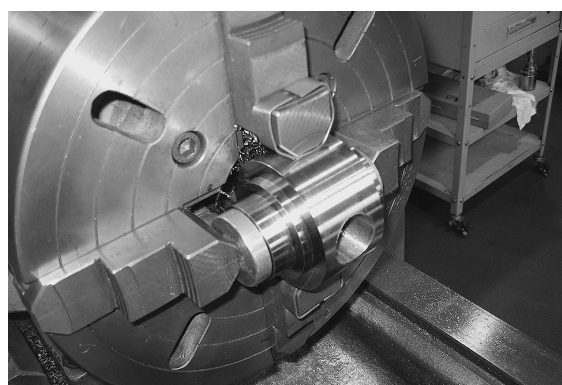


図15 横穴加工



図16 部品④と部品⑥の組み付け

(5) 測定結果

組立図A、Bに記されている組み付け寸法のうち、基準面A、Bからの長手方向の組み付け寸法はほぼ $\pm 0.020 \sim 0.030\text{mm}$ に収めることができた。やや外れている部分もあったが、手順としてはほぼ間違いではなかったのではないと思われる。

しかし、組立図Cに記される基準面Cからの高さ方向の組み付け寸法は一部公差内に入れることがで



図17 部品①～部品⑥の組み付け

きず、工程に再検討が必要である。

9. おわりに

今回、大会において実現できなかった位相合わせや、組み付け寸法について再検討してみたが、予定どおり実現できた部分はあったものの、やや工程数が多くなり競技の限られた時間内に実現できるかどうか、課題はまだまだ残り力不足であることを痛感した。

しかし、技能五輪という難しい課題に挑戦することで実にさまざまな加工工程を考えたことは、今後の指導に大いに参考になると思われる。

本原稿を書き終えるころ、第43回大会の旋盤競技課題が公表された。3～4部品の偏芯位相合わせが必要なことと同時に、組み付け公差も $\pm 0.020\text{mm}$ が要求される課題であった。

難題ではあるが本原稿の考え方を応用した工程検討をし、製作に取り掛かったが、予想以上に寸法精度がよい試作品ができたのは一応の成果と思われる。

今年度も技能五輪全国大会に挑戦する予定であるが、前回の反省を生かし、少しでも良い結果が得られるよう、訓練生と一緒に努力を重ねていきたいと思う。

<出典>

- 1) 平成17年度技能検定2級 機械加工（普通旋盤作業）
実技問題 中央職業能力開発協会、禁無断複製
- 2) 第42回技能五輪全国大会（岩手大会）旋盤職種課題
中央職業能力開発協会、禁無断複製