

新方式のブローチ加工装置「キーマン」の提案する新しいブローチ加工とは？

日本の自動車会社が世界のトップ企業になった昨今、周辺国の製造業界も確実に実力を上げている。部品も機械もグローバル化が進む中、当たり前の事なのだが、国内の製造業者にとって海外企業と価格競争する事はもはや日常の事であり、いかにいい品質のものを保証して納入できるかが焦点となっている。このように日本の自動車産業が発展した背景として、その生産手法が注目されているが、生産を支える「装置技術」も忘れてはならない日本の大事な技術である。ラインに組み込まれるような、専門性の強い加工機の事であるが、日本はその分野において他国の追随を許さないほどに多岐多様の装置技術を持つと言われてる。その中の一つがブローチ加工である。

○ ブローチ加工の現状

ブローチ加工と言えば、自動車産業が想像される程、自動車などの業界では多用されている技術である。複雑な形状を短時間で加工できるブローチ加工は、工程の合理化、ラインの簡略化には最適な技術であり、繰り返し精度も非常に高い、といい事ばかりである。にも拘らず、何故、一般の部品加工の現場では多用されないのであろう？ 理由は複数あるのだが、一つは、機械の高額さ、大きさ、自由度の低さにあるのであろう。一般的なブローチ加工で用いられる機械は、引っ張り能力5 t、ストローク1000ミリの機械で1千万円超と高額、機械を購入するだけでも多くの「ハードル」が存在する。もう一つがおそらく一番の妨げであろう事なのだが、「ノウハウの欠如」にある。ブローチ加工は、刃物とそのワークの寸法精度の殆どを決定すると言われる加工であり、刃物の製作ノウハウがブローチ加工の精度の決め手である。このような性格を持つブローチ加工であるが故に、企業秘密というヴェールの向こう側の特殊加工とされているのがブローチ加工の現状である。

○ 品質管理に有効なブローチ加工

自動車産業界以外でもブローチ加工を多用する業界がある、それは歯車、減速機等の回転部品の業界である。しかしながら、自動車産業界などの様に特殊形状加工が多く存在するわけでは無い。主に、「品質管理」の為にブローチ加工という手法が使われており、丸穴の高精度加工の品質管理、高精度キー溝加工等に多用されている。これはブローチ加工の繰り返し精度の高さを利用した手法である。ブローチの刃物は一本の中に粗挽き工程、中挽き工程、仕上げ工程の多工程を含む加工方法であり（図1参照）、寸法変化を起こしにくい加工方法である。実例を挙げると、 $\Phi 12H7$ 穴をNC旋盤で品質管理しようとする、全数検査、真円度5 μ 程度、ばらつきは公差の半分程度の0.01ミリ程度と推測されるが、ブローチ加工では抜き取り検査（1/100程度）真円度5 μ 以内、ばらつき5 μ 以内と、検査工数を減らせるだけで無い、高精度加工が実現する。又、加工物を保持するガイドを専用治具化させる事で、リピート注文品への対応が容易で、寸法のばらつきの少ない加工が実現できると言うメリットもある。

○ キー溝加工からの視点

一般的なブローチ加工の一つにキー溝加工がある。キー溝加工においてはアプローチの仕方は他にもあるので、その他の加工機との比較をしてみたいと思う。

- スロッター加工；カム式の加工機で、加工には熟練と時間を要する。量産加工には不向きで品質を揃えるのが困難。但し、唯一の止まり穴加工が出来る機械である。
- キー溝盤（キーシーター）加工；同じようにカム式の加工機であるが、数枚の刃物を鋸の様に上下させ、切込みを行う加工機。自由度は高いが、刃物コストは高く、量産加工には不向き。小物キーに弱い。加工には熟練技術を要する。
- ワイヤークット；最近の高精度キー溝加工の需要増でワイヤー加工機でキー溝を加工するケースが増えている。当然の事だがコストは極めて高く、試作加工限定の加工方法である。当然NC加工機のノウハウが必要。
- 従来のブローチ盤によるブローチ加工；高速、高精度、高安定性であり、現在考える最高の加工機である。然しながら、導入時のイニシャルコストが高い、治具、刃物制作期間が長い等の課題がある。加工は単純作業なのだが、段取り作業時に熟練者の技術が必要。

最近では、モーターの高馬力化、高トルク化が進み、歯車などの伝道部品ではキー溝の「倒れ」を特に重要視される傾向にある。軸穴中心軸に対しての平行度なのだが、今までの加工機では長さ50ミリのワークで0.02ミリが限度と言われてきた。どれほど高額な機械を設備しても、実際に寸法を出すのは段取り作業者の仕事であり、強大な力の掛かった状態を予測して芯出し作業をする事は、熟練作業でも困難な作業であった為である。

○ ブローチ加工やキー溝盤加工が難しかった理由

前述で述べた理由に『芯出し作業』と言うキーワードが出てきたのだが、機械は真っ直ぐ引っ張るのが仕事、寸法を出すのは作業者の仕事、と言うのが今までの考え方と言える。要するに、精度を出す為の機械では無かった、そういう提案まではカバーされていなかった、と言う現状があった。実際の現場での芯出し作業は困難を極めるもので、キーブローチ（または他の刃物）の中心に、ワークの穴中心軸を合わせる作業なのだが、当然、作業者ごとのスキルの違いによるばらつきは大きく、ワークの長さに比例して、軸平行度のばらつきも大きくなる傾向も有る。ガイドを使うキーブローチ加工も行われているのだが、力がかかった状態での芯出しが出来ない為、軸平行度の限界は低かった。又、ブローチ加工（特にキー溝加工）の現場は、3次元測定器などにより精密測定をしながら加工すると言うのは極めてまれで、その結果、相手部品に勘合する、と言うことが重要視され、品質保証が十分に行われているとは言えない状況であった。

○ キー溝加工を解決する「キーマン」の登場

そこで考え出されたのが新方式のブローチ加工機、「キーマン」であり、汎用旋盤を動力にする事で大幅な導入時コストの削減を達成し、今までに無い切削理論から成る、「新

ガイド方式」に特化した加工機とする事で、芯出し作業を不要にし、誰でも、簡単にキー溝等のブローチ加工が出来る、しかも今までにどんな高額な加工機でも出す事が出来なかった高精度加工が出来る唯一の加工機として発表致しました。キーマンの加工の最大の特徴は『ワークの穴中心軸に対しての倒れ（平行度）を出さない』加工だと言うことであり、ガイドの精度なりに、ワークを切削することが出来る、と言う事である。次に切削理論を述べる。

○ キーマンのキー溝加工の切削理論（※技術資料）

本来、ブローチ盤に於いても、キー溝盤に於いても、刃物の剛性でワークを切削する。というのが従来加工の考え方であるのに対し、キーマンの切削に於いては「ガイド部で力を釣り合わせる事により切削を行う」のが特徴である。図2はガイド方式の説明で、刃物をフリーに保持し、ガイドの溝底部と密着させながら切削するキーマンの考え方が理解して頂ける事だろう。切削時に刃物が引っ張り込まれると、刃物に押されたワークは基準面に押し付けられる、この力を使い、クランプさせる。又、切削時の反力としてキー溝の切削方向逆斜め下方向に矢印（F）の力が発生する、ガイドの溝上面でこの力を受け止め、刃物の平行を維持させる事により溝深さ方向の平行を保つ。又、新ガイド方式ではガイドの溝と刃物の幅の隙間の分しか刃物はワークの中心軸穴に対して倒れることが出来ず、品質を安定することが出来る。刃物が平行に移動できるフローティング機構を備えたキーマンと組み合わせることで、実現した加工方法である。

この方式に於いては、ワークの基準端面と内径を前工程で同時加工し、垂直度、同軸度をゼロで加工しておき、ガイドの作り込む事で、どの様な高精度加工への要求も応える事が出来る。今までに実現できなかったミクロン単位での品質管理を可能にしました。

○ 開発の経緯

● キー溝加工の悩み

そもそも富浜精工は精密歯車、プーリーなどの伝導部品を得意とする部品加工業が本業であり、キー溝の量産品のコストの高さに悩まされ続けてきた。ブローチ業者は競合相手が少ない事を理由にし、高額な加工賃を請求してくる、その上いつも繁忙で納期対応も悪い。そこで、当社社長はブローチ盤について研究を重ね、機械を作る事を思いつくのだが、同じように油圧装置を用い、機械を作ったのではコストが掛かりすぎる。その時、昔の職人達の間では旋盤を使い、刃物台等に成型刃物を取り付け、キー溝加工をしていたことを思い出し、旋盤を動力に使う事を思いつく。又、ストロークを確保する為にねじの機構を使い、刃物を引っ張る事を考案し、社内で25年来、加工を行いながら便良く使っていた。

● 昭和の職人の技術

バブル崩壊後、世の中はデジタル化が進み、加工機もNC化が進む中、昭和を支えてきた職人と言われる世代が大挙して引退していく時代、もの作りの現場でも、感性で仕事をする職人が少なくなって来た。社長は常々、「五感で仕事をしろ！昔の職人

は目、口、耳、鼻、指先すべて使って仕事したものだ！」と新人社員に教育するのだが、ボタンを押せば出来上がってくる様なNC機しか知らない若者は、なかなか理解できない、汎用機であれば、それぞれの工程の意味だとか、何故刃物がワークを削る事が出来るのかという事が理解しやすいのだが、などと考えた時、「汎用機の利便性と、高精度治具の高い品質安定性を兼ね備えたこの装置こそ職人と言われた世代とデジタル世代を繋ぐ事が出来る装置になれる！」と製品化を決意。5年の歳月をかけ、特許整備や試作機開発を行ってきた。

● いい機械とはいい加工が出来る機械の事

キーマンを開発していく中、キー溝加工の問い合わせを多く聞いたのだが、その殆どは「現状の加工機で寸法が出ない」という困った末の問い合わせだった。従来の機械では、機械精度とワーク精度は必ずしも同じではなかった。その為に業者、作業員毎にワークの精度にばらつきが生じ、品質管理の方法も確立出来ないまま加工がなされている現状で、ミクロン台の寸法要求に応えるなど夢の話、大手メーカーに問い合わせても、「無理です」ときっぱりと断られるといったケースが多く、品質面に課題の大きな従来加工であった。そんな中、当社は部品加工業という立場の中から、「いい加工をする為の機械、品質管理のしやすい機械」を開発の目標として取り組んできた。

● 「ガイド方式」の発明

キー溝加工の精度を追求していく中、どの様にしたら段取り作業が簡略化されるかが一番の課題であったのだが、「ガイド方式という独自の切削理論」を発案した事により、精度、簡略化の両方を達成する事が出来た。前述もしたのだが、従来工法では、機械や刃物の剛性に頼ってワークを切削する為、刃物の倒れやびびりなどが発生し、精度追求の妨げになっていた。力を釣り合せながら切削するという発想を持つガイド方式はワーク端面、ワーク内径、刃物底面、切削点がすべて密着しながら切削する為にびびりが発生しにくく、高精度加工が可能になった。又、ガイドの精度に倣わせると言う発想は、品質管理面から見て大きな前進であり、昨日今日始めてブローチ加工を行った作業員が、熟練作業員でも今まで出す事が出来なかったような高精度加工を行える、更にガイドの磨耗量をマイクロメーター等で測定することは容易な事なので、ガイドの磨耗量を測定する事で品質保証が出来る様になった。（特許申請済み）

○ 「キーマン」の発表と新たな挑戦

平成16年治工具タイプ、17年にシーケンサー制御タイプを試験販売開始、各地の展示会に出展しながら、同17年に「特殊内径加工研究会」を発足、当社のブローチ技術と、刃物事業者のノウハウを組み合わせ、総合的なブローチ加工の提案窓口として、ノウハウの提供、加工方法の提案等を行っていく為に発会しました。

連携企業は中小事業者が中心ですが、どの企業も分野では日本一を自負する専門家

集団です。「今まで、最高の加工方法とされながらも、一般的とはなれなかったブローチ技術を多くの人に使ってもらえるような技術にしよう」という目標の基、日本一の価格、日本一の短納期、日本一の高精度提案を掲げ、活動しております。今後の特殊内径加工研究会と富浜精工にご期待ください。