

フロントフォーク用シリンダの穴あけ工法の開発と量産化

坪井 悠太

1 はじめに

二輪車用フロントフォーク（写真1）の内部構成部品の一つであるシリンダに対し、内製化を進めることとなった。加工工程における工程計画段階で、シリンダ円筒方向に対する横穴加工時に発生する内径バリの除去がカンコツ作業となり、かつ作業難度が高いという課題があった。また、ドリルによる穴加工とそのバリ除去の機械化も可能ではあるが、設備費が高くなる事が懸念された。

そこで、当該穴加工に対し、バリの発生しない工法の開発に取り組み、量産化を行ったのでその概要を紹介する。



写真1 フロントフォーク

2 目的

シリンダ横穴加工における内径バリ取り作業の廃止

3 目標

内径バリの発生しない工法の開発による加工コスト取引先購入価格以下の実現

4 要件

1) 内径バリ無きこと

- 2) 横穴径、位置の工程能力を満足する
- 3) サイクルタイム：既存ラインと同等
- 4) 可動率：85%以上
- 5) 人員：1名/直
- 6) 設備費：従来工法と同等以下

5 シリンダの概要

5.1 シリンダの機能

図1にフロントフォークのモデル図を示す。

シリンダは、フロントフォークの内蔵部品であり、シリンダ内部を摺動するピストンとベースバルブが組み付くことで減衰を発生させる、減衰機構の構成部品である。またフロントフォークに伸びの力がかった際に伸び切り全長を支える部品でもある。



図1 フロントフォーク構成

5.2 シリンダ横穴要求品質

図2にシリンダの概略図を示す。

シリンダ横穴の要求品質は、下記になる。

穴径：φ2～φ5mm

穴位置：端面より25mm以下

穴数：同一周上に2～4個

穴内径側の状態：有害なバリ無きこと

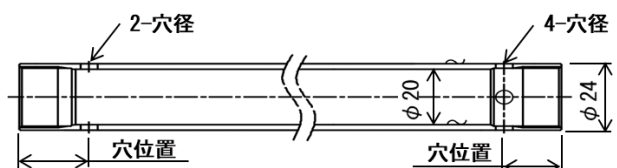


図2 シリンダ

6 従来工法の問題点

シリンダの加工順序は、①横穴加工、②内径加工、③横穴部のバリ取りである。横穴には内径加工が交差するタイプ1と、交差しないタイプ2があるが(図3)、従来工法ではいずれも穴加工後の内径側にドリルによる抜きバリが発生する。抜きバリ対策を行っても完全に無くすことは困難である。加工時の抜きバリによって、下記の生産性低下や熟練者作業が発生する。

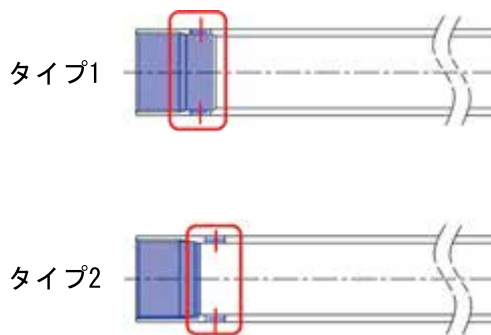


図3 タイプ1とタイプ2の違い

タイプ1は、横穴加工後に内径加工をすることでバリが横穴側に戻るため、ボール盤を使用し、横穴にドリルを通すことでバリを除去する。このタイプは、バリ取りを機械化(自動化)することで、作業性と作業時間は改善されるが、横穴加工後に抜きバリがある状態で内径加工を行うことで、刃具欠けが頻発し生産性が悪化する問題がある。

タイプ2は、リユータを使用し1穴ずつ手作業で内径バリを除去する。このタイプは、φ20mmの内径にバリ取り工具を入れて作業を行うため、作業性と視認性が悪く、カンコツ作業となり難易度が高くなる。そのため、手作業時間も長くなり、加工ラインのサイクルタイムに入らず、はみだし工程での作業となる。

加工時の抜きバリの発生により、どちらの加工タイプでも最終的にコストアップにつながってしまう。

7 従来工法に代わる工法

従来工法による問題を解決するため、内径バリに対し「発生後の除去」ではなく「発生源の対策」をとることにした。中空パイプ材の外側から加工する従来工法では、内径バリが発生してしまう。内径バリを発生させないためには、内側から外側に向けて加工するのが合理的であるため、本テーマでは横穴を内側からピンで打ち抜く加工法に対し、開発を進めることにした。

この工法により下記の利点が得られる。

- ・内径バリ取り作業が不要となるため、生産性が向上する。
- ・打ち抜きカスが加工と同時に外側に排出されるため、打ち抜きカス残りに起因した加工不良が防止できる。
- ・中空パイプ材の内側から加工するため、外側のバリ取り作業となり作業性が向上する。

8 新工法の概要

加工原理は、シリンダ横穴の加工位置が端面側に偏っていることから、ワーク内に打ち抜きピンの付いた片持ちシャフトを挿入し、押し下げることで横穴加工を行う単純な方法を採用した(図4)。

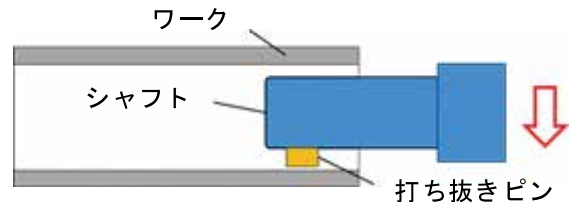


図4 加工原理概略図

9 新工法の開発過程

9.1 原理テスト

まず、シリンダの材質が「せん断力」「引張り強度」から打ち抜き加工可能な材質であることを確認した。シャフト強度についても、打ち抜く推力から弾性域内の負荷であることを確認し、「内径バリ発生状況」と「横穴径の加工精度」、「加工後の素材変形」、「ジグ強度・構造」について、実際の加工テストで検証した。

9.1.1 原理テスト方法

図5に原理テストで使用したジグのモデル図を示す。中央の支柱を押し込むことで打ち抜きピンの付いた

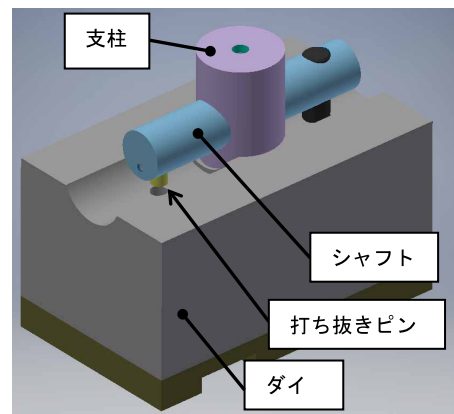


図5 原理テストジグモデル

シャフトが連動し、穴を打ち抜く単純な構造とした。
対象ワークは標準的な加工寸法とした。

9.1.2 原理テストの結果

加工テストの結果、本打ち抜き加工は、内径バリの状態や横穴の加工精度、素材の変形も無く良好な結果が得られた。また、外径バリについてもバリ取りが不要な状態であった（写真2）。

一方、ジグ側の不具合は、下記が確認できた。

- ・ロックアウト機構が無いことで、加工後ワークに打ち抜きピンが貫通したままの状態となり、ジグからワークが取外せない。
- ・支柱構造の金属摺動面が、加工負荷に対して強度不足となり摺動面に異常摩耗が起こる。



外径側

内径側

写真2 原理テストジグでの加工状態

9.2 量産性確認

ここでは9.1での確認項目に加え、「良品加工条件」と「ジグ寿命」について、加工数を増やして検証した。

9.2.1 量産性確認方法

9.1での不具合の対策を盛り込み、且つ量産設備化を想定し、打ち抜く加工サイクルを自動化したテスト機を製作した（図6）。加工寸法は、最もジグの加工負荷が高くなる最悪条件とした。

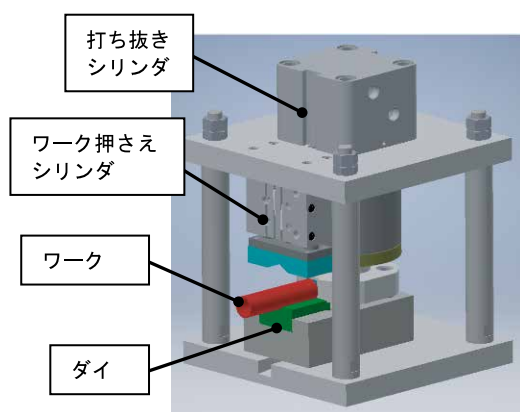


図6 量産テスト機

9.2.2 加工条件の最適化

加工数を増やした結果、量産上障害となる下記の不具合があった。

- ・内径バリ発生

内側から打ち抜くだけでは、内側に向けて返りバリが発生する。

- ・目標加工数到達前の加工不具合発生

打ち抜きピンとダイ穴径の差であるクリアランスが不適であるためジグ寿命が極端に短くなる。

対応策として、表1のようにジグ形状の最適化を行い、不具合を解消することができた。

表1 不具合内容と対応策

不具合内容	対応策
内径バリ発生	打ち抜きピン先端に段付形状を追加
ジグ寿命の目標未達	クリアランスを拡大

9.2.3 量産性確認の結果

結果として、ジグ交換無しで2直分（1日）生産することが可能となった。加工の出来栄は、写真3のように内径バリの発生を無くすことができ、横穴径の精度も要求品質を満足した。以上より、本加工法の量産導入が可能であることが検証できた。



せん断面

外径側

写真3 加工条件の最適化による加工状態

9.3 量産化

テスト機をベースとして「安全性」「作業性」「段取り性」「工程保証度」向上を盛り込んだ1サイクル自動機を製作した（写真4）。

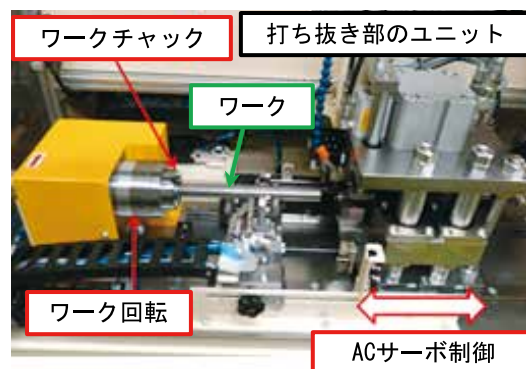


写真4 量産設備（加工部）

9.3.1 量産機の特徴

対象製品となるシリンダの横穴を自動サイクルで

加工するため、テスト機に対して下記の機能を追加し、設備を製作した。

・安全性

加工中に手や体の侵入を検出するセーフティライトカーテンを設置し、側面と背面に侵入防止カバーを取り付けた。

・作業性

人の作業はジグへのワーク脱着と起動スイッチの操作のみとし、ワークセットは大雑把で良く、起動後に自動サイクルによりワークチャックを行う設備とした。

・段取り性

ジグについては、工具レス交換とし、機種ごとの横穴加工位置と穴数の違いについては、段取りデータを持つことで調整作業を無くし1本目から良品となる「一発段取り」とした。

・工程保証度

加工不良が生じることを防止するため、打ち抜きピンの折れ検知、ワーク全長確認、ワーク在籍確認により、未加工と2重起動防止の機能を追加した。

9.3.2 量産導入、立ち上げ結果

製作した設備にて新ラインを構築し、生産の立ち上げを行った。横穴径と位置についても、工程能力を満足し、初品評価を問題無く合格した(写真5)。

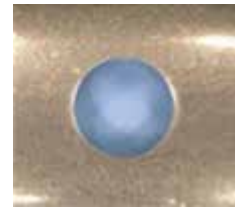


写真5 量産機による横穴加工状態(内径側)

10 結果

この工法の開発により、内径バリ取り作業の廃止ができた。なお、要件については下記の通り全ての項目を満足している。

- 1) 内径バリ無し
- 2) 横穴径、位置の工程能力を満足
- 3) サイクルタイム：17%減
- 4) 可動率：85%
- 5) 人員：1名/直
- 6) 設備費：従来比25%減

また、加工コストは目標である取引先購入価格以下の16%減を実現した。

11 おわりに

ライン単位での品質評価が完了し、2019年2月より量産を開始した。今回の工法開発にあたり、ご指導、ご協力いただいた社内外の方々に、この場を借りてお礼申し上げます。

著者



坪井 悠太

2007年入社。KMS生産技術部。
主に二輪部品の切削加工に従事