

CVT用プーリ コロ溝加工における加工開始溝の位置検出条件構築による黒皮残り対策

濱口 直紀* 小谷 一貴* 中川 匡弘** 山本 岳史** 平田 誠**

抄 録

自動車用自動変速機で使用されるプーリ部品には、可動側プーリを軸方向にスムーズに摺動させる為のコロ溝と言われる3つの溝がある。立ち上げ当初より一部のコロ溝の片側に黒皮残りが発生する慢性的な課題があった。

本稿では、軸外径フレとコロ溝位置関係における取り代の影響の見える化と検証を実施し、コロ溝位置検出と新たに軸外径フレの測定値を組み合わせる事で黒皮残りの発生を解決する技術を報告する。

1. はじめに

セカンダリ固定側プーリ（以下 セカンダリプーリ）のコロ溝黒皮残りとは、3つのコロ溝に対し、分割角度、R径、接触角、Over Ball Diameter（以下 OBD）を完成規格内で加工しても、軸外径フレの影響でコロ溝の左右溝肩部分の取り代が偏り、取り代が無くなる事で研削ができず加工残りが発生する事である。

2. コロ溝黒皮残りの概要

2.1 プーリ加工工程とコロ溝加工について

セカンダリプーリのコロ溝黒皮残りと加工工程を示す (Fig. 1-1, 2)。

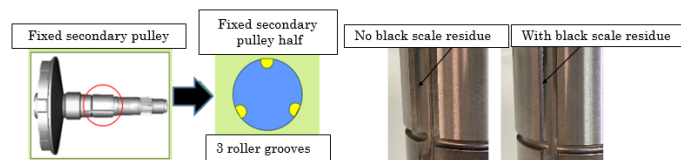


Fig. 1-1 Diagram of fixed secondary pulley half and appearance of black scale residue

生加工、熱処理、曲がり直しを実施後、仕上げ加工の初工程でセンタ修正し、その後の工程でコロ溝研削加工を実施する。

コロ溝研削加工は軸外周のコロ溝を近接の割り出しセンサで検出後、コロ溝の中央の位置決めを行い最初の加工溝を加工する。

残り2本の加工溝は最初の加工溝位置より120度分割を実施し加工を行う (Fig. 2)。

この時に砥石位置に対して加工される溝の位置がズれる為、取り代が偏り加工残りする部分が発生する。

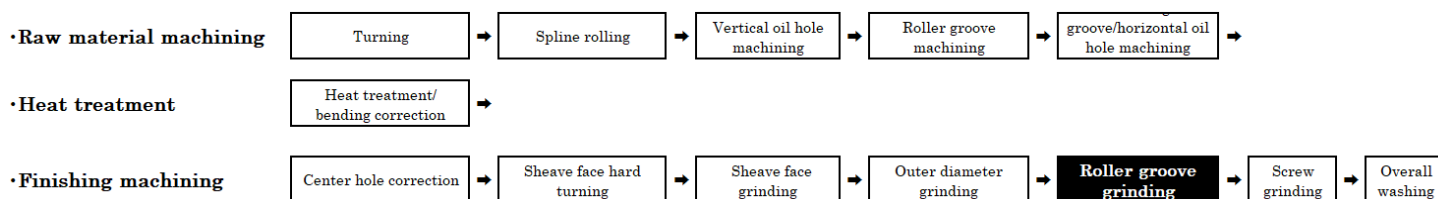


Fig. 1-2 Diagram of machining processes

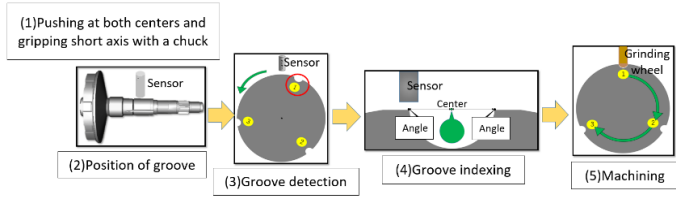


Fig. 2 Indexing motion for machining roller grooves

2.2 ワークの軸外径フレとコロ溝黒皮残りとの関係

コロ溝黒皮残り発生ワークの軸外径フレ調査を行った結果、フレ量が多いワークでの不良発生が90%以上であった。

軸外径フレの大きいワークで再現テストを行った結果、黒皮残りの発生するワークと発生しないワークがある事が判明した。

2.3 機械センタとワークセンタの偏芯の関係

黒皮残りの発生しているワークは以下の事が分かった (Fig. 3)。

- (1) 軸外径フレが大きい事。
- (2) 軸外径フレの最大凸部又は最小凹部の位相がコロ溝位置の位相と近い。
- (3) 熱処理歪や仕上げ初工程のセンタ修正の影響で偏芯となる。

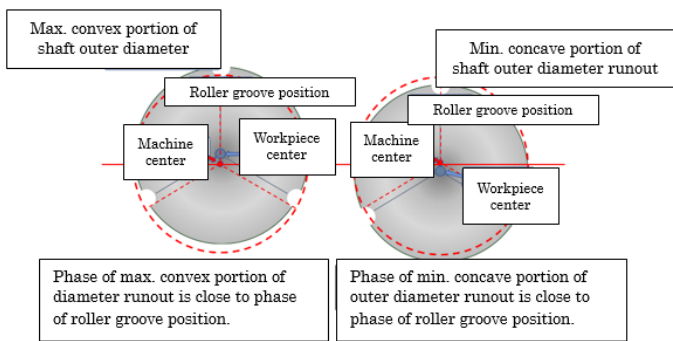


Fig. 3 Positional relationship between shaft outer diameter runout and roller groove

軸外径フレ最大凸部の位相とコロ溝位置の位相が近いワークでの検証結果を Fig. 4 に示す。

位相が近い溝を0度溝とし右回りに120度溝、240度溝とする。

- 0度溝から加工したものが上段の図で、黒皮残りは発生していない。
- 120度溝から加工したものが中段の図で、240度溝で黒皮残りが発生している。
- 240度溝から加工したものが下段の図で、120度溝で黒皮残りが発生している。

黒皮残りのワークは、ワーク軸外径フレの影響でワークセンタ位置と機械センタ位置の偏芯が発生し、フレ量の最大凸部又は最小凹部の位相がコロ溝位置の位相と近い場合、0度溝以外から加工するとコロ溝の位置ズレが大きくなる事で発生する。

3. コロ溝黒皮残りの発生メカニズムの解析

3.1 コロ溝位置ズレと黒皮残りの解析

コロ溝とフレ量の最大凸部又は最小凹部の位相が近い場合と離れた場合でコロ溝位置ズレの比較を実施し、位相が近い場合に最もズレ量が小さくなるかの検証を行う為、各要素からコロ溝の左右溝肩部の取り代量を求める計算式を考えた (Fig. 5)。

各要素とは、基準軸直径、軸外径とフレ量（凹凸）、コロ溝 OBD、コロ溝位置、分割角度である。

取り代の算出方法は、基準コロ溝円 (2) と基準軸外径円 (1) の交点からフレ発生時の加工前コロ溝円 (3)、軸外径円 (4) の交点の差を求めたものである。

プラス座標が右肩部取り代、マイナス座標が左肩部取り代となる。この取り代からコロ溝位置ズレ量を求めた。

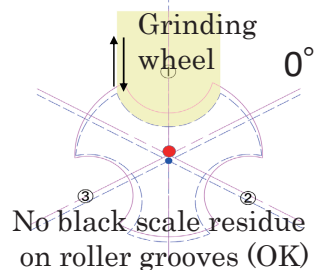
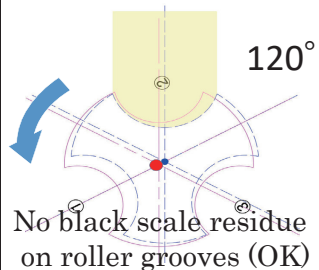
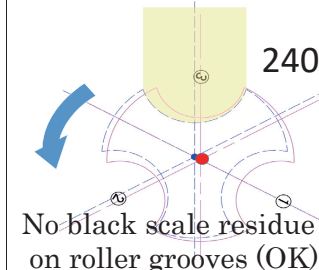
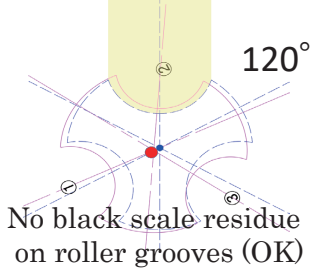
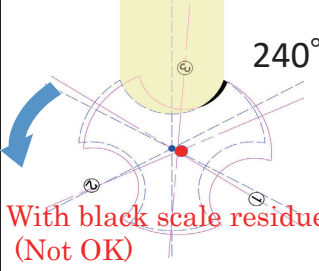
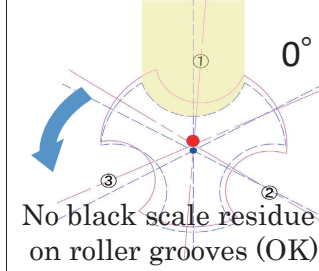
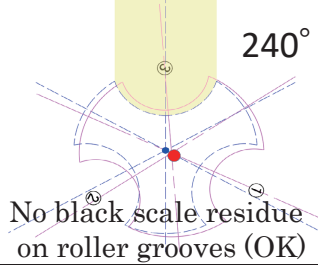
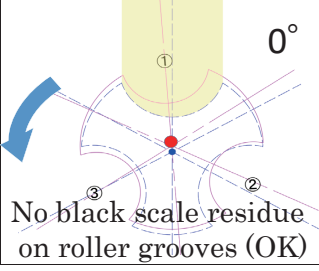
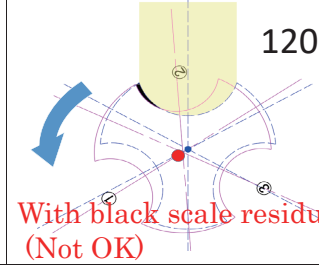
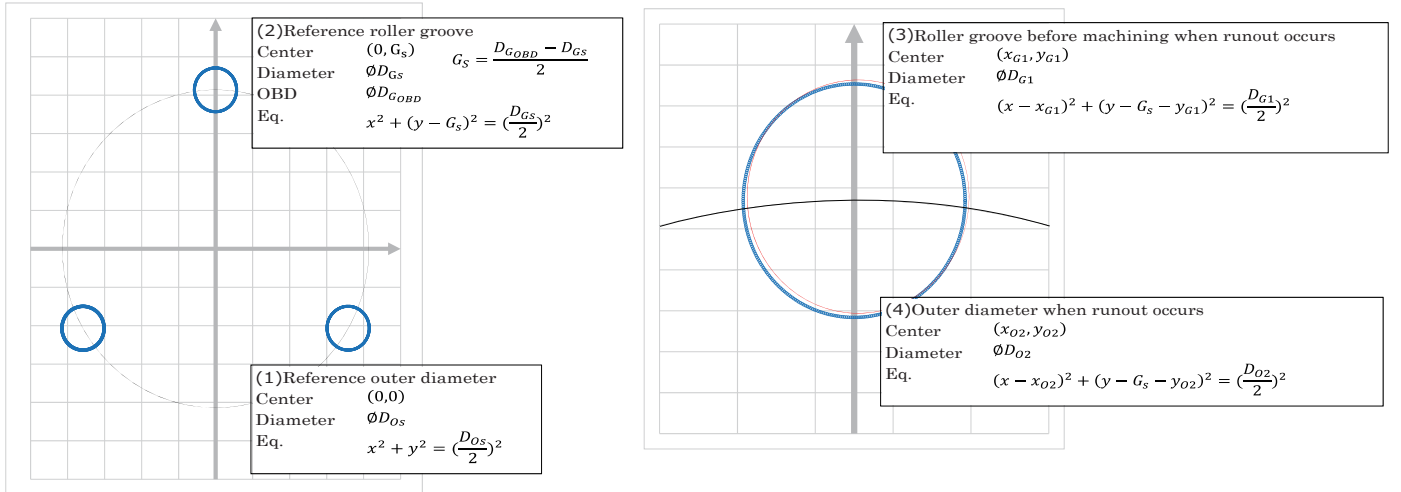
	Detected groove	Groove machined after	Groove machined after
Start at position of 0° groove	 Grinding wheel 0° No black scale residue on roller grooves (OK)	 120° No black scale residue on roller grooves (OK)	 240° No black scale residue on roller grooves (OK)
Start at position of 120° groove	 120° No black scale residue on roller grooves (OK)	 240° With black scale residue (Not OK)	 0° No black scale residue on roller grooves (OK)
Start at position of 240° groove	 240° No black scale residue on roller grooves (OK)	 0° No black scale residue on roller grooves (OK)	 120° With black scale residue (Not OK)

Fig. 4 Validation diagram of misalignment when roller groove is at maximum runout point



Calculation equation on right shoulder (mm)

$$= x_{S1} - x_{G1} - D_{G1} \cos \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{y_{O2} - y_{G1}}{x_{O2} - x_{G1}} \right) + \cos^{-1} \left(\frac{(x_{O2} - x_{G1})^2 + (y_{O2} - y_{G1})^2 + D_{G1}^2 - D_{O2}^2}{D_{G1} \sqrt{(x_{O2} - x_{G1})^2 + (y_{O2} - y_{G1})^2}} \right) \right\}$$

Calculation equation on left shoulder (mm)

$$= -x_{S2} + x_{G2} + D_{G1} \cos \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{y_{O2} - y_{G1}}{x_{O2} - x_{G1}} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{(x_{O2} - x_{G1})^2 + (y_{O2} - y_{G1})^2 + D_{G1}^2 - D_{O2}^2}{D_{G1} \sqrt{(x_{O2} - x_{G1})^2 + (y_{O2} - y_{G1})^2}} \right) \right\}$$

Fig. 5 Calculation equation for machining allowance on right/left shoulders and relate elements

3.2 取り代計算式と黒皮残りの検証

計算式を利用しフレ量の最大凸部又は最小凹部の位相がコロ溝位置の位相と近い場合に、コロ溝位置ズレが最も小さくなるかをコロ溝と軸外径フレの位相図 (Fig. 6) のように、0 度から 30 度毎に軸外径フレ最大凸部、最小凹部を設定し検証を実施した。

- 0 度と 60 度はコロ溝の軸線上にある為、検証結果は同じとなる。
- 30 度と 90 度はコロ溝位置から 30 度の位置にあり検証結果は同じとなる。

上記により 0 度と 30 度の位置で検証を実施した。

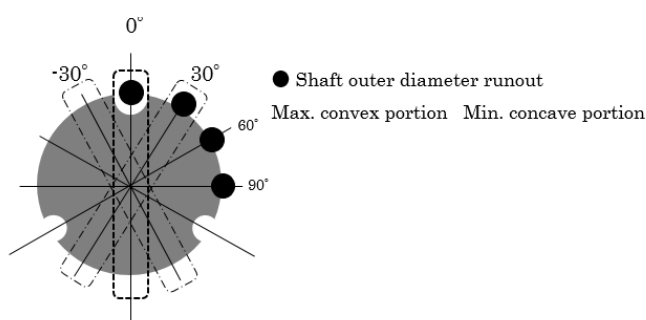


Fig. 6 Phase diagram of roller grooves and shaft outer diameter runout

Fig. 7-1 のグラフは縦軸が CAD によるコロ溝位置ズレ量、横軸が計算式によるコロ溝位置ズレ量とした。

結果、相関がある事が分かる。

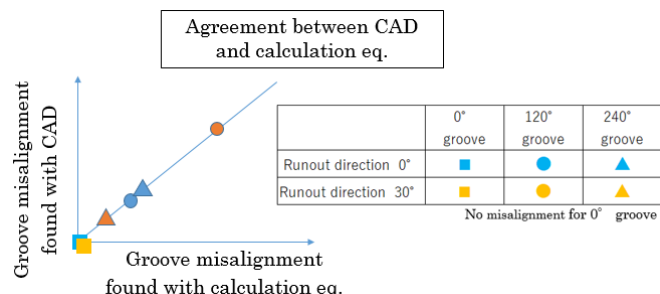


Fig. 7-1 Validation of misalignment found with CAD and with calculation equation

Fig. 7-2 のグラフは縦軸が計算式によるコロ溝位置ズレ量、横軸の上段が軸外径フレ最大凸部、最小凹部の角度、下段が加工開始溝とした。

結果、位相が 0 度の時に 0 度溝から加工した場合が最も位置ズレが小さくなる。

また位相が 30 度の時にも 0 度溝から加工した場合は位置ズレが小さくなる。

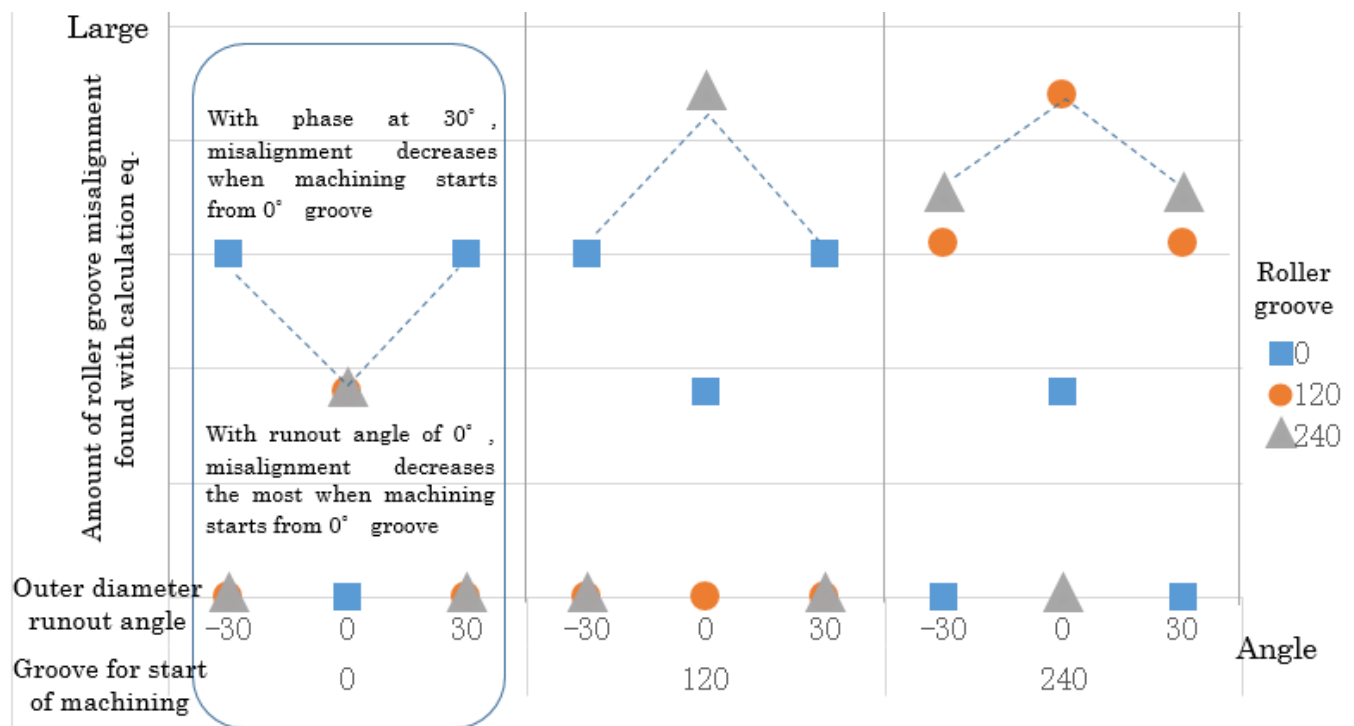


Fig. 7-2 Validation of risk for occurrence of black scale residue

よって加工開始溝を 0 度とした場合、位相が 0 度と 30 度のどちらでも位置ズレが最小になり黒皮残りの発生を抑制する事が出来る。

4. 対策と効果

4.1 加工開始溝の検出方法の構築

検出した最初の溝を基準として軸外径フレを測定し、最大凸部もしくは最小凹部の領域にあるコロ溝を自動検出のうえ、その溝から加工開始するプログラムを作成した。

加工開始溝を指定しコロ溝とフレ量の最大凸部又は最小凹部の位相が最も近い溝から加工する事で位置ズレを抑制でき、黒皮残りの発生しない方法を構築した (Fig. 8)。

4.2 改善効果

コロ溝研削前に加工開始溝を自動検出するプログラムの反映実施以後は黒皮残り発生 of 慢性不具合はゼロとなった。

自動検出プログラム追加における動作遅延分はサイクル短縮で対策済みである。

5. まとめ

加工開始溝違いにおける各コロ溝の位置ズレを計算式で求め、図表に落とし込む事により、コロ溝黒皮発生 of メカニズムを明らかにした。

加工開始溝指定有りのプログラムを採用する事で黒皮残りの発生対策が出来た。

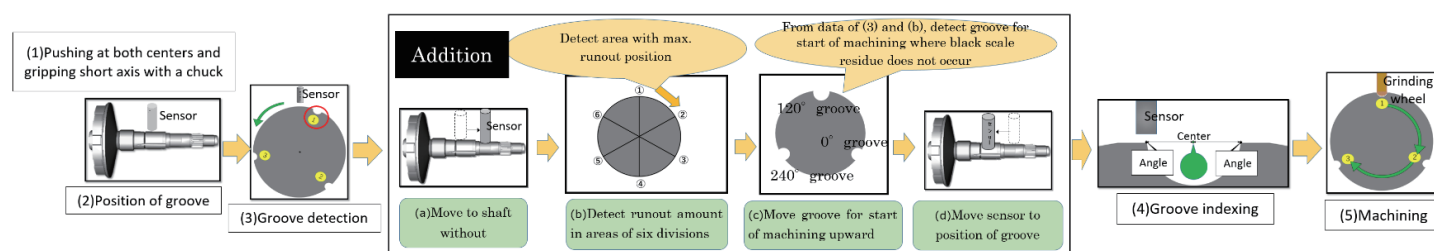


Fig. 8 Indexing motion after addition of actions for specifying groove for start of machining

■ 著者 ■



濱口 直紀



小谷 貴



中川 匡弘



山本 岳史



平田 誠