

B3 Machining

高精度化、軽量化、低コスト化に貢献

EV部品加工対応「フォーミングラック」

"Forming Rack" for Roll Forming of EV Parts

Contributing to High-precision, Light-weight and Low-cost Roll Forming

キーワード | スプライン・フォーミングラック・ハイブリッド車
電気自動車・高精度化・軽量化・中空ワーク・コストダウン

工具事業部／工具技術部

三浦 翔太 Shota Miura

要 旨

自動車業界ではハイブリッド車や電気自動車への移行がすすんでおり、動力源が変わることで新たな部品が必要となってくる。また、自動車にはスプラインやナーリング溝と呼ばれる動力伝達のための部位があり、従来よりも高精度で軽量の部品を、低コストに製造することが求められている。

これらの加工には、平ダイス (NACHI商品名:「フォーミングラック」) による転造加工法が広く用いられており、求められているニーズが変化している。

本稿ではお客様の要求に応える3種の「フォーミングラック」を開発したので、その特長と加工事例について紹介する。

Abstract

The transition from conventional automobiles to EVs or hybrid vehicles is underway in the automotive industry, requiring new parts for EVs due to change of power source. Splines and shafts with knurling grooves are installed to automobiles for power transmission. For EVs, such parts with higher precision, lighter weight and lower cost than the past are sought for manufacturing.

Roll forming with a flat die is widely used for the machining of such parts due to lower cost and higher performance. NACHI has its own product of a flat die, "Forming Rack".

NACHI has developed three types of forming racks to respond to the needs of our customers. The features of forming racks and examples of roll forming are introduced in this article.

1. 転造加工に求められる技術

脱炭素社会の実現に向けた取り組みが加速しており、自動車業界においては従来のエンジン車から、電気を使用したハイブリッド車や電気自動車(EV)へ移行している。動力源が従来のエンジンからモーターに変化することで、モーター用の新たな部品が必要となり、これらの部品は、電費向上のために小型化・軽量化が求められている。十分な出力を得るために、モーターは現在より高回転で使用されていくが、高回転での使用はトルクの変動や振動の原因となり、ノイズや不快な振動といった問題を引き起こす。このため、EV向けの部品には高精度化、軽量化が求められ、その上安価なものづくりが求められている。

EV部品の1つであるモーターシャフトやインプットシャフトは、スプラインやナーリング溝といった動力伝達や勘合のための機構を持っており、これらは安価で高能率に加工できる転造加工で製作されることが多い。

部品の高精度化、軽量化、低コスト化に応える「フォーミングラック」(図1)として、「高精度スプライン用フォーミングラック」「中空ナーリング溝用フォーミングラック」「汎用フォーミングラックFRGS」の特長と加工事例について紹介する。

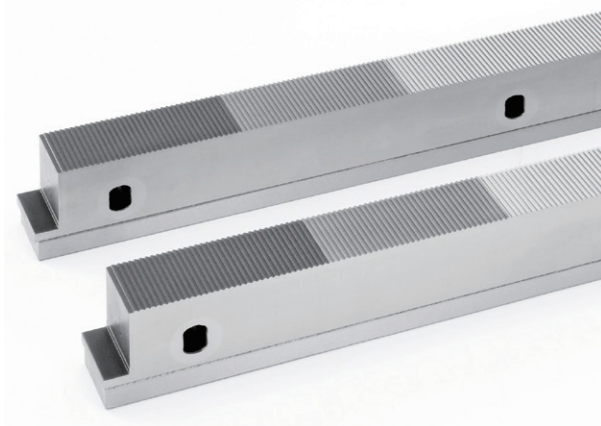


図1 「フォーミングラック」外観

2. 転造加工とは

転造加工とは、ワークを塑性変形させて盛り上げ、所定の形状に成形する加工法である。その工法の1つに転造平ダイス (NACHI商品名:「フォーミングラック」) を用いた加工が知られている。スプラインやねじを高能率に加工でき、塑性加工のため切削加工されたワークより強度が向上するという利点がある。図2に加工原理図を示す。「フォーミングラック」は同一形状の工具2本を1組にして使用する。工具がワーク外周を挟みながら互いに逆方向に移動することで、ワークが回転し、工具の歯が順次食込み、素材が盛り上がることで、スプライン形状をつくり出すことができる。

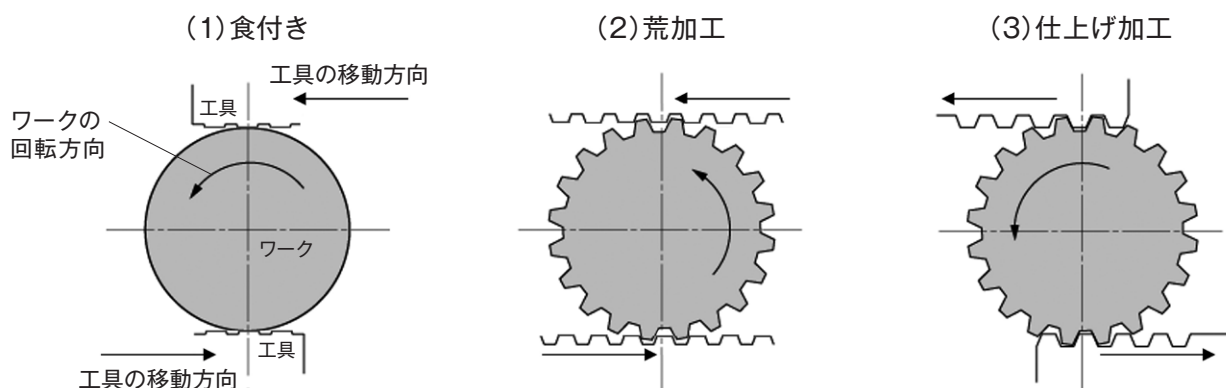
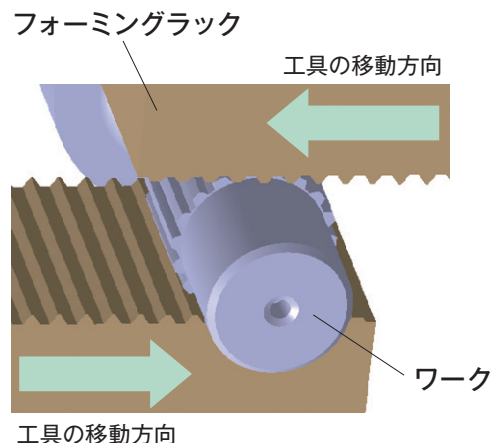


図2 転造加工

3. 「高精度スプライン用フォーミングラック」

1) 特長

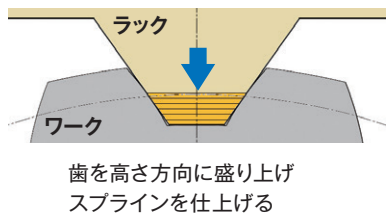
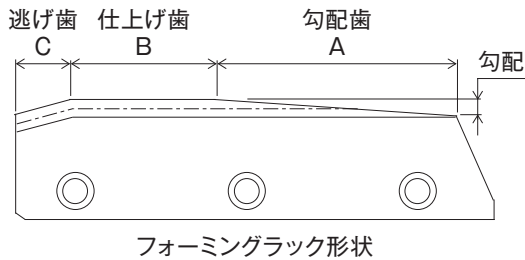
従来、「フォーミングラック」に設ける歯の高さは、ワークに最初に食付く工具前半から後半にかけて、勾配を設け徐々に高くなる方式を採用している。この方式では、スプライン精度の1つである累積ピッチ誤差はラックの長さに依存し、高精度化には限界があった。

そこで、「高精度スプライン用フォーミングラック」では、累積ピッチ誤差を小さくするため、前半の歯で生じたピッチ誤差を、後半の歯で小さくする工具設計(仕上歯面上がり方式)を採用した。図3にその概要を示す。歯の高さが徐々に高くなっていく勾配歯A、仕上げ歯B、逃げ歯Cという従来方式に対し、仕上歯面上がり

方式では仕上げ歯の直前に歯の「歯厚」が徐々に大きくなっていく中仕上げ歯B'を追加する。勾配歯Aで盛り上げられた直後のワークの歯溝ピッチには、勾配の大きさに応じた累積ピッチ誤差を生じるが、中仕上げ歯B'において歯面方向に微小量ずつ盛り上げることでこの誤差を小さくできる。また、ワークには弾性変形による戻り（スプリングバック）が生じるため、この戻り分を考慮して、勾配歯、中仕上げ歯の形状の変化量を定めることが重要である。加えて、微小量の歯面上がり部では、歯の高さを一定にすることで、転造時の荷重を下げることで、高精度化を実現できる要因の1つといえる。

■ 転造方式

従来方式



仕上歯面上がり方式

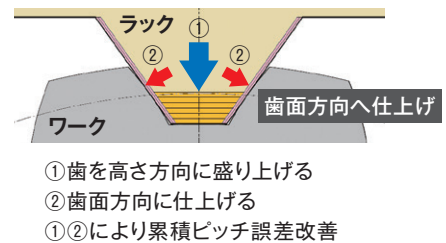
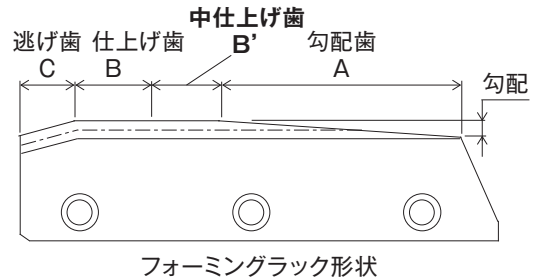


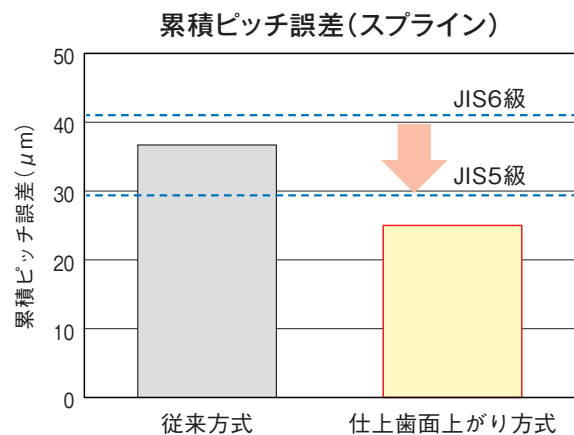
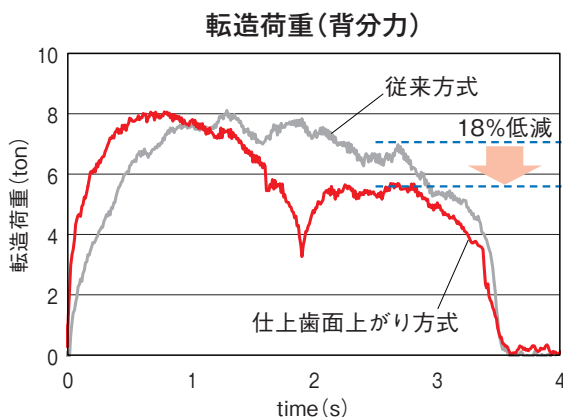
図3 「高精度スプライン用フォーミングラック」特長

2) 加工事例

m1.0×PA30°× 歯数20、炭素鋼S45C(210HB)、
転造幅33mmのワークを本仕様のラックで加工した。

転造中に工具にかかった荷重(背分力)、ワークの
累積ピッチ誤差の測定結果を図4に示す。従来の工具に

対し、転造後半での転造荷重は18%低減し、累積ピッチ
誤差は37 μ mから25 μ mに向上させることができた。
従来の「フォーミングラック」では困難であったスプライン
精度(JIS B1603 5級以下)を加工可能にした。



ワーク諸元 : m1.0×PA30°× 歯数20
転造幅 : 33mm
転造速度 : 10m/min
被転造材 : S45C(210HB)
工具 : 24インチ
切削油剤 : 油性

図4 「高精度スプライン用フォーミングラック」加工事例

4.「中空ナーリング溝用フォーミングラック」

1) 特長

モーターシャフトはモーターの出力を駆動側へ伝達する機能を持ち、軸の外周部には電磁鋼板(ローター)が取り付けられる。取り付けにはシャフト外周のキー溝により行なわれるタイプとシャフトの外周全体に設けた小さな溝(ナーリング溝)に圧入して行なわれるタイプがある。また軽量化を目的としてシャフトの中空化がすすんでいる。しかし、中空ワークの転造は、転造中にワークが変形することで盛り上がり不足となり、加工後の大径寸法にばらつきが生じるという問題があった。

図5に示すように、転造中にワーク端部よりも中央部が

大きくたわむ。たわんだ箇所は、工具が食込みづらく、素材が盛り上がりにくくなるため、端部よりも中央部が盛り上がり不足となり、大径寸法のばらつきが発生する。

この問題を解消するために、クラウニング形状の工具と繰返し往復転造方式を採用した(図6)。ワークのたわみそのものを無くすることはできないが、たわみ量にあわせて工具の中央を中凸にし、加えて、仕上げ歯の範囲で複数回往復する転造方式を組みあわせることで、工具を食込ませることができ、大径のばらつきを抑制することができる。

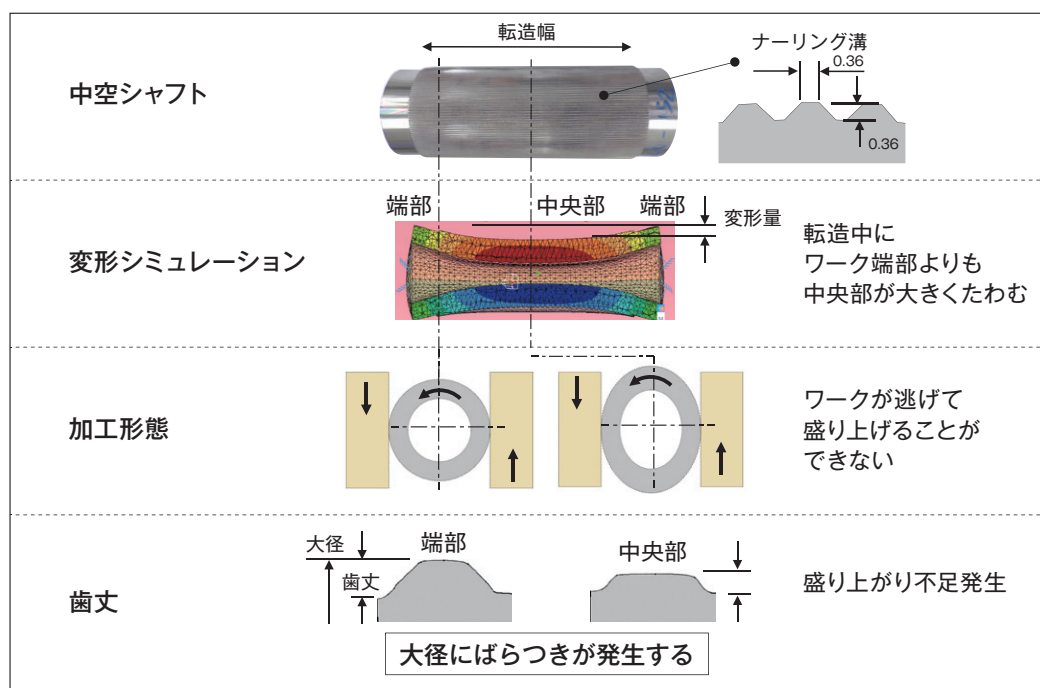
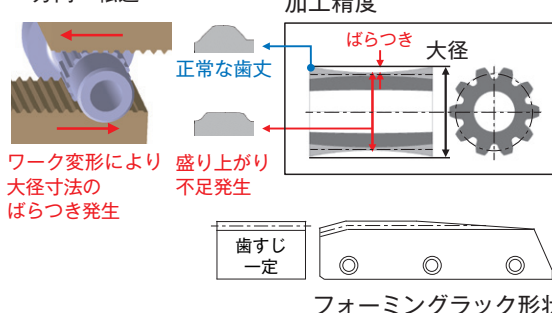


図5 中空ワーク加工の課題

■ 転造方式

従来方式
一方向へ転造



往復転造方式+クラウニング
繰返し往復転造

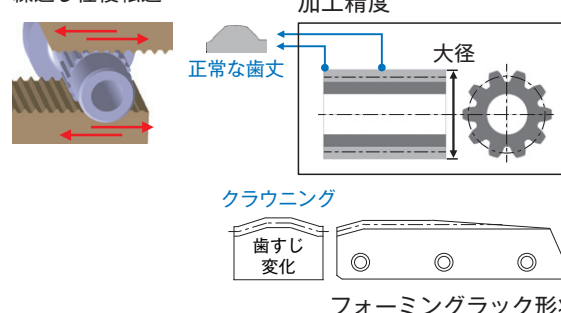


図6 「中空ナーリング溝用フォーミングラック」特長

2) 加工事例

m0.4×PA45°×歯数130、炭素鋼S45C(210HB)、転造幅120mm、肉厚10mmのワークを加工した結果を図7に示す。大径のばらつきを従来107 μ mから31 μ mまで低減することができた。

モーターシャフトの端部は出力軸としてのスプラインを有している。図8に示すように平転造盤は、異なる

「フォーミングラック」を並列に搭載し、ワークをシフトして加工できるため、「フォーミングラック」によるナーリング溝の転造加工が可能になることで、ナーリング溝とスプラインを平転造盤1台で加工可能となる。ナーリング溝加工の専用機を導入する場合と比較して、大幅な工程集約とコストダウンを実現できる。

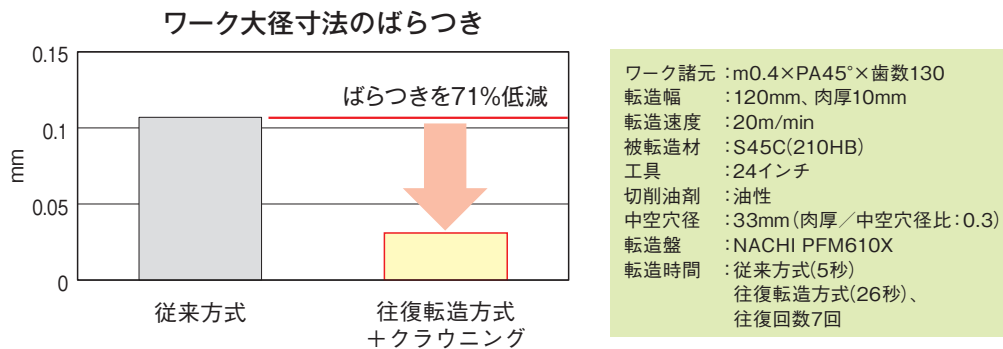


図7 「中空ナーリング溝用フォーミングラック」加工事例

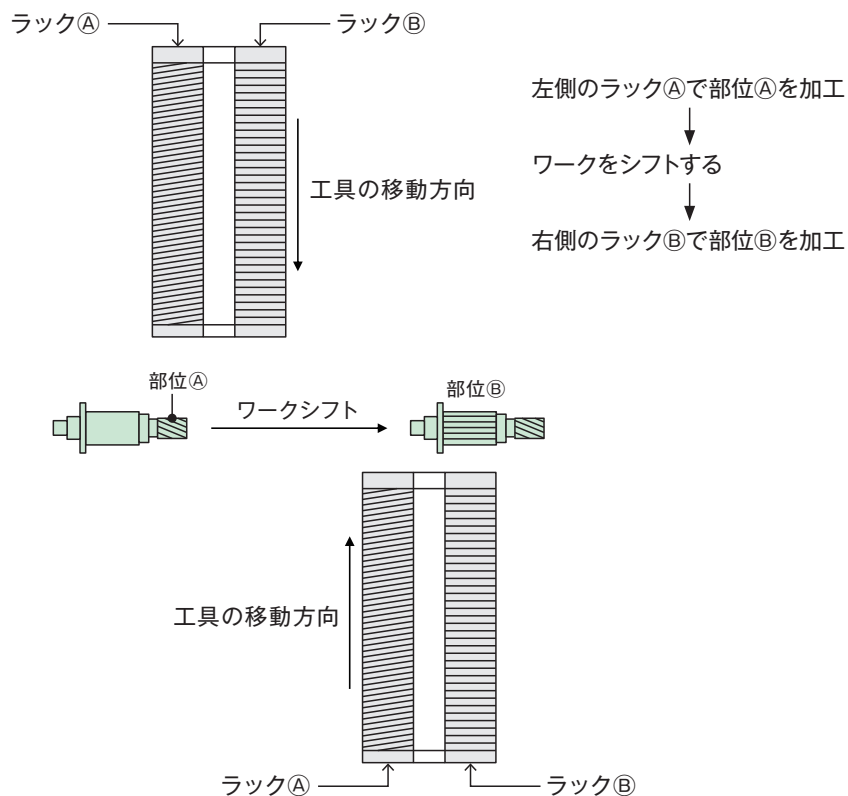


図8 ワークシフト転造模式図

5.「汎用フォーミングラックFRGS」

1) 特長

図9に工具材料と被転造材硬さを示す。これまで「フォーミングラック」の材料は、高機能なマトリックスハイスを用い、あらゆる硬さのワークに対応してきたが、「フォーミングラック」は高価な工具であり、お客様からは安価なラックを求める声が多く聞かれる。

今回、トランスミッションに多く使われている比較的軟らかい材料を狙いとして、工具材料・熱処理の

最適化を行ない、マトリックスハイスよりも安価で同等の性能を持つ「汎用フォーミングラックFRGS(Forming Rack General Steel)」を商品化した。トランスミッションの歯車材質として多く使われている浸炭鋼や軟鋼などの220HB以下の被転造材に最適である。ラインナップ拡充により用途に応じた最適な「フォーミングラック」を選択していただくことが可能となった。

価格	安価	汎用フォーミングラックFRGS					
	↑ ↓	マトリックスハイス					
		マトリックスハイス+Hyper Shot 注(1)					
		マトリックスハイス+SN処理 注(2)					
高価							
被転造材硬さ(HB)		200		300		400	
代表的な被転造材		S10C SWCH	S35C S40C	S55C	SCM435	SCM440	

注(1) Hyper Shot 圧縮応力を与え、耐摩耗性を向上させた表面改質処理

注(2) SN処理 表面硬度を1300HVまで上昇させて耐摩耗性を向上させた特殊窒化処理

図9 工具材料と被転造材硬さ

2) 加工事例

図10にm0.8×PA37.5°×歯数24、炭素鋼S40C(200HB)、転造幅20mmのワークを20万個加工した後のFRGSの損傷状態を示す。マトリックスハイスとFRGSの損傷状態を比較すると、同等の損傷状態であるといえる。このように220HB以下の被転造材では従来同等のワーク数をより安価な工具で加工でき、お客様のコスト低減に貢献することができる。

NACHIの「フォーミングラック」では、表面改質・処理による寿命向上が可能であり、Hyper Shot、SN処理の

2種類をラインナップしている。Hyper Shotは、圧縮残留応力を与える処理であり、疲れ強さが向上し、表面亀裂の発生・伝播が抑制されて欠けに対する強度が向上する。SN処理は特殊な窒化処理を行ない、表面硬度を1300HVまで上昇させる処理であり、耐摩耗性を向上させる。これらの処理は、今回紹介したFRGSに適用が可能であり、生産性や目的に応じた工具寿命向上のアイテムとして、これらのご使用も検討していただきたい。

加工20万個後の工具損傷写真



マトリックスハイス



FRGS

ワーク諸元 : m0.8×PA37.5°×歯数24
 転造幅 : 20mm
 転造速度 : 10m/min
 被転造材 : S40C(200HB)
 工具 : 24インチ
 切削油剤 : 油性

図10 「汎用フォーミングラックFRGS」加工事例

6. まとめ

今回、EV部品に要求される「高精度化」「軽量化」「低コスト化」を実現する「フォーミングラック」として、3種類の「フォーミングラック」の特長と加工事例を紹介した。これらの商品を実際に使用していただくことで、その効果を実感してもらいたい。今後も「フォーミングラック」のみならず、お客様の抱える課題を解決できる工具を開発し、ユーザーのニーズに応えていく。