

## B9 Machining

工程集約型歯車スカイビング複合加工機

# 「スカイビング ギヤシェープセンタ GMS100」

"GMS100" Gear Skiving Machining Center

**キーワード** | ギヤスカイビング・複合加工機・ワンチャック加工・工程集約  
コンパクト・省スペース・ハード加工・同期精度・位相合わせ・ホブ

工作機事業部／スカイビング開発プロジェクト

**林 修司** Shuji Hayashi

## 要 旨

近年、歯車製造工程において、多品種少量生産に対応する歯切り加工としてギヤスカイビング加工が注目されている。NACHIでは、シェーパー加工、ブローチ加工やホブ加工に置き換わるギヤスカイビング加工を取り入れた複合加工機を開発した。この複合加工機では、ギヤスカイビング加工による歯切りのほか、ホブ加工・旋削加工・穴あけおよび、タップ加工など、歯車部品の製造工程を1台の機械に集約することができる。

この複合加工機を用いた工作物の歯車精度は、JIS5級 (B1702 1998) を実現し、さらに、工作物の焼入れ後の仕上げ加工も可能である。本稿では、新シリーズとして開発した「スカイビング ギヤシェープセンタ GMS100」の特長と加工性能について紹介する。

## Abstract

Recently, in the gear manufacturing process, a gear skiving has been drawing attention since it enables the cutting of various gears yet for small production volume. NACHI has developed a multi-tasking manufacturing machine that incorporates gear skiving and other machining features, which replaces shaper machining, broaching and hobbing. In addition to gear skiving for gear cutting, this multi-tasking manufacturing machine performs hobbing, lathing, drilling and tapping, which can integrate the gear machining processes into one machine.

Precision of gears made with this multi-tasking manufacturing machine satisfies JIS5 Class B1702 1998. Furthermore it enables the finish-machining after hardening of a gear.

This article introduces the features and machining performances of “GMS100”, Gear Skiving Machining Center, a newly developed machine for GMS series.

## 1. ギヤスカイビング加工の原理

ギヤスカイビング加工の原理を図1に示す。ギヤスカイビング加工では、対向する工具と工作物が同期した回転を行なう。工作物に対し、一定の角度を与えた工具の回転は、工作物の軸方向に切削速度として生じることで、歯車が加工される。この加工法では、内歯車だけでなく外歯車の歯切りが可能であり、また歯すじにクラウニングを付加することもできる。

これら歯車加工を行なう工作機械には、高剛性と高減衰性の確保が求められる。さらに、ギヤスカイビング加工では、工具主軸と工作物主軸の回転誤差が歯車精度に影響することから高速回転における高い同期精度が求められる。

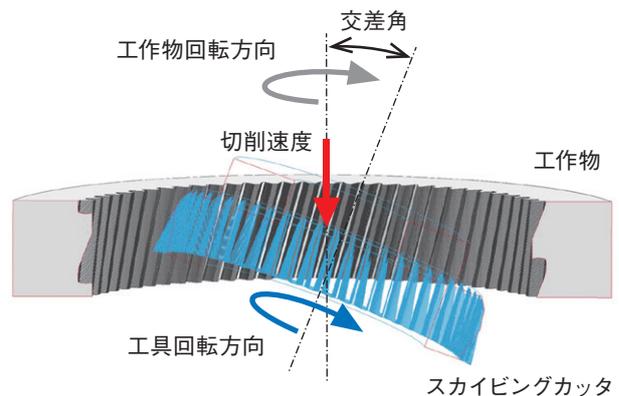


図1 スカイビング加工の原理

## 2. コンパクトな生産ラインに対応する小型複合加工機

EV化がすすむ中、小型モーター・小型減速機の需要が増えている。小型モーターではギヤモーターシャフト、小型減速機では遊星減速機などがあり、太陽歯車・内歯車・遊星歯車、といった様々な形状・諸元の歯車があり、多種多様な工作物対応が求められる。また、さらなる小型化、低騒音・低振動化のため、加工法のブレークスルーが必要である。

NACHIでは、歯車加工技術を軸に、歯車加工の多様性に対応した工程集約型ギヤスカイピング複合加工機GMSシリーズを打ち出し、2016年に産業機械向けとして工作物外径φ450mmまで対応するGMS450、2018年に自動車分野向けとして工作物外径φ220mmまで対応するGMS200をリリースしてきた。

今回、新たに工作物外径φ100mmまで対応した小型モーター・小型減速機分野の歯車部品に最適な「GMS100」を開発した。GMSシリーズの各対応工作物サイズを図2に示す。

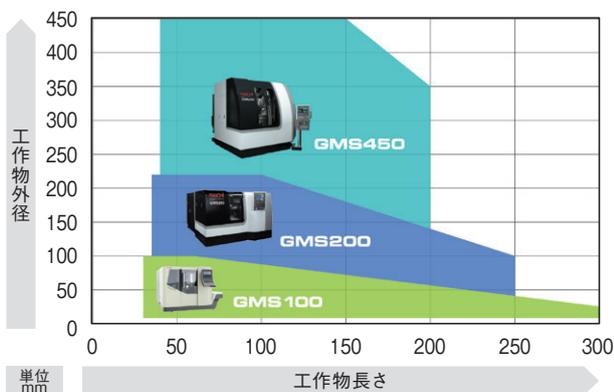


図2 GMSシリーズ 対応工作物サイズ

従来機がマシニングベースの軸構成であったのに対し、本機は、横型旋盤をベースとした軸構成とし、高速高精度の旋削加工を可能とし、歯切り加工は、スカイピング加工に加え、ホブ加工も可能とした。生産変動・機種切替に柔軟に対応可能とし、高能率でコンパクトな生産ラインの実現に寄与する。図3に「GMS100」の外観、図4に設備サイズを示す。



図3 「スカイピング ギヤシェープセンタ GMS100」

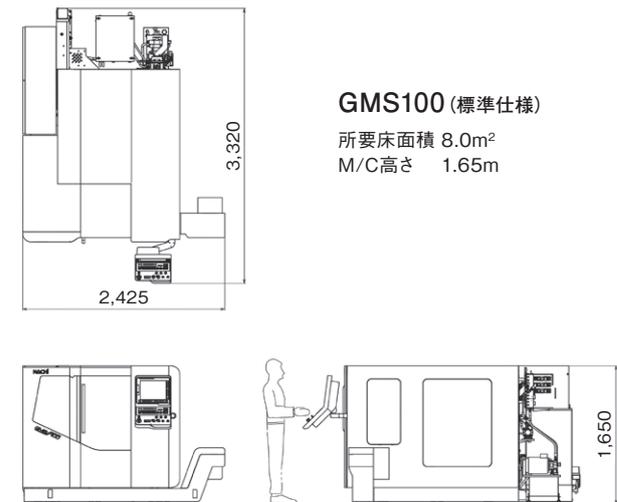


図4 「GMS100」設備サイズ

### 3. 「スカイビング ギヤシェープセンタ GMS100」の特長

「スカイビング ギヤシェープセンタ GMS100」の諸元を表1に示す。

表1 「GMS100」の主要諸元

加工能力	工作物外径	φ3~100mm(内歯スカイビングφ40~100)
	工作物最大長さ	30~300mm(端面加工は~60mmまで)
工具主軸	主軸テーパ穴	Capto C6
	主軸最高回転速度	12,000rpm
工作物主軸	主軸最高回転速度	8,000rpm
各軸移動量 (5軸)	X-Y-Z(前後-上下-左右)	X200mm-Y320mm-Z350mm
	工具旋回角度	-5~95deg
ATC(オプション)	ATC収納本数	無し/6本/22本
NC装置	型式	FANUC 31i-B
機械の大きさ (標準仕様)	設備本体(幅×奥行き)	2,425×3,320mm
	機械重量	約6,500kg

#### 1) 旋盤構成の高精度複合機

本機は歯切りに必要な機械剛性を保ち、旋削にも適した軸構成とするため、横型旋盤系複合加工機の構成を基本としつつ、工作物主軸に送り軸を持たせた軸構成を採用した。これにより内歯車に適したスカイビング加工(図5)に加え、小径モーターシャフト・外歯車に

適したホブ加工(図6)も可能とし、用途、目的に応じて最適な工法選択が可能である。

ホブ加工は高い機械剛性と高い同期回転性能を組みあわせることで、片持ちホブ、工作物片持ちでも歯車精度JIS5級(JIS B1702 1998)を実現している。

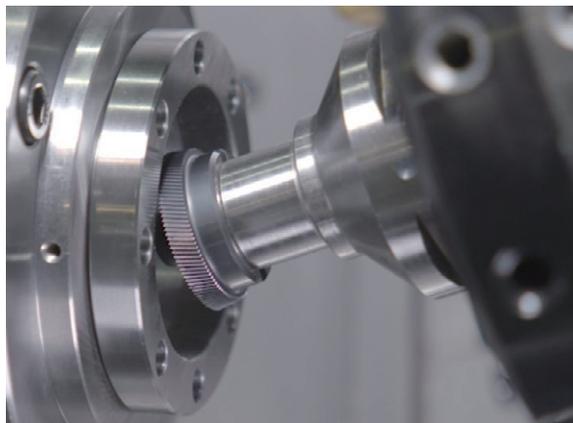


図5 内歯スカイビング加工

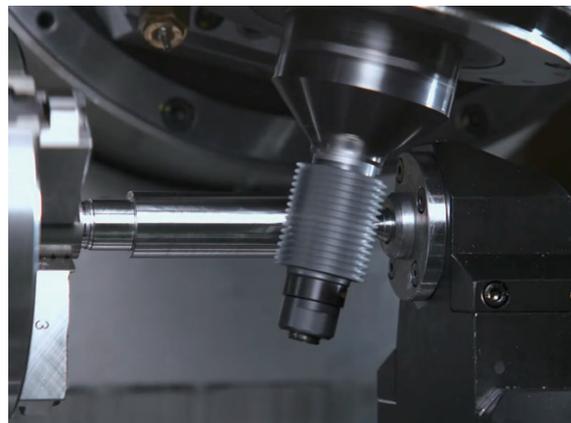


図6 ホブ加工

## 2) センタ保持スカイビング加工

ギヤスカイビングは対向主軸姿勢での加工のため、工作物を片持ちで加工するのが通常である。そのため、突き出し量が長いギヤ付きシャフトなどの加工には不向きであるが、「GMS100」では専用のローリングセンタにより工作物の先端を保持した状態でスカイビング加工を可能とした。(図7)



図7 センタ保持状態のスカイビング加工

このことにより、ホブ工法がメインであった小径シャフトの外歯車加工をスカイビング工法に置き換えることができ、歯切り不完全部分を最小化することが可能となり、ギヤ付きシャフトの小型・偏平化に貢献する。(図8)

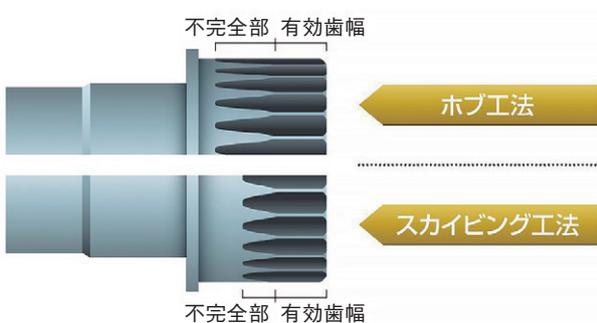


図8 ホブ・スカイビングの歯切り不完全部の比較

## 3) 旋削にも適した軸構成と工具

また、工具主軸のスラスト方向に主分力が掛かるよう複数のチップをレイアウトした旋削工具を開発した。これにより、工具主軸の旋回割出しにより異種チップに切り換えることが可能となり、ATC装置による工具交換することなく高効率な旋削加工を提供できる。(図9)

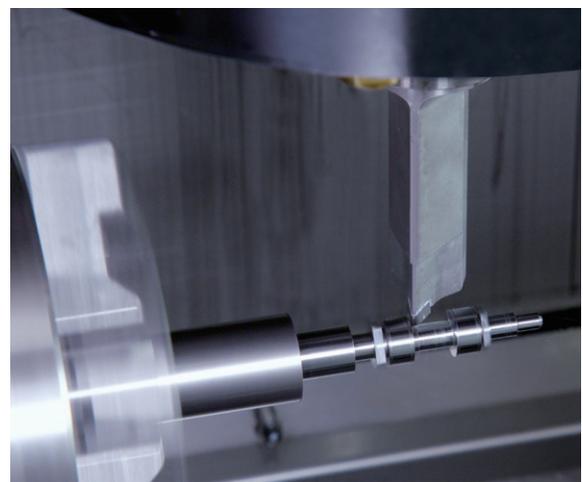


図9 スラスト旋削工具

加えて送り軸のオシレーション制御による切りくず分断機能で、旋削・穴あけの際の切りくず巻付き問題を解消する。(図10)

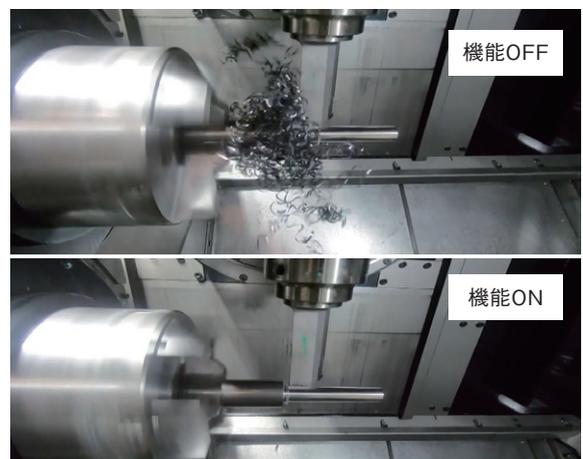


図10 旋削における切りくず分断機能有無の違い

#### 4) 工程完結型 量産加工に対応

中空主轴の採用により、バーフィーダ(連続給材機)による素材の連続供給にも対応。素材から旋削、歯切り、バリ取り、切断まで小径ギヤ付きシャフトの量産加工にも対応する。(図11)

工作物の搬出は、ローラ付の搬出ローダハンドにより、工作物を保持したまま切断することで、落下させることなく、機外へ搬出することができる。



図11 バーフィーダ+搬出装置の適用例

#### 5) 主轴固定工具による生産性の向上

コンパクトな設備で、高効率な生産性を確保するため、「GMS100」では、ATCによる主轴工具とは別に主轴工具側面にオプションとして、固定工具を設置し、付帯加工を可能とした。

旋盤であればタレットツールでセンタ穴あけや突っ切り加工をするが、複合加工機にタレットツールを

設置すると設備幅が広くなり、コストも上がる。その点「GMS100」は突っ切りバイトやセンタ穴ドリルを固定工具として設置することで、コンパクトな設備で、ATCによる工具交換を行なうことなく、センタ穴あけや、工作物の溝入れ・切断ができ、生産性を向上することができる。(図12)

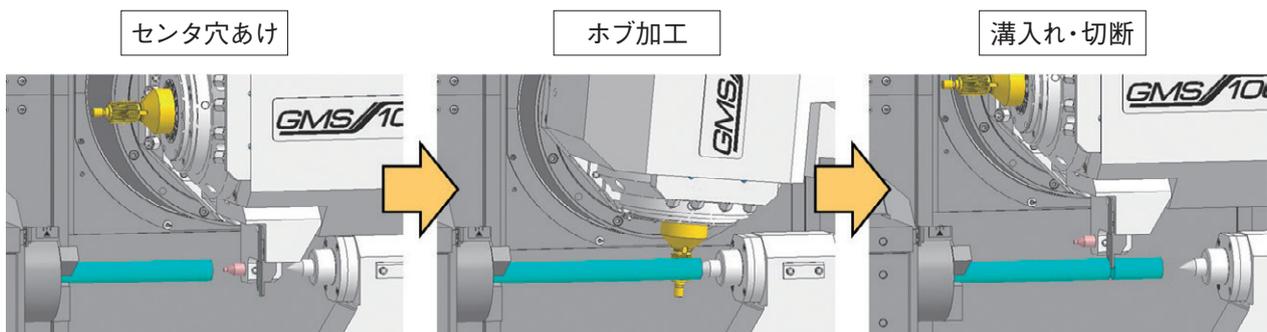


図12 (工程事例) センタ穴あけ→ホブ加工→突っ切り

## 6) 対話型歯切りプログラム設定

スカイビング、ホブの歯切り加工プログラムは対話型画面への入力のみで簡単にNCプログラムの生成が可能。工具補正、座標系設定も含め、本ソフトのみで歯切り加工条件の全てを設定可能としている。

またクラウニング、テーパなどの特殊歯車にも対応しており、歯車加工のニーズに対応する。(図13)

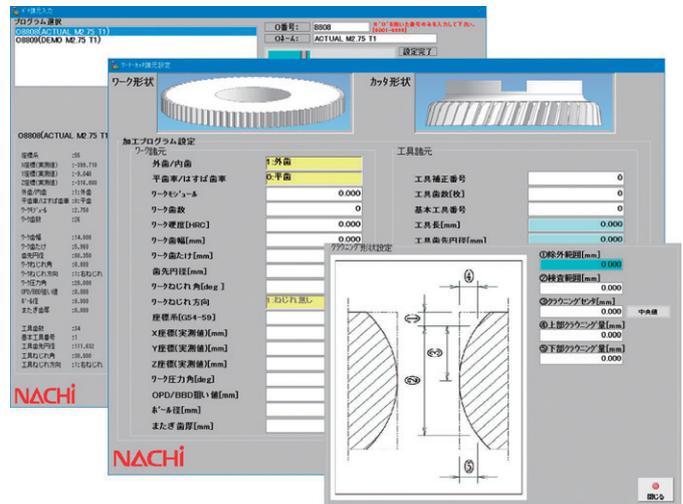


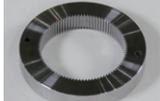
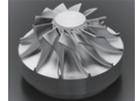
図13 対話型画面による歯車諸元の入力

## 4. 加工事例

「GMS100」の加工事例を表2に示す。ギヤスカイビング、ホブ、旋削に加え、CAMプログラムによる

5軸制御加工にも対応している。歯車精度は、JIS5級(B1702 1998)を実現。(図14)

表2 「GMS100」の加工事例

加工工作物		内歯車	ギヤ付きシャフト		シャフト	異形工作物
						
工作物諸元	加工法	スカイビング	スカイビング	ホブ	旋削、溝入れ、エンドミル	ボールエンドミル
	材質	S45C	S45C	S45C	S45C	アルミ合金
	モジュール	0.5	0.5	0.75	全長 66mm	全長 62mm
	歯数	90	34	28	直径 φ13	直径 φ100
	歯幅	10	15	15		
加工条件 (粗/仕上げ)	ねじれ角(°)	0	15RH	15RH		
	切削速度(m/min)	60	60	150		
	送り(mm/rev)	0.25/0.11	0.15/0.11	0.8		
加工サイクルタイム(sec)		22	34	35		

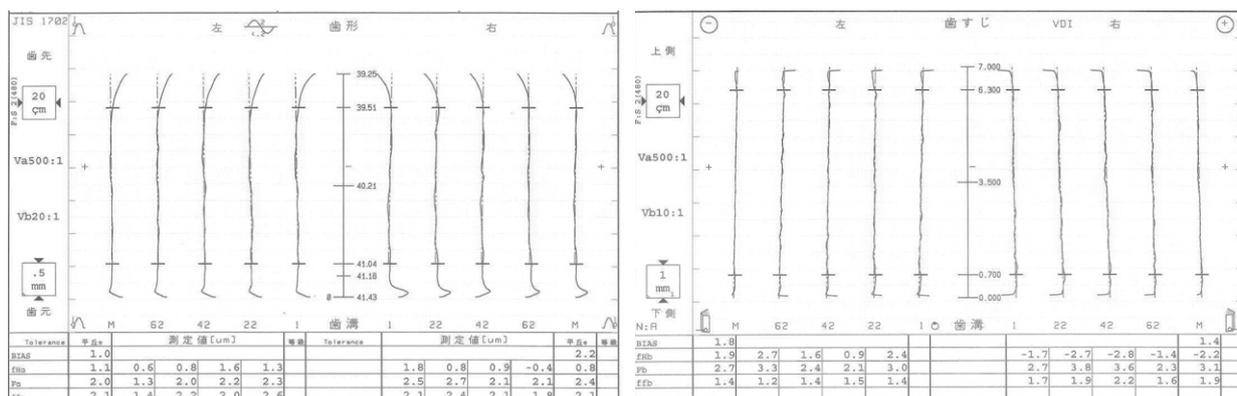
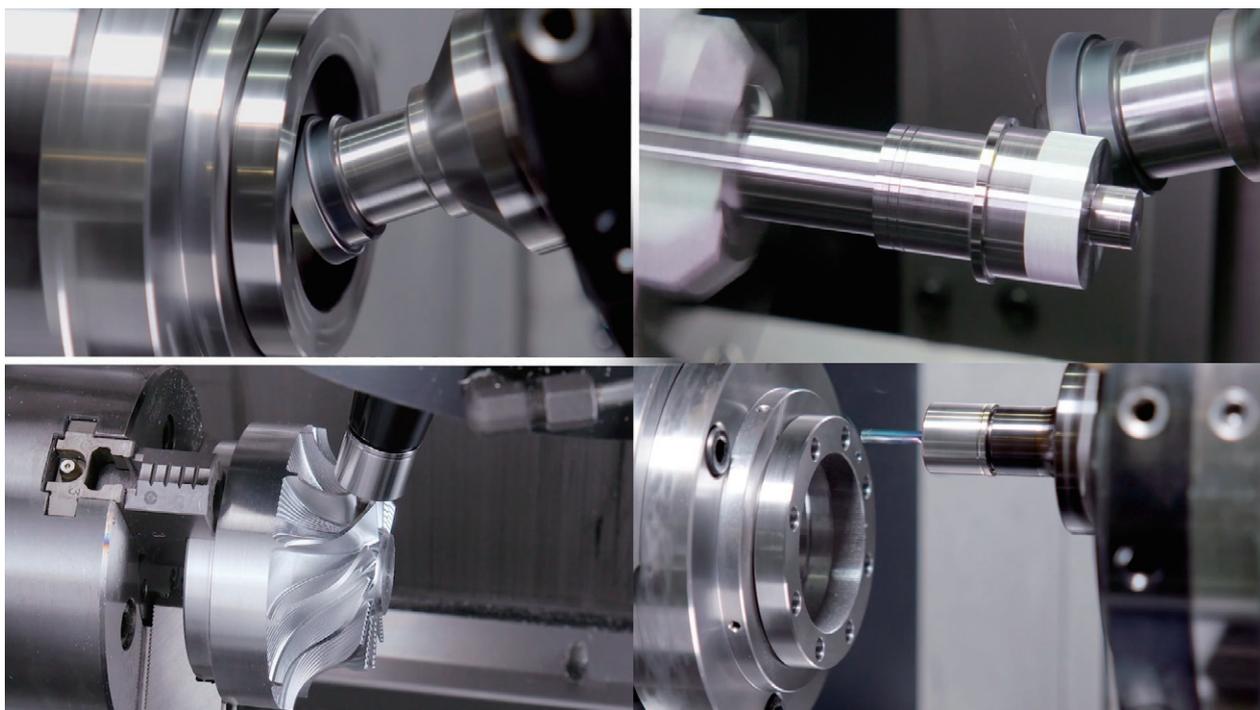


図14 m0.5 歯数81平歯 内歯車 歯車精度(JIS B1702 1998)

## 5. 一気通貫の生産ライン提案

ものづくりの現場では大量生産から多品種変量生産に変化し、専用機・専用ライン化が避けられ、フレキシブル化、省人化、自動化、無人化が急速にすすんでいる。歯車部品も次第に歯車加工専用機から複合加工機にて工程集約して生産されるようになってきた。

NACHIは、ロボットを核に多彩な事業・技術をあわせ持つ総合機械メーカーである。材料開発から工具、油圧、軸受、工作機械、ロボット、熱処理関連設備に至るまで歯車部品加工ラインに必要な商品を取り揃えている。これらを活用して高精度化、高能率化する歯車部品加工の現場に最適なソリューションを提案していく。



スカイビングカッタ



ホブカッタ



ロボット搬送



真空脱脂洗浄機



真空浸炭炉

図15 NACHIのトータルソリューション