

製品紹介

横形マシニングセンタ NX400

Horizontal Machining Center NX400

澤田 穰
Minoru Sawada
松田 晶寛
Akihiro Matsuda

コマツ NTC (株) の主力商品であるエンジン生産ラインの中核となるマシニングセンタについて、鋳鉄加工への適用に向け「高速・高剛性」「省エネ・省スペース」「自動化・無人化」「生産性向上」をターゲットに新機種を開発したので、ここに紹介する。

As we have developed a new model for machining center to be core of engine manufacturing line as Komatsu NTC's leading product aiming at "high-speed and rigidity", "energy and space saving", "automatization and unmanned operation" and "productivity improvement" as well, the details are described here.

Key Words: マシニングセンタ, NX400, 高速, 高剛性, 省エネ, 自動化, 無人化, スマートライン

1. はじめに

コマツ NTC はエンジン部品の切削加工ラインの製造・販売をメインビジネスとしている。2019 年に次世代生産ラインとして組立同期生産を目指し、ダントツの生産性・品質を実現するスマートラインをコマツ小山工場に納入、稼働をはじめている。(図 1 参照)

このラインでは、治具完全自動段取り、インプロセス

計測、工具自動交換、大画面集中ライン管理システムを導入しており、加工データ、加工品精度、工具情報を紐づけ、生産状態を監視する技術を構築した。

この生産ラインの中核である横型マシニングセンタ NX400-667 (図 2 参照) の開発を実施したので、その概要について紹介する。

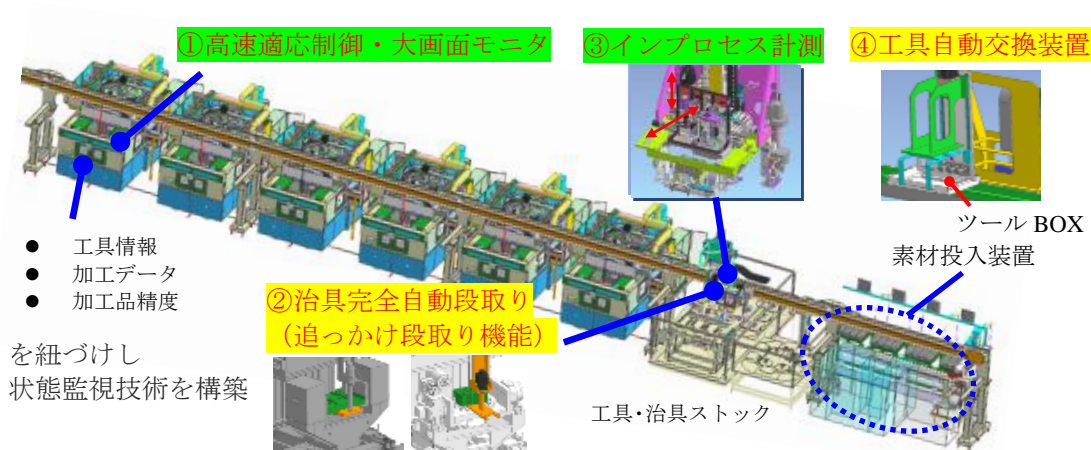


図 1 スマートライン概要



図2 横形マシニングセンタ NX400-667

2. 機械の概要と特徴

マシニングセンタとは、主軸にドリルやリーマ、フライスなど、穴加工や面加工に必要な工具を取り付け、回転させることで切削を行い、マガジンと呼ばれる工具保持装置から自動で工具交換（Auto Tool Change : ATC）しながら、種々の加工を行なうことができる工作機械である。図3に示すように、主軸に取付けられる工具ホルダのサイズにより#50、#40、#30と大きさが呼び分けられている。マシニングセンタは被加工物の材質によって工具ホルダサイズを使い分けることが多く、建機やトラックなどのエンジンでは材料に鋳鉄を使う場合が多いため、#50と呼ばれる大きなマシニングセンタにて加工される傾向がある。



図3 主軸と工具ホルダサイズ

一方、コマツ NTC が得意とする自動車のエンジンは材料として比較的切削性の良いアルミ合金を使うため、ダウンサイジングされた#40のマシニングセンタが用いられることが多い。#50と比較して#40の特徴としては、構造体が小さく軽量なため、移動時間や工具交換時間といった非加工時間を短縮できるメリットに対し、剛性が低いデメリットがある。

一般的なマシニングセンタの構造を図4に示す。加工送りを行なう直行3軸（X、Y、Z軸）と部品の姿勢を割り出すY軸回りの回転1軸（B軸）の4軸をもつのが一般的である。

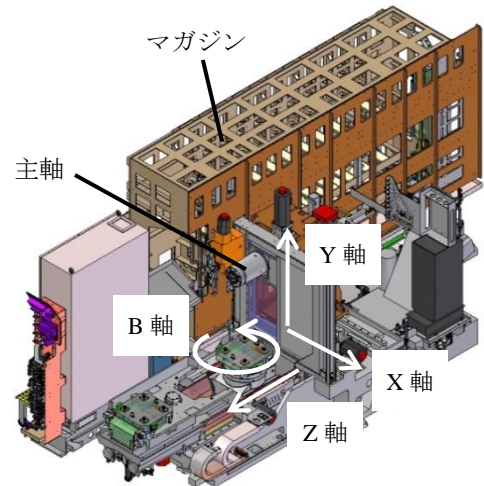


図4 マシニングセンタの構造

NX400は4軸に加え、X軸回りの回転軸（A軸）が追加されており、割出5軸加工が可能であることが特徴である。（図5参照）トランスファラインでは部品の搬送や固定治具への脱着を自動で行なうため、A軸があることで部品の搬送方向や貼付け面を上面にでき、安定した搬送が可能となり稼働率向上につながる。また、部品の長手方向を水平方向にすることやB軸と組み合わせることにより、最適な姿勢に割り出せるため、工具を含めた最適なシステムで加工が出来る。（図6参照）

主軸やコラムといった構造物の見直しによる機械剛性のアップに加えて、最適なシステムで加工を行なう事で、通常#50といった大きな機械で加工する必要があった部品に対して、ワンサイズ小さい、#40の機械で加工することが可能となる。

今回、#50サイズのマシニングセンタを使用している建機やトラック向け鋳物エンジン加工ラインに対し、稼働率が高く、生産性の良い#40サイズのマシニングセンタの適用に向け、「高速・高剛性」、「省エネ・省スペース」、「自動化・無人化」、「生産性向上」を狙い開発を行った。

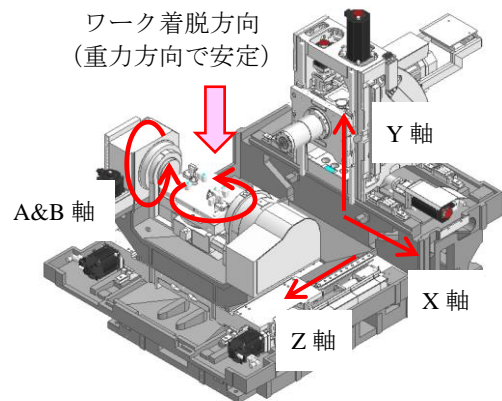


図5 NX400 構造

従来 B 軸加工ではオフセットした加工になり剛性面で不利

A 軸を利用し機械中心付近での最適な加工が可能

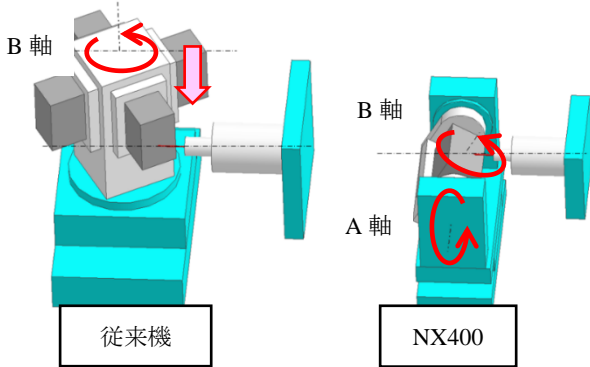


図 6 A&B 付加軸の加工例

3. 開発のねらい

3.1 高剛性・省スペース

マシニングセンタの剛性は、構造体の大きさにほぼ比例している。それゆえ、大きな主軸を持つ#50は#40と比較して構造が大きくなり剛性は高くなるが、設置スペースも大きくなる傾向がある。本開発機では#50クラスの剛性を持たせながら設置スペースは#40並みに抑えた機械とすることが狙いである。

3.1.1 主軸系の高剛性化

マシニングセンタの主軸はコラムと呼ばれる構造体によって支えられている。このコラムの幅を大きくすることで、剛性を上げることができるが、移動体が大きくなり機械の幅も大きくせざるを得ない。本開発機では従来の#40よりコラムを大きくしつつ、機械の横に配置されているマガジンを上部に配置することで機械幅を従来の#40と同等に抑えることができた。(図7参照)

3.1.2 Z軸駆動系の高剛性化

ワークを保持するA軸テーブルのサイズアップにより単体で1.35倍の剛性を確保した。合わせて、Z軸の駆動を2モーターのタンデム駆動とすることで、駆動系の剛性を図った。(図7参照) タンデム駆動ではボールねじにかかる負担が分散されるので駆動軸の耐久性向上にも大きく貢献する。

ラック型
工具マガジン

B 軸
テーブル

コラム

駆動軸 1 本シングル駆動

従来機

円盤型
工具マガジン

A&B 軸
テーブル

コラム

駆動軸 2 本タンデム駆動

NX400

図 7 従来機との構造比較

上述の高剛性化により、弊社従来機と比べ、#40に対し約1.5倍、#50とほぼ同等の機械剛性を確保した。

(図8参照)

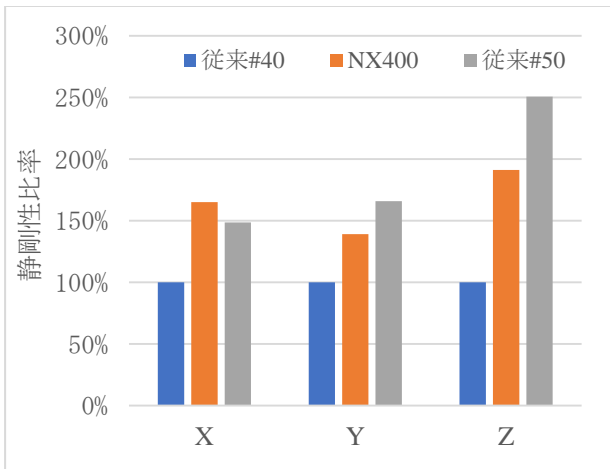


図8 機械剛性比較

4. 省エネ・高速化

4.1 省エネ

クーラントポンプの使用電力はマシニングセンタの使用電力の50%以上を占めており、クーラントの使用量を減らすことが省エネに大きく効果を発揮する。従来機では大きなポンプを使い大量のクーラントで切粉を排出していたため消費電力が大きかった。本機では、加工エリアのカバーを凹凸が少ないフラット形状とし、十分な傾斜を持たせることで少ないクーラント量でも切粉の排出性を向上させた。

また、クーラントポンプのインバータ追加および用途別に電磁弁を配置することで、細かなクーラント吐出制御を可能とした。(図9、10参照)

グラフは縦軸にクーラント使用量、横軸に時間軸を置き、加工1サイクル中の経過時間に対するクーラント使用量を表す。従来機に対し必要なタイミングで必要な量を吐出させることでクーラントポンプのサイズダウンを可能にし、インバータ制御と合わせて、クーラントポンプの使用電力△50%を達成した。

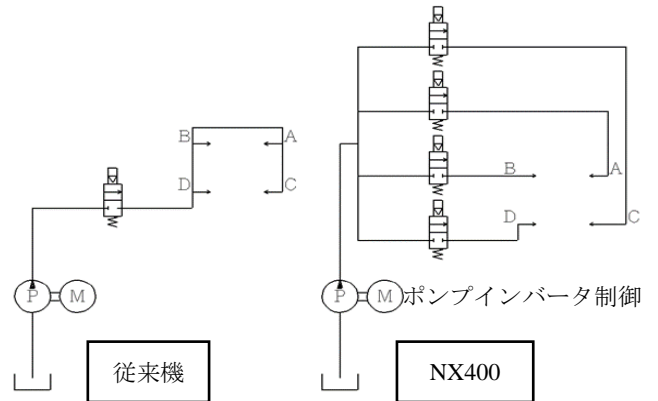


図9 クーラント回路図概略

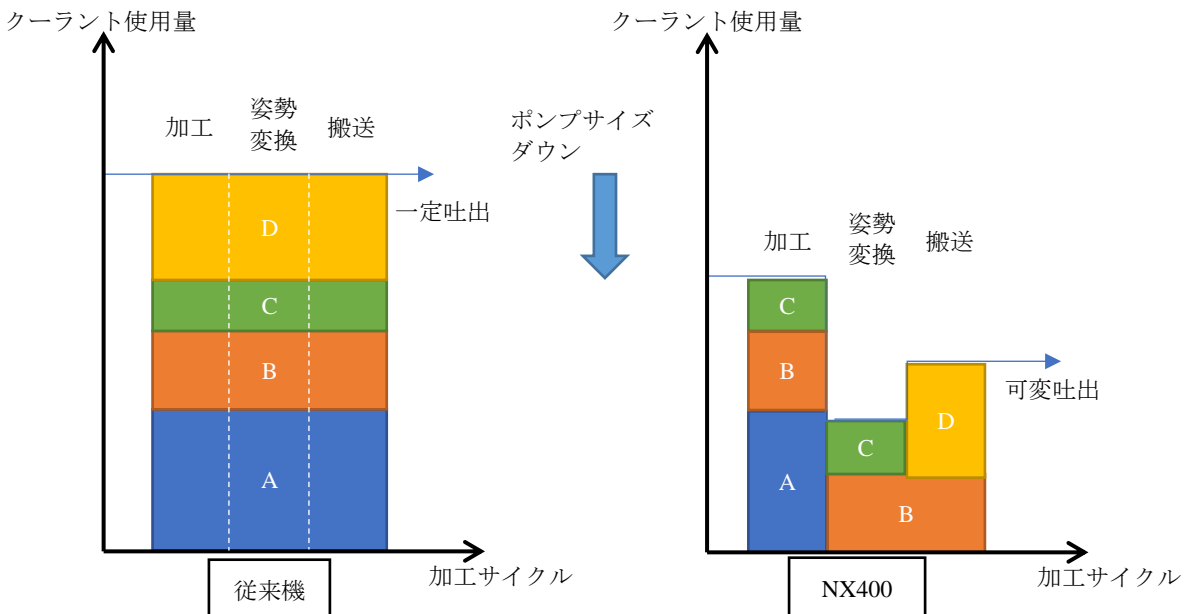


図10 吐出制御概略

4.2 高速化

図 11 にマシニングセンタの加工時間の内訳の一例を示す。非加工時間の割合が 50%以上を占めており、生産性を高めるためには非加工時間の短縮が重要であることがわかる。中でも割合の多い早送りと ATC について高速化を実施した。

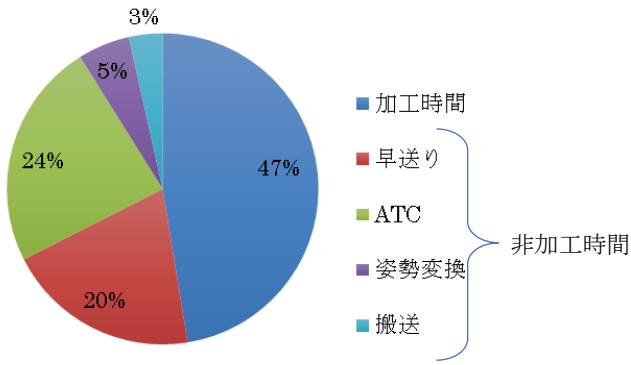


図 11 加工時間の内訳

4.2.1 移動軸の高速化

#50 の機械は移動体が大きいため各軸移動速度も高速化しにくい。今回の NX400 では剛性を上げる為に移動体も大きく重くなっているが、従来#50 に対して、早送り速度を 50m/min から 60m/min に、加速度を約 1.5 倍に高速化し、早送り時間△50%を達成した。

4.2.2 ATCの高速化

図 12 に ATC 装置の概要を示す。ここで ATC アームと呼ばれる S 字型のアームが次工程の工具と主軸の工具とを入れ替えている。入れ替え時間の短縮には ATC アームの回旋半径を小さくすることが有効である。開発機では、

マガジンの上部配置に加え ATC 装置の配置を見直すことで、従来機より回旋半径を 30%短縮し、回転速度を 30%アップした。また、従来では油圧を用いて主軸から工具をアンクランプさせるのが一般的であるが、油圧ピストンのアンクランプ動作時間（1 秒以下）も短縮が求められる。開発機では NC モーターを用いてアンクランプ動作時間を油圧に比べ半減させる機構を採用している。上述の改良にて、従来#50 に対して ATC 時間△50%を達成した。

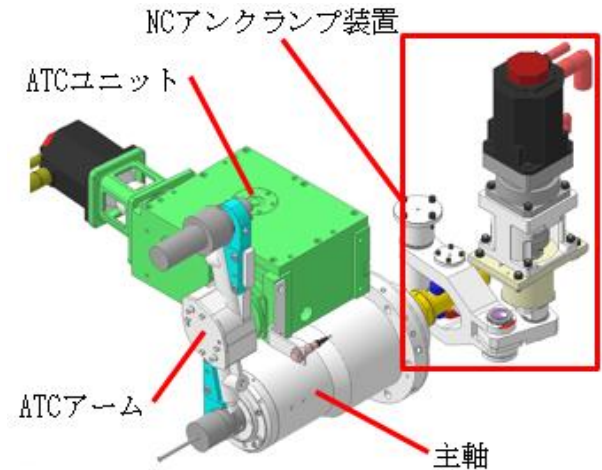


図 12 ATC 装置概要

4.3 省エネ効果

図 13 に省エネ効果を示す。従来#50 に比べ、時間当たりの電力で△40%，加工時間で△20%，トータル使用電力△52%を達成した。

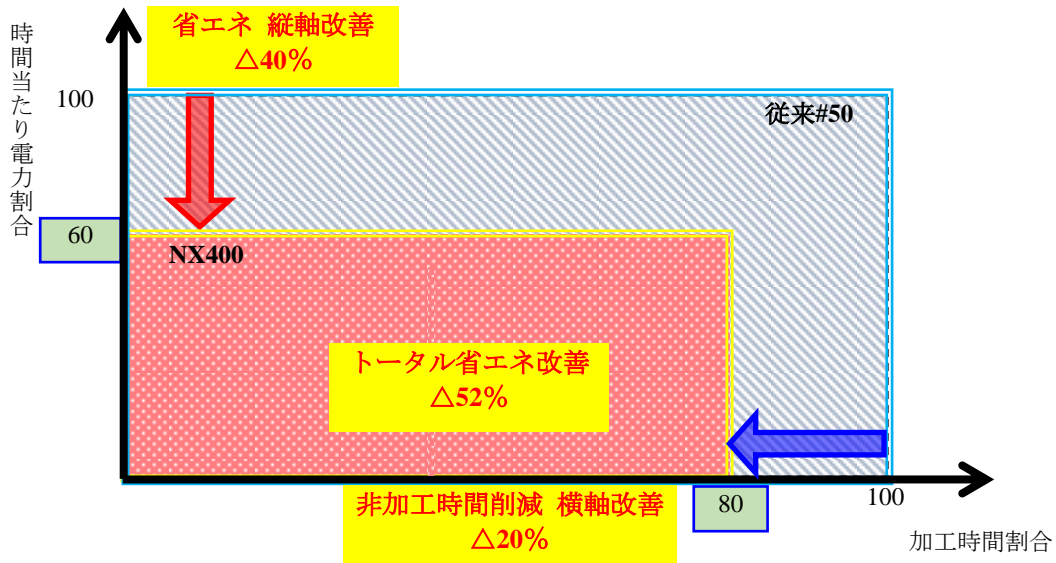


図 13 省エネ効果

5. おわりに

コマツ NTC では従来から自動車のアルミ合金加工をターゲットとしてマシン開発してきた。今回の鋳鉄加工向け機械開発により#50 に迫る高剛性を持ち、#40 においても最高水準の生産性を併せ持つ機械となった。この機械は国内外の鋳物部品加工への拡販に強力な商品となると確信している。

筆者紹介



Minoru Sawada

さわだ みのる
澤田 穰 2000年, コマツ NTC 入社.
コマツ NTC 商品開発部所属



Akihiro Matsuda

まつだ あきひろ
松田 晶寛 2005年, コマツ NTC 入社.
コマツ NTC 商品開発部所属

【筆者からひと言】

今回はスマートラインの中核をになうマシニングセンタを紹介させていただいたが、ラインを構成する搬送装置や自動化要素においても、本稿では紹介できていない数多くの新しい経験があり、新たな課題も見えた。これらの経験を生かし、さらなる「生産性向上」、「省エネ・自動化」など、社会に貢献できるような商品を生み出していきたい。