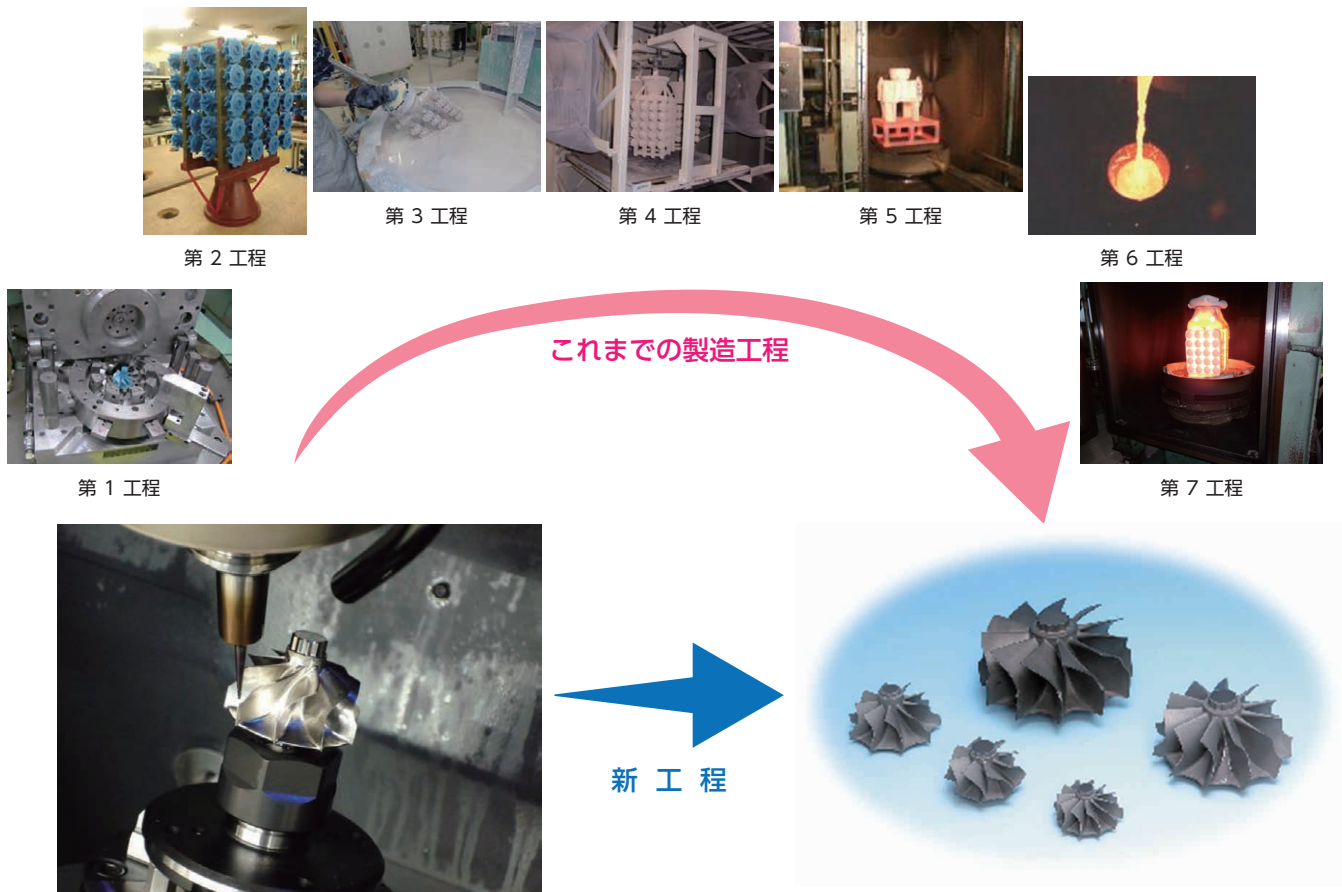


# 現場発信！！ ものづくり技術を変える

## ターボチャージャーの製品開発イノベーション ニッケル基合金製タービンインペラーの削り出し加工

自動車向けターボチャージャーは、厳しい製品開発競争のなかにいる。  
より新しい技術を盛り込んだ製品を、より速いスピードでお客さまに供給することで、  
自動車の競争力アップにも貢献する。



### ターボチャージャーの製品開発スピードを 半減せよ！！

日本の自動車業界は、新車開発期間の短縮を強力に  
推し進めている。新車開発に 1990 年代は約 30 か月

掛かっていたが、2000 年代には約 20 か月、2010 年  
代になると 20 か月を切ることを目指すお客さま（自  
動車メーカー）も少なくない。この 20 年間で開発期  
間は約半分となった。そのなかで、新車の生産準備期

間として半年～1年必要であることを考えると、技術的な開発期間は1年～1年半であり、自動車部品であるターボチャージャーもそれに合わせた開発スピードを要求される。

新車開発の間に行われるターボチャージャーの商品開発では、1年～1年半の間に3～4回のイベントがあり、都度、お客さまから要求される性能、機能、耐久性などを満足する仕様のターボチャージャーを納入する。直前のイベントでの要求仕様変更もあり、迅速な対応が必要である。

さらに、新車開発期間の短縮により、ターボチャージャーの製品開発サイクルの高速化、開発期間の短縮も必要となってきた。ターボチャージャーへの要求仕様の高度化が早く進むためである。標準化された製品に追加の付加価値を付けるだけでは、お客さまから要求される仕様を満足できなくなり、基準となる製品の高性能化、高機能化が求められるようになった。

これらの動きに対応するため、従来、精密鍛造で製造していたニッケル基合金製タービンインペラーを、ニッケル基合金丸棒素材から直接削り出す加工技術を開発することで、製品の開発期間の大幅な短縮を達成した。

## ターボチャージャーの役割と構成部品

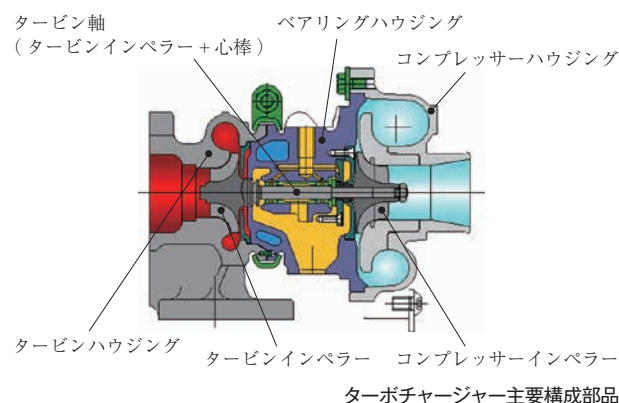
最初に、エンジンにおけるターボチャージャーの役割、ターボチャージャーの主要構成部品について説明する。

### ・ターボチャージャーの役割

ターボチャージャーは、エンジンから排ガスをタービンインペラーで受け、その排ガスエネルギーを回転エネルギーに変換する。変換された回転エネルギーは、同軸に取り付けられたコンプレッサーインペラーを回転させ空気を圧縮し、より多くの空気をエンジンに送り込む。これにより、エンジンの燃焼改善による有害物質の排出低減やエンジンの出力アップを図る。

### ・ターボチャージャーの主要構成部品

右上図にターボチャージャー主要構成部品を示す。タービン側部品はニッケル基合金、耐熱合金、コンプレッサー側部品はアルミ合金製である。鍛造により製作されるものが多い。



## ターボチャージャーの製品開発

ターボチャージャーの製品開発は、以下の段階を経ることで行われる。

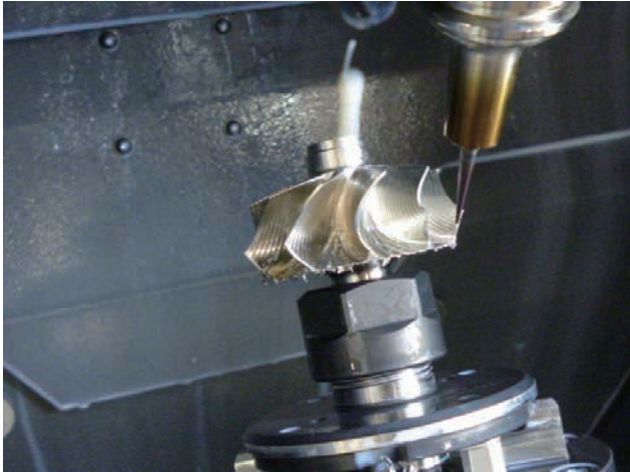
- ① 市場ニーズの把握
- ② 開発目標の設定
- ③ 製品基本計画
- ④ 製品詳細設計
- ⑤ 製品試作
- ⑥ 製品試験
- ⑦ 製品試験結果の評価

これらを、①②：P (Plan)、③④：D (Do)、⑤⑥：C (Check)、⑦：A (Action) として、②：Pの開発目標達成を目指してゆくが、ターボチャージャーの実験評価期間を大幅に短縮するのにポイントとなるのは、⑤⑥：Cである。

## 「ものづくり現場」ができること

それぞれのステージは分担して実施され、一つのグループが製品試験に使用する試験部品の製作を担っている。この製品試作の時間をいかに短くできるのが、「ものづくり現場」である横浜の開発センターに課せられた使命であり、存在価値であると考えて、技術の開発に乗り出した。

ターボチャージャーの主要構成部品のなかで、部品の作り始めから完成するまでの期間を示す製作リードタイムが最も長い部品はタービン軸であり、これがターボチャージャー全体の製品リードタイムを決めている。タービン軸の製作リードタイムを短縮すれば、ターボチャージャーの製作期間が短くなり、製品開発のPDCAを速く回すことができる。



タービンインペラー削り出しの様子

どうすれば、タービン軸の製作リードタイムを短くできるのか？ 従来のタービン軸は、ニッケル基合金製精密鋳造品のタービンインペラーと鉄製機械加工品の心棒（シャフト）を電子ビーム溶接し、その後、仕上げ加工、バランス修正を行うことで完成する。タービン軸の製作リードタイムの 80～90%がタービンインペラーで費やされる。

## 鋳造工程からの脱却

「ニッケル基合金製であるタービンインペラーはロストワックス法による精密鋳造で製作する」ということが、これまでの一般的な考えであった。ロストワックス法による精密鋳造の場合、金型を製作しワックス成形する方法と直接削り出しワックス成形する方法がある。いずれの方法も専門メーカーで二つの工程を経ることになり、リードタイムの短縮や品質管理に目が届かない難しい状況があった。

タービンインペラーとほぼ同様の形状をもつアルミ製コンプレッサーインペラーは削り出しによる製造方法が確立されており、製品開発のみならず、市場に供給される商品にも適用されている。しかし、ニッケル基合金はアルミ合金に比べて固く、複雑な形状は削り出しによる製造が困難であった。

ニッケル基合金などの加工しにくい難削材と呼ばれる材質を切削する技術や知見と、アルミ製コンプレッサーインペラーの優れた加工技術をもつ我がグループでは、タービンインペラーも削り出し加工ができるの

でないか、との発想から加工技術によるリードタイム短縮への挑戦が始まった。

リードタイム短縮以外にも、QCD（品質、コスト、納期）管理の観点から、我がグループにて工程完結することを目標として、加工技術の開発を進めた。

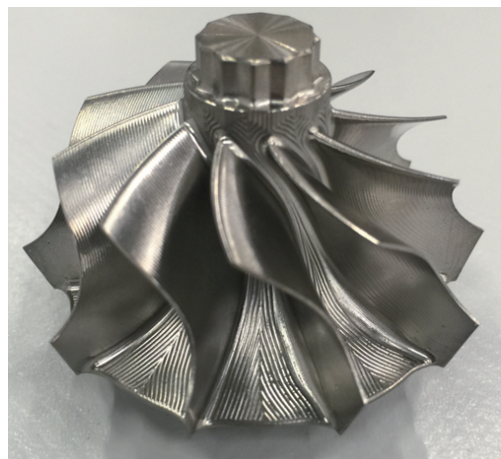
## タービンインペラー削り出し技術の確立に向けて

まず、ターボチャージャーの製品開発のなかで、最も製作需要の大きい直径 30～40 mm のタービンインペラーの削り出し加工を試みた。

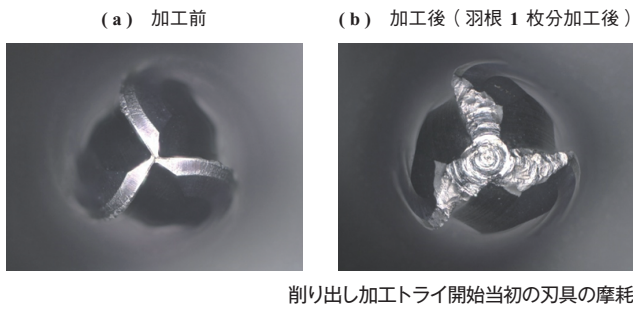
削り出し加工を開始してみると、刃具であるエンドミルの消耗が著しかった。タービンインペラー 1 個を削り出すために、約 20 本のエンドミルを消耗した。また、加工時間は約 24 時間も掛かった。当初の状況は、加工をしているのか、刃具交換をしているのか分からない状況であった。

刃具メーカーと協力し、加工条件の見直し、刃具の見直しを行い、加工と摩耗した刃具の観察を繰り返すことで原因を推定し、次回の改善に盛り込んだ。最終的に、当初加工に対して、以下の点を見直すことで、使用に耐え得る最適な加工条件と刃具を見いだした。

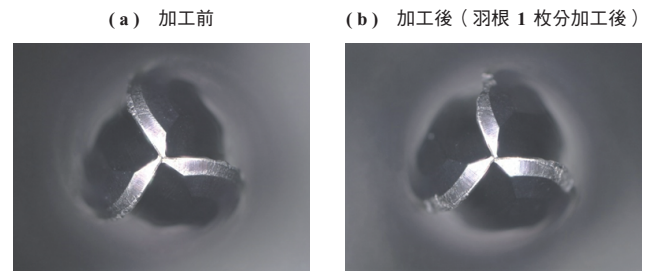
- ・ 加工条件の見直し
  - ① 切り込み量を少なくする
  - ② 切削スピードを上げる
  - ③ 加工送りの最適化を図る
- ・ 刃具の見直し
  - ① 材質の見直し
  - ② エンドミルの刃物形状の変更



削り出しタービンインペラー完成品



削り出し加工トライ開始当初の刃具の摩耗



削り出し加工改善後の刃具の摩耗

さらに加工プログラムを改良して、刃具を「押す」加工から「逃がす」加工へと変更した。

これらの改善を盛り込むことで、直径 30 ～ 40 mm のタービンインペラーを削り出すために消費されるエンドミルが約 20 本から半分以下に削減されるとともに、加工時間も約 8 時間に短縮された。

これにより、金型を製作しワックス成形する方法、直接削り出しワックス成形する方法と比較して、タービンインペラーの製作リードタイムが、1/3 ～ 1/5 へ短縮された。

タービンインペラー完成品に対して、非接触 3 次元計測器による完成品検査を行い、形状精度が設計規格内であることを確認し、品質的にも満足できるものであることを確認した。

### 目指すは世界一の試作スピード

タービンインペラーが完成したとしても、タービンインペラーと心棒の溶接、その後の仕上げ加工、バランス修正が必要となる。これまでは量産工場に委託していたが、横浜の開発センターで全ての工程を完結できるよう設備導入と評価を実施した。溶接メーカーとの協同による接合工程のアウトソーシング化、単体バ

ランサーの導入によるバランス修正の内製化を、2016 年度中に完了した。

これによりタービン軸完成までの QCD 管理を可能とすることで、ターボチャージャーの製品開発に使用する試験部品について、品質、コスト、納期、世界一を目指している。

### 今後の課題

今回、タービンインペラーという、ターボチャージャー部品のなかで最も製作リードタイムの長い部品の加工技術開発に取り組み、タービン軸の製作期間短縮にめどを立てた。今後、タービンインペラー削り出しに使用するエンドミルの数量を削減し、さらに短時間で製作できるようにしていきたい。また、内製化の設備を活かして、開発試作段階から QCD を向上できる設計や工程の作り込みに貢献できると考えている。

さらに、タービン軸以外の製作リードタイムの長いベアリングハウジング、タービンハウジング、コンプレッサーハウジングも新工法適用による時間短縮を進める。そして、ターボチャージャーの製品開発に使用される試験部品の QCD を一元管理し、ターボチャージャーの製品開発の PDCA を速く回すことに、貢献してゆきたい。



タービンインペラー完成品検査結果

問い合わせ先

株式会社 IHI

車両過給機セクター 技術統括センター

実験評価部

電話 (045) 759 - 2303

<https://www.ihi.co.jp/>