

# 歯車タイプ3一貫ラインの開発

## —鋼物部品加工ラインの技術課題—



生産技術2課  
小岸宣夫



生産21課  
鈴木啓之



浜北・製造技術課  
田中 隆

### 1. はじめに

これまで、ミッションギヤの製造工程は、いくつかの工場、建屋間を持ち回るなかでつくられてきた。例えば、ある歯車はその素材として、丸棒鋼を切断されて以降、

- |                 |     |
|-----------------|-----|
| (1) 建物間移動       | 6回  |
| (2) トラック運搬回数    | 3回  |
| (3) 運搬カゴつめかえ回数  | 26回 |
| (4) フォークリフト運搬回数 | 18回 |
| (5) 加工する設備      | 24台 |

と実に多くの手間をかけてつくられている。

これを改革すると同時に、歯車の品質向上、リードタイムの短縮、中間在庫の削減、トータルのコストダウンの必要性が高まり、その第一ステップとして「歯車タイプ3一貫ライン」を具体化させてきた。ここでは、その「一貫ライン」を構成しているいくつかの新しい技術について紹介する。

### 2. 一貫ラインとは

鋼物部品における一貫ラインとは、鍛造から熱処理・機械加工・完成まで一貫した工程設計に基づいて

- (1) 徹底して少ない工程を
- (2) 短いサイクルタイムで
- (3) 品質が安定、保証された状態で
- (4) リードタイムも短く

PYMACの思想に適合したラインとする。

その為の生産技術として次の基本的な技術開発が必要である。

- (1) 機械加工を省く塑性加工の開発→鍛造技術
- (2) 高速・複合加工技術の開発→加工技術
- (3) 高い稼動を可能とする設備の開発→設備技術
  - (a) タイミングのよい搬送<sup>(注)1</sup>
  - (b) シングル段取り技術<sup>(注)2</sup>
  - (c) PQAラインのための計測技術
- (4) 安定して生産できるよう支援するシステム→量産技術
  - (a) 故障の予防・復帰の迅速化
  - (b) 生産準備のCAD・CAM

これらを開発していくことが、われわれの役割である。

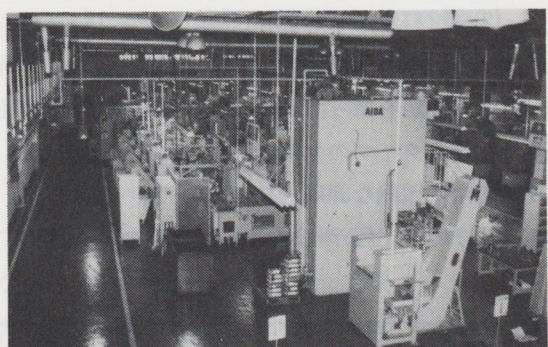


写真1 歯車タイプ3一貫ライン

注(1) シングル段取 TPM用語であり、A部品の良品を生産完了し、段取替をしてB部品の良品を生産開始するまでの時間が10分未満でできる内段取のことを使う。

注(2) PQAライン TPM用語であり、Perfect Quality Assuranceの略であり品質を保証する為のあらゆる条件を備えたラインのことを使う。

### 3. 齧車タイプ3一貫ライン

#### 3-1 ラインのねらい

ミッションギヤは、形状により次の4つのタイプに分けています。

	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4
形状				
特徴	凸ドック シフター溝 内径スライ ン	凸ドック 内径円筒	凹ドック 円板状	他の歯車

図1 齧車分類

これらの各タイプの、従来の平均的な製造工程を比較すると次の表1のようになります。

	タイプ1		タイプ2		タイプ3	
工程名	鍛造	機械加工	鍛造	機械加工	鍛造	機械加工
工程数	5	7	7	6	14	10
材料歩留り(%)	60		65		48	

表1 従来工程

なかでも、歯車タイプ3の工程は、

- (1) 製造工程数が多い。
- (2) 材料歩留りが悪い。
- (3) 金型寿命が安定しない。

という問題を持っており、特に早期に改革を必要とされるタイプの歯車であった。またそれだけ技術的には困難な課題を持っていた。タイプ4は種類が多く、工程が一様でなく、比較からは除外した。

そこで歯車タイプ3の新しいラインを作る目標を次のように設定した。

	ねらい	方策	効果
Q品質	歯切精度向上	1ヶ歯切	JIS 5級 ↓ JIS 4級
Cコスト	1名/1直・1ライン 500Hr/月稼動	自動搬送・計測	管理ポイント 28点→10点
D納期	リードタイム 短縮	工程数削減 (24工程→15工程)	8日短縮

表2 齧車タイプ3ラインの目標

#### 3-2 技術課題

このような目標に向って解決すべき技術的な課題を具体的に次のように設定した。

技術課題	達成する為の手段
鍛造技術	* (1) FD工法 * (2) FFD工法
加工技術	* (1) Mチャック旋削 * (2) 超硬ホブ切り (3) バリ取り (4) 切粉処理 (5) 被削性を考えた熱処理
設備技術	(1) 高速旋盤6000rpm (2) NC超硬ホブ盤 (3) 段取り技術 (4) インライン計測 (5) 搬送装置 (6) インライン熱処理
量産技術	(1) 故障診断 (2) CAD・CAM技術 (3) 刃具摩耗検知補正・交換 (4) 生産モニタリング

表3 齧車タイプ3ラインの技術課題

これらのうち本稿では\*印の4つの項目について紹介する。

工程名	スラグ鍛造	ドック成型	プランク加工	歯切・研削	
従来工程	I3工程	I工程	6工程	4工程	24工程
技術課題	F D工法	FFD工法	Mチャック	超硬歯切り	
一貫ライン	6工程	I工程	4工程	4工程	15工程

表4 齧車タイプ3ラインの工程

## 4. 鍛造技術

### 4-1 FD工法（フローティング・ダイ工法）

タイプ3一貫ラインで開発した、高精度スラグを作る工法を「FD工法」とした。

(1)精度……従来との比較

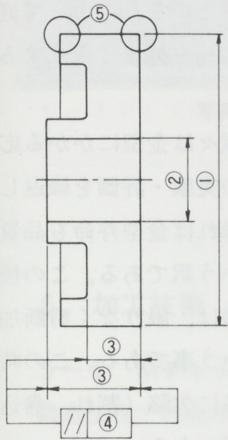


図2 スラグ形状

(2) FD工法の特徴

(1)工程

①切削材	②据込み	③段付成形	④孔明け
フローティングダイ		精密打抜き	

図3 新しいスラグ工程

この工程で精密スラグを製造する為のポイントとして②の据込み工程でフローティング・ダイ方式を採用した事と④の工程で精密打抜きをする為の型方案を採用した事があげられる。

以下この2方案についてその特徴を説明する。

(1)フローティング・ダイ方式

切断された材料の切断面は、破断面そのもので平行度、平坦度は、非常に悪い。（平行度：1~3‰ 平坦度：1~1.5‰）又剪断の際に大きな力が材料にかかる為（50~60kg/mm²）材料が押しつぶされ真円度、直角度も非常に悪くなる。（真円度

1.5‰、直角度1.5‰）しかし、鍛造前素材の加工方法としては、最も歩留まりが良く（100%）生産性も高い（60ヶ/分）為この素材を使用している。

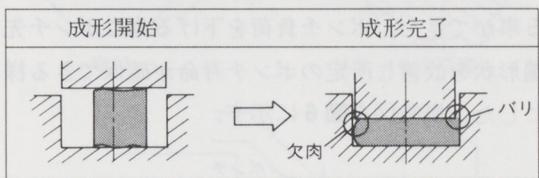


図4 従来のスラグ据込み

この様な切断材を固定された金型の中心に合わせる事は、至難の技であり、従来の鍛造方案では図4に示す如く極めて対称性を損ねた形状になってしまう。

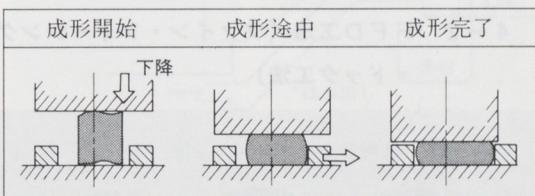


図5 フローティング・ダイによる据込み

図5に示す様に、フローティング・ダイ方式では、切断材を型の中心に合せる必要がない。加圧された材料は、塑性変形を始めプレスの下降とともに径が増大してゆき、フローティング・ダイと接触し、移動することによって加工圧力のバランスを維持しながら成形は完了する。この様にして得られた鍛造品は、外径の精度及び対称性が良く、且つ平行度の高いものとなる。

(2)精密打抜き

精密な孔明けをするには、ポンチとダイのクリアランスを小さくし、2次破断を出さない様にしながら剪断面を大きくする事が必要である。この方案での注意点は、ワークにかかる荷重が大きく、ワークが変形する事とポンチ負荷が大となり、ポンチが破損する恐れがあるという事である。

2次破断を出さない為、及びワークの変形を防ぐ為ワーク外径を拘束し、端面はダイ・クッションにて予圧を与える方法を採用した。これに依りワークの変形はなくなり2次破断も最小限に抑える事ができた。ポンチ負荷を下げる為にポンチ先端形状を改善し所定のポンチ寿命が確保できる様にした。概略図を図6に示す。

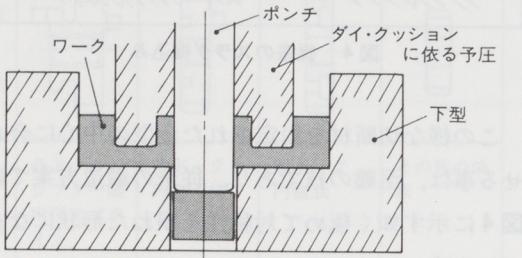


図6 精密打抜き型の構造

#### 4-2 FFD工法（ファイン・フォージング・ドック工法）

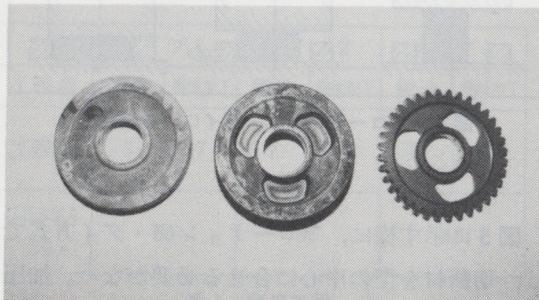


写真2 製品例

##### (1)精度

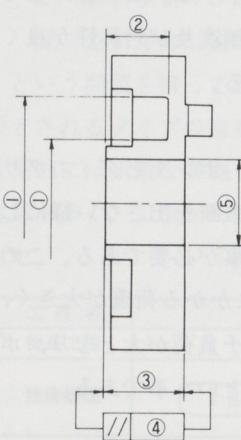


図7 FFD形状

	従来	FFD工法
①爪の内外径	$\pm 0.2$	$\pm 0.2$
②ドック深さ	$\pm 0.2$	$\pm 0.15$
③全厚	$\pm 0.5$	$\pm 0.2$
④平行度	0.3	0.1
⑤内径	$\pm 0.5$	$\pm 0.25$

表6 FFDの精度

#### (2) FFD工法の特徴

FFD工法の特徴として表6の精度が良いという事の他に全型寿命が安定している事があげられる。この事は生産性向上（自動化）、コスト低減の重要なポイントでもある。

FFD工法では爪型で押込む反対側に捨ボスを設け爪型にかかる応力を下げた。それによって底厚を（図8のA寸法）従来の $\frac{1}{3}$ ～ $\frac{1}{5}$ まで薄くする事ができた。

この様な製品を作る為に我々は金型にかかる応力を徹底的に下げる為種々の実験・評価を繰返した。応力さえ下げる事が出来れば金型寿命も品質も高いレベルで安定するという訳である。この種々の実験に依り得られた結論は、限りなく剪断加工に近付けられれば良いという事である。この時のチェック・ポイントは製品に欠陥（割れ、巻込み）を発生させないという所にある。

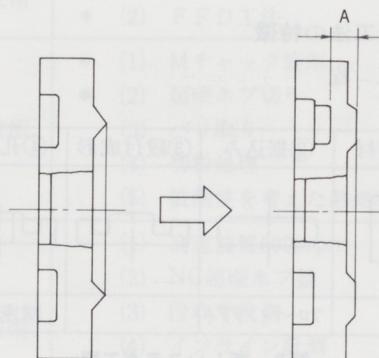


図8 従来工法

#### 図8に示す従来工法では

①爪型にかかる応力が大きく( $200\sim250\text{kg/mm}^2$ )

且つ前粗材の精度等により曲げが働く。

②中心孔の精度が悪い。

といった不具合が多くあり、特に型寿命が大きくバラツイっていた。

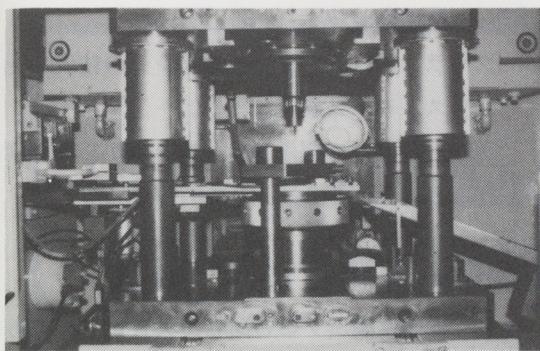


写真3 金型外観

## 5. 加工技術

### 5-1 Mチャック旋削加工

鍛造工程での高精度素材に対応し、高能率、高生産加工を実現する為、プランク加工では下記4点に主眼を置いた。

- ①加工基準は、従来の外径→内径へ。
- ②加工治具のコストダウン。
- ③ワーク脱着の容易化。
- ④サイクルタイム短縮。

#### (a)方策

これらの実現のポイントはワークの把握方法であり、Mチャックという方式を採用した。

このMチャックの実用化の中でチャッキング有効長4mmでも充分耐えうる技術を確立した。

#### (b)Mチャックの原理

Mチャックとは、図9の様に複数の突起片を持った棒状体のチャックを素材内径に、その突起で塑性変形固定させ回転方向に動力を伝えるものである。

トルクは、突起諸元（数、長さ、高さ、形状）設定により必要トルクに対し任意に確保できる。  
→現在15~30kgmで設定している。

鍛造工程の内径高精度の実現が、大きく貢献している事は、言うまでもない。

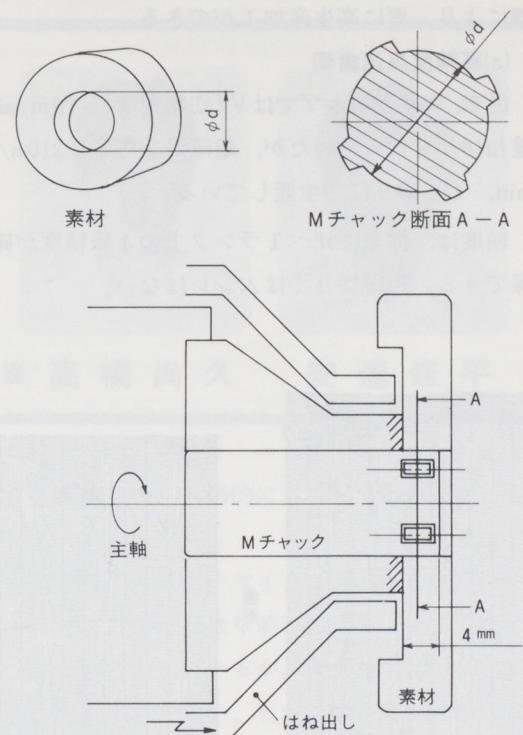


図9 Mチャックの構造

#### (c)効果として

- ①加工基準数=従来の1/5程
  - ②Mチャックでの加工治具の簡素化、剛性up  
破損防止による治具費30%コストダウン。
  - ③ワークの圧入、はね出しによる確実チャッキング。
  - ④主軸ノンストップでのワーク脱着。
- これにより旋盤の主軸も従来の3000~4500r.p.mからオイルエア潤滑での6000r.p.mという高速回転を実現させ、切削速度800m/minでのサイクルタイム削減(0.6~0.7分→0.35~0.5分)を可能とした。

### 5-2 高精度・高速歯切

ホブ切りの高速化、高精度仕上を達成する為、超硬ホブ切加工を採用した。

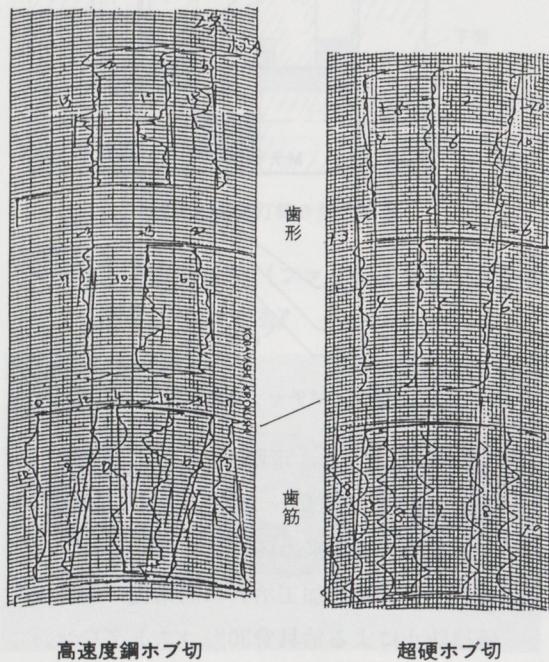
超硬ホブは、従来の高速度鋼ホブに比べ更に高速、高送り化でき、多条・チタンコーティング処

理により、更に高生産加工ができる。

#### (a)高精度高速歯切

従来、高速度鋼ホブでは $V$ (切削速度)=70 m/min, 重ね切りを行っていたが、超硬ホブで $V=210\text{m}/\text{min}$ , 1ヶ切りにて生産している。

精度は、従来に比べ1ランク上の4級精度が確保できる。超硬切りではムシレはない。



#### (b)歯切法

##### ①ホブ、ホブ盤

ホブは、小径、多条、チタンコーティングホブを使用している。

ホブ盤は、ショックアブソーバー付ホブ軸直  
接駆動方法であり、衝撃切削、回転振動を吸  
収し、超硬歯切を可能とした。

又、フルNC機で、送り、割出、回転、ホブ  
ヘッド旋回etc、段取時間短縮化を考慮してい  
る。(NCプログラム入力のみ)

##### ②歯切条件

超硬ホブ切は低速欠け領域がある為 $V=200$

m/min以上が望ましい。

クーラントは、有機モリブデン系の粘度9セ  
ンチストークス以下がよい。

送りも精度との関係でNC機を生かした荒削  
り部と仕上げの2段送りを行っている。

#### (c)刃具費、その他

現在、高速度鋼ホブ切と同じ刃具費レベルであ  
るが、今後被削性改善により半分以下にもってい  
きたい。

超硬ホブ切りは、マイクロチッピング、ヒート  
クラック発生etc、まだまだ開発領域で再研削技術  
確立と合わせて、実験を繰返していく。

## 6. おわりに

歯車タイプ3一貫ラインで、浜北工場の高付加  
価値工場作りの具体的な挑戦を開始したわけである。  
当初の歯車製造工程が持っていた多くの問題  
点のうち

- (1)物流の改善
- (2)工程数の削減
- (3)リードタイムの短縮
- (4)鍛造金型寿命の改善
- (5)生産準備リードタイムの短縮

は目標を達成することができた。しかしながら、  
現場の生産実態をわれわれが充分把握し得なくて  
特に

- (1)シングル段取化(段取技術)
- (2)材料の被削性の改善を含めた刃具技術、  
バリ取り技術。
- (3)サイクルタイムの保証
- (4)チョコ停防止

等、まだ重要な技術課題が計画レベルには未達で  
あり、今後も生産現場と協力しながら解決を計  
ていきたい。