

MQLによるギヤシェーパーの高効率バリレス加工法

High-efficiency burrless machining method for shaping gears using MQL

森一明

技術論文

Abstract

The rise of China has hastened a global collapse in prices and, coupled with the prosperity of the BRIC countries (Brazil, Russia, India, China), has resulted in domestic Japanese corporations moving their manufacturing operations to overseas markets. This has caused a hollowing effect within Japan with calls for the revival of Japan as a country of “*monozukuri*” (product creation and manufacturing/craftsmanship). The motorcycle business of Yamaha Motor Co., Ltd. is no exception, and while the company has sought to strengthen its overseas production bases, it has also pursued activities to reduce cost by half domestically and has endeavored to raise the level and build up its manufacturing technology as the mother plant. We have instituted activities to reduce cost by half on the line machining the one-piece crankshaft that is mounted on V-twin motorcycles and present that case study here.

The one-piece crankshaft for a V-twin motorcycle comprises a single piece with a sprocket on either side to drive the camshafts. The teeth on these [sprockets] are cut by a gear shaper. Typically, on a machining line, gear cutting was the bottleneck process due to its long machining time. The occurrence of burrs after machining meant that dedicated machinery had to be used to remove the large burrs and then any burrs that could not be removed were filed off manually.

We have now developed “A high-efficiency burrless machining method using MQL (Minimum Quantity Lubrication)” which has halved cycle time and eliminated the need for burr removal, the details of which are described below.

1 はじめに

中国の台頭で世界的な価格破壊が進み、さらにBRICsの隆盛により、国内の各企業は製造の舞台を海外市場へ展開してきた。一方、国内では空洞化が進み、「ものづくり」日本の復活が叫ばれている。ヤマハ発動機(以下、当社)におけるモーターサイクル事業も例外ではなく、海外での生産拠点の強化を進める一方、国内ではコストハーフ活動を展開し、マザー工場としての「ものづくり」技術のレベルアップ、および、蓄積に努めている。今回、V型2気筒のモーターサイクル(図1)に搭載される一体クランクシャフト加工ラインでコストハーフ活動を展開したので、その一事例を紹介する。



図1 V型2気筒のモーターサイクル

V型2気筒一体クランクシャフトにはカムシャフト駆動用のスプロケットが左右2つ一体に形成される(図2)。その歯切りはギヤシェーパーで行われる。製造ラインの中で歯切り工程は従来、加工時間の長いネック工程だった。また加工後バリが出るため、専用機で大きなバリを取った後、取り切れないバリを手作業でヤスリがけをしていた(図3)。

今回、「MQL(最少量潤滑)による高効率バリレス加工法」を開発し、サイクルタイム1/2の実現と、手作業のバリ取り廃止を達成できたので、ここに詳述する。

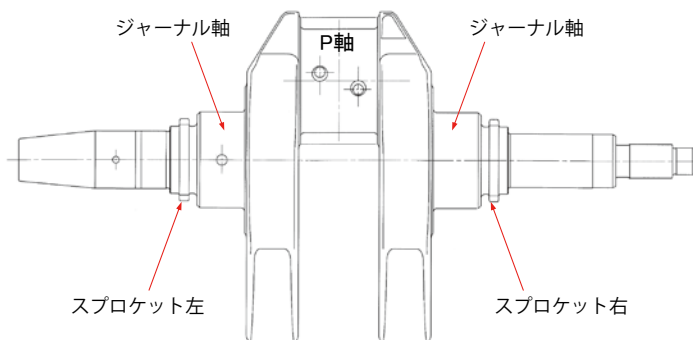


図2 V型2気筒一体クランクシャフト



図3 ヤスリがけ(手作業)

2 V型2気筒一体クランクシャフトの加工工程

2.1 加工工程とネック

加工工程は「旋削」「穴開け・歯切り」「熱処理・研削」「仕上げ・検査」の大きく分けて4つの工程群から成る。従来、歯切り工程がサイクルタイム2.8分と長く、ネック工程になっていた。

2.2 従来のスプロケットの加工方法と課題

2.2.1 従来の歯切り方法

スプロケットはジャーナル軸に近接しているため(図2)、ホブ切りでは工具が干渉して加工できない。このためギヤシェーパーが用いられる。ギヤシェーパーとは形削り盤に同期装置を付けた工作機械である。縦型で、工具軸とワーク軸は垂直である。工具はピニオンカッターと呼ばれ、歯車のような形をしている。下面がすくい面で、外周が逃げ面であり、外周には歯形形状に沿って3度前後の逃げ角が付いている(図4)。カッターはクランク機構により上下動をし、断続切削となる。このため連続的な切削のホブ切りに比較して加工能率が低い。一般的に油性の切削油を低圧で大量に加工点にかける。この方法を低圧クーラントという。また、サイクルタイムを少しでも短縮しようと、少ない切込み回数で厚切りしていた。このため歯切り後に大きなバリが発生していた(図5)。

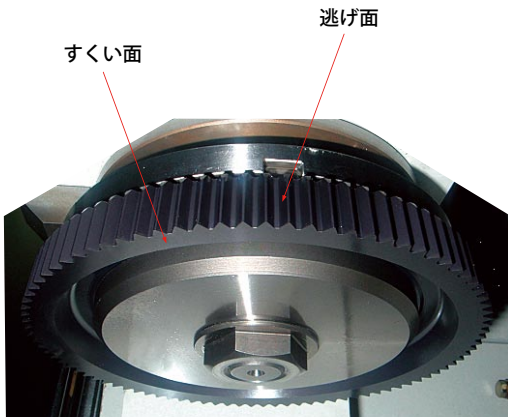


図4 ピニオンカッター

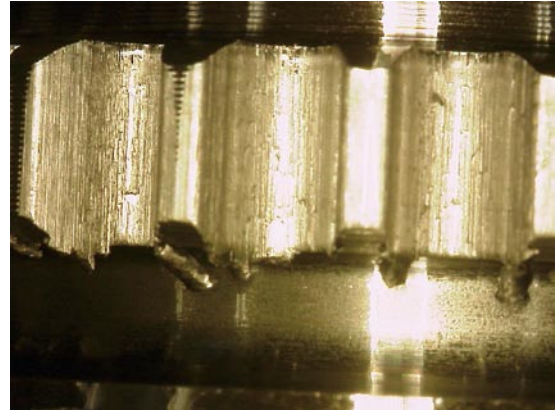


図5 歯切り後のバリ(低圧クーラント)

2.2.2 従来のバリ取り方法

歯切り後に旋盤ベースのバリ取り専用機でバリが出た端面にバイトを当てる。強く当てるとワークの端面が削られて不良となるため、バイトと端面とは0.2mm程度のすき間が必要だった。このためバリの根元が残る。これを熱処理後に手作業でヤスリがけして除去していた(図3)。

2.2.3 コストハーフへの課題

コストハーフのため、一体クランクシャフトの「理論サイクルタイム2分」を達成することを目標に掲げた。このためネックである歯切り工程の高速切削によるサイクルタイム短縮が課題となった。

さらに「生産性max化」のため、ライン全体のワークの脱着を手作業からオートローダーで行うこととした。このため手作業のバリ取りを廃止することも課題となった。バリを小さく除去しやすいものとし、後工程の交差穴のバリ取り設備で同時にブラシがけする方法(図6)を考えたが、課題はバリをどのようにして小さく除去しやすいものにするかだった。

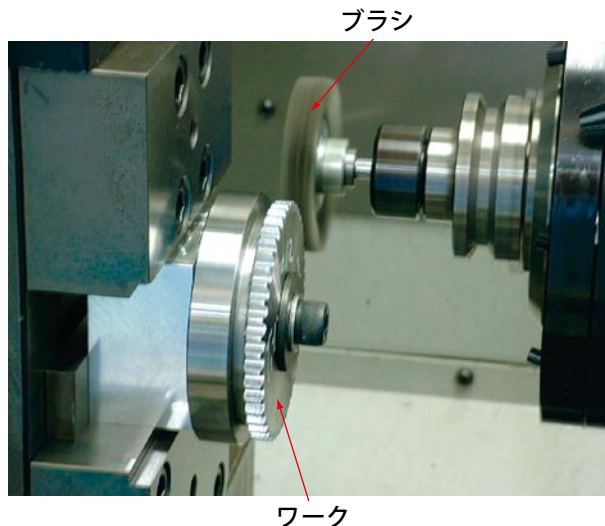


図6 ブラシによるバリ取り

3 課題解決へのアイデアと世の中の動向

3.1 課題解決のアイデアと目標

バリとはワークの端ではがれ落ちなかった切屑である。バリを小さく除去しやすいものにするには、薄切りすればよい。薄切りすると加工時間がかかる。そこでひらめいたのが、過去にホブ切りで工法開発し生産実績のあるMQLのギヤシェーパーへの応用だった。ギヤシェーパーの切削条件は、凝着磨耗(以下、ムシレ)で上限が決まる。MQLの良好な潤滑によってギヤシェーパーのムシレがなくなり飛躍的な高速切削が可能になるのではないかと、MQLで高速切削が可能になればサイクルタイム短縮と薄切りが両立するのではないかと考えた。

ギヤシェーパーの加工能率指標 = (ストローク) × (円周送り) × (ラジアル送り) と定義した。ストロークとは1分間にカッターが上下に往復する回数で、加工能率指標はワークを上から見たとき螺旋状に削り込んでいく毎分除去面積(mm²/min)を示す。薄切りによる切込み回数の増加を考慮して加工能率指標の目標を2.5倍と決めた。

3.2 MQLの原理と世の中の動向

3.2.1 MQLとは

MQLとはMinimum Quantity Lubricationの略で、最少量潤滑と訳される。潤滑性の高い植物油を1時間当たり4から100cm³と目に見えないわずかな量を微細なミストにして、加工点に噴射する加工法である。

3.2.2 当社における高能率加工開発の経緯

当社は、以前より、高能率加工に積極的に取り組んできた。1993年の工作機械見本市で高圧クーラントが注目を浴びたが、当社では、1990年前後に導入、および、実用開発を行い、切削除去量の多い旋削など加工点の温度が高い領域に有効であることを見出した。高圧クーラントとは、3.5Mpa以上の圧力で水溶性、または、油性の切削油を加工点に噴射する加工方法である。このときの経験から高圧クーラントの問題点も浮き彫りになった。それは、①高圧発生のために、クーラントの浄化など大掛かりな付帯装置が必要で、エネルギー消費も大きいこと、②加工能率は向上するが、刃具寿命は従来並であること、の2点だった。そこで、1995年前後に、MQLの実用開発に取り組んだ。MQLを用いると簡単な装置と少ないエネルギーで、加工能率2倍、刃具寿命2倍以上の効果が得られる。即ち「高効率」であることが分かり、いろいろな加工要素に展開してきた。

当社のMQLには「油ミスト」と、「油と水の混合ミスト」とがある。本論で紹介するギヤシェーパーは「油ミスト」、歯車のホブ切り加工とバルブリーフターの仕上げ旋削は「油と水の混合ミスト」である。潤滑作用は化学反応による固体潤滑膜の生成などによる。植物油は比較的低い温度で効果があるが、高温ではあまり有効ではない。加工点の温度を低温、中温、高温と大まかに分類すると、「油ミスト」は低温で、「油と水の混合ミスト」は中温で有効であることを見出した。切削除去量の多い旋削など高温では、MQLはあまり有効ではない。「油ミスト」か「油と水の混合ミスト」かの選択は、切削速度、および、連続切削か断続切削か、また切屑の色から分かる加工点の温度から判断できる。例えば、本論の事例について改善前後の切屑の色を見ると、ギヤシェーパーは油性低圧クーラントとMQL共に白色、ホブは油性低圧クーラントで

灰色、MQLで茶から青色、仕上げ旋削はエアブローで青色、MQLで白色である。即ち、切屑の色が白色なら「油ミスト」を、茶から青なら「油と水の混合ミスト」を適用するのがよいという具合である。

3.2.3 MQLの原理

クーラント液の機能として、冷却、潤滑、切屑排除の3つが知られている。この3つを高度に制御することによって、飛躍的な高能率、長寿命が得られる(図7)。

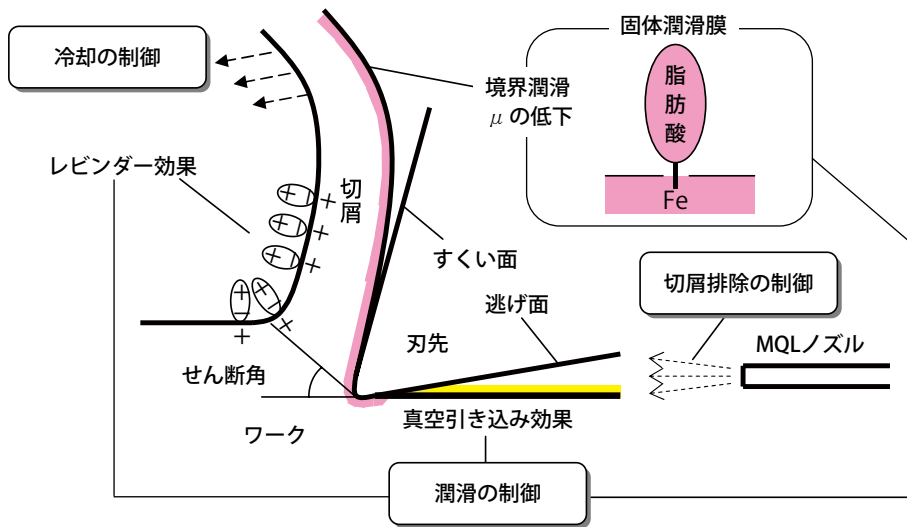


図7 加工点の高度制御

3.2.4 冷却の制御

MQLは油、または、油と水の微細なミストであり、加工熱で容易に気化し、気化熱を奪うことで冷却する。一例として自動車エンジン用バルブリフター端面仕上げ旋削の刃先付近の切屑温度を比較測定した。エアブローが700℃以上なのに対して、MQLは約500℃と200℃以上の冷却効果が認められる(図8)。また、エアブローでは冷却効果が小さいため200個加工すると青くもつれた切屑となるが、MQLでは冷却効果が高いため2,000個でも白く短いらせん状切屑が安定して出てくる(図9)。

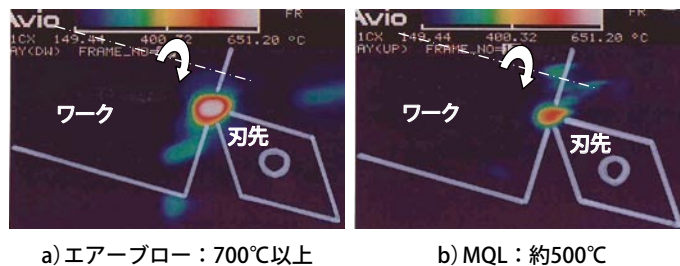


図8 冷却の制御：刃先付近の切屑の温度

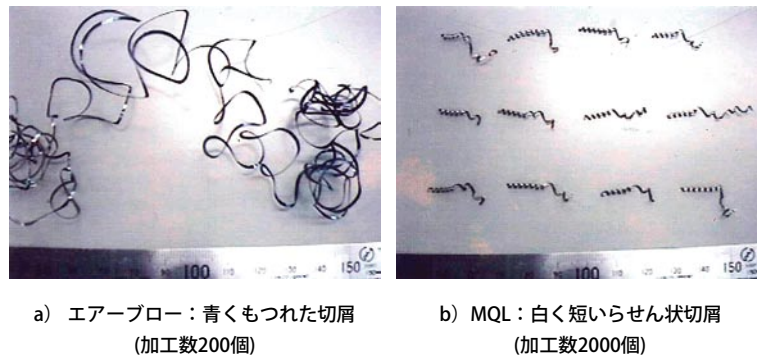
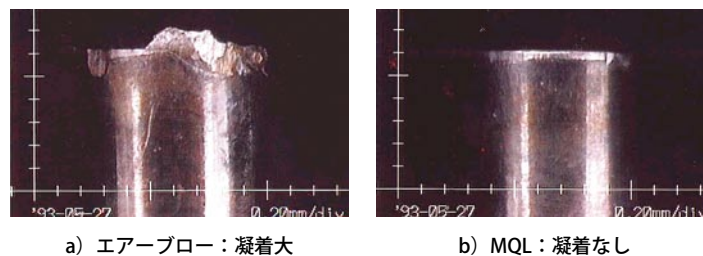


図9 冷却の制御：切屑の形状

3.2.5 潤滑の制御

植物油に含まれる脂肪酸が被削材の鉄と化学反応をおこして固体潤滑膜を作る。低圧クーラントは加工点に大量の切削油をかけた酸素遮断状態になるが、MQLは微細なミストなので酸素が豊富にあり、この反応が促進されるといわれている。これが、MQLが潤滑性に優れている理由と考えた(図7)。

一例として、バルブリフターの端面旋削工程はワーク中心の切削速度がゼロとなり、切屑が刃先に凝着しやすくなる。工具に鉄と反応しにくいサーメットを用いてもエアブローでは刃先に大きな凝着が発生する。これに対してMQLでは凝着がない(図10)。さらに、すくい面側、逃げ面側とノズルの向きを変えてテストしたところ、逃げ面側から工具とワークのすき間を目掛けて噴射すると効果が大きいことが分かった。



※端面旋削＝ワーク回転中心の切削速度はゼロ

図10 潤滑の制御：刃先の凝着

3.2.6 切屑排除の制御

切屑の流出方向を制御し噛み込みを防止することと、粘度の低い流体で効率よく排除することの2つがポイントになる。潤滑の制御と同じ逃げ面側から、最も粘度の低いエアーを噴出し切屑を排除するため、切屑の噛み込みが防止できる。

一例として、歯車のホブ切り工程において低圧クーラントでは、切屑の噛み込みによる歯面の傷や凝着が時々発生し、これを「ムシレ」と呼んでいる。荒仕上げ2度切りの加工とし、仕上げの切屑を小さくすることで対策しているが、完全にはなくなる(図11a)。これにMQLを適用し、ノズル2本を逃げ面側から噴射すると、1度切りでも、ムシレが発生しない(図11b)。ただし、ノズルを逃げ面側から1本、すくい面側から1本噴射すると、ムシレが発生する(図11c)。これからノズルの方向と噴射領域を適正にセットすることが重要であることが分かった。

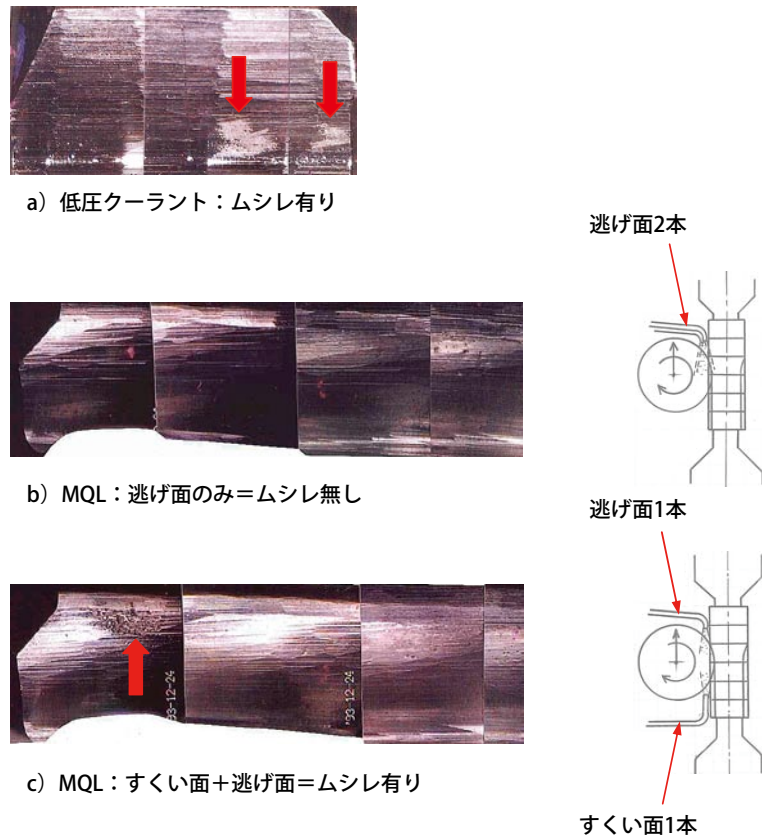


図 11 潤滑の制御：ノズルの向き

3.2.7 世の中の動向

MQLは鋼材のノコ切断などには古くから使用されている。ノコ切断の場合はノコ刃にふわっと塗布する程度なので、切屑の飛散はさほど問題にならない。しかし、それ以外の用途では、切屑飛散が、実用化を阻む大きな理由の一つとなっていた。

MQLはセミドライともいう。これに対して全く潤滑油を使わない方法をドライ加工と呼び、ホブ切りで実用化されている。ギヤシェーパーでも一般の歯車用にドライ加工専用機が市販されたが、普及していない。これはギヤシェーパーの切削速度が遅く凝着磨耗領域にあるため、カッターのすくい面へのコーティングが必須である一方、工具寿命が低圧クーラントより短いために工具費が高くつくことが原因と考えられる。

そこでMQLの潤滑性を利用すれば、この点を克服できると考えた。しかしMQL工法のギヤシェーパーへの適用の前例は無く、テストによる見極めが必要だった。

また、MQLの実用上の課題は切屑が設備内に飛散することである。一体クランクシャフトは通常の間盤状の歯車と違いクランクシャフトウェブが複数柵状にあり、この上に切屑が堆積する(図12)。このため洗浄液での洗浄が必要だが、ドライ加工専用機には洗浄機能がない。そこで洗浄機能を持ったMQLに適した設備の作り込みがどうしても必要だった。



図 12 切屑の堆積

4 要因解析と条件設定

4.1 実験の目的と方法

設備導入前にMQLの効果を見極めるため、ライン外でテストを行うことにした。またバリについて現状調査してみると、切削条件やワークの硬度でバリの大きさが違うことが分かった。そこで実験計画法を用いて要因解析をすることにし、目的を、①MQLの潤滑作用がムシレをなくし高速切削を可能にするか見極めること、②バリやムシレに対して切削条件の最適化を図ること、とした。

まず、評価特性と評価方法を決めた。特性はムシレとバリとした。ムシレは歯面を拡大してその有無を観察し、さらに面粗度を測った。バリはバリ高さ(図13)を測り、さらに何歯にバリがあるか、箇所数を記録した。(バリ高さ)×(箇所数)=バリ量と定義した。歯形歯筋、負荷電流波形、切屑形状、切屑の色なども評価した。

次に、割り付ける因子を計画した。ムシレとバリに影響する因子はほぼ共通しており、潤滑油の有無、ワークの硬度、切削条件(切込み回数、切込み、ラジアル送り、円周送り、ストローク)、ブラシの種類などの因子を割り付けた。事前の社内テストの結果、カッターのすくい面にコーティングがないと、完全ドライでは刃先に切屑の凝着が生じることが分かっていた。すくい面のコーティングは必要と考え、因子には取り上げなかった。テストは実験計画L8を3回繰返し、最適条件を徐々に絞り込んでいくことにした。

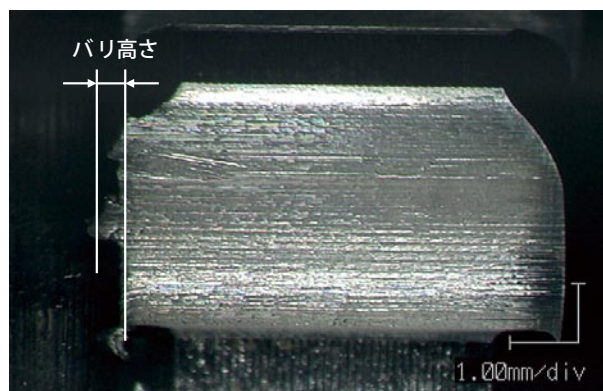


図13 バリ高さ

4.2 実験計画

4.2.1 L8実験1:MQL効果の見極め

潤滑方式、切込み回数、ブラシの優劣をみるため、1回目の実験計画を立てた。ワーク硬度をバラツキ因子として加えた(表1)。

表1 L8 実験 1 : MQL 効果の見極め

| 列版 | 因子 | | 水準 | |
|----|----|-------|-------------------|-------------------|
| | 記号 | 名称 | 1 | 2 |
| 1 | A | ワーク硬度 | 硬度下限 (軟 HB241) | 硬度上限 (硬 HB269) |
| 2 | B | 潤滑方式 | 完全ドライ | MQL |
| 3 | | | | |
| 4 | C | 切込み回数 | 2 回 | 3 回 |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | D | ブラシ | ダイヤモンド入り ナイロン | All 樹脂 |

4.2.2 L8実験2:切削条件の最適化

L8実験1の最適条件を固定して、切込み1回目と2回目の切削条件を振り、2回目の実験計画を立てた。ギヤシェーパーの切削条件は切込み、ラジアル送り、円周送り、ストロークの4つである。水準は、社内の各種設備を調査して、その範囲から選んだ。ワーク硬度をバラツキ因子として加えた。また、切込み1回目の切削肌が生じ、切込み2回目で完全に除去できるか、はっきり見るため、切込みを2回目で止め、歯面を観察することにした。ローマ数字 I、II、IIIは、切込み1回目、2回目、3回目を示す(表2)。

表2 L8 実験 2 : 切削条件の最適化

| 列版 | 因子 | | | 水準 | |
|----|----|----------|----------|-------------------|-------------------|
| | 記号 | 名称 | 単位 | 1 | 2 |
| 1 | A | ワーク硬度 | | 硬度下限 (軟 HB241) | 硬度上限 (硬 HB269) |
| 2 | B | 切込み II | mm | 0.2 | 0.1 |
| 3 | C | ラジアル送り I | mm/Str. | 0.027 | 0.005 |
| 4 | D | 円周送り I | mm/Str. | 0.49 | 1.2 |
| 5 | E | ストローク I | Str./min | 600 | 980 |
| 6 | F | ストローク II | Str./min | 600 | 980 |
| 7 | | | | | |

4.2.3 L8実験3:ストローク限界

L8実験1と2の最適条件を固定して、切込み3回目のラジアル送りと円周送りの切削条件を振り、さらにストロークの限界を知るため3回目のL8実験を行った(表3)。

表 3 L8 実験 3：ストローク限界

| 列版 | 因子 | | | 水準 | |
|----|----|---------|----------|-------------------|-------------------|
| | 記号 | 名称 | 単位 | 1 | 2 |
| 1 | A | ワーク硬度 | | 硬度下限 (軟 HB241) | 硬度上限 (硬 HB269) |
| 2 | B | ラジアル送りⅡ | mm/Str. | 0.005 | 0.01 |
| 3 | C | ラジアル送りⅢ | mm/Str. | 0.005 | 0.01 |
| 4 | D | 円周送りⅢ | mm/Str. | 0.48 | 0.69 |
| 5 | E | ストロークⅠ | Str./min | 780 | 1500 |
| 6 | F | ストロークⅡ | Str./min | 980 | 1500 |
| 7 | G | ストロークⅢ | Str./min | 980 | 1500 |

4.3 実験結果

4.3.1 ムシレ

ムシレについて、次のことが分かった。

(1)L8実験1より

- ①潤滑方式の寄与率が支配的であり、MQLの効果がはっきりと確認できた(図14a)。円グラフ中の数値は寄与率を、**は1%有意、*は5%有意を示す。ドライでは最悪条件の切込み回数2回、ワーク硬度下限でムシレが出るが、MQLは出ない(図15)。
- ②切込み回数3回の方がムシレにくい(図14b)。
- ③潤滑方式と切込み回数間に交互作用がある。MQLは切込み回数による差が小さいが、ドライは大きい(図14c)。
- ④潤滑方式とワーク硬度間に交互作用がある。MQLはワーク硬度による差が小さいが、ドライは大きい(図14d)。

(2)L8実験2より

- ⑤ラジアル送りと円周送りⅠ間に強い交互作用がある。ラジアル送りⅠが0.005で円周送りⅠが1.2の時、切込みⅡを0.1と小さくしてもムシレず面粗度が良い。これは切込み1回目のムシレがほとんどないことを示す(図16)。
- ⑥切込み1回目にムシレがある場合、切込みⅡが0.2でも取りきれず残る。追加テストによって、切込みⅡは0.3とした。

(3)L8実験3より

- ⑦この範囲では、どの条件もムシレなく良好である。MQLを用いると設備の最高速1,500Str./minでもムシレないことが分かった。

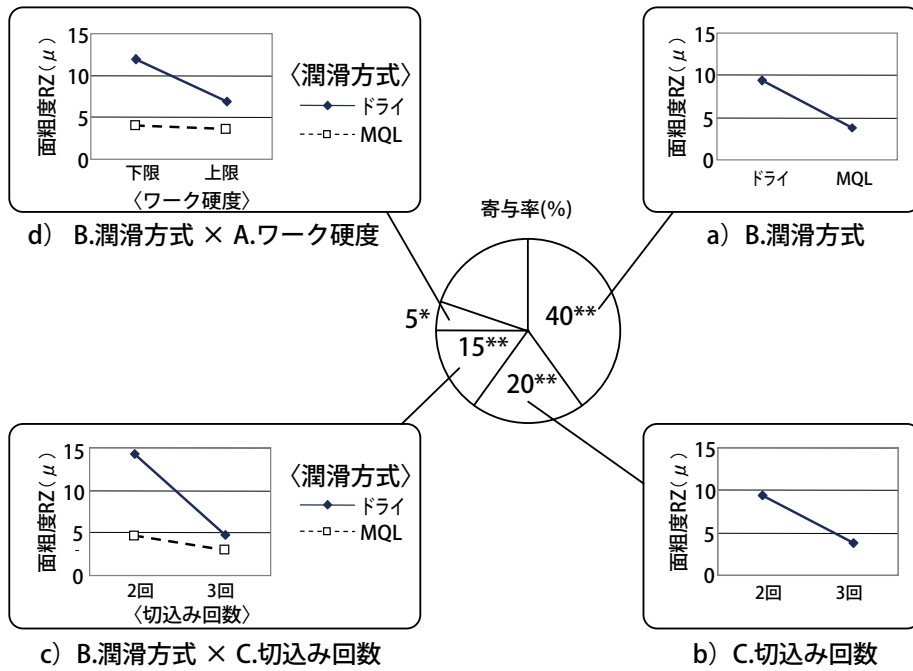


図 14 L8 実験 1：ムシレ

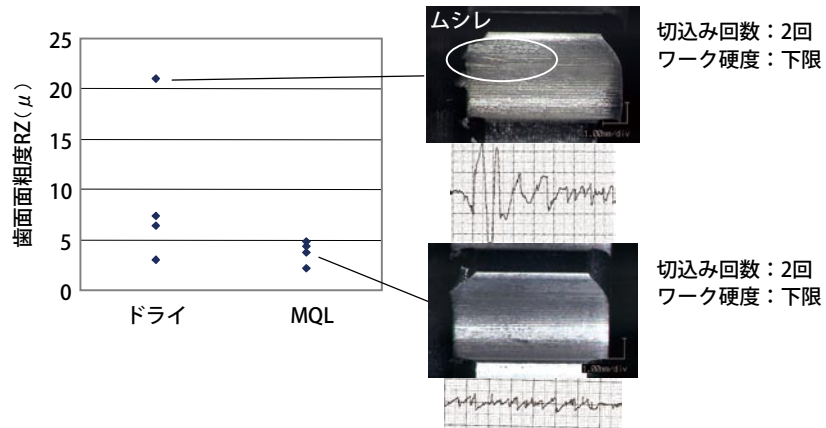


図 15 潤滑方式とムシレ

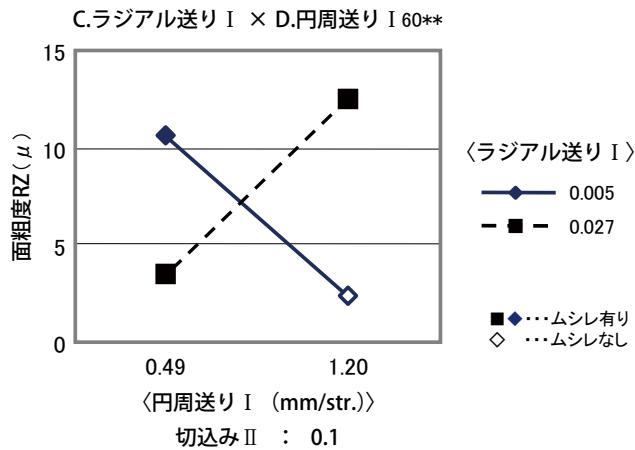


図 16 L8 実験 2：ムシレ

4.3.2 バリ

バリについて、次のことが分かった。

(1)L8実験1より

- ①予想通り、切込み回数の寄与率が支配的である。バリ量を減らすには、切込み回数を3回に増やし、薄切りすればよいことが分かった(図17a)。
- ②MQLの方がドライよりバリ量が少ない(図17b、c)。

(2)L8実験2より

- ③ムシレと同様、ラジアル送りIと円周送りIの間に交互作用がある。ラジアル送りIが0.005の時円周送りIを1.2と速くするとバリ量が少なくなる(図18)。

(3)L8実験3より

- ④この範囲では、ブラシがけ前のバリ量は、どの条件も少なく、ブラシがけによってバリ量がゼロになることが分かった。

(4)ブラシの選定

- ①ブラシはダイヤモンド砥粒入りナイロンブラシの方が、バリ量が少ない(図19)。

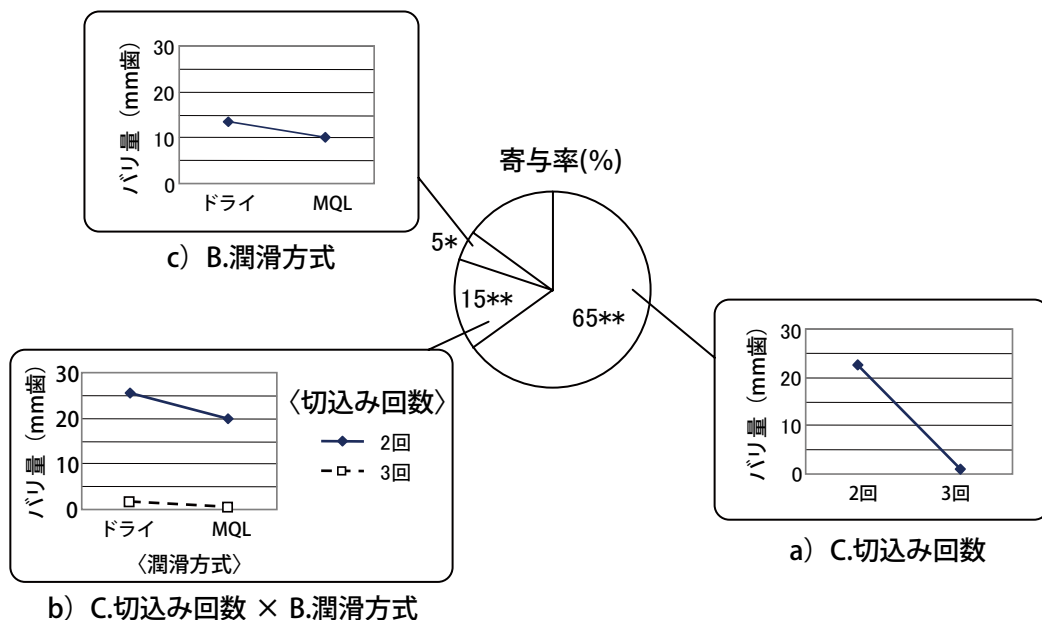


図 17 L8 実験 1：バリ ブラシ前

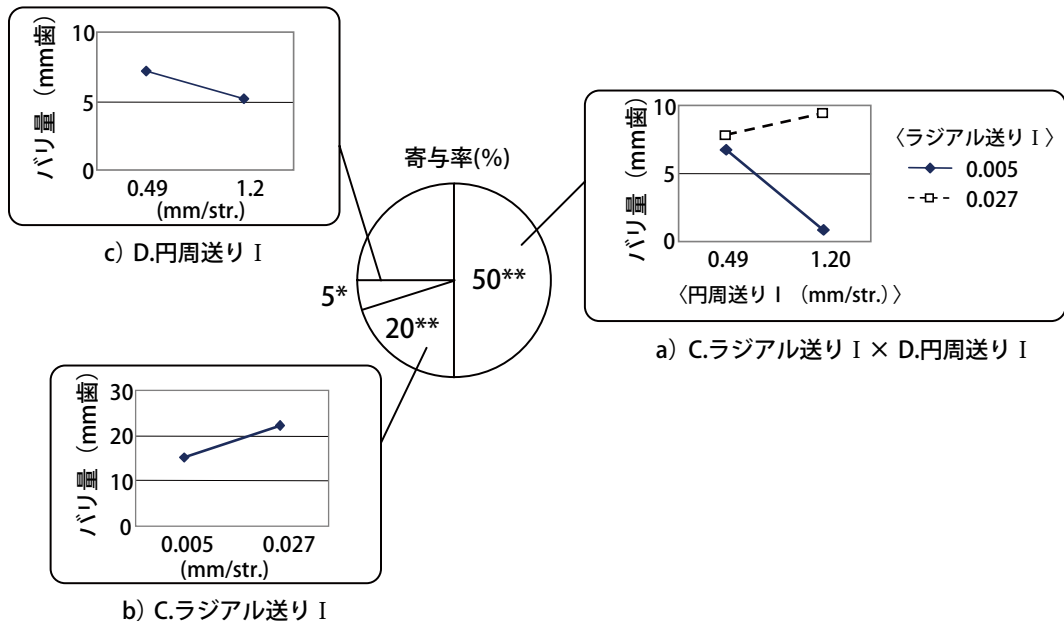


図 18 L8 実験 2：バリ ブラシ後

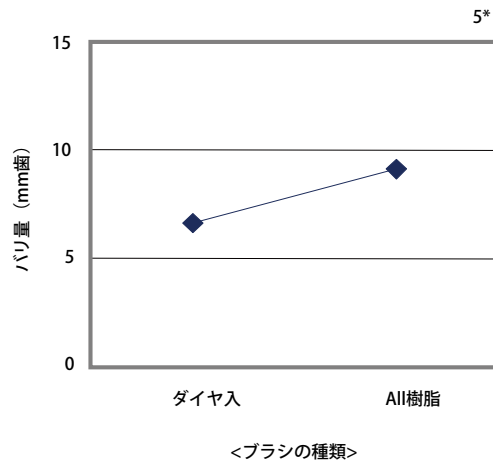


図 19 L8 実験 1：バリ ブラシ後

4.4 ライン外テストのまとめ

- ①MQLを用いると、設備の最高速1,500Str./minまでムシレなく切削が可能である。
- ②ラジアル送り1回目を0.005mm/Str.と薄切りにし、円周送り1回目を1.2mm/Str.と高速にすることで、切込み1回目のバリ量を大幅に少なくできる。
- ③切込み回数を3回にし、切込み2回目を0.3mm、切込み3回目を0.1mmにすると、切込み1回目の影響が排除され、バリが小さく除去しやすくなる。
- ④小さく除去しやすくなったバリにダイヤ砥粒入りナイロンブラシを用いると、完全にバ리를ゼロにできる。

以上より、MQLにより大幅なサイクルタイム短縮とバリレスの両立が可能であることが立証できた。

5 設備仕様の作り込み

5.1 MQLシステム的设计

噴射ノズルでのエア圧が高い程エア流速が早く粒子は細くなる。そのためにはノズル直近のエア圧が0.4Mpa以上必要である。市販のMQL装置は細いエアチューブの中にオイルチューブが入っていて先端で霧吹き原理でミストを作る。二重管のためエアの通路は直径4.5mm相当と狭い。また、エア源からノズル先端まで4m前後の距離がある。管路内の圧力損失は長さに比例し内径の2乗に反比例する。管の内径が小さいと急激に圧力損失が増加し、0.4Mpa以上を確保できない。そこで二重管をやめ加工点の直近にミスト発生ブロックを設け、ブロック内でエア通路にオイルを圧送することでミストを発生させる方式とした。ミスト発生ブロックまでのエア配管はホース、継手、ソレノイドバルブを厳選し、十分な内径を確保した。これにより元圧からノズル直近まで、ほとんど減圧しない配管システムにできた。

5.2 切屑飛散への対策

MQLのように加工点にエアを吹き付ける加工法では、切屑が飛散する。飛散した切屑をいかに処理して品質トラブルや故障を防ぐかが成否の鍵を握る。

5.2.1 ワーク洗浄

一体クランクシャフトにはクランクシャフトウェブが2枚以上あり、ここにMQLエアブローで飛散した切屑が乗る(図12)。次工程で治具に落下し品質不良を招く。これを防ぐためワーク洗浄ノズルとワーク洗浄ポンプを追加した。サイクルタイムが伸びるのを防ぐため加工終了後のマシン動作中に洗浄するようにした。またカッターを急冷しないよう洗浄ノズルの向きを工夫して洗浄液がかからないようにした(図20)。さらにサポートセンターにノズルを設け、ワークのセンター穴をエア吹きしてからクランプすることで、センター穴への切屑噛みを防止した。

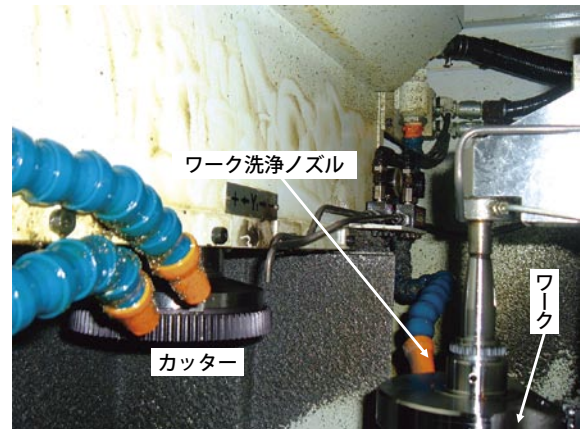


図20 ワーク洗浄システム

5.2.2 局所カバー

飛散した切屑や切粉が、機内ローダーの旋回部やサポートセンターの摺動部に侵入し、動作不良が頻発することが予測された。そこでサポートセンターとカッターヘッドの動きを利用して、加工時に加工点まわりを囲う局所カバーを考案し取付けた。これによって切屑の飛散方向は下方のベッド方向のみとなり、機内ローダーの旋回部やサポートセンターの摺動部への切屑飛散が防止できた。カッター後退時にはカバーが開いてワーク洗浄が可能となる(図21)。

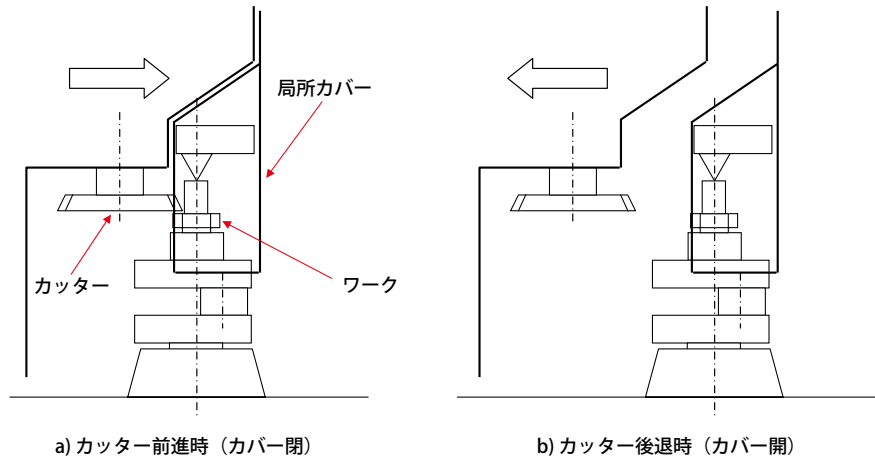


図 21 局所カバー

5.2.3 センサー切屑付着対策

飛散した切屑が、ワーククランプ端などの近接スイッチに付着して、チョコ停が頻発することが予測された。そこで洗浄ノズルを追加して近接スイッチに付着する切屑を洗浄するようにした。ノズルが追加できない部位は切屑を感知しないタイプのセンサーとした。

6 生産への展開

ライン外テストの結果を基にMQLの採用を決め、設備仕様を作り込み、生産へ展開した。

6.1 潤滑油量の最適化

生産立上げ後、刃具寿命の確認のため、潤滑油量を変えてワークのバリ、および、カッターの刃先を観察しながらテストしたところ、潤滑油量45mm³/minにて工具寿命を低圧クーラントの3倍にすることができた。加工数で6,000個となる(図22)。

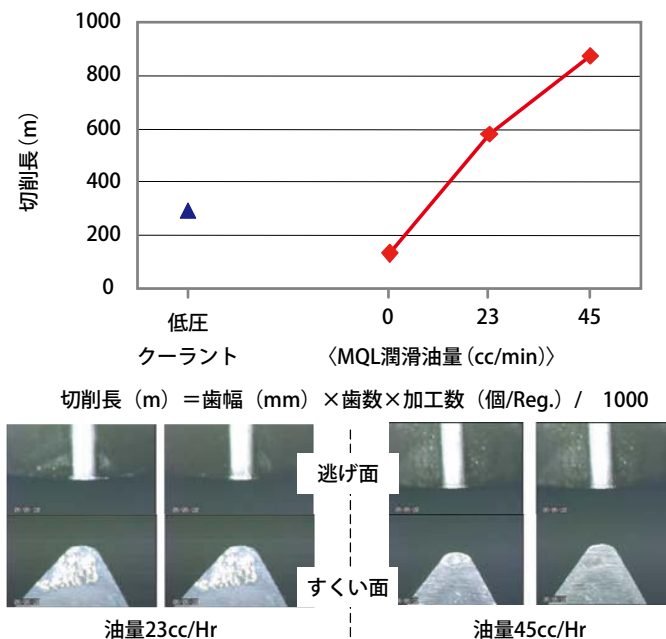


図 22 潤滑油量の最適化

7 効果

7.1 サイクルタイム

ライン外テストをもとに切削条件を決めた。それにより加工能率指標は3.6から13.2mm²/minと4倍にアップし、目標の2.5倍を大きく上回ることができた(図23)。その結果、サイクルタイムは低压クーラントの2.8分からMQLの1.4分とサイクルタイム1/2を達成、一体クランクシャフトの理論サイクルタイム2分を大幅にクリアできた。

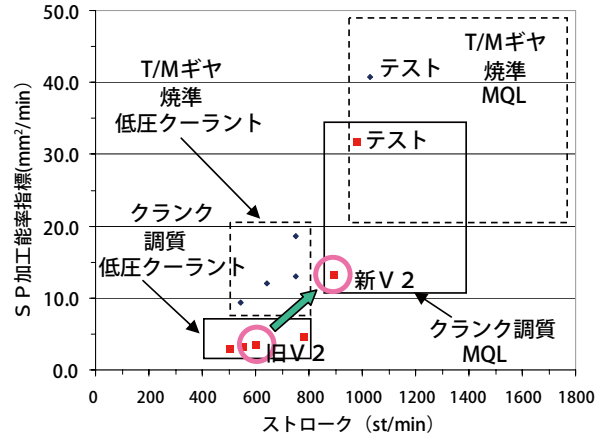


図 23 加工能率指標

7.2 手作業のバリ取り廃止

MQLの潤滑効果と切削条件の最適化によってバ리를小さく除去しやすくし、さらにダイヤモンド粒入りナイロンブラシを用いて完全にバ리를ゼロにすることができた(図24)。これによって手作業のバリ取り廃止が達成できた。

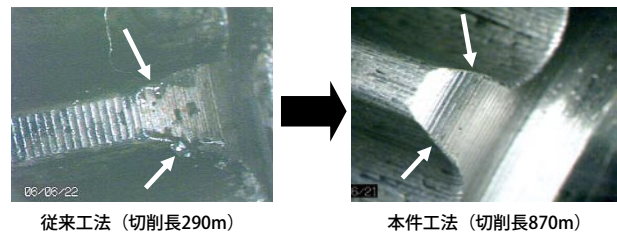


図 24 バリ取り後のワークの状態

7.3 刃具寿命

刃具寿命を3倍にできたので、再研後すくい面に再コーティングをしても再コーティングなしの従来方式よりワーク1個当りの刃具費を安くすることができた。

8 まとめ

MQLの加工原理をギヤシェーパーに適用して「高効率バリレス加工法」を開発した。それによりV型2気筒ラインのネックだった歯切り工程のサイクルタイムを2.8分から1.4分へ半減し、一体クランクシャフトの理論サイクルタイム2分を達成することができた。さらには手作業のバリ取り廃止により自動ラインの生産性向上につながった。現在トラブルなく生産を継続している。

今後、より生産量の多いトランスミッションギヤなどへの横展開を図っていきたい。ムシレがないためサイクルタイム短縮だけでなく歯形精度の向上も期待できる。

海外工場では国内よりコストに占める設備費の割合が高い。本件技術は既存設備を改造してサイクルタイム短縮が可能のため新たな設備投資なしで生産能力を倍増でき、コスト競争力を高めることができる。海外工場への横展開も図ることができると考えている(図25)。

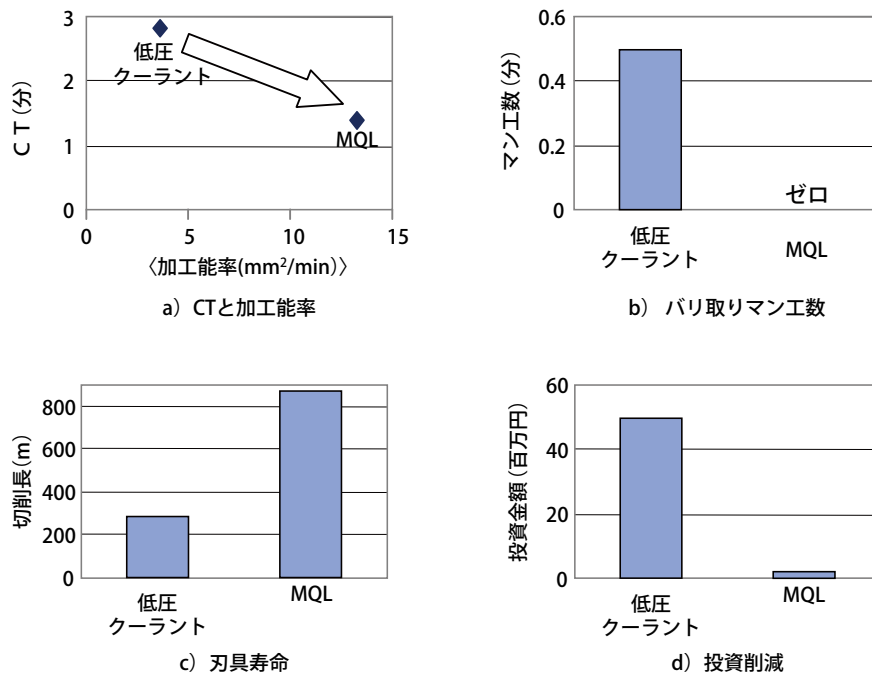


図 25 効果まとめ

■参考文献

- (1) YMC、USA、Home Page、Star (Motorcycles)
- (2) トライボロジー入門講座テキスト1999年6月、千葉工業大学 平塚健一著「摩擦と磨耗」
- (3) 工業調査会発行1972年2月、R.K.スプリングボーン編、東京農工大学 竹山秀彦監訳「切削・研削油剤—その選択と使い方」
- (4) 住友電工発行「タンガロイ」1993年10月号、ユシロ化学 赤川章著「被削材の種類と切削油剤の関係」
- (5) (株)不二越企画(株)電通映画社製作1962年、精密機械工業技術映画シリーズV T R「切削理論」
- (6) MQL研究会によるセミドライ加工総合研究HP、MQLとは
- (7) MQL研究会HP、(株)不二越、安岡学、清都俊之共著、「MQL加工について」
- (8) 同上、フジBC技研チーム、井上勉著、「小径深穴加工の高効率セミドライ加工」
- (9) HP「車のエンジンオイルと添加剤のページ」、摩擦する固体の表面での化学(2)
- (10) 日経、Tech-On技術者を応援する情報サイトJIMTOF2006速報、「野村精機、油膜で覆われた水滴を潤滑に利用する新切削法を展示」

■著者



森 一明
Kazuaki Mori
MC事業本部SyS統括部
第3 SyS部