

# NACHI-BUSINESS

Machining news

Vol. **7** B1  
May/2005

マシニング事業

コーティング

■ 新商品・適用事例紹介

高能率・長寿命

## 「Hyper DuAl ホブ」

High-efficient & Long-lasting  
"Hyper DuAl Hob"

〈キーワード〉 ハイスコーティングホブ・ドライホブ切り・高速・高能率  
長寿命・再研削再コーティング・切りくず解析

機械工具事業部／歯切・ブローチ技術部

関 孝介

Kosuke Seki

“ハイパーデュアル(Hyper DuAl)”は、  
DuAl :二元(DuAl)とAlコート(AI)の合成語  
Hyper:さらに上をいくもの  
であり、“Hyper DuAl”で従来デュアルを越えたイメージを付けた

# 要 旨

機械加工の分野では、従来にも増して高速・高能率がすすむ一方、工具の長寿命化によるコスト低減の要求も高まっている。歯車加工の分野において、ホブ母材であるハイスやコーティング皮膜の技術は著しく進歩し、ホブ単体としての性能も大幅に向上してきている。

さらに、新たに環境問題に対する関心が世界的に高まる中、切削油を必要としないドライ加工が注目され、これらの要求に応えるべくドライホブ切りが実用化されてきている。NACHIでは、高速ドライ加工はもちろん、高速ウェット加工でも高い性能を発揮するデュアルカット(DuAl Cut HOB:乾湿双方切削対応)ホブ<sup>1)</sup>を商品化し、その市場ニーズに対応してきた。

今回、性能を一段と高めた新しいHyper DuAlホブについて、加工事例をふまえて紹介する。

## Abstract

In machining industry, cost reduction of cutting tools (in other word, the prolonging of tool life) has been increasingly requested while the high-speed, high-performance machining has been progressing ever. In gear cutting, the HSS and coating technologies to improve the hob base material have progressed drastically, and the performance of hob itself has been improving substantially.

In addition, Dry Processing (without use of coolant) has been drawing attention because of the increased concerns on worldwide environmental issues. Dry Hob Cutting has been put into a practical use to satisfy such demand. Nachi has manufactured and marketed DuAl-cut Hob (DuAl Cutting of Dry/Wet Cutting Hob 1) in order to satisfy the market need.

Furthermore, a new Hyper DuAl Hob that is further improved to satisfy our customers is introduced, and the examples of cutting are shown here.

# 1.高まる高能率・長寿命化へのニーズ

最近の歯車加工の分野においては、歯車部品の高性能化がすすみ、高精度化・高能率化・長寿命化の要求が高まっていると同時に、高強度化のため、被削材の難削化がさらにすすんでいる。

一方で、環境問題への意識の高まりに伴い、機械加工の分野では、切削油や研削油を使用しない「ドライ加工」が注目されている。

従来、ホブ切りでは、加工精度と工具寿命の向上を図るため、切削油を使用するウェット加工が一般的であったが、近年のホブ母材やコーティング膜など、ホブ自身の性能向上およびホブ盤の技術進歩により、ドライ加工が幅広く実用化されている。

高能率で長寿命なドライ加工を実現するため、NACHIではいち早く韌性に優れた高速度工具鋼と、TiAlN膜の改良にとり組み、Hyper DuAlホブを商品化した。

このHyper DuAlホブは、従来のDuAlホブに比べ、より高速領域での長寿命化を可能にした新世代ハイスホブで、ドライ加工はもちろん、高速ウェット加工においても高い切削性能を可能にした。Hyper DuAlホブは、超高速領域(V=200~300m/min)でのドライ加工実現、また、クレータ摩耗の抑制を目指し、開発されたものである。(図1)

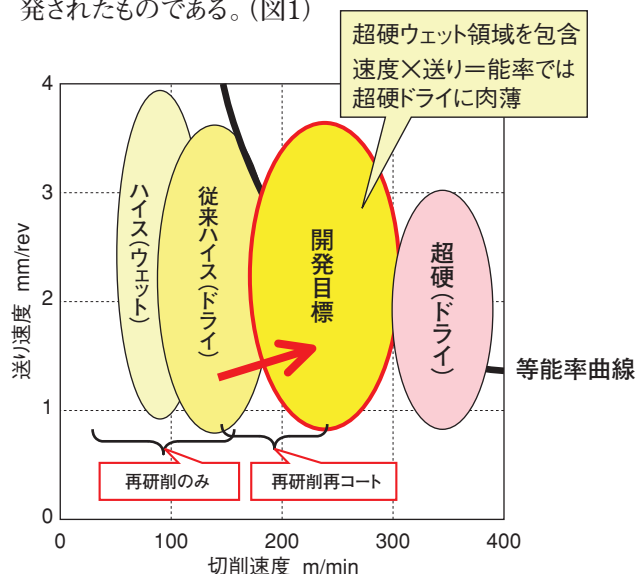
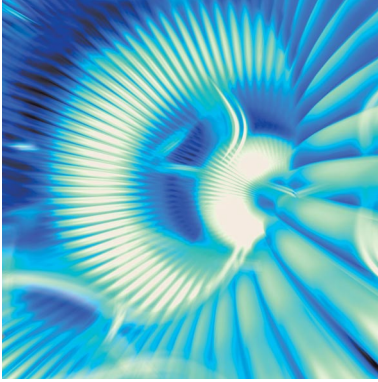


図1. ホブ切り条件の概念



## 2. ドライホブ切りの課題

### (ドライホブ切り加工の高速化)

ドライホブ切りでは、いくつかの課題が挙げられる。すなわち、ウェット加工で使用している切削油の特徴や役割を果たすものが無くなる。切削油剤には、

- ①潤滑作用
- ②冷却作用
- ③切りくず排出

といった役割があるが、ドライカットではこの役割を失う。したがってドライ加工用ホブに要求される性能は、

- ①高い潤滑性能
- ②高い耐熱性
- ③切りくずを噛み込まない高い排出性

などを兼ね備えることである。

Hyper DuAlのネーミングは、従来のDuAl(2つの部分からなる:乾湿双方切削対応)をはるかに越える(Hyper:接頭語で、超の意味)という意味から決めた。

高能率化を実現する手段としては、切削速度の高速化があるが<sup>2)</sup>、その場合に問題になってくるのが切削熱による影響である。

ドライホブ切りの切削温度を調査するため、Advant Edge<sup>3)</sup>を用いて有限要素法解析を行なった。切削速度(ホブの外周速度)150m/min、250m/min、400m/minで浸炭材を加工したときの切削温度のシミュレーション結果を、図2に示す。

切削速度150m/minでは、最高温度が約800°Cであるが、250m/minでは最高約900°Cに達する。400m/minでも約900°Cの領域が250m/minに比べて広がっているが、最高温度は約900°Cである。ホブ切削刃が摩耗していくと、発熱はさらに増大するため、高速ドライホブ切りでは、母材とコーティングに対して、900°C以上の耐熱性が必要になると考えられる。

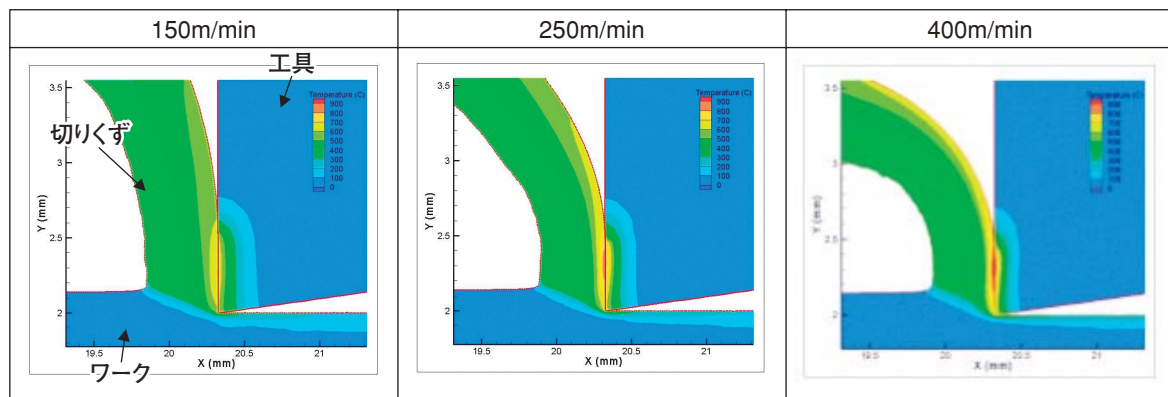


図2. ドライ切削の工具・切りくずの温度分布シミュレーション

### (ドライホブ切り加工の潤滑性)

ドライホブ切りのもうひとつの問題点としては、潤滑性(切りくず離れ)の悪さがあげられる。図3は、ウェット加工とドライ加工それぞれの切りくず写真である。両方の切りくずを比較してわかる大きな違いは、切りくずのカール形状である。ドライ加工の切りくずは、ほとんどカールしないで、切りくずが長くのびている。ドライ加工では切りくず離れが悪いことと、切りくずが

長くのびることが原因となって、加工された歯車の歯面に傷がつくという不具合も発生しやすい。歯面傷の事例を図4に示す。ホブ切り時に切りくずが噛み込むと、ワーク面に傷がつくだけでなく、ホブの摩耗を早めたり、切りくず詰まりによる異常摩耗を発生することもあるので、切りくずの噛み込みはできるだけ避けなければならない。(図5)

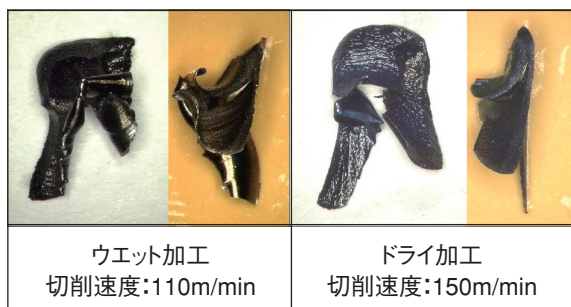
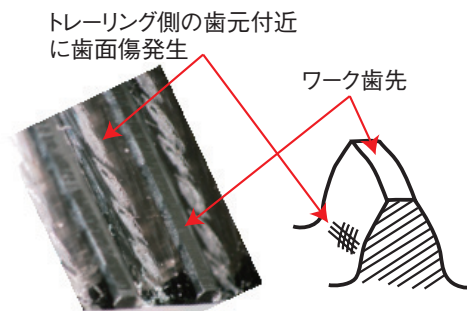


図3. ウェットとドライの切りくず写真



- ・ワーク諸元： m1.2×圧力角20°×ねじれ角25° LH×歯数35
- ・ホブ諸元： φ70×L150×溝数14×4条 ※2
- ・加工条件： 160m/min×2.5mm/rev クライム ドライ

図4. ワーク歯面傷事例

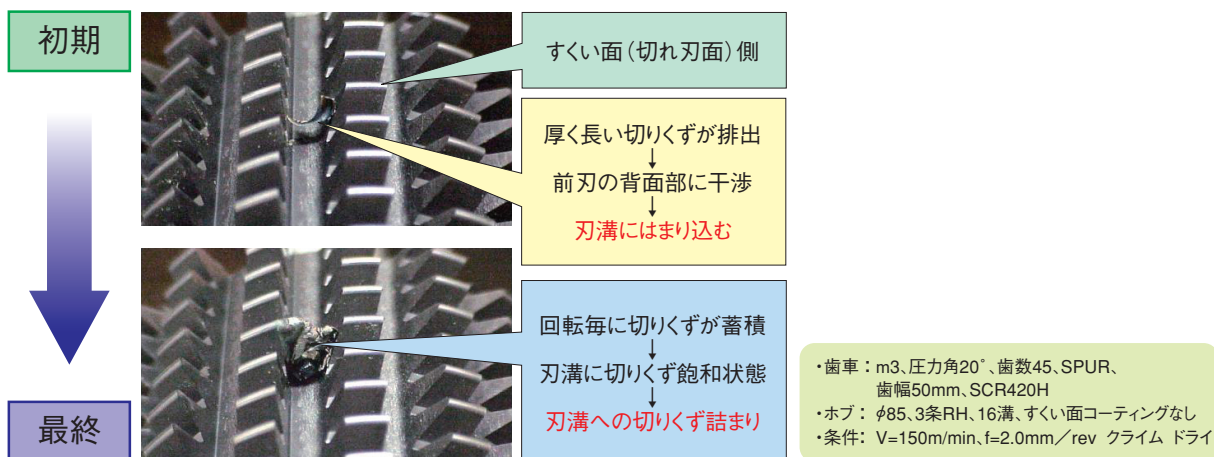


図5. ドライ加工における切りくず詰まり

### 3. 高速ウェット加工と高速ドライ加工が可能な Hyper DuAlホブ

Hyper DuAlコーティングは、ドライホブ切りに必要な耐摩耗性や耐熱特性を高めるため、歯切り工具用にNACHIが開発した多元系耐酸化膜である。

大気中で1000℃に1時間保持したときの、表面からの酸化量を比較したグラフを図6に、また加熱後のテストピースの表面写真を図7に示す。TiAlN膜は膜全体がすべて酸化されて劣化しているのに対して、Hyper DuAlコーティングは、表面が少し酸化された程度で、熱的な影響を受けにくく、耐酸化性に優れた膜であることがわかる。

また、耐摩耗性の指標であるコーティング膜の硬さは約2500～2800HVと、従来のTiAlN膜(2400～2600HV)よりも硬く、これにより耐摩耗性を向上することができる。

しかしホブの母材がハイスのため、多元系耐酸化膜を適用するにあたり、密着性が低下する恐れがあった。さらにドライ加工の場合、潤滑剤が供給されないため、切りくずが切れ刃に溶着し、切削抵抗が大きくなってしまふ。そのためドライ加工用ホブの開発では、膜の密着性、耐溶着性の向上にとり組むと同時に、母材のチューニング(組織と母材硬さの最適化)も行なった。このように複合的な開発を行なった結果、Hyper DuAlホブは高速ウェット加工はもとより、とくに高速ドライ加工において、より高い性能発揮する画期的な商品となった。

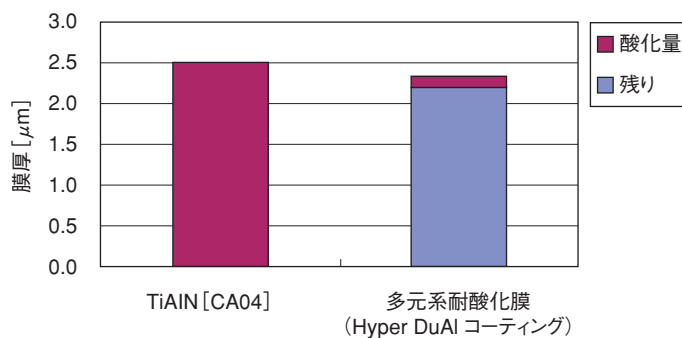


図6. 大気加熱(1000℃×1時間)後のコーティング膜の酸化量

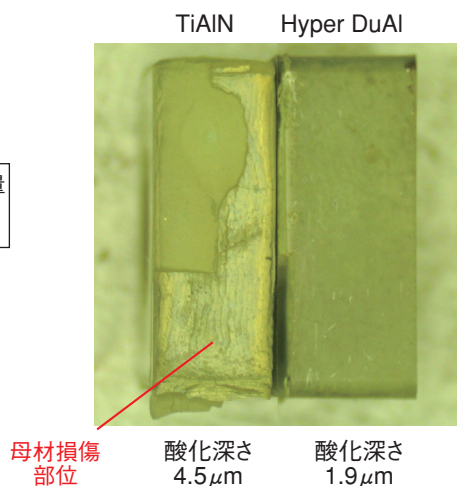


図7. 加熱テストピース写真 (TiAlNは酸化が進行し、母材まで損傷している)



# 4. Hyper DuAlホブの切削性能

表1. Hyper DuAlホブの加工事例

ホブ諸元		ワーク諸元		切削条件	
m×PA	2.87×15°	m×PA	2.87×15°	切削速度	すくい面コート有り→250m/min、200m/min すくい面コート無し→150m/min
条数	3THD	歯数	42	送り速度	2.2mm/revクライム・ノンシフト
外径×穴径	φ95×φ31.75	ねじれ角	31° RH	すくい面コート	有り・無し
溝数	12	材種	SCM420H	M/C	カンパジKA220
D+F	7.995	硬さ	HB180	切削油	ドライ
進み角	5° 51' RH	歯幅	50mm		

## (5倍の工具寿命)

Hyper DuAlホブと従来のDuAlカットホブの切削速度V=200m/min(すくい面コーティング有り)での加工事例を、表1、図8に示す。

すくい面コーティング有りの場合では、高温の切りくずがすくい面を擦過することで、ホブのすくい面がえぐられるクレータ摩耗の発生が遅くなる。切削長400mまで達して、ようやくクレータ摩耗の発生が確認できた。従来のDuAlホブと比べて倍以上の工具寿命が得られる。

同様に、切削速度V=250m/minでの切削性能の比較を、図9に示す。前例と同様、Hyper DuAlホブは従来のDuAlホブと比べると5倍近くの工具寿命を得ることができる。

再研削・再コーティングにより、常にすくい面にコーティングがあれば、安定してV=200m/min以上の高速ドライホブ切りができる。

また、すくい面コーティング無しの結果を図10に示す。切削速度V=150m/minで、切削長が250m以上に達しても、Hyper DuAlホブは逃げ面(VB)摩耗量が小さく、従来のDuAlホブの1.5倍の工具寿命となる。母材のチューニングにより、すくい面コーティング無しでのクレータ(KT)摩耗を抑制し、クレータの土手(切れ刃エッジ)決壊から生じるVB摩耗を抑えている。

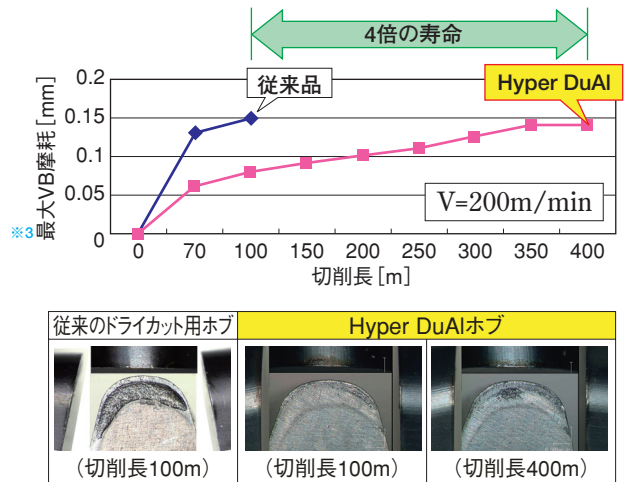


図8. Hyper DuAl(ハイパーデュアル)ホブの性能 (V=200m/min)

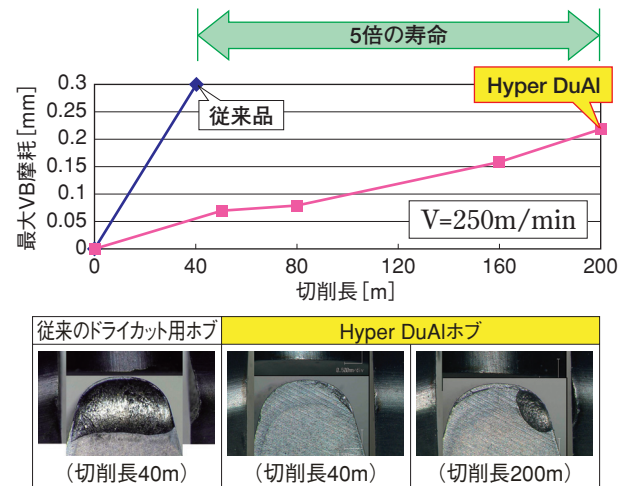


図9. Hyper DuAl(ハイパーデュアル)ホブの性能 (V=250m/min)

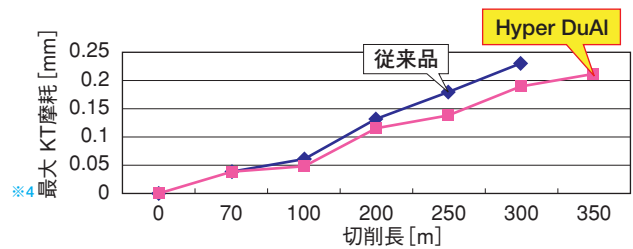
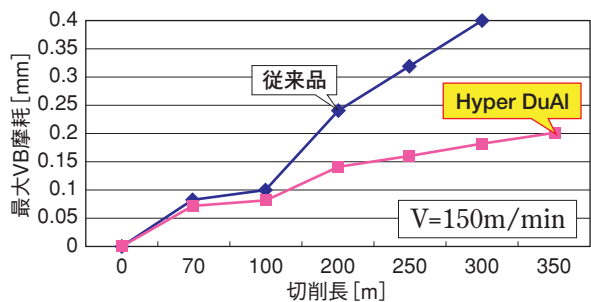


図10. Hyper DuAl(ハイパーデュアル)ホブの性能 (V=150m/min)

# 5. ワーク歯面傷対策

Hyper DuAlホブは前項のように、耐摩耗性という点では高性能であるが、切りくずの噛み込みによる歯面傷などに対する課題を残している。

ドライホブ切りでは、ウェット加工に比べて切りくずの噛み込みが発生しやすい。また、高速になればなるほど、わずかな切りくずの噛み込みが重大な損傷(異常摩耗)に繋がるケースが多い。ここにワーク歯面傷が発生した場合の対策事例を紹介する。

図12は、圧力角20°のホブの切りくず形状を計算した結果である<sup>2),4)</sup>。ワーク歯面傷の原因は、トレーリング側<sup>※6</sup>(図11)の切りくずの噛み込みと考えられる。

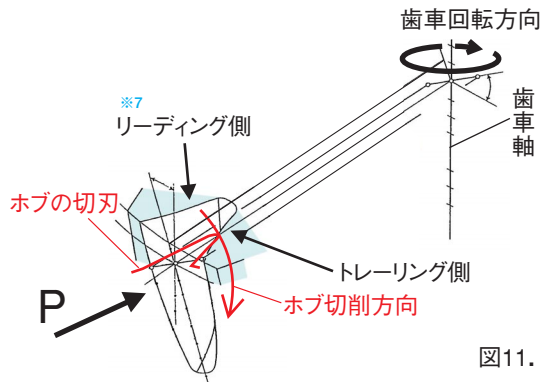


図11. 切りくず解析矢視方向

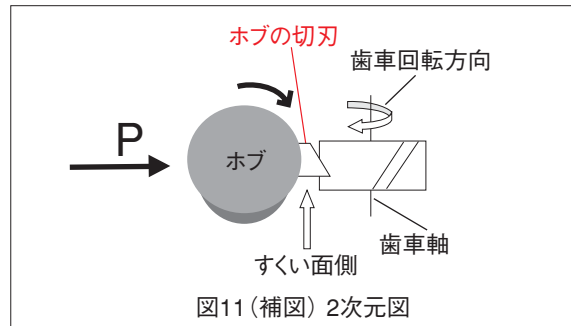


図11(補図) 2次元図

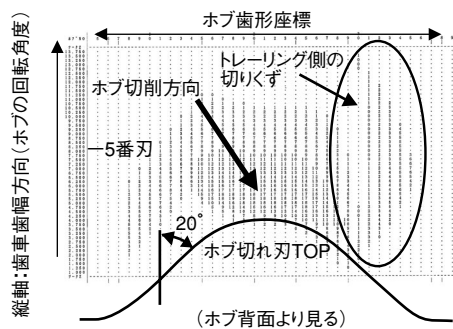


図12. 圧力角20°ホブの切りくず形状 (P矢視図)

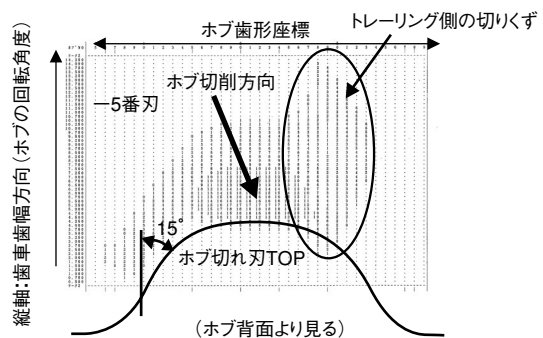


図13. 圧力角15°ホブの切りくず形状 (P矢視図)

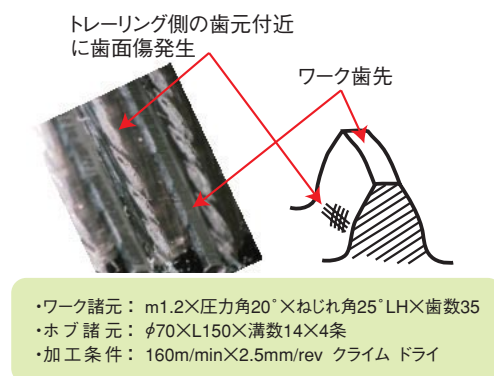


図14. 圧力角20°ホブのワーク歯面

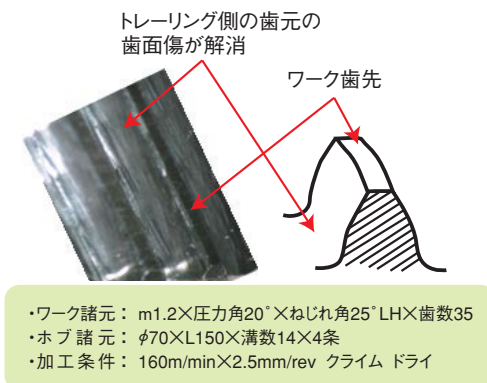


図15. 圧力角15°ホブのワーク歯面

# 6. これからも、一歩先をいく提案を

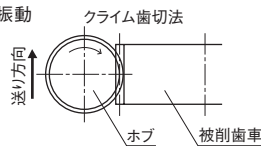
近年、環境対策や高能率、さらに、コスト低減などのユーザーニーズに対応するため、高速ドライホブ加工で、より長寿命なHyper DuAlホブを開発した。Hyper DuAlホブは、これまで以上に低コスト化に貢献し、高速・高能率加工において高い信頼性を提供できると考える。

今後も、工具材料、コーティング、工具形状などのコア技術や、GPA活動を通して、機械と工具のシーズを融合した新しい加工システムの開発にとり組み、常に一歩先をいく歯車加工工具・システムを提案していく。

## 用語解説

### ※1 有限要素法解析

固体材料、機械、構造物の変形・応力・振動などを数値的に解析する手法の一つ。

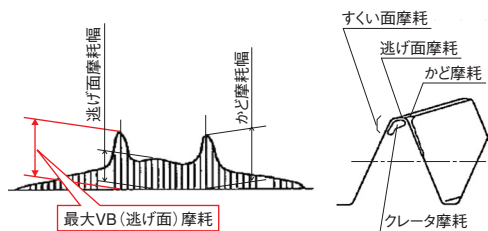


### ※2 クライム

ホブの切削送り方向を示し、ホブ回転と送り方向が、ホブと歯車材との接触点で、反対方向となる歯切方法。(フライスのダウンカットと同じ送り方向。コンベンショナルは、スライスのアップカットに相当。)

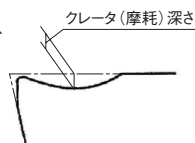
### ※3 最大VB摩擦

逃げ面に生じる摩擦で、その摩擦の切削方向の最大幅。



### ※4 最大KT摩擦

すくい面摩擦のうち、くぼみが生じる摩擦で、そのくぼみの最大深さ。



### ※5 転位設計

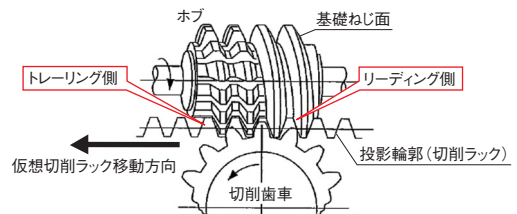
歯切りPCDを変えて、基準圧力角とは違う圧力角でホブのラック歯形を設計すること。

### ※6 トレーリング側

歯車に対して、仮想切削ラックの遠のき側のフランク。

### ※7 リーディング側

歯車に対して、仮想切削ラックの近寄り側のフランク。



### ※8 GPA

Gear Production Allianceの略。株式会社カシフジ、株式会社神崎高級工機製作所、NACHIの3社のアライアンスの名称。3社協同によるGPA活動を推進し、歯車加工における一貫生産ラインの提供を目指して提携。

## 参考文献

- 1) 塚本 裕・谷口 忍：新世代デュアルカットホブの切削特性について  
不二越技報Vol.55 No.2通巻119号 P.2-8
- 2) 津野正行：高性能加工、長寿命を実現する「Hyper DuAlホブ」  
機械と工具 2004年3月
- 3) 大西慶弘：切削シミュレーションソフト「Advant Edge」の新機能  
機械と工具 Vol.47 No.8, P.53-58, 2003
- 4) 寺島・上野：「ホブの歯溝切削状態の数値解析」  
日本機械学会論文集43巻373号、3535-3547, 1977