

歯切工具 / ブローチ
GEAR CUTTER / BROACH

◆
MITSUBISHI

▲ **MITSUBISHI MATERIALS** **C004J-H**

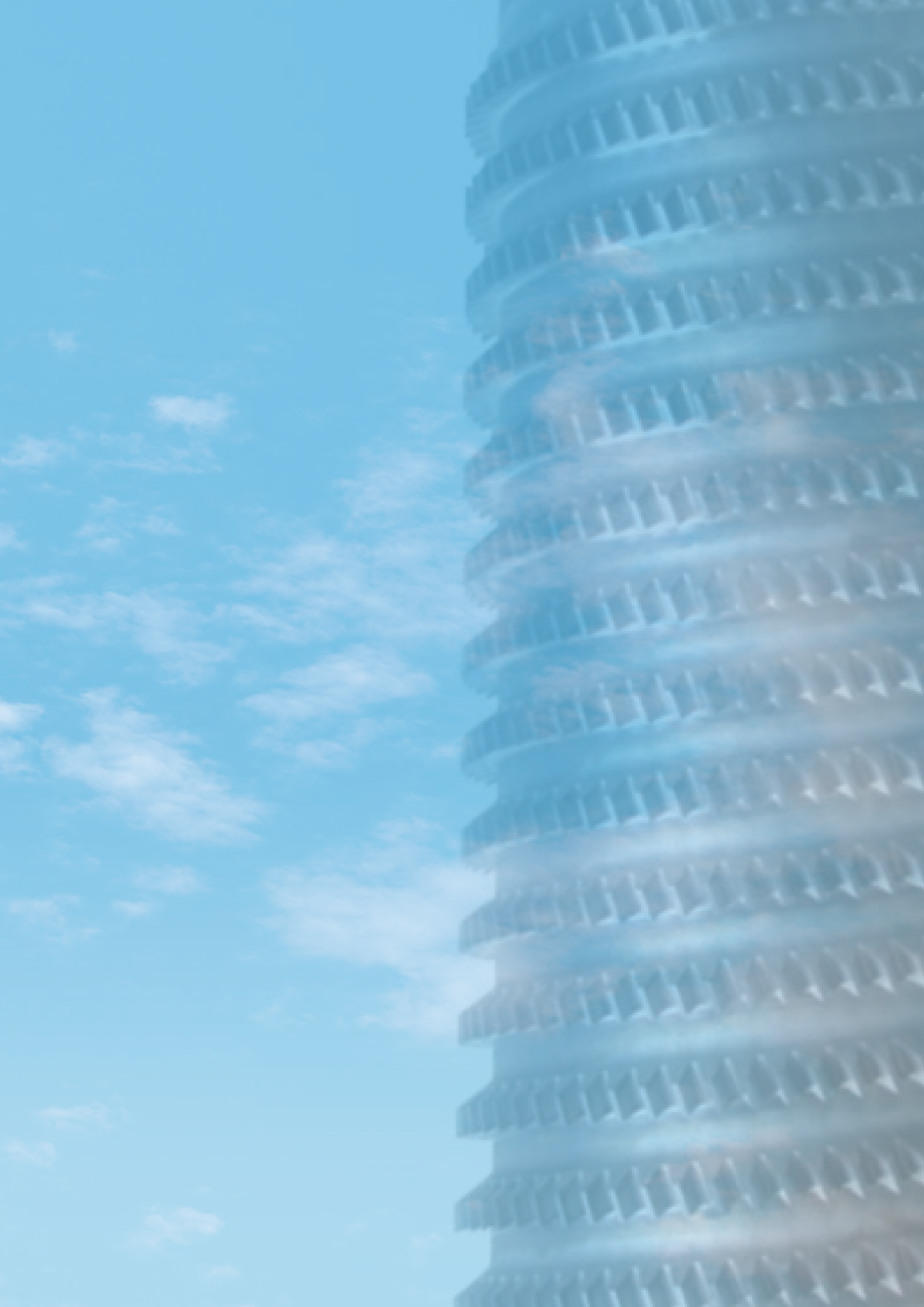


人と 社会と 地球のために

顧客満足度 No.1 の品質とサービス

優れた加工技術と精密測定により、複雑化する切削工具の製造に対応。
さらに、市場のグローバル化に伴うマーケティングの構築と、
的確で柔軟なサービスにより、顧客満足度 No.1 を目指します。





目 次

歯切工具

1. 歯切工具の基礎	1
1-1 はじめに	1
1-2 当社製歯切工具の特長	1
1-3 高速度工具鋼（ハイス）および表面処理の種類	2
1-4 高精度・高能率工具	3
1-5 歯車の用途に応じて要求される精度と加工方法	4
1-6 歯車形状による工具の選定	5
1-7 基準ラック	6
1-8 歯車のかみ合い状態	7
1-9 接触線の状態	8
1-10 コーティング技術	9
2. ホブ	10
2-1 特長	10
2-2 各部の名称	10
2-3 歯車の歯数と転位係数	10
2-4 面取り付きホブの共用	11
2-5 多条ホブ	12
2-6 加工条件と加工能率	13
2-7 カッタの歯形記号	16
2-8 プロチュバランス付きホブ（こぶ付きホブ）	17
2-9 すくい角の効果	18
2-10 主要な諸元の選定	19
2-11 ホブの再研削と歯形誤差	20

2-12 使用上のトラブルと対策	21
2-13 コーティングホブ	22
2-14 超硬ホブ	24
2-15 ラックホブ	25
2-16 ソリッドホブ寸法表	26
2-17 スプロケットホブ寸法表	27
3. ピニオンカッタ	28
3-1 特長	28
3-2 ギヤシェーパの切削機構	29
3-3 工具形状の選定、各部の名称	30
3-4 主要な諸元の選定	31
3-5 切削条件	34
3-6 加工時の注意事項	35
3-7 再研削	35
3-8 使用上のトラブルと対策	36
3-9 高性能、長寿命ピニオンカッタ	37
3-10 コーティングラインナップ	39
3-11 小径シャンク形ピニオンカッタ	40
3-12 特殊歯形ピニオンカッタ	40
3-13 各種カッタの標準寸法表	41
4. シェービングカッタ	44
4-1 特長	44
4-2 各部の名称	44
4-3 加工原理	45

4-4 シェービング方式.....	46
4-5 プランジカットシェービング	47
4-6 加工条件	50
4-7 主要な諸元の選定.....	52
4-8 加工時の注意事項.....	56
4-9 シェービングカッタの共用.....	59
4-10 シェービング加工のトラブルと対策	60
4-11 長寿命・高能率加工用 HSP シェービングカッタ	62
4-12 高性能鋼種 KHVX シェービングカッタ	63
4-13 シェービングカッタ テクニカルラインナップ ..	64
4-14 標準寸法表.....	66
5. ダイヤモンドドレッシングギヤ	67
5-1 特長	67
5-2 加工原理	68
5-3 バイアス歯形ドレッシングギヤ	69
5-4 精密電着技術	70
5-5 ドレッシングギヤ 砥粒ラインナップ.....	71
6. その他の製品	72
6-1 バニシングギヤ	72
6-2 フレージングカッタ	72
6-3 マスタギヤ	74
6-4 TRG-Tool (Triple R Gear Grinding Tool)	75
7. 共通資料	76
7-1 発注仕様書.....	76

ブローチ

はじめに	87
特長.....	87
各部の名称	87
1. 各種ブローチの分類	88
2. 被削材別ブローチ選定基準（材質、表面処理） および推奨切削条件	89
3. 各品種の特長	92
4. 主要な諸元の選定.....	99
5. 切削作用	105
6. 加工時の注意事項.....	107
7. 丸、スプラインブローチの再研削要領.....	109
8. 前つかみ部形状	110
9. 後つかみ部形状	114
10. ブローチ使用上のトラブルと対策.....	116
11. ブローチ発注仕様書	118

1. 歯切工具の基礎

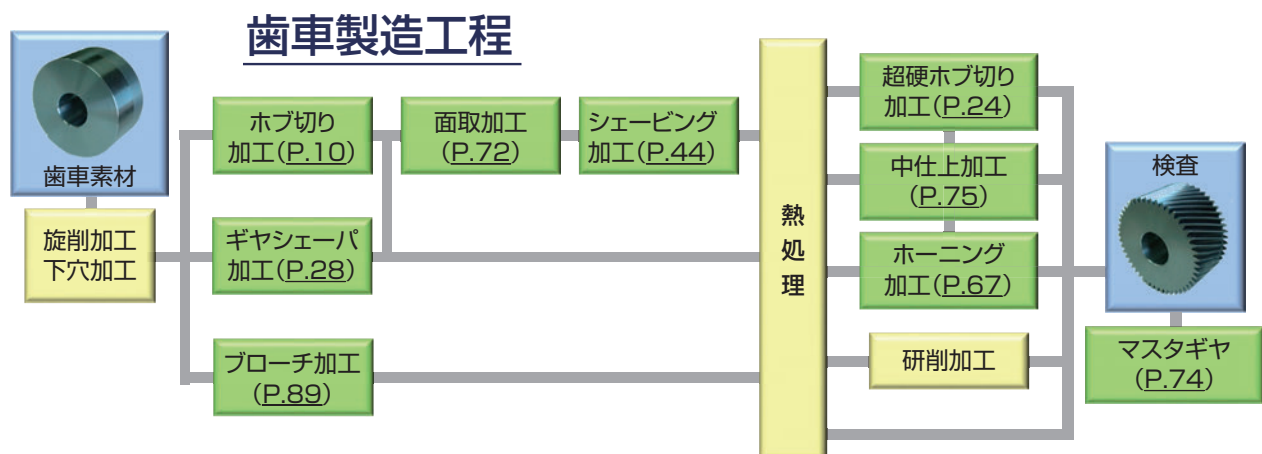
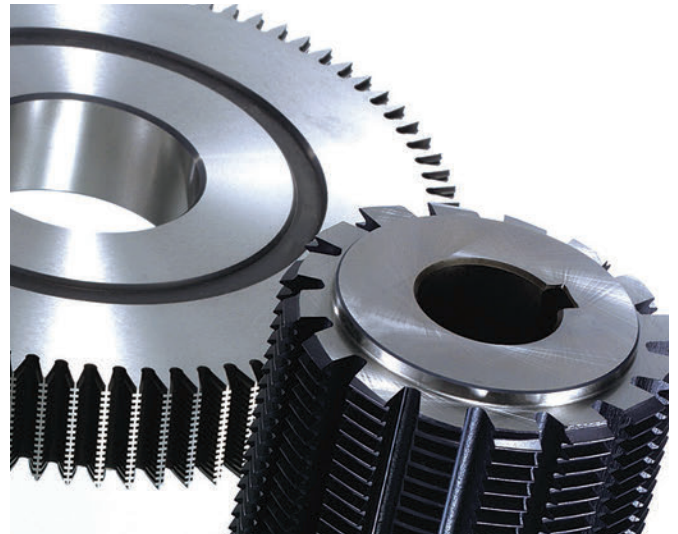
1-1 はじめに

動力伝達の主要な構成部品である歯車。その加工の近年の動向は、生産性の向上と設備投資の削減を目的とした高能率化、騒音・振動対策を中心とした高精度化、工具の長寿命化、環境改善に向けた切削油の見直しや乾式化です。

これらの加工ニーズに対応して歯切機械では、高剛性化、高速化、CNC化および段取り替えの容易性も含めたフレキシブル化が急速に進んでいます。他方、歯切工具でも、表面処理、材質、設計解析技術および製造技術の開発・改善によって、高速・高能率、高精度、長寿命化への対応をはかっています。

1-2 当社製歯切工具の特長

- (1) 耐摩耗性、耐チッピング性にすぐれた工具材料。
- (2) 高硬度で耐熱性にすぐれたコーティング膜や特殊表面処理。
- (3) 創成、かみ合い、切りくずなどの解析から、最適な切削性能を引き出すトータル設計。
- (4) 最新の研削技術とともに、自動計測・フィードバックシステムの採用による研削精度のレベルアップと安定化。



1-3 高速度工具鋼（ハイス）および表面処理の種類

材料記号		相当規格		ホブ	ビニオン カッタ	シェービング カッタ	特 長
		JIS	AISI				
溶 解 材	KMC3	SKH55	M35	○	○		標準材(高Co)
	KVC5	—	—	○			耐摩耗性向上
	DH01B	—	—	○			耐熱・靱性向上 ドライ加工用
	SKH51	SKH51	M2		○	○	標準材
	KHV1	SKH53	M3-2			○	耐摩耗性向上
	KHVX	—	—			○	被研削性・耐溶着性向上
	HSP	—	—			○	耐摩耗・被研削性向上 高硬度材加工用
粉 末 材	KHA	—	—	○	○	○	標準材(粉末材)
	KHA30	—	—	○	○		
	KHA50	SKH10	T15	○	○		耐摩耗性向上
	KHAZ	—	—		○		耐摩耗性・靱性向上
コー ー テ ィ ン グ	TiN			○	○		
	バイオレット			○	○		
	GV40			○	○		高速加工用 再コーティング仕様
	DP			○			高速ドライ加工用
	ミラクル(超硬母材)			○			
表 面 処 理	窒化酸化					○	
	STH(特殊表面処理)					○	耐摩耗性向上

1-4 高精度・高能率工具

円筒歯車用					
切削加工			仕上げ加工(切削・熱処理前)		
ホブ →P.10	ソリッドホブ	小径	ラック	シェーピング カッタ →P.44	プランジカッタ 傾斜セレーション 取付け幅一定 コンベンショナル 非対称セレーション ダイアゴナル アンダーパス
	超硬ホブ	多条 シャンク	スプロケット スプライン ウォーム 面取り		
ピニオンカッタ →P.28	ディスク形	外歯用	スプロケット	バニシング ギヤ →P.72	
	ベル形	内歯用	平行スプライン	ギヤホーニング加工(研削・熱処理後)	
	シャンク形	はすば歯車用	通し		
			結合歯用 欠歯用	ダイヤモンド ドレッシングギヤ →P.67	ダイレクト(ポジ)形 バイアス歯形修正
ラックカッタ	マージ形他		部分加工		
フライスカッタ		総形	インポリュート スプロケット スプライン	フレージング カッタ →P.72	2ピース形 ボス付き テーバ形 3ピース形 差動ギヤ付き 平行形 歯面・歯底同時面取り
その他製品					
歯車測定					
マスタギヤ →P.74					

1-5 歯車の用途に応じて要求される精度と加工方法

摘 要 (ギヤの適用機器・装置)		精密ゲージ 測定用マスタ ギヤ	生産用マスタ ギヤ 航空機 工作機械 試験装置	航空機トランス ミッション 工作機械 試験装置 タービン	航空機トランス ミッション 工作機械 試験装置 タービン 自動車 輸送機器	自動車 輸送機器 工作機械	中、低速の輸送 機器 工作機械 農業用トラクター 産業機械のト ランスミッション		農業用トラクター 産業機械のト ランスミッション ホイストのギヤ	一般の農業機械
(1) 品質等級	DIN(2)	3	4	5	6	7	8	9	10	11~12
	AGMA(2)	—	—	15	14	13	12	11	10	9~7
	JIS(2)	—	0	1	2	3	4	5	6	7~
最終機械加工 (3)	ホブ加工					○	○	◎	◎	◎
	シェーパ加工					○	◎	◎	◎	◎
	シェーピング加工		○($\varepsilon=1.9$ 以上) (4)	○($\varepsilon=1.8$ 以上) (4)	○($\varepsilon=1.7$ 以上) (4)	◎	◎	◎		
	仕上げ転造				○	◎				
	ホーニング	○	○	◎	◎	◎				
	研 削	○	○	○	◎	◎	◎			

注(1) 歯車騒音に関しては、ヘリカルギヤはスパークギヤに比較して1~2級低い等級を選定できます。

(2) DINとAGMAおよびJIS等級の比較はラフなもので、おもに歯形誤差で比較しています。

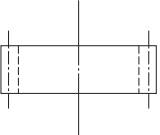
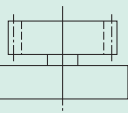
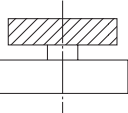
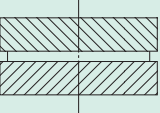
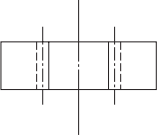
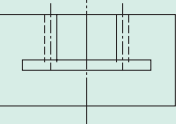
(3) 最終機械加工が熱処理である場合、品質は作業方法によって1~2級低下します。

(4) ε : 被削歯車とカッタのかみ合い率

◎ : 標準的にえられる品質等級

○ : すぐれた作業によってのみえられる品質等級

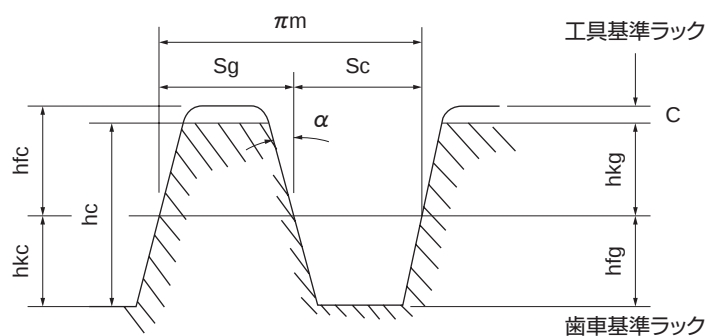
1-6 歯車形状による工具の選定

	歯 車 形 状	工 具 名 称	加 工 機	精 度	加工 能率	仕 上 げ 加 工 を 要 する とき	備 考
外 歯 車		ホ ブ	ホ ブ 盤	○	◎	○シェービングカッタ m1~m14 ○ギヤロール m1~m3 ○超硬ホブ：高硬度材・ 大歯車	
		ピ ニ オ ン カ ッ タ	ギヤシェーパ	○	○		
		ラ ッ ク カ ッ タ	ギヤシェーパ	◎	△		
		総 形 カ ッ タ	フライス盤	△	△		
		ピ ニ オ ン カ ッ タ	ギヤシェーパ	○	○	○シェービングカッタ ○ギヤロール	
		ラ ッ ク カ ッ タ	ギヤシェーパ	◎	△		
		ヘリカルピニオンカッタ	ギヤシェーパ	○	◎	○シェービングカッタ ○ギヤロール	
		ヘリカルラックカッタ	ギヤシェーパ	◎	○		
		ヘリカルラックカッタ	ギヤシェーパ	◎	○		
内 歯 車		ピ ニ オ ン カ ッ タ	ギヤシェーパ	○	○	○シェービングカッタ	○総形フライスによる加工は、 大径・大モジュールのもののみ です。 ○ブローチによる加工の後は、 通常仕上げ加工をおこないませ ん。
		総 形 フ ラ イ ス	専用歯切り盤	△	○		
		ブ ロ ー チ	ブローチ盤	○	◎		
		ピ ニ オ ン カ ッ タ	ギヤシェーパ	○	○	○シェービングカッタ	

1-7 基準ラック

歯車の基準ラックが定まれば工具の基準ラックが定まります。一般に使用される歯車の基準ラックと工具の基準ラックを表に示します。

歯形の種類	圧力角	歯車の歯形			工具の歯形			
	α	hkg	hfg	Sg	hkc	hfc	Sc	hc
J I S	20°	1m	1.25m	$0.5\pi m$	1.25m	1.25m	$0.5\pi m$	2.25m
D I N	20°	1m	1.1m~1.3m	$0.5\pi m$	1.1m~1.3m	1.1m~1.3m	$0.5\pi m$	2.1m~2.3m
Fellows 低 歯(注2)	20°	1m ₂	1.25m ₂	$0.5\pi m$	1.25m ₂	1.25m ₂	$0.5\pi m$	2.25m ₂
プリシェービング	20°	1m	1.35m	$0.5\pi m + S_s$	1.35m	1.25m	$0.5\pi m - S_s$	2.35m
AGMA STUB	20°	0.8m	1m	$0.5\pi m$	1m	1m	$0.5\pi m$	1.8m
SYKES(ダブルヘリカル)	20°	0.8m	1.15m	$0.5\pi m$	1.15m	1m	$0.5\pi m$	1.95m



hkg : 歯末の丈
hfg : 歯元の丈
Sg : 歯厚
hkc : 工具歯末の丈
hfc : 工具歯元の丈
Sc : 工具歯厚
hc : 切込み歯丈
C : 歯底のすきま

(注1) m=モジュール
(注2) Fellows低歯のモジュールはm₁/m₂で表示します。
m₂は歯丈を計算するモジュールです。

●シェービング代の推奨値

モジュール	m _n ≤ 2.25	2.25 < m _n ≤ 3.5	3.5 < m _n ≤ 5	5 < m _n ≤ 12
シェービング代	0.05~0.08	0.06~0.10	0.08~0.12	0.10~0.15

上記は歯厚におけるシェービング代を示します。

1-8 歯車のかみ合い状態

インボリュート歯形：

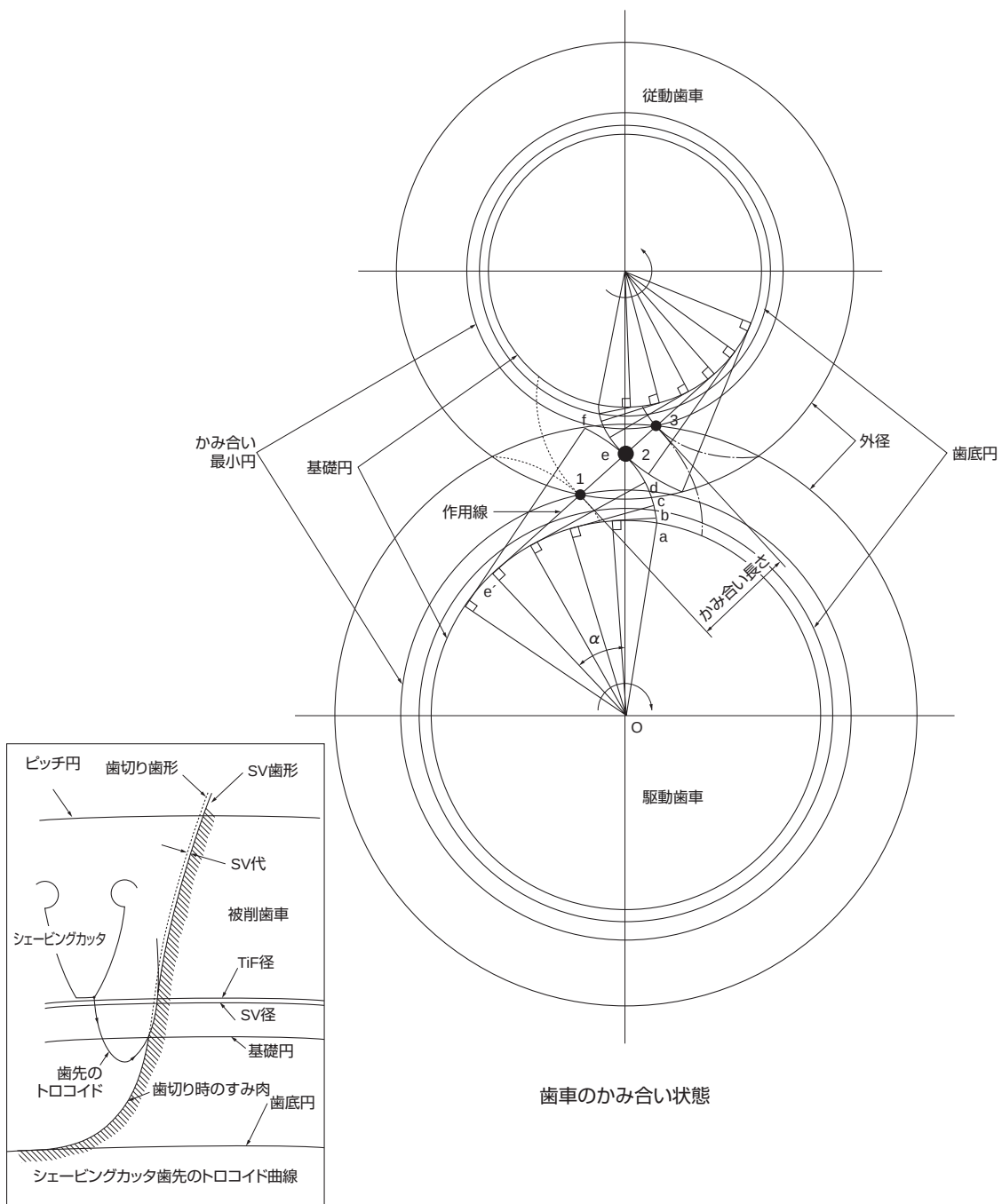
基礎円に巻きつけた糸を、張りながらときほぐすときに糸の1点が描く軌跡 ($a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f$)

圧力角：

$\angle eoe' = \alpha$ を、e点における圧力角といいます。

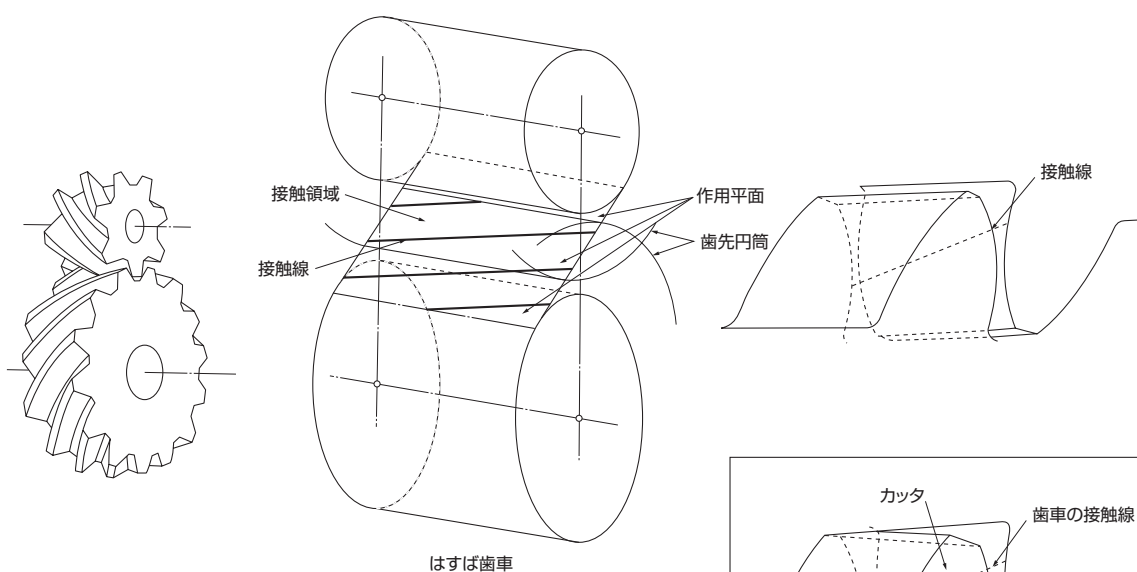
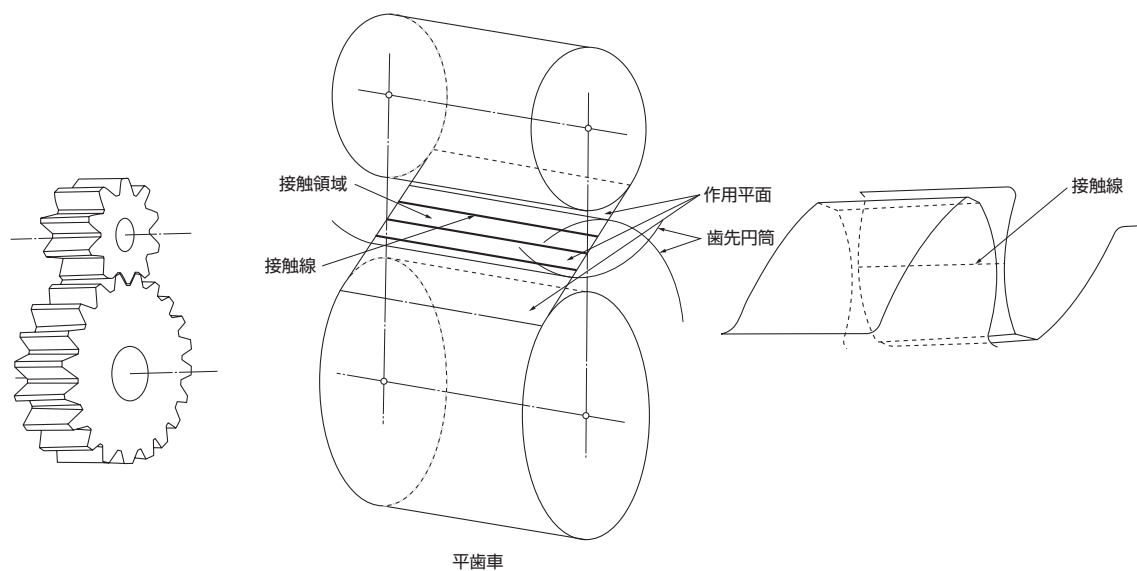
かみ合いは、駆動歯車の歯元側の点1から始まり、点2（ピッチ点）を経て歯先側の点3で終わります。

被削歯車（従動歯車）を固定し、シェービングカッタ（駆動歯車）を被削歯車のインボリュート歯形に沿ってころがしたときのカッタ歯先の描く軌跡（トロコイド曲線）を下に示します。

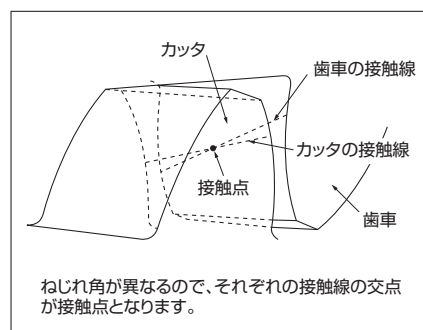


1-9 接触線の状態

接触線は、はすば歯車では接触領域において、駆動歯車側から対角方向に移動します。



平歯車とはすば歯車のかみ合い

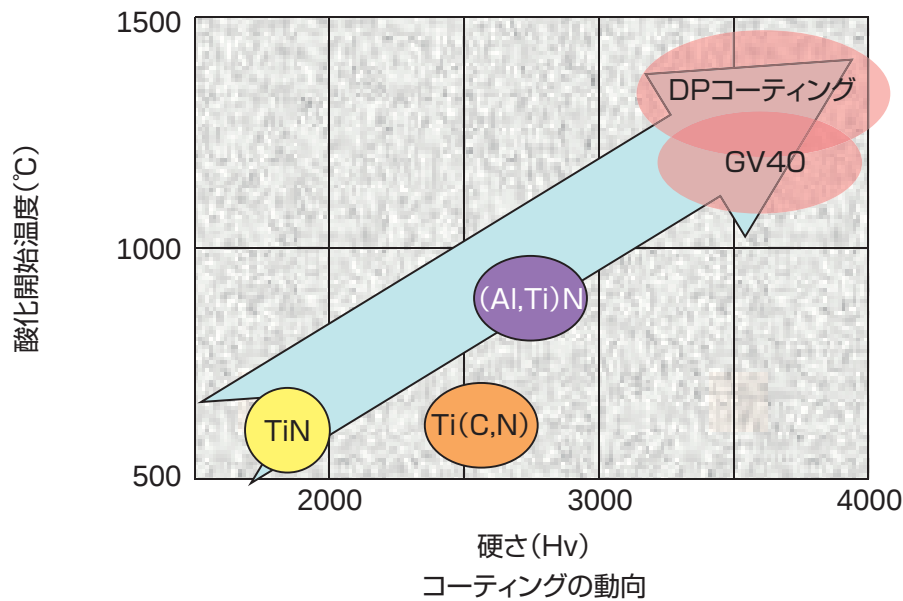


シェーピングカッタと歯車のかみ合い状態

1-10 コーティング技術

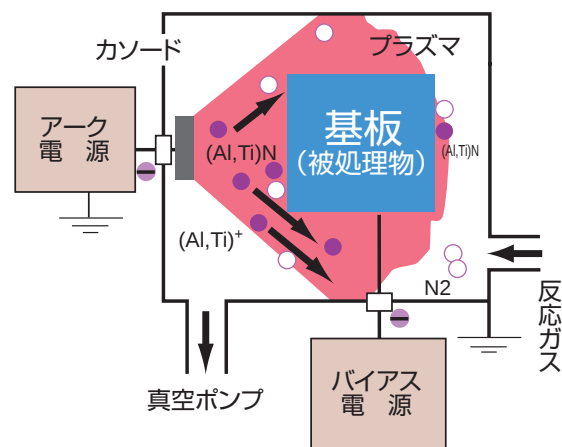
切削工具は、刃先が切削時の大きな衝撃と切削熱に充分耐え、刃先形状を長時間保つ必要があります。近年、切削加工技術の進歩は目覚ましいものがあり、これに伴って切削工具の高性能化の要求もますます高まり尽きることを知りません。その高性能化の一つとして、コーティング（表面処理）技術があります。

当社では、工具材質（母材）の特長および性能を損なわずに切削性能を向上させるコーティング技術を独自に開発し、世界ではじめて実用化した（Al,Ti）N膜“ミラクルコーティング”など好評を博しています。



●アーキオンプレーティング法による切削工具への（Al，Ti）Nコーティングを実現

ミラクルコーティング（Al，Ti）Nは、アーキオンプレーティング法という物理蒸着法（PVD法）によって作られます。PVD法によるコーティングは、密着性に優れ、基板の損傷やはく離が起こりにくいという長所があります。



アーキオンプレーティング装置の概念図

2. ホブ

2-1 特長

ホブは、ウォームに切れ刃を設けたフライスカッタです。したがって、その切削機構は送りを除きすべて回転運動のため、生産性の面でほかの歯切工具にくらべてすぐれています。

ホブの歯切り原理は、図1に示すようにホブの回転につれてねじ面上にある各刃が順次歯形を創成する面に現われ、この面上に直進するラックが投影されます。このラックに理想的にかみ合うように被削歯車を回転させ、同時に歯形を創成する面を歯車の歯すじ方向に送ることにより、歯車が創成されます。図2は、歯車を固定したときの創成状態を示します。

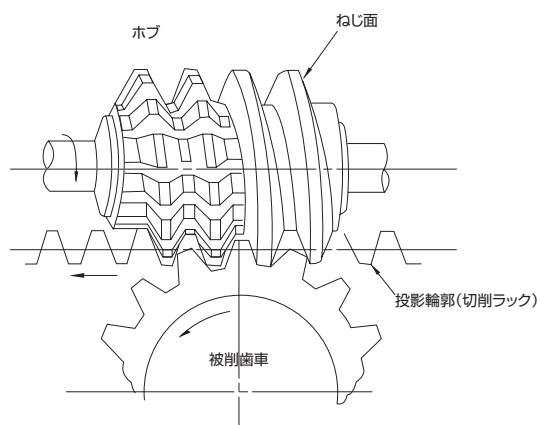


図1 ホブの歯切り機構

2-2 各部の名称

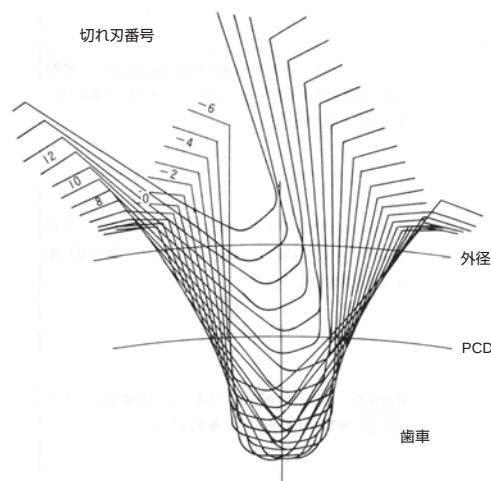
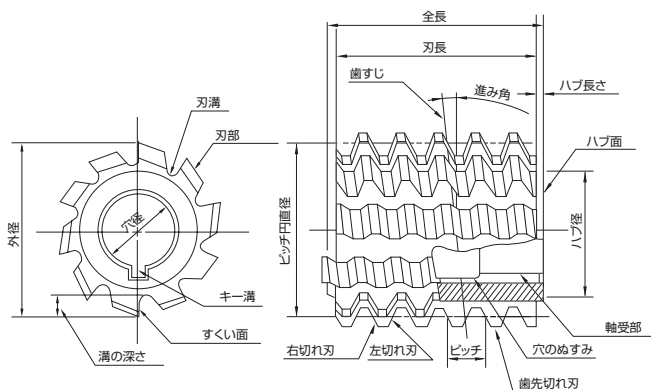


図2 歯車創成線図

2-3 歯車の歯数と転位係数

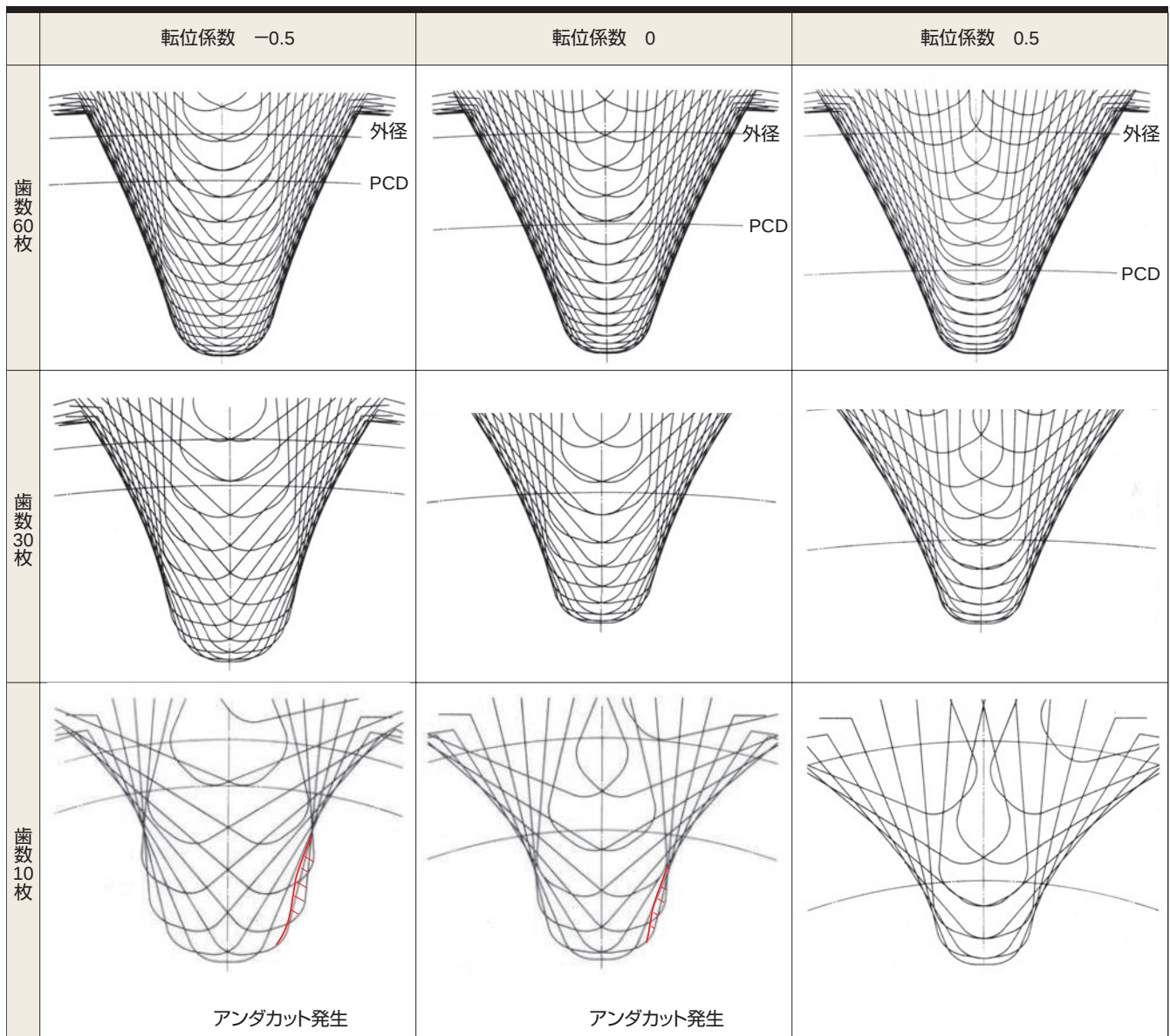
歯車の歯数が変化するとホブ切れ刃の負担量が、変化します。すなわち、歯数が少なくなると切削するホブの刃数が少なくなり、切りくず厚さが増えます。このため、小歯数の歯車には多条ホブが適用できません。

また、転位係数が0以下になり、歯数が少なくなると切下げ（アンダカット）が発生しやすくなります。

ホブ 歯車	ホブの進み角方向	
	右	左
平歯車		
はすば歯車のねじれ角方向	右 	左
	同巻	逆巻
	左 	右
	逆巻	同巻

β : 歯車のねじれ角
 r : ホブの進み角

図3 ホブの取付け角



歯車・・・m1、PA20°、 $\beta=30^\circ$ 、全歯丈2.4
 ホブ・・・アデナム1.4、12溝、3条、歯先R0.3

図4 歯車の歯数と転位係数

2-4 面取り付きホブの共用

面取り付きホブは、ホブ切りの際に歯車の先端部に面取りを施したい場合に使用され、ホブの歯底に面取り部を設けたものです。

面取り付きホブを共用して使用する場合には、共用歯車の歯数と転位係数、後加工があるときは仕上げ代も考慮して歯車面取り量を計算する必要があります。

一例として歯数35枚 ($x=0$ 、 $C=0.1m$) の標準平歯車用として設計したホブを、種々の転位係数を持つ転位歯車に共用した場合の面取り量を図5に示します。面取り量は歯数が多いほど、また転位係数がマイナスになるほど大きくなります。

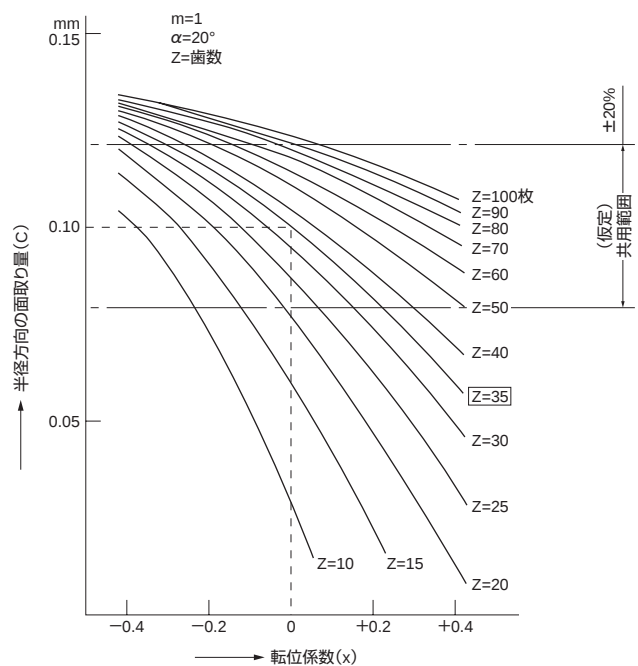


図5 歯数、転位係数と面取り量の関係

2-5 多条ホブ

(1) 切削能率と歯車精度

割出し速度を速くすることで、加工能率は改善できます。例えば1条ホブの場合、ホブ1回転につき被削歯車は1ピッチ割出されますが、 n 条ホブの場合、ホブ1回転につき n ピッチ割出されるため n 倍の速度で加工できるようになります。

しかし割出し速度が速くなると、ホブ1刃当りの切削負荷が増大するため送りを若干下げる必要があり、単純に条数倍の能率向上は不可能です。

多条化すると、歯車のおのの歯を仕上げる切れ刃数が少なくなるため、歯形多角形誤差が大きくなります（歯形多角形誤差は、条数の2乗に比例します）。また、切削負荷が大きくなり、ホブ盤の剛性が低い場合などは歯すじの曲がりが出やすくなります。

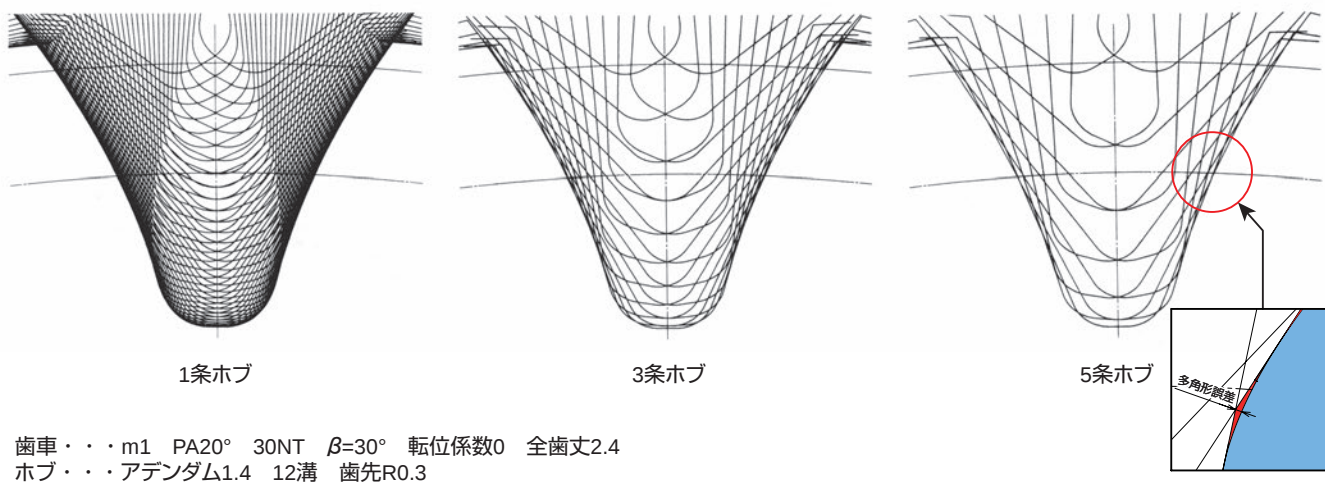


図6 多条ホブの創成状態

(2) 多条ホブによる寿命向上

多条ホブで切削した場合、切りくず（アンカットチップ）形状は厚く短くなり、切りくずとホブすくい面の接触位置が切れ刃エッジから遠のくため、切れ刃の後退や決壊を抑制し寿命が向上します。また、多条化により加工能率が向上する為、同能率で加工する場合には切削速度や送り量を低く設定でき、さらに高寿命化を期待できます。ただし、切削負荷の増大に耐えうる剛性の高いホブ盤を使用しないと十分な効果がえられない場合があります。

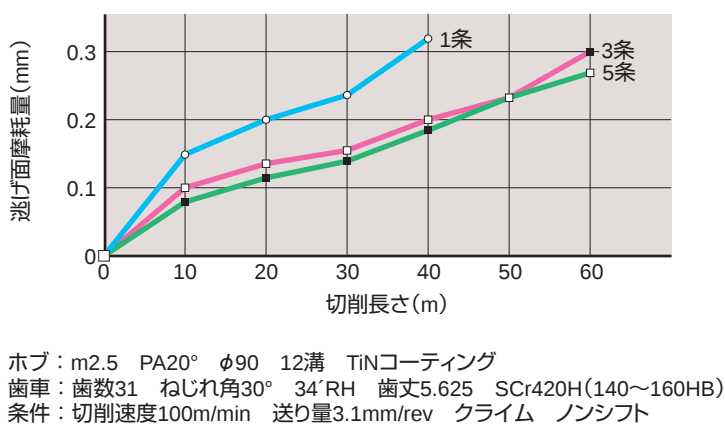
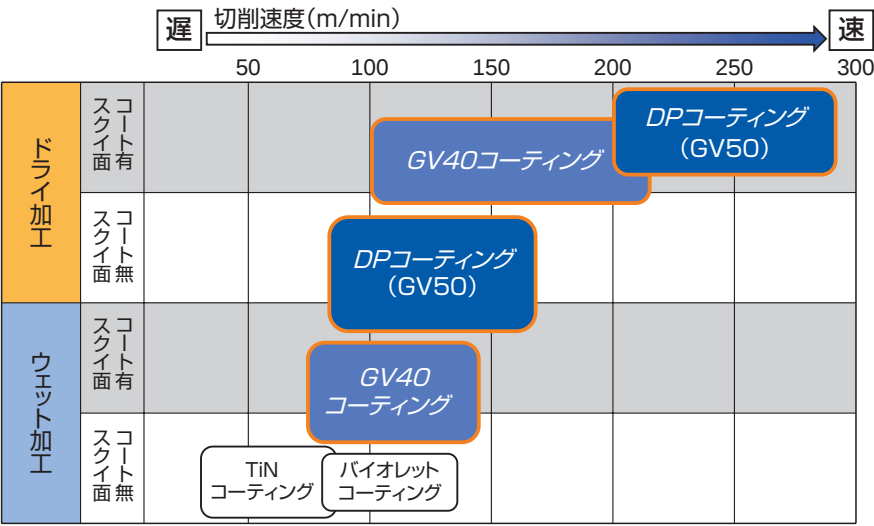


図7 条数と逃げ面摩耗

2-6 加工条件と加工能率

(1) 切削速度

中小モジュール歯車のホブ切りにおける切削速度は50～250m/minが実用域です。被削材種、ホブ材種、コーティングによっても適用可能領域が異なります。



(2) 送り量

送り量は一般に被削歯車一回転当りにホブが移動する距離で示します。

送り量は仕上げ面に大きく影響するため、用途により適正な値を採用する必要があります。

歯車歯底の送りマーク高さ $fR = R - \sqrt{R^2 - S^2} / 4$

歯車歯面の送りマーク高さ $fS = fR \times \sin \alpha$

R：ホブ半径（mm）

S：送り量（mm/rev）

α ：圧力角（deg）

n条ホブの送り量： $S_n = (0.7)^{n-1} \cdot S$

S：基準の送り量（mm/rev）

n：条数

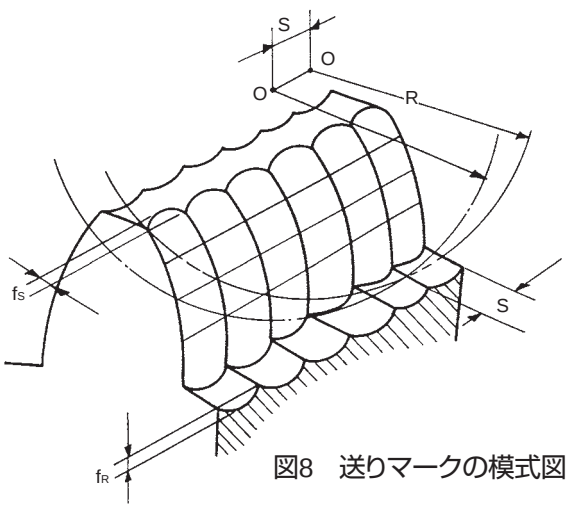


図8 送りマークの模式図

用 途	送り量(mm/rev)
仕 上 げ	0.8～2.0
シェーピング前	2.0～4.5
研 削 前	2.0～6.5

図9 送りの目安

(3) シフト量

ホブの摩耗状態は食付き側（荒切り領域）の刃に最大摩耗が生じ、その摩耗量により再研削時期が決定されます。したがって通常、一定の切削長ごとにホブのセッティング位置をホブ軸方向に移動し、最大摩耗を各刃に分散させ、再研削までにできるだけ多くの歯車を加工する方法がとられています。この方法をシフト（Hob Shifting）と呼び、連続シフトの場合、一般に式（1）、（2）により最低限必要な1回のシフト量が求められます。

①直線溝を有するホブの場合

$$l = \frac{Zw \times m \times \pi}{\cos \gamma \times i} \dots\dots\dots (1)$$

②ねじれ溝を有するホブの場合

$$l = \frac{Zw \times m \times \pi \times \cos \gamma}{i} \dots\dots\dots (2)$$

l : シフト量 (mm)

Zw : ホブの条数

γ : ホブの進み角 (deg)

m : モジュール

i : ホブの溝数

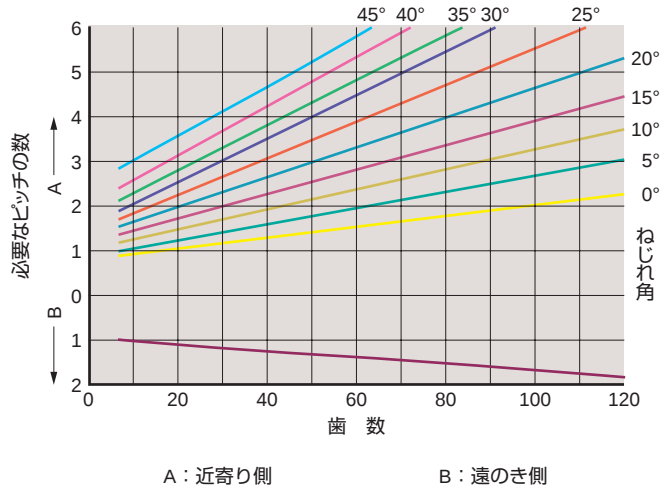


図10 ホブ盤の中心線から両側に必要なホブの長さ

総シフト量は歯車加工に必要なホブ長さから求められます。

(4) 加工時間

ホブによる歯切り加工時間は被削歯車諸元と切削条件より次の式（3）により計算できます。

$$T = \frac{Z \cdot l \cdot N}{F \cdot n \cdot Zw} = \frac{Z \cdot N (l_1 + b + l_2)}{F \cdot n \cdot Zw} \dots\dots\dots (3)$$

T = ホブ盤の歯切り時間 [分]

Z = 歯車の歯数

b = 歯車の歯幅 [mm]

β_o = 歯車のねじれ角

d_k = 歯車の歯先円直径（外径）[mm]

d_c = ホブの直径 [mm]

he = ホブの切込み深さ（D + F）[mm]

α_c = ホブの圧力角

Zw = ホブの条数

γ = ホブの進み角

ϕ = ホブの取付け角

ホブと歯車のねじれ方向が同じ場合 $\phi = \beta_o - \gamma$

ホブと歯車のねじれ方向がちがう場合 $\phi = \beta_o + \gamma$

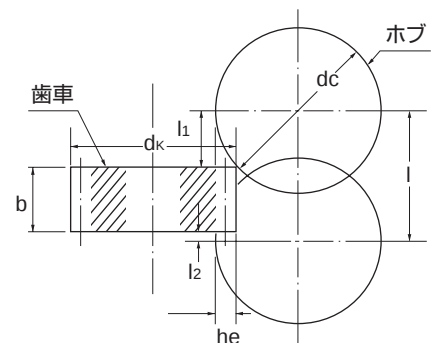


図11 送りの模式図

l_1 = 切り始めにホブが動く距離 (mm)

平歯車の場合 $l_1 > \sqrt{he (dc - he)}$

はすば歯車の場合 $l_1 > \sqrt{he \left(\frac{dc + d_k - he}{\cos^2 \phi} - d_k \right)}$

l_2 = 切り終わりにホブが動く距離 (mm)

平歯車の場合 $l_2 > 0$

はすば歯車の場合 $l_2 > \frac{dc \cdot \cos \beta_o \cdot \tan \phi}{\tan \alpha_c}$

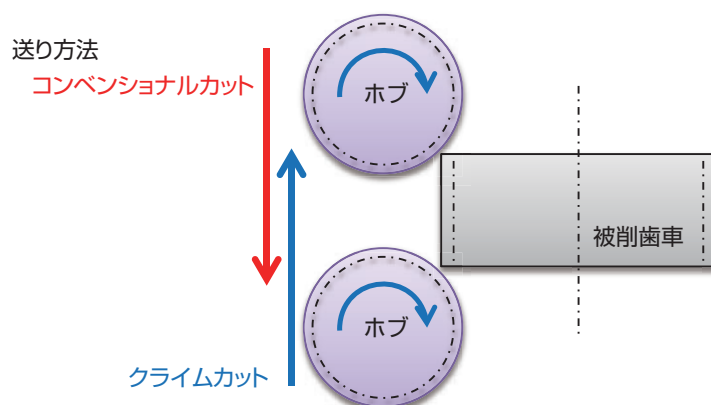
l = ホブが動く距離 (mm)

F = 歯車1回転当りのホブの送り (mm/rev)

n = ホブの毎分回転速度 (min^{-1})

N = 切削回数 (切込み回数)

(5) 歯切方法の種類



	コンベンショナルカット	クライムカット
逃げ面摩耗	×	○
切りくずの噛みこみ	×	○
仕上げ面粗さ	○	△

2-7 カッタの歯形記号

●記号体系表

歯形の種類	記号とカッタ歯形	被削歯車歯形	説明
プリシェービング歯形 (シェービング前加工用)			シェービング仕上げをする場合の前加工用歯形で歯厚はシェービング代に相当する量だけ(一)し、歯末の丈は高く(ハイクデンダム)します。一般に被削歯車歯数の少ないものに適用します。
プリシェービング歯形 (シェービング前加工用)			シェービング仕上げをする場合の前加工用歯形で、歯末にプロチュバランス(こぶ)を付けます。シェービング加工の際シェービングカッタの外周が被削物の歯底のすみ肉と干渉しないようにします。
プリシェービング歯形 (シェービング前加工用)			シェービング仕上げをする場合の前加工用歯形で、被削歯車の歯先の面取りをするためセミトッピング(面取り)部を設けた歯形をいいます。
プリシェービング歯形 (シェービング前加工用)			シェービング仕上げをする場合の前加工用歯形で、プロチュバランス(こぶ)とセミトッピング(面取り)部を設けた歯形をいいます。
セミトッピング歯形 (仕上げ用)			被削歯車の歯先の面取りをするため、ホブの歯底にセミトッピング(面取り)部を設けた歯形をいいます。

注1.表中の()内の記号はブリグラインディング歯形の場合です。
2.記号は、JIS B4350によります。

●記号体系表

歯形の種類 \ 記号	第 1 順 位	第 2 順 位	第 3 順 位
プリシェービング歯形	P (Pre-shaving)	S (Semi-topping)	P (Protuberance)
ブリグラインディング歯形	PG (Pre-grinding)	S (Semi-topping)	P (Protuberance)
仕上げ用歯形	———	S-TOP (Semi-topping)	———

2-8 プロチュバランス付きホブ（こぶ付きホブ）

プロチュバランス付きホブは、シェービング仕上げもしくは研削仕上げを施す歯車の前加工用として用いられるもので、ホブの歯先部分にプロチュバランス（こぶ）を設けたホブです。これはシェービング加工（もしくは研削加工）の際に被削歯車歯底のすみ肉にシェービングカッタの歯先部（もしくは研削用砥石の歯先部）が干渉しないようにするためです。

このプロチュバランスの大きさは通常シェービング代（研削代）および相手歯車のかみ合い有効歯丈より決定されます。

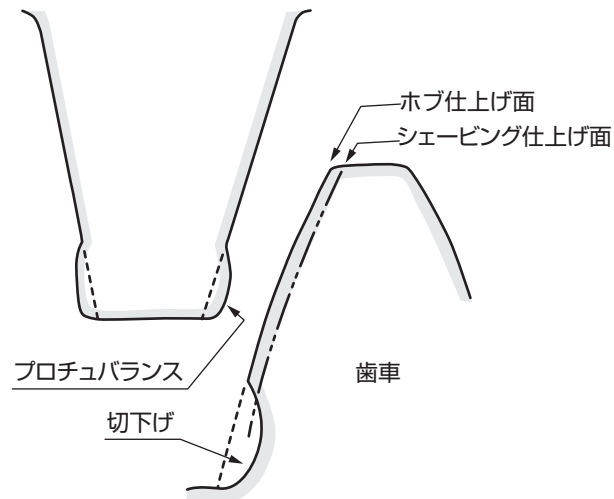


図 12 プロチュバランス付きホブ

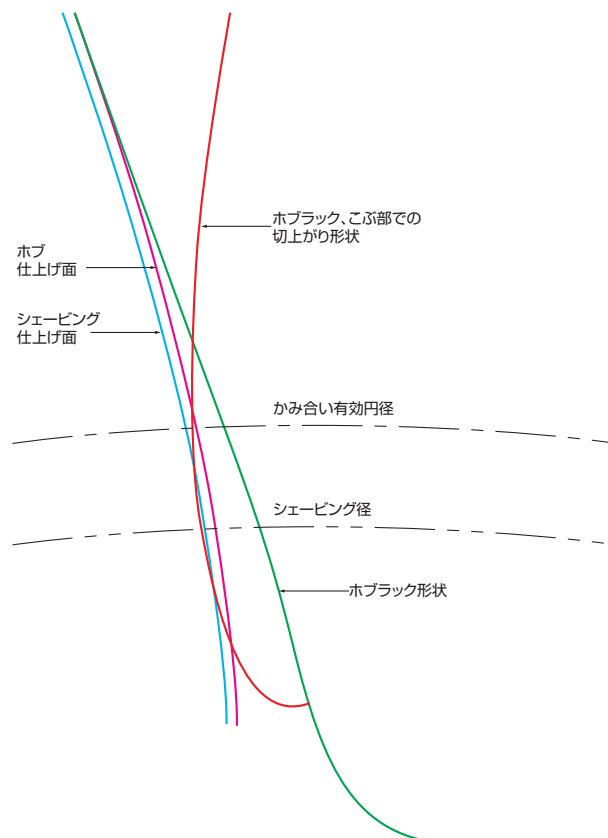
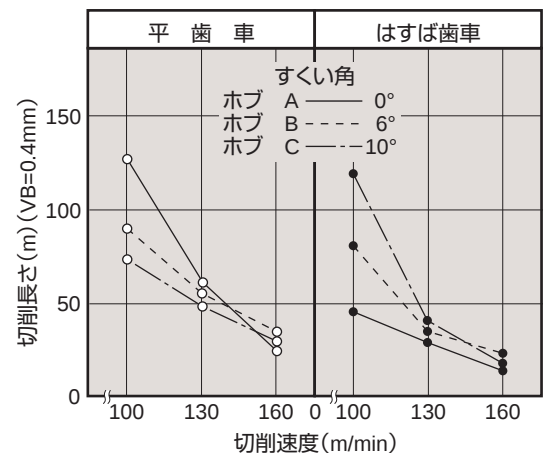


図 13 プロチュバランス付きホブでの被削歯車歯元創成状態

2-9 すくい角の効果

一般に、ホブのすくい角は切れ味をよくし、かつ切りくずの流れを円滑にすることによって、ホブの寿命向上をはかる目的でつけられます。

切削速度 100/min ではすくい角の効果がいちじるしく、切削速度 130、160 m/min の高速になると、すくい角の効果は認められません。すくい角の大きいホブほどクレータ深さ (KT) は浅くなるが、クレータ深さの最深部と歯先切れ刃までの長さ (KM) が短くなり、歯先切れ刃の後退を生じています。



ホブ：m2.5 PA20° 3RH φ180 12溝 KMC3
歯車：歯数31T (spur) 28T (β = 25°RH) SCM415 (140~160HB) b = 50mm
条件：4mm/rev クライム

図 14 TiN コーティングホブにおけるすくい角の効果

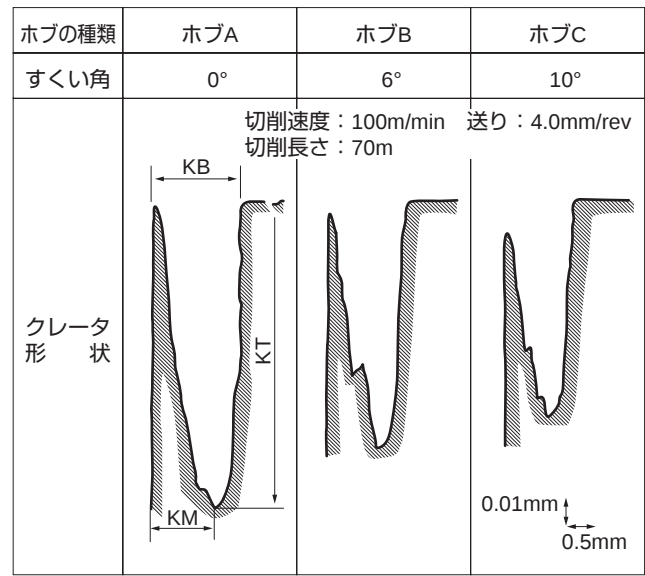


図 15 平歯車切削におけるすくい角の異なる TiN コーティングホブのクレータ摩耗

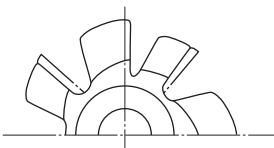
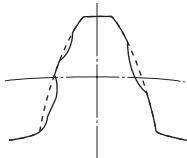
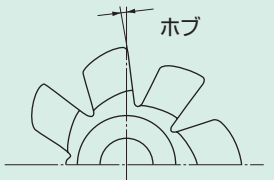
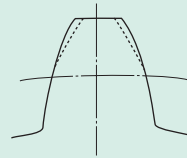
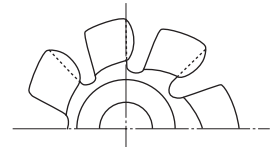
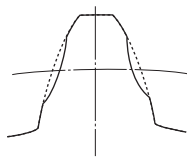
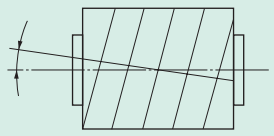
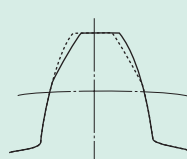
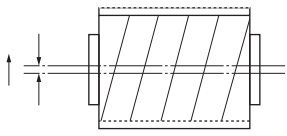
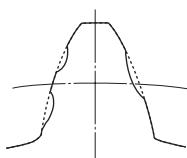
2-10 主要な諸元の選定

区 分		基 準
A. 材質		- 一般の加工ではKMC3を使用します。 - 高速ウェット加工ではKVC5を推奨します。 - 高速ドライ加工ではDH01Bを推奨します。
B. コーティング		- 中・低速ウェット加工ではバイオレットもしくはTiコーティングを使用します。 - 高速ドライ加工ではDPコーティングを推奨します。 - 超高速ドライ加工ではスクイコート付でのGV40もしくはDPコーティングを推奨します。
C. 精度		- 前切加工用では通常A級を使用します。 - ホブ仕上げ用で使用する場合はAA級を推奨します。
形状	D. 外径	- 通常はカタログの標準寸法を使用します。 - ワーク（ショルダギヤ）、ホブ盤等の干渉がある場合は、干渉しない径を選定する必要があります。 - 小径化により切削速度を変えず、回転数を上げることができる為、高能率化が期待できます。 注意点として、有効刃幅が小さくなり、進み角が大きくなります。 穴径（ホブアーバ径）の変更が必要な場合があります。
	E. 全長	- 通常はカタログの標準寸法を使用します。 - 量産加工に使用する場合、ロング化することでシフト可能範囲が広くなり、再研削1回当たりの加工数が多くなります。 全長比率で加工可能数が増えるのではなく、シフト範囲の比率となるため、全長比率以上に加工数が多くなります。シフト範囲の小さい大歯数や大モジュールのワークほど効果が大きくなります。 - 全長の変更にはホブ盤の仕様やシフト時の干渉等を確認しておく必要があります。
	F. 条数	- 適正な多条化により、能率アップだけではなく、切りくずが厚く短くなることでクレータ摩耗が切れ刃エッジから遠のき、切れ刃後退や決壊を抑制できます。 - 多条化により加工負荷が増大するため、歯すじ曲がり等の精度劣化の可能性があります。 - 一般的に多条化の限界は ワーク歯数÷6以下（例：歯数12では2条まで） ホブの進み角10°以下 $\text{進み角} = \sin^{-1} \left(\frac{\text{モジュール} \times \text{条数}}{\text{ホブ外径} - \text{ホブアデンダム} \times 2} \right)$ 生産ラインでの実績は6条までです。
	G. 溝数	- 通常はカタログの標準寸法を使用します。 - 多溝化は送り量を大きくでき、能率向上が期待できます。 多条ホブの精度劣化を緩和することができます。 - 多溝化をすることで有効刃幅は小さくなります。
	H. すくい角	- 通常は0°を使用します。 - 切れ味の向上を目的として使用する場合がありますが、効果はケースにより異なります。 すくい角をつけることでクレータ摩耗は浅くなりますが、最深部がエッジに近づく傾向があります。
	I. 刃溝リード	- 進み角が大きくなる場合、工具の形状としては歯直角にリードを付けることが理想ですが、再研削の難易度が高くなります。 - ラックホブのようにカッタが全長方向で同じタイミングの加工になる場合には有効（必要）です。

2-11 ホブの再研削と歯形誤差

表1 再研削条件 (CBNホイール)

研削速度	送り速度	切込み量
1,800 ~ 2,000m/min	150 ~ 250mm/min	0.1 ~ 0.15mm/PASS

	ホブの形状	被削歯車の歯形	被削歯車への影響
溝の分割誤差	ホブ 	歯形 	溝の分割誤差0.1mmのとき 歯形誤差 約6μm
すくい角誤差	ホブ 	歯形 	すくい角誤差1°で 圧力角誤差 約3′
すくい面のふくらみ	ホブ 	歯形 	すくい面の凸量0.1mmで 歯形誤差 約6μm
溝のリード誤差	ホブ 	歯形 	溝のリード誤差1°で 圧力角誤差 約10′
取付けの振れ	ホブ 	歯形 	振れ0.025mmのとき うねり 約9μm
多条ホブ	切れ刃面ピッチ誤差 	歯形 	切れ刃面ピッチ誤差が 直接ピッチ誤差になります (歯溝の振れ)

2-12 使用上のトラブルと対策

トラブルの現象	原因	対策の目安
A. 歯形誤差が大きい	ホブの溝分割誤差 ホブの歯すじ誤差 ホブの取付け不良 ホブ軸方向のガタ	- 再研削時の割出し誤差を確認してください。 - ホブの歯すじ（回転ピッチ）誤差を確認してください。 - ホブアーク上でホブの偏心（振れ）を確認してください。 - ホブ軸のスラストを確認してください。 - 先メタルの傷みを確認してください。
B. 圧力角誤差が大きい	ホブのすくい角誤差 ホブの圧力角誤差 ホブ有効刃幅を超えての使用 歯車の取付け不良 測定誤差	- 再研削時の砥石オフセット量が正しいか確認してください。 - ホブの圧力角を確認してください。 - 有効刃幅と残り刃幅を確認してください。 - 歯車のたおれを確認してください。 - 歯車端面の振れを確認してください。 - 測定機のデータを確認してください。 - 測定機上での取付けを確認してください。
C. 面取り形状誤差が大きい	ホブのすくい角誤差 ホブの面取り起点寸法誤差 歯車の歯厚誤差 歯車の外径誤差 ホブの取付け角誤差（面取りが小さくなる）	- 再研削時の砥石オフセット量が正しいか確認してください。 - ホブの面取り起点寸法を確認してください。 - 歯車の歯厚を確認してください。 - 歯車の外径を確認してください。 - 歯車のねじれ角とホブの進み角を確認してください。（転位設計ホブの場合は注意が必要です）
D. 歯車の面粗さが悪い	ホブの切れ味が低下 切削油に問題がある	- 加工数の見直しをしてください。 - 摩耗対策（ホブ材質、コーティングの変更）をおこなってください。 - 溶着しにくい切削油にかえてください。 - 供給量を増やしてください。 - 新品に入れ替えてください（劣化）。
E. 摩耗が大きい	ホブの耐摩耗性不足 切削速度が速い 加工設備・治具に問題がある	- 耐摩耗性が高いコーティング膜を採用してください。 - 耐クレータ性にすぐれた材質を採用してください。 - 可能であれば切削速度を遅くしてください。能率低下が問題となる場合には、小径化や多条化を検討してください。 - これまでと摩耗量に変化がないか確認してください。 - 特定の加工設備で摩耗が大きくないか確認してください。
F. チッピングが発生する	ホブのじん性不足 送り量が大きい クレータ摩耗が大きい 加工設備・治具に問題がある	- じん性が高い材質を採用してください。 - 可能であれば送り量を小さくしてください。能率低下が問題となる場合には、小径化や耐摩耗性にすぐれたコーティングを採用して切削速度を速くしてください。 - クレータ摩耗の決壊によるチッピングの場合には対策が異なり、切削速度を遅くする、もしくは耐クレータ性にすぐれた材料を採用してください。 - これまでとチッピング発生状況に変化がないか確認してください。 - 特定の加工設備でチッピングが発生していないか確認してください。

2-13 コーティングホブ

表 2 コーティング性能比較

	TiN コーティング	バイオレット コーティング	GV40 コーティング	DP (GV50) コーティング
硬さ (HV)	1,900	2,800	3,500	3,300
酸化開始温度 (°C)	620	840	1,100	1,250
加工用途	ウェット	ウェット	ドライウェット	ドライウェット
再コート有無	無し	無し	有り	無し、有り
耐摩耗性	△	○	◎	◎
耐熱性	×	△	○	◎

(1) TiN コーティング

ホブにTiN膜をコーティングすることによって無処理ホブの4倍以上の工具寿命がえられます。現在ではTiN コーティングホブが標準的に使用されています。

(2) バイオレットコーティングホブ

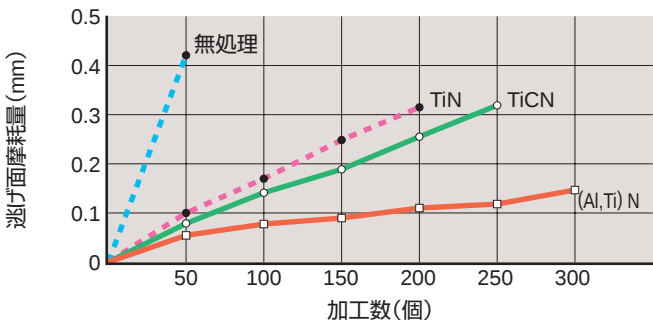
コーティング膜質は、当社で独自に開発した特殊単層 (Al,Ti) N膜であり、TiN やTiCNをコーティングしたホブをはるかに超えた工具寿命がえられます。

・特長

- ① TiN の1.5 倍の皮膜硬度により耐摩耗性が大幅に向上 (工具寿命 TiN の2 倍以上)。
- ② 耐熱性にすぐれ、高能率切削が可能。

表3 コーティング膜の特性

		バイオレット	TiN
皮膜硬度	HV	2,700～2,900	1,800～2,000
酸化開始温度	°C	800～900	600～700



ホブ：m2.5 PA20° 3RH φ80 12溝 材質KMC3 すくい面コーティングなし
 歯車：歯数31 ねじれ角30° 34°RH 歯丈5.625 歯幅25 SCR420H(140～160HB)
 条件：切削速度100m/min 送り量3.1mm/rev クライム ノンシフト 切削油HS4M

図16 コーティングホブの摩耗量



(3) DP コーティングホブ

- ・高速加工専用コーティングホブ
- ・再研削仕様

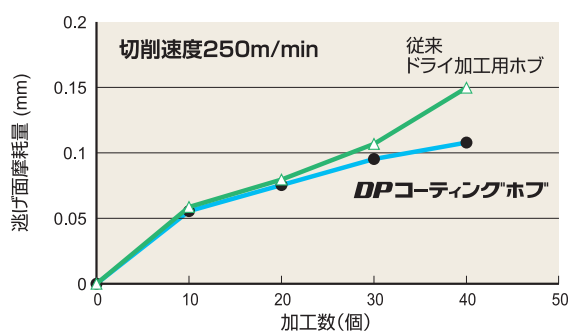


・特長

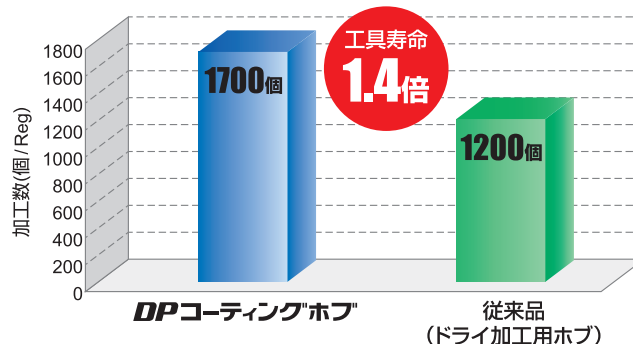
従来 (Al,Ti) N コーティングに比べ耐熱性・耐摩耗性を向上し、特に高速ドライ加工での使用に最適です。
高速加工専用設計と平滑表面処理により、切削速度 200m/min 以上の高速加工においても長寿命を実現しました。

・切削事例 (ドライカット)

切削速度 250m/min 以上の高速ドライ加工から、
スキイ面にコーティングが無い状態のドライ加工でも優れた切削性能を発揮。



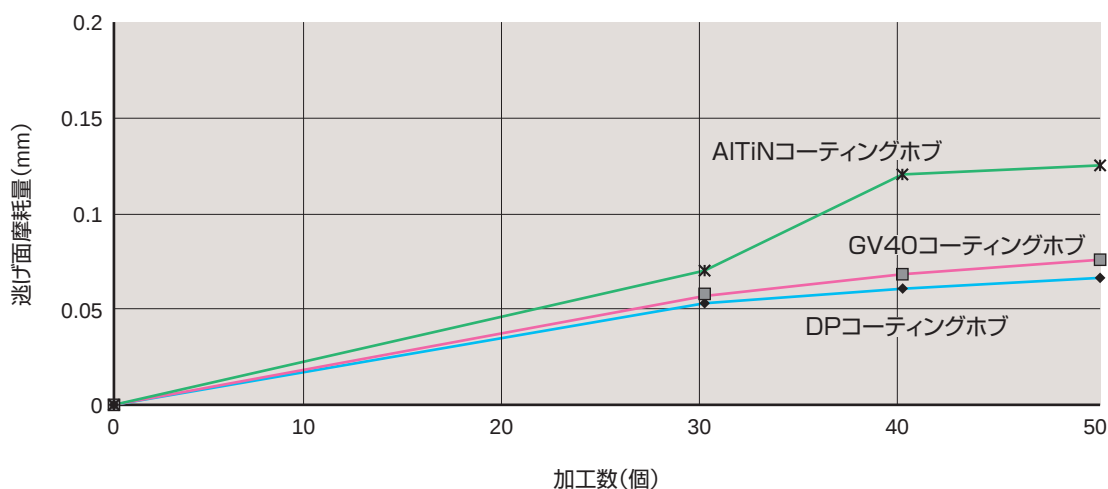
ホブ	φ85 x 100 スキイ面コーティング付き
歯車諸元	m1.75 PA17.5° NT48 左ねじれ25° 歯幅50mm SCr420H
切削条件	vc=250m/min ドライカット(エアブロー)



ホブ	スキイ面コーティングなし
歯車諸元	m2.7 PA18.5° NT18 自動車部品 SCr420H
切削条件	vc=130m/min ドライカット(エアブロー)

(4) GV40 コーティングホブ

- ・高速加工専用コーティングホブ
- ・再コーティング仕様



ホブ	φ85 x 100 スキイ面コーティング付き
歯車諸元	m1.75 PA17.5° NT48 左ねじれ21° 歯幅50mm SCr420H
切削条件	vc=200m/min ドライカット(エアブロー)

2-14 超硬ホブ

超硬ホブは小径化・多溝化・多条化が可能なソリッドタイプとし、高温特性にすぐれドライ加工に最適な (Al,Ti) N コーティングを採用しました。

・高精度化

焼結時の収縮挙動の制御と研削加工技術により高精度ソリッド超硬ホブの製作が可能です。

・小径化・多溝化

ソリッドタイプにすることでハイスホブと同様の小径や多溝の設計・製作が可能です。

・多条化

耐チップング性、耐熱性にすぐれた専用超硬素材の採用に加えて、最適設計を適用することにより多条化による高能率加工を実現できます。

・ミラクルコーティング

高硬度で耐酸化性にすぐれた (Al,Ti) N コーティングを採用し、切削速度 300m/min 以上の超高速加工が可能です。

ホブ：m1.75 PA17.5° 3LH $\phi 80 \times 120$ mm 20溝
歯車：歯数33 ねじれ角36° LH
歯丈5.86 歯幅15.5 SCr420H
条件：切削速度320m/min
送り量2.5mm/rev
クライム ノンシフト ドライ

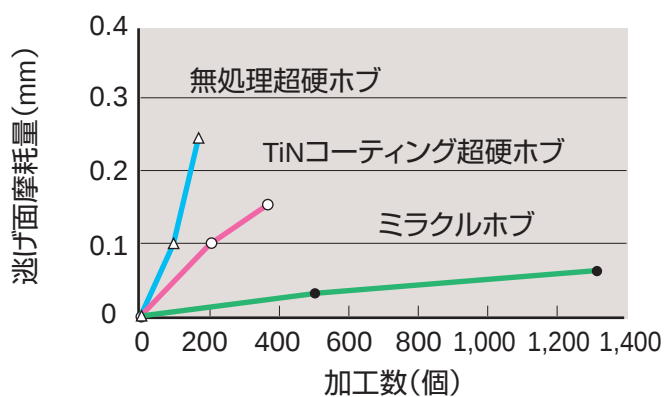
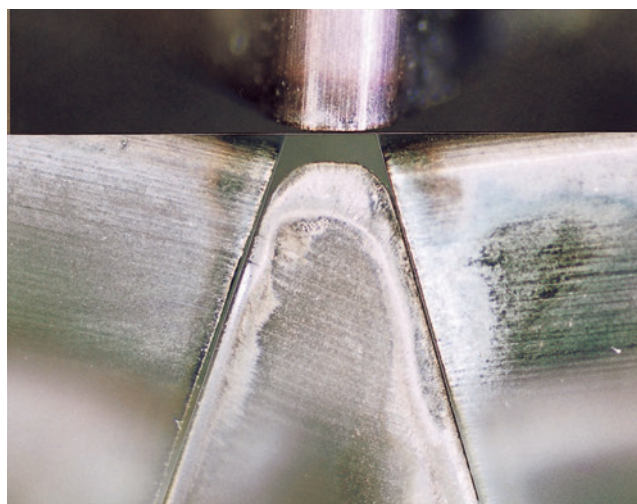
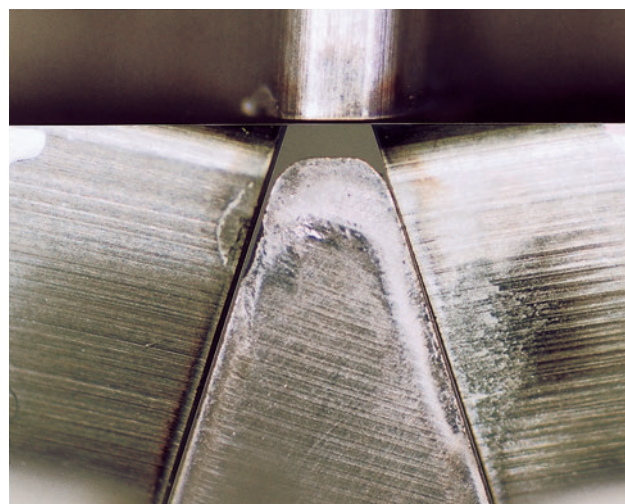


図17 種々のコーティングによる摩耗量比較

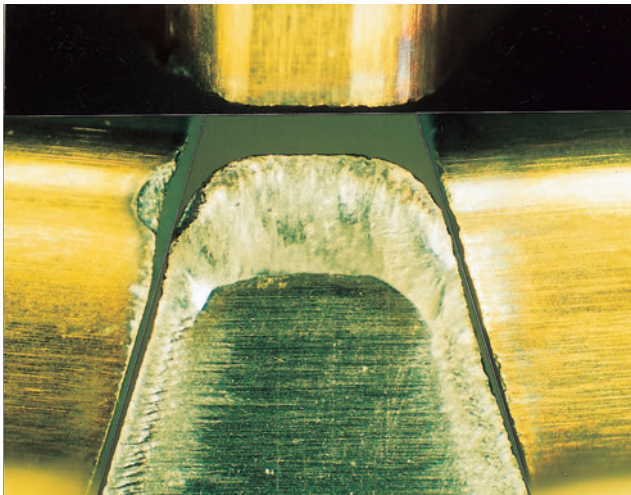


ミラクルホブ (加工数 1,250 個)

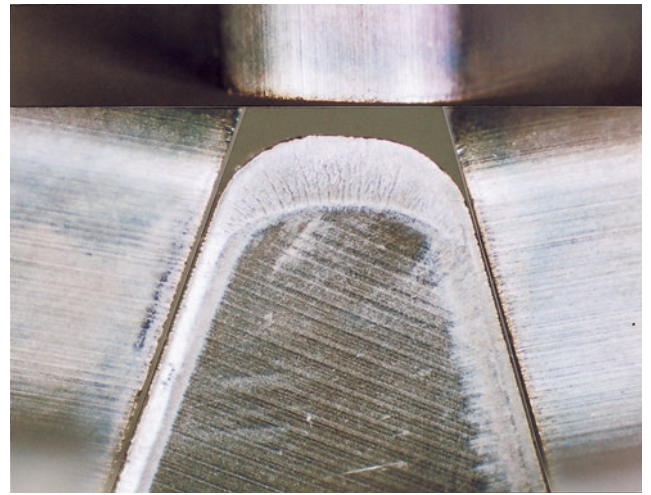


無処理超硬ホブ (加工数 160 個)

写真1 ミラクルホブと無処理超硬ホブの摩耗形態比較



TiNコーティングハイスホブ（加工数 800 個）



ミラクルホブ（加工数 5,600 個）

写真 2 ミラクルホブとハイスホブの摩耗形態比較

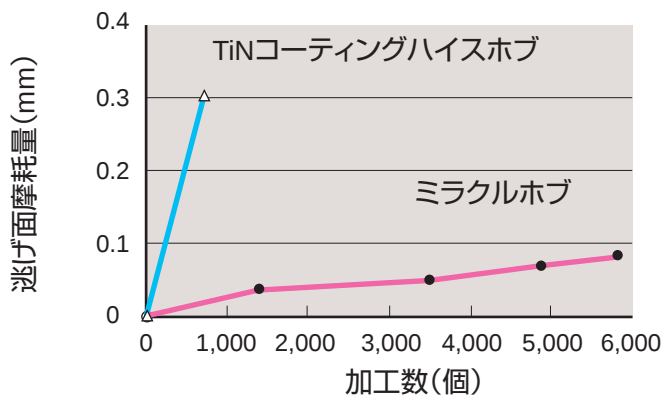
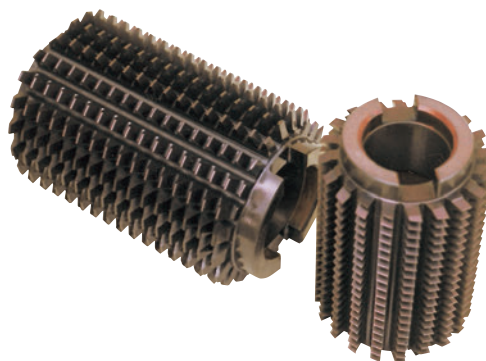


図18 ミラクルホブの切削事例

ホブ：m2.4 PA17.5°
 ミラクルホブ 3RH $\phi 90 \times 130$ mm 20溝
 TiNコーティングハイスホブ 1LH $\phi 90 \times 150$ mm 12溝
 歯車：歯数30 ねじれ角23° LH
 歯丈6.3 歯幅26 SCM420 (160 ~ 200HB)
 条件：ミラクルホブ 切削速度335m/min
 送り量1.85mm/rev
 逆巻コンベンショナル
 ドライ
 TiNコーティングハイスホブ 切削速度88m/min
 送り量3.0mm/rev
 同巻クライム
 ウエット



2-15 ラックホブ

自動車のステアリング装置の一種であるラック&ピニオンのラックは、レリービングカッタで成形加工される部品のひとつであり、その精度は、自動車の操舵性に影響するため、高精度のものが要求されます。このラックを加工するホブは、次のような特長をもっています。

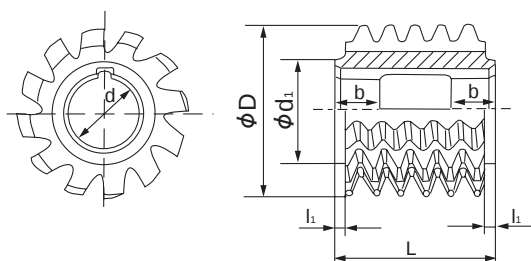
- 1) 歯厚、圧力角などの歯の形状精度は、数 μm 以内。
- 2) 20 ~ 50の歯を有し、その累積ピッチ誤差は20 μm 以内。
- 3) 不等歯厚ラックホブは、各山の歯厚やピッチを数 μm ずつ変化させる。

2-16 ソリッドホブ寸法表

モジュールm			ダイヤメ ラルピッチ DP	外径D	全長		穴径d		ハブ長さ l ₁	溝数 N	ハブ径 d ₁	軸受部長さ b			
系列					L	L ₀	A式	B式							
1	2	3													
1			24	50	50	65	22	22.225	4	12	34	12			
1.25			20												
1.5			16								55	55	70		
	1.75		14												
2			12	60	60	75									
	2.25		11												
2.5			10	65	65	80									
	2.75		9												
3			8	70	70	85	27	26.988		10	42	18			
		3.25													
				75	75	90									
	3.5														
		3.75	7	80							45	20			
4			6	85	80	95									
	4.5		5½	90	85	100									
5			5	95	90	105			32		31.75	5	9	55	24
	5.5		4½	100	95	110	25								
6				105	100	115	28								
		6.5	4	110	110	125									
	7		3½	115	115	130	60	32							
8			3	120	130	145		36							
	9		2¾	125	145	160		40							
10			2½	130	160	175	40	38.1		6				8	65
	11		2¼	150	175	195			48						
12				160	190	210			50		50.8	8	70		52
	14			180	210	230									58
16			1½	200	230	250							80		62
	18			220	250	270									68
20			1¼	240	270	290									

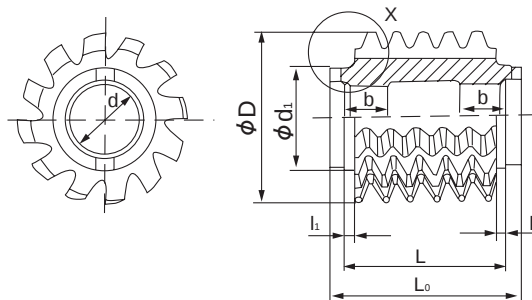
注) 上記以外の外径、全長、穴径の寸法も製作いたします。

キー溝付き



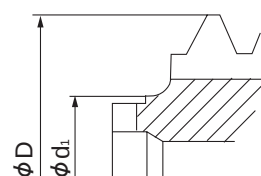
溝数 N

端面キー溝付き



溝数 N

X部拡大図



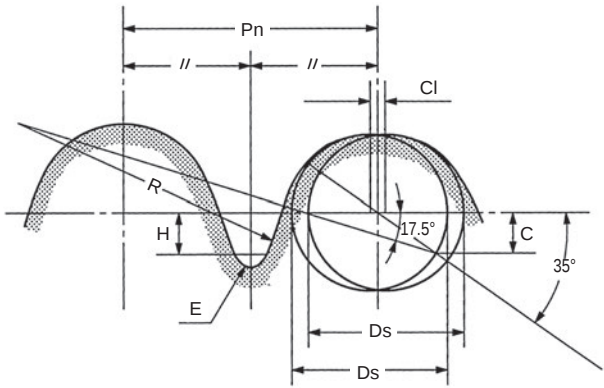
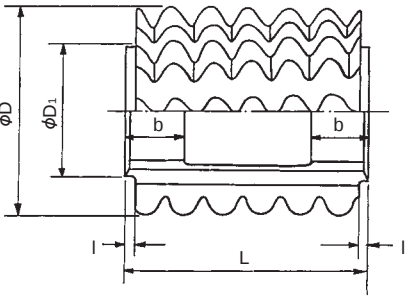
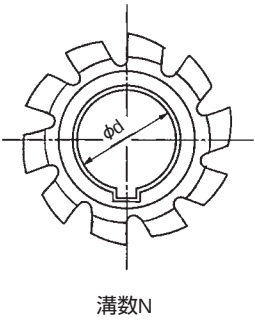
2-17 スプロケットホブ寸法表

単位mm

チェーンピッチ (CP)	D	L	d		参 考		
			A式	B式	b	l	N
6.35	60	60	22	22.225	15	4	12
9.525	65	65	//	//	16	//	//
12.7	75	75	27	26.988	18	//	10
15.875	85	90	//	//	22	//	//
19.05	90	105	//	//	26	5	//
25.4	110	125	32	31.75	32	//	9
31.75	120	140	//	//	35	//	//
38.1	130	170	//	//	42	6	//

スプロケットホブの標準歯形(ASAI形)

ローラ チェーン 呼び番号	C P チェーン ピッチ	D r ローラ 直 径	P n ホブピッチ 1.011P	Cl $0.07(P-Dr)+0.05$	Ds $1.005Dr+0.08$	C $0.287Ds$	H $0.27P$	E $0.03P$
40	12.70	7.94	12.84	0.38	8.06	2.31	3.43	0.38
50	15.88	10.16	16.05	0.45	10.29	2.95	4.29	0.48
60	19.05	11.91	19.26	0.55	12.05	3.46	5.14	0.57
80	25.40	15.88	25.68	0.72	16.04	4.60	6.86	0.76
100	31.75	19.05	32.10	0.94	19.23	5.52	8.57	0.95
120	38.10	22.23	38.52	1.16	22.42	6.43	10.29	1.14



(注)ASAI形に対してはCl=0

3. ピニオンカッタ

3-1 特長

ピニオンカッタの歯切りの原理は、カッタが歯車の歯すじ方向に往復運動をおこなって一つの仮想歯車を作り出し、これと歯車材が正しくかみ合うような相対運動を両者の間に強制的に与えて、仮想歯車の歯の運動の邪魔になる部分を歯車材から削り取り、歯車の歯形を創成するものです（図1、2参照）。

以上により、

- (1) 内歯車の歯切り加工ができる
 - (2) 段付き歯車の歯切り加工ができる
 - (3) 特殊歯車（接合歯、欠歯）の歯切り加工ができる
- などの特長があります。

図3はスパー形ピニオンカッタにより平歯車を創成する運動の模式図、図4はヘリカル形ピニオンカッタによりはすば歯車を創成する運動の模式図を示しています。

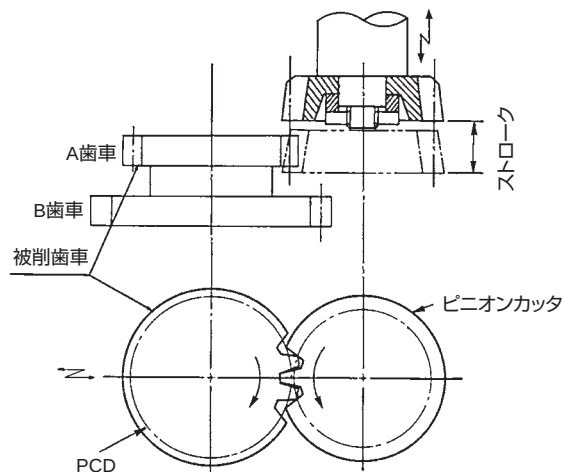


図1 ピニオンカッタによる歯切り

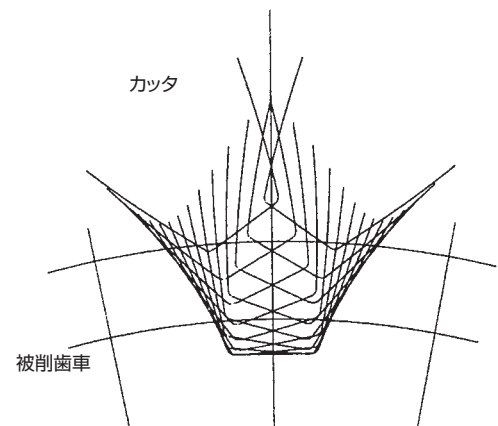


図2 ピニオンカッタによる歯車歯形の創成

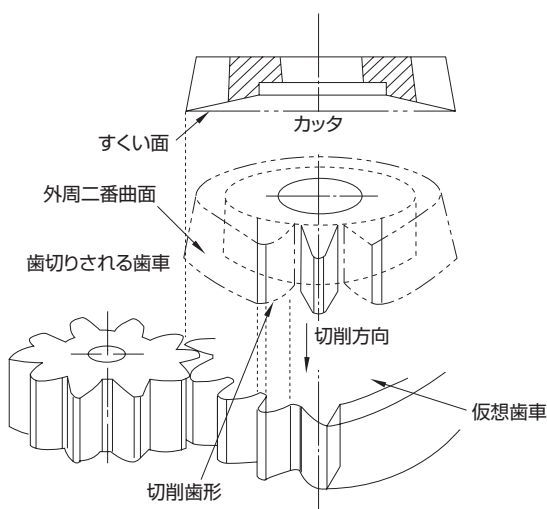


図3 スパーピニオンカッタの歯切り

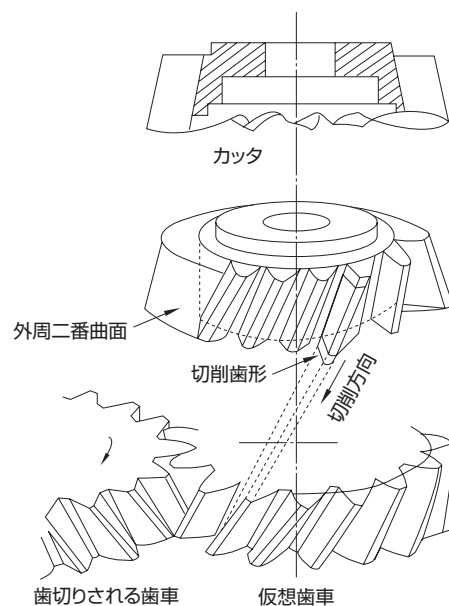


図4 ヘリカルピニオンカッタの歯切り

3-2 ギヤシェーパの切削機構

図5はピニオンカッタを取付けて歯車を創成加工するギヤシェーパの機構図の一例を示しています。

ギヤシェーパのモータによりクランクが回転するとアームが揺動し、カッタスピンドルが上下運動を行います。またカッタスピンドルの上部、上の親歯車内にガイドがあり、平歯車を切削するときはねじれないストレートガイドを使用し、はすば歯車を切削するときはヘリカルガイドを使用して、被削歯車のねじれ角に合わせてカッタスピンドルを回転させながら上下運動させます。

モータの回転は送り換え歯車を経て、上の親歯車に伝えられ、カッタのスピンドルに回転方向の送りと与えます。

歯車素材は、カッタ伝動系統の途中より分岐して割出し、換え歯車を経て下の親歯車によりカッタと相関連した一定速比で回転されます。

なお、図示していませんが、カッタの戻り行程で歯面にキズをつけないため、カッタと歯車素材の中心距離を少し離す必要があります、このためテーブル逃げ機構が存在します（大型ではカッタを逃がす機構を備えています）。

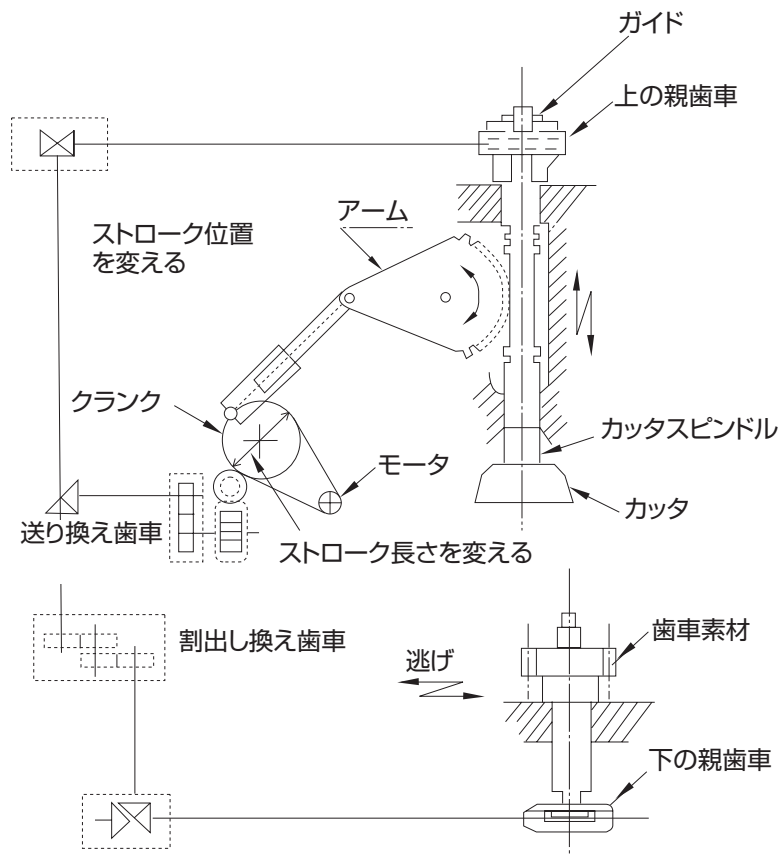


図5 ギヤシェーパの機構図



3-3 工具形状の選定、各部の名称

● 工具形状の選定

種 類	用 途	形 状
ディスク形	段付き歯車、内歯車の歯切り	図6-1
ベル形	段付き歯車の歯切り(段付き部の径が大きいとき) 内歯車の歯切り	図6-2
シャンク形	カッタ歯数が、歯切り時の干渉などの理由で 多くとれないとき(おもに内歯車用)	図6-3

● ピニオンカッタ 材質選定表

加工形態 工具材質	標準切削	重切削	高速切削*	高硬度難削材
KMC3 溶解ハイスの 第一推奨材質	○		●	
KHA 粉末ハイスの 第一推奨材質		○	●	○
KHAZ 高合金粉末ハイス		◎	●	◎

*コーティング層を設ける事により高速切削領域でも加工が可能です。

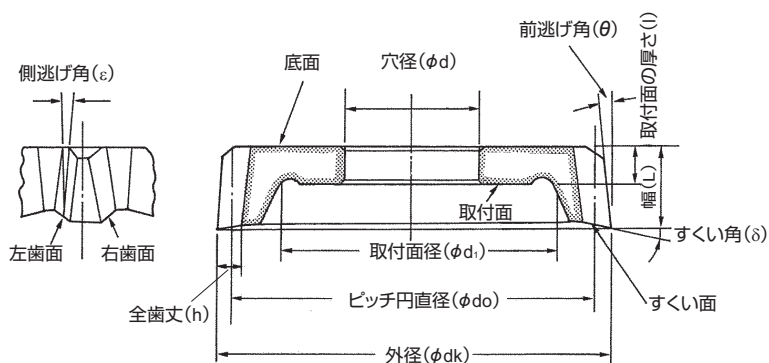


図6-1 ディスク形

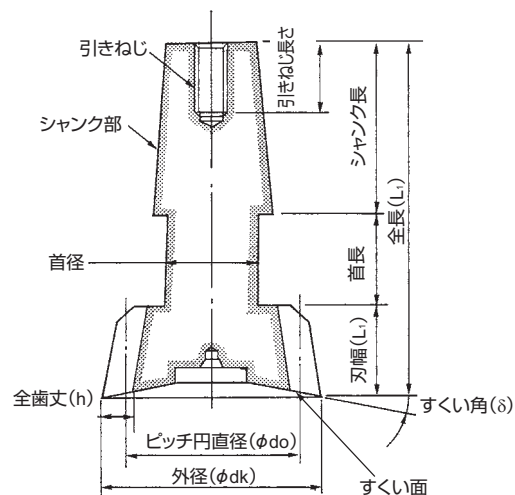


図6-3 シャンク形

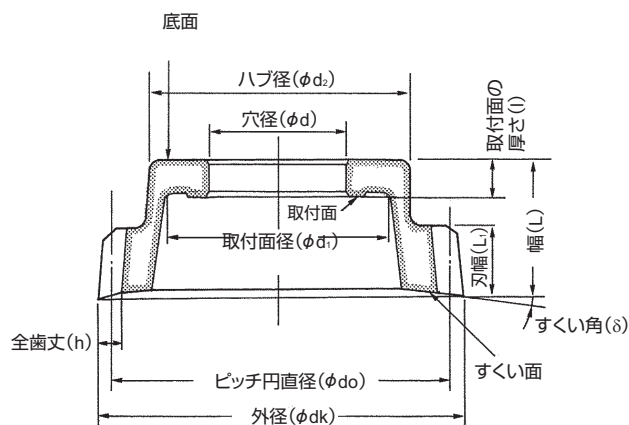


図6-2 ベル形

3-4 主要な諸元の選定

(1) モジュールおよび圧力角

カッタの歯直角モジュールおよび歯直角圧力角は、被削歯車と同一でなければなりません。

(2) ねじれ角

カッタのピッチ円筒上ねじれ角は、被削歯車と同一でなければなりません。

(3) 歯数

はすば歯車の場合はヘリカルガイド（図7および式1）、内歯車の場合は干渉により歯数は制限されます。（5-2）

$$\text{歯数}(Z) = \frac{L \sin \beta_o}{\pi m_n} \dots\dots\dots (式 1)$$

(4) ヘリカルガイド

(4-1) ヘリカルガイドの選定

$$\begin{aligned} \text{ヘリカルガイドのリード}(L) &= \pi D_o / \tan \beta_o \\ &= \pi m_n Z / \sin \beta_o \end{aligned}$$

同一はすば歯車をギヤシェーパ加工する場合、カッタ歯数を変えればヘリカルガイドのリードを変えなければなりません（図8）。

（例） $m_n 2.5$ 、 $PA 20^\circ$ 、 $\beta_o 20^\circ$ RH、40Tのはすば歯車を加工するとき

1) 歯数30Tのピニオンカッタ使用時

ヘリカルガイドのリード = 688.905

2) 歯数50Tのピニオンカッタ使用時

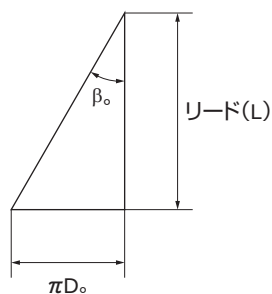
ヘリカルガイドのリード = 1148.175

(4-2) ヘリカルガイドの共用

ヘリカルガイドを共用した場合、切削された被削歯車のピッチ円筒上ねじれ角（ β_o' ）と基準のピッチ円筒上ねじれ角（ β_o ）との間には誤差が生じるので注意が必要です。

$$\begin{aligned} \beta_o' &= \tan^{-1} \left(\frac{\pi D_o}{L'} \right) & \text{誤差：} \Delta \delta &= \beta_o' - \beta_o \\ L &: \text{共有したヘリカルガイドのリード} \end{aligned}$$

$$= \sin^{-1} \left(\frac{\pi m_n Z}{L'} \right)$$



m_n : 歯直角モジュール
 Z : カッタ歯数
 β_o : ピッチ円筒上ねじれ角
 D_o : ピッチ円直径

図7 ヘリカルガイドのリード

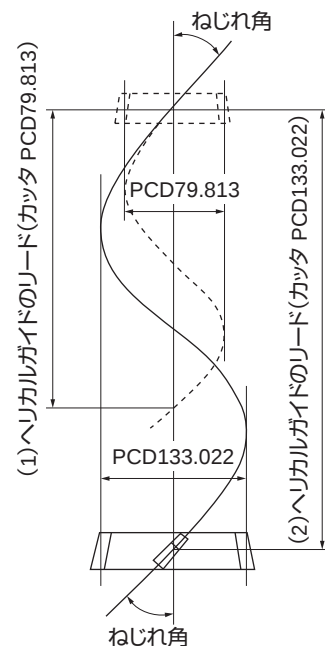


図8 カッタ歯数とヘリカルガイドのリード

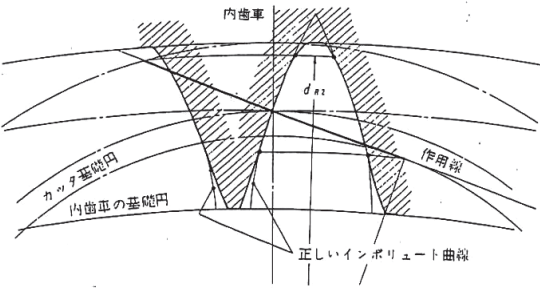
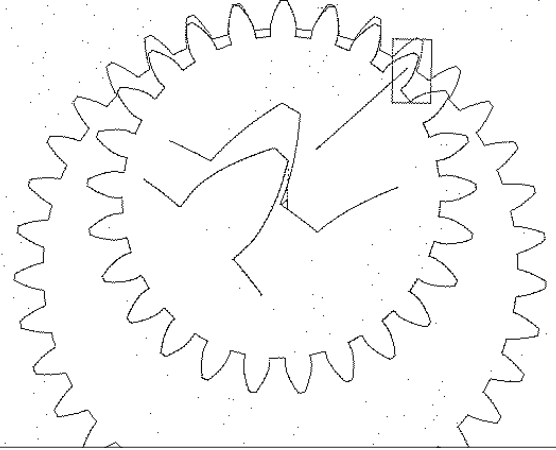
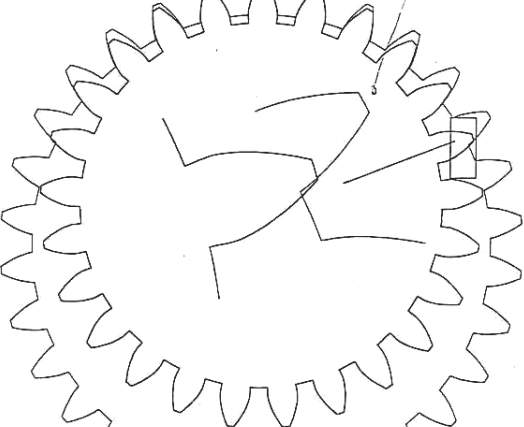
(5) 内歯車

(5-1) 干渉

ピニオンカッタによる歯切りの大きな特長は、内歯車の創成加工ができることです。

しかし、内歯車の歯切りにおいては、外歯車の場合よりも干渉が起こりやすいので、加工できる内歯車の範囲や内歯車用ピニオンカッタの設計は制約を受けます。

内歯車を歯切りする際に生じる干渉は以下の3種類です。

種 類	現 象
インボリュート干渉	内歯車とカッタとの歯数差が大きいときに生じ、内歯車の歯先が削り取られます。 
トリミング干渉	内歯車とカッタとの歯数差が小さいときに多く発生します。削り始めにカッタを切込んでいく際や歯切り中カッタの戻りストロークの際に、カッタの歯先が内歯車の歯先を削り取る現象です。 
トロコイド干渉	トリミング発生限界よりさらに歯数差を小さくすると生じます。インボリュート曲線の創成完了後、カッタの歯先が内歯車の歯面を削り取る現象です。 (トリミング干渉が生じなければトロコイド干渉も生じません。) 

(5-2) 歯数の選定

各干渉を避けて歯切りするために、必要なピニオンカッタの歯数の目安を図9に示します。

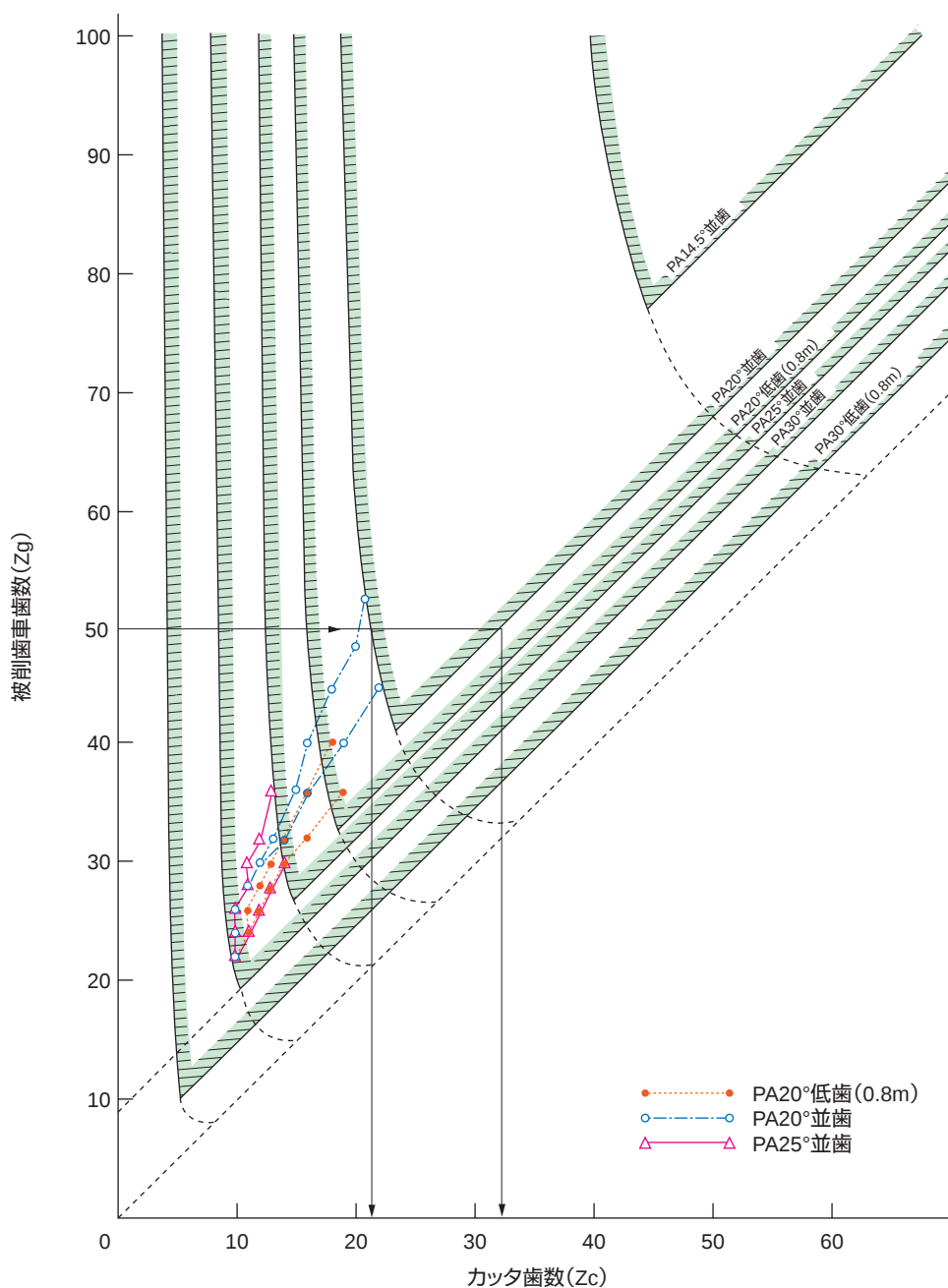


図9 内歯車用ピニオンカッタの歯数選定の目安

ハッチングを施した範囲内にある Z_g と Z_c の組み合わせの場合に干渉は起きません。

PA20°並歯の場合

$Z_g=50$ のとき $22 \leq Z_c \leq 32$ の範囲にあれば干渉は起きません。

さらに少歯数 Z_g の場合の選定領域も併記します。

3-5 切削条件

被削材毎の切削条件を表1に示します。

表 1 ピニオンカッタ切削条件

被削材／条件	切削速度 (m/min)	円周送り (mm/str)	半径送り (mm/str)	バックオフ (mm)
浸炭材	40 ～ 80	0.2 ～ 3.0	0.002 ～ 0.01	0.2 ～ 0.8
S45C 以上	30 ～ 50	0.2 ～ 3.0	0.002 ～ 0.01	0.2 ～ 0.8
FCD70	20 ～ 40	0.2 ～ 3.0	0.002 ～ 0.01	0.2 ～ 0.8

注1. 切削速度は切削長とストローク数により設定されます。

注2. 切削幅が25mmを超える場合は切削速度を10%程下げて設定してください。

〔参考〕

切削速度 (m/min) = (ストローク長 (mm) × ストローク数 (str/min) × π) ÷ 1000

3-6 加工時の注意事項

- (1) ギヤシェーパ加工においては、カッタおよび被削歯車の取付け時の振れは切上り段差などに影響するので、 $5\mu\text{m}$ 以内に抑えることを推奨します。
- (2) 加工時のストローク長は、被削歯車の歯幅に上下のオーバストローク長を加えた長さとなりますが、そのオーバストローク長は被削歯車歯幅により変えることを推奨します。(図10を参照)

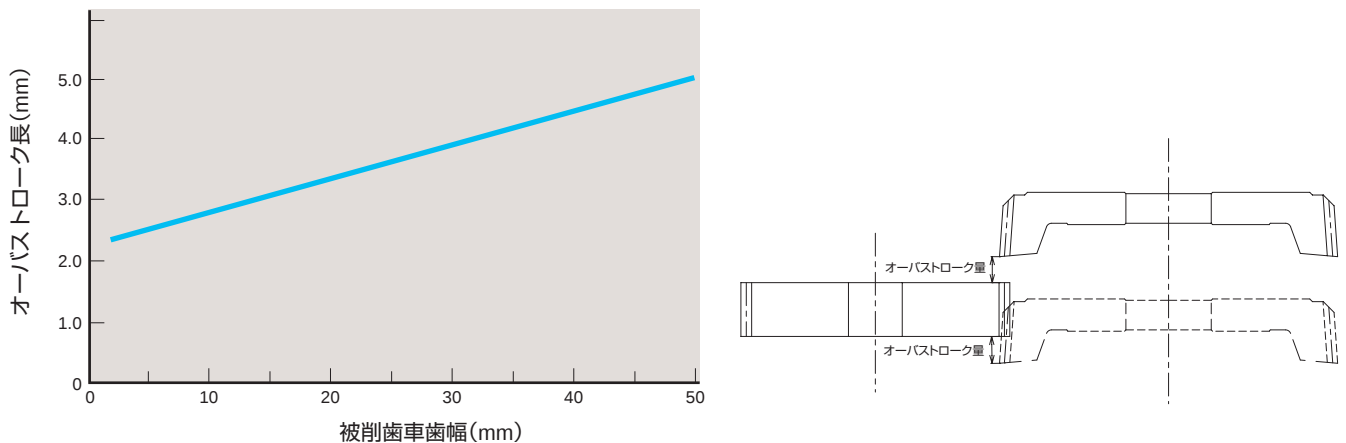


図10 被削歯車歯幅とオーバストローク長の関係

- (3) ギヤシェーパ加工においては、ピニオンカッタの一歯が被削歯車の一溝を加工するため、歯欠け、異常摩耗には特に注意が必要です。

3-7 再研削

ピニオンカッタの刃付けの誤差は、刃付け法が簡単(図11参照)なので、一般にあまり大きくありませんが、刃付け円錐面の偏心はカッタの振れの原因となり、すくい角誤差は圧力角誤差の原因となるので注意しなければなりません。

なお、ピニオンカッタの刃付けの面粗さはJISでは $3.2\mu\text{mRy}$ 以内ですが、できるだけ面粗さをよくすることが寿命を延ばすことになり、また、切削面もむしれが少なく良好に仕上げることができます。

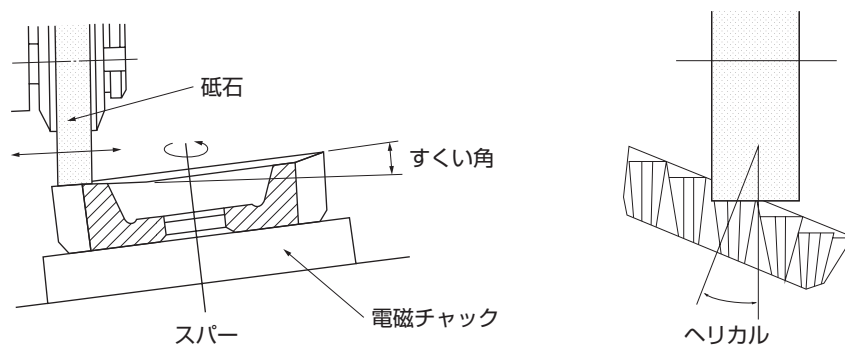
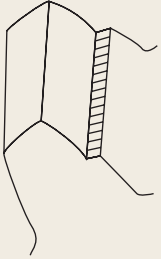


図11 ピニオンカッタの再研削方法

3-8 使用上のトラブルと対策

ギヤシェーパ加工のおもなトラブルと対策を表2に示します。

表2 ギヤシェーパ加工でのトラブルと対策

トラブルの現象	原因	対策
切上り段差 	1. カッタの取付け不良 2. カッタスピンドルの回転精度とテーブル回転精度の不良 3. 被削歯車の取付け不良 4. カッタの精度不良	カッタおよびアーバの振れを確認してください。 機械の調査をおこなってください。 被削歯車の振れを確認してください。 カッタの歯溝の振れ、ピッチ誤差を確認してください。
ピッチ誤差不良 歯溝の振れ不良 歯形誤差不良	1. カッタのすくい面研削不良 2. カッタの取付け不良 3. ガイドの精度不良 4. カッタスピンドルの回転精度とテーブル回転精度不良 5. 被削歯車の前加工不良	カッタのすくい面の振れ、面粗さ、およびすくい角の確認をおこなってください。 カッタおよびアーバの振れを確認してください。 ガイドの摩耗を調査してください。 マスタウォームとホイールのバックラッシュおよび精度調査、チェンジギヤの精度調査をおこなってください。 被削歯車内径と端面振れを調査してください。
歯面粗さ不良	1. カッタのすくい面研削不良 2. 加工条件の不良 3. 構成刃先の付着 4. 切込み量の不適 5. 工作物の形状と取付け剛性の不足 6. 駆動系のガタ	カッタのすくい面の振れ、面粗さ、およびすくい角の確認をおこなってください。 加工条件を見直してください。 切削油剤の選定、かけ方を確認してください。 加工条件を見直してください。 取付け治具を見直してください。(被削歯車レストの設定) 機械の調査をおこなってください。
カッタ寿命	1. ストローク数が多い 2. 機械の剛性および振動 3. カッタの設計の不適	加工条件を見直してください。 機械の調査をおこなってください。 メーカーに検討を依頼してください。

3-9 高性能、長寿命ピニオンカッタ

高速ギヤシェーパの普及にともない、当社オリジナルの粉末ハイスを使用したピニオンカッタやコーティングピニオンカッタは、1000str/min以上の高速切削域ですぐれた性能を発揮するとともに高硬度難削材の加工においても寿命向上に寄与しています。

カッタ材質、切削能率と工具寿命の関係を図12に示します。各評価係数の定義は次のとおりです。

切削能率評価係数 CFp : 1秒当りの平均切りくず
排出量 (mm³/sec)

工具寿命評価係数 Lp : カッタ1枚換算の二番摩耗
0.3mmまでの切削長 (m)

(1) KHA (粉末ハイス) ピニオンカッタ

耐摩耗性、耐チッピング性にすぐれ、またカッタの被研削性も向上し寿命延長にすぐれた効果を発揮しています。

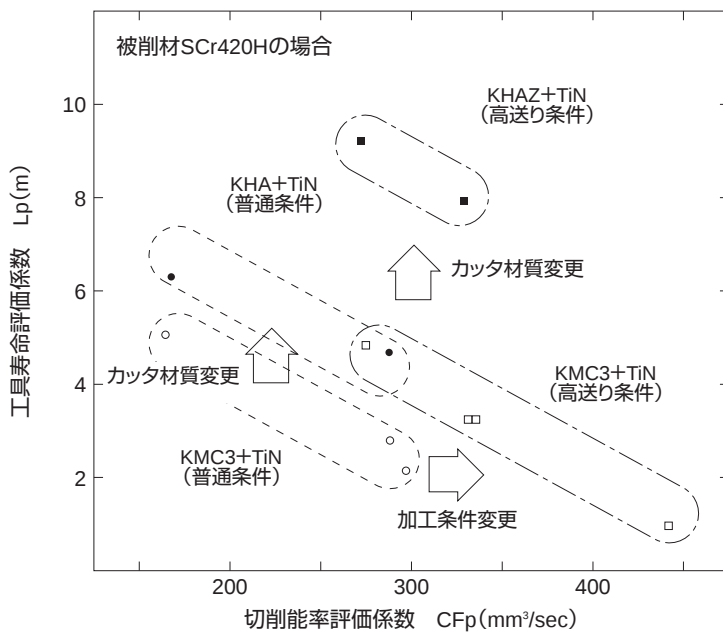


図12 工具寿命と切削能率

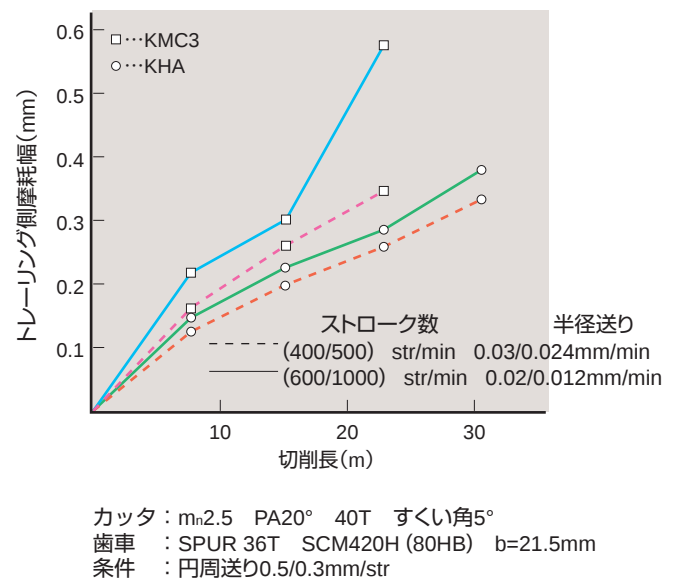


図13 粉末ハイスの効果

(2) KHAZピニオンカッタ

高送り（円周方向）切削が可能なギヤシェーパには、下記の材料特性をもつKHAZピニオンカッタが、すぐれた切削性能を示します。

●特長

- ① 高合金粉末ハイス特有の微細な高硬度炭化物によるすぐれた耐摩耗性。
- ② 独自の成分設計による炭化物量の最適化で耐チッピング性が飛躍的に向上。
- ③ 当社の最新鋭技術を駆使した熱処理を採用。

〔材料特性の比較〕

	耐摩耗性	耐チッピング性	耐クレータ性	被研削性
KHA				
KHAZ				

●切削事例

- ① 歯車：m2.5 × PA20° × 40NT（SPUR）

SCr420H

切削条件：ストローク数 700/1,100str/min

円周送り 0.50/0.31mm/str

半径送り 0.02/0.014mm/str

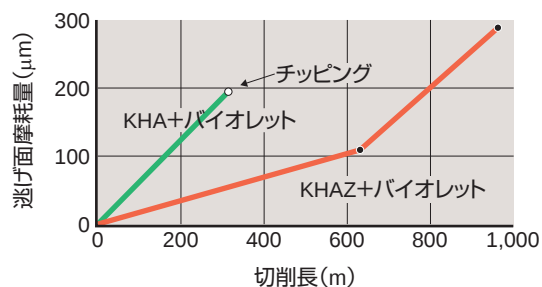
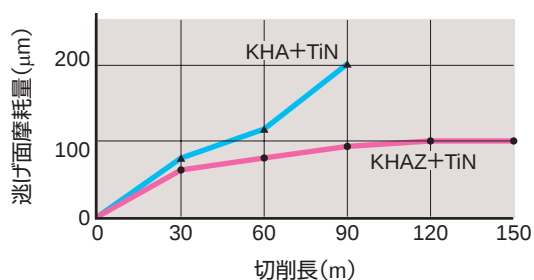
- ② 歯車：m2 × PA15° × 80NT × 20° RH

S45C インターナルギヤ

切削条件：ストローク数 500str/min

円周送り 1.70mm/str

半径送り 0.01mm/str



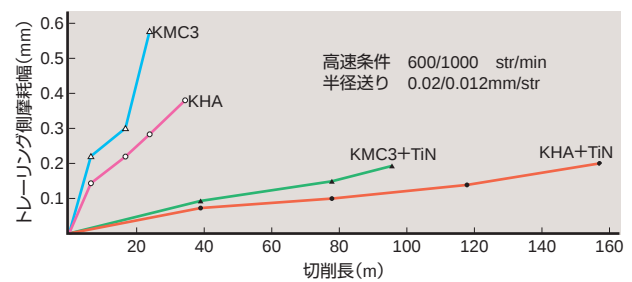
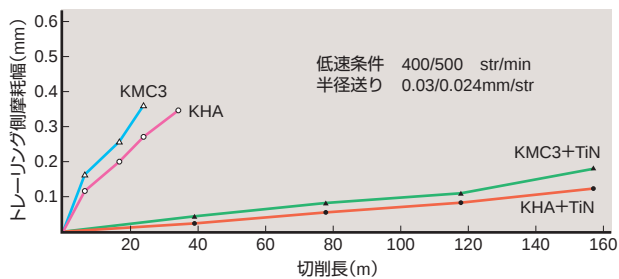
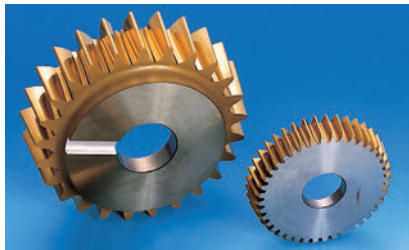
3-10 コーティングラインナップ

		バイオレット	TiN
皮膜硬度	HV	2,700~2,900	1,800~2,000
酸化開始温度	°C	800~900	600~700



(1) TiN コーティング

カッタ寿命は無処理品と比較して飛躍的に向上し、特に高速重切削領域で大きな効果を発揮します。



カッタ : $m_n 2.5$ PA20° 40T すくい角5°
 歯車 : SPUR 36T SCM420H (180HB) $b=21.5\text{mm}$
 条件 : 円周送り0.5/0.3mm/str

(2) バイオレットコーティング

TiN コーティングの約1.5倍の皮膜硬度により、耐摩耗性が向上。(工具寿命比2倍以上) 耐熱性にも優れており、高能率加工が可能です。



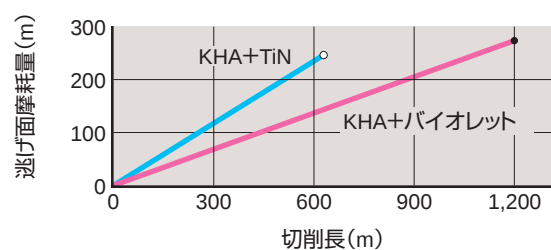
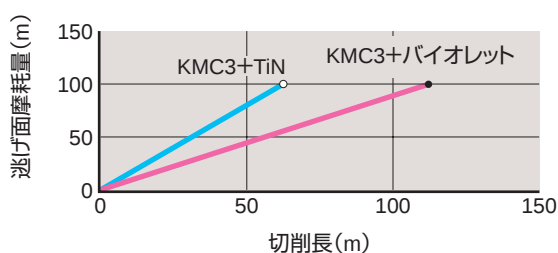
● 切削事例

① 歯車 : $m2 \times \text{PA}20^\circ \times 15\text{NT}$ (SPUR)
SCM415 (150HB)

切削条件 : ストローク数 750str/min
 円周送り 0.15mm/str
 半径送り 0.05mm/str

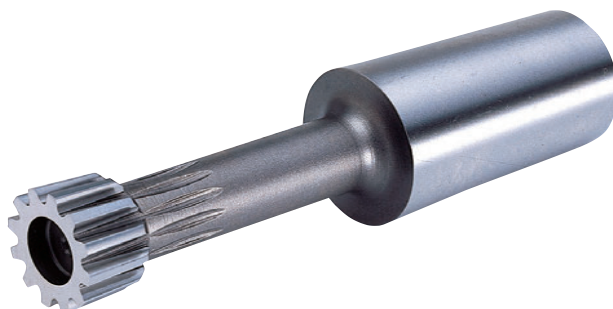
② 歯車 : $m3 \times \text{PA}20^\circ \times 23\text{NT} \times 33^\circ$ RH
SCr420H (180HB)

切削条件 : ストローク数 450/900str/min
 円周送り 1.60/0.40mm/str
 半径送り 0.010/0.005mm/str



3-11 小径シャंक形ピニオンカッタ

小径シャंक形ピニオンカッタは、小径の内歯車を加工するためにもちいられています。



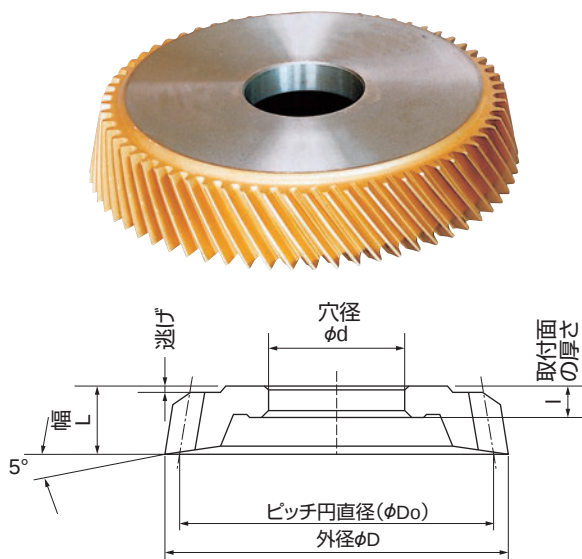
3-12 特殊歯形ピニオンカッタ

自動車のリクライニングシートに使用されるラチェット歯車は、歯車とカム形状の組合わせにより多種多様の形状があります。この歯車とカムを同時に加工できるピニオンカッタも製作可能です。モジュールは、 $m0.5 \sim m1.0$ の範囲のものが多くあります。またインボリュート歯形以外のピニオンカッタについてもご相談により対応しております。



3-13 各種カッタの標準寸法表

(1) ディスク形



呼び径	モジュール	l	d	呼び径	モジュール	l	d
50形	0.75~4 (DP34~DP6.5)	8	19.05	125形	1.5~3.5 (DP17~DP7)	10	44.450
					3.75~8 (DP6~DP3)	12	
75形	0.75~3.5 (DP34~DP7)	8	31.742	150形	1.75~3.5 (DP14~DP7)	12	44.450
	3.75~5 (DP6~DP5)	10			3.75~10 (DP6~DP2.5)	14	
100形	1~6 (DP24~DP4.5)	10	31.742	175形	2~10 (DP12~DP2.5)	14	44.450
	6.5~7 (DP4)	12	44.450		11~12 (DP2)	16	

表3 ディスク形の標準寸法表

単位：mm

75 形				100 形				125 形				150 形				175 形			
モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L	モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L	モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L	モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L	モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L
0.75	100	75	16	1.00	100	100	18	1.50	84	126	22	1.75	86	150.5	24	2.00	88	176	26
0.80	94	75.2		1.25	80	100	20	1.75	72	126		2.00	75	150	26	2.25	78	175.5	28
0.90	84	75.6		1.50	67	100.5		2.00	63	126		2.25	67	150.75		2.50	70	175	
1.00	75	75		1.75	58	101.5		2.25	56	126		2.50	60	150		2.75	64	176	
1.25	60	75	18	2.00	50	100	22	2.50	50	125	24	2.75	55	151.25	26	3.00	58	174	30
1.50	50	75		2.25	45	101.25		2.75	46	126.5		3.00	50	150		3.25	54	175.5	
1.75	43	75.25		2.50	40	100		3.00	42	126		3.25	47	152.75		3.50	50	175	
2.00	38	76		2.75	37	101.75		3.25	39	126.75		3.50	43	150.5		3.75	47	176.25	
2.25	34	76.5	20	3.00	34	102	24	3.50	36	126	26	3.75	40	150	28	4.00	44	176	34
2.50	30	75		3.25	31	100.75		3.75	34	127.5		4.00	38	152		4.50	39	175.5	
2.75	28	77		3.50	29	101.5		4.00	32	128		4.50	34	153		5.00	35	175	
3.00	25	75		3.75	27	101.25		4.50	28	126		5.00	30	150		5.50	32	176	
3.25	24	78	22	4.00	25	100	28	5.00	25	125	30	5.50	28	154	32	6.00	29	174	36
3.50	22	77		4.50	23	103.5		5.50	23	126.5		6.00	25	150		6.50	27	175.5	
3.75	20	75		5.00	20	100		6.00	21	126		6.50	24	156		7.00	25	175	
4.00	19	76		5.50	19	104.5		6.50	20	130		7.00	22	154		8.00	22	176	
4.50	17	76.5		6.00	17	102		7.00	19	133		8.00	19	152		9.00	19	171	
5.00	16	80		6.50	16	104		8.00	17	136		9.00	17	153		10.00	18	180	
				7.00	15	105						10.00	15	150		11.00	16	176	
																12.00	15	180	

(注) カッタ歯数、歯幅、穴径、形状は上記以外でも製作可能です。

(注) 欠歯、結合歯も製作可能です。

(2) ベル形

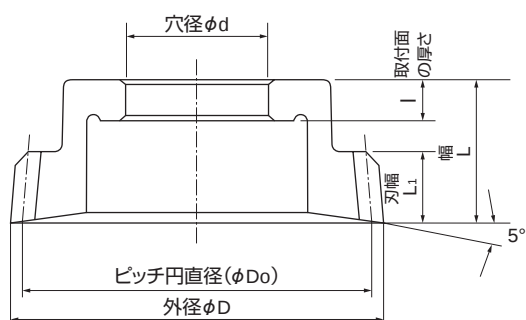
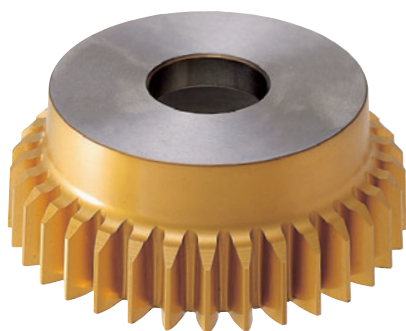


表4 ベル形の標準寸法表

単位：mm

50形					75形					100形					125形				
モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L	刃幅 L ₁	モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L	刃幅 L ₁	モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L	刃幅 L ₁	モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	幅 L	刃幅 L ₁
0.75	67	50.25	30	12	0.75	100	75	34	16	1.00	100	100	40	20	1.50	84	126	42	22
0.80	63	50.4			0.80	94	75.2			1.25	80	100			1.75	72	126		
0.90	56	50.4			0.90	84	75.6			1.50	67	100.5			2.00	63	126		
1.00	50	50			1.00	75	75			1.75	58	101.5			2.25	56	126		
1.25	40	50	32	14	1.25	60	75	36	18	2.00	50	100	42	22	2.50	50	125	44	24
1.50	34	51			1.50	50	75			2.25	45	101.25			2.75	46	126.5		
1.75	29	50.75			1.75	43	75.25			2.50	40	100			3.00	42	126		
2.00	25	50			2.00	38	76			2.75	37	101.75			3.25	39	126.75		
2.25	23	51.75	34	16	2.25	34	76.5	38	20	3.00	34	102	44	24	3.50	36	126	48	26
2.50	24	60			2.50	30	75			3.25	31	100.75			3.75	34	127.5		
2.75	22	60.5			2.75	28	77			3.50	29	101.5			4.00	32	128		
3.00	20	60			3.00	26	78			3.75	27	101.25			4.50	28	126		
3.25	19	61.75	38	18	3.25	24	78	42	22	4.00	25	100	50	28	5.00	25	125	50	30
3.50	18	63			3.50	23	80.5			4.50	23	103.5			5.50	23	126.5		
3.75	16	60			3.75	21	78.75			5.00	21	105			6.00	21	126		
4.00	15	60			4.00	20	80			5.50	19	104.5			6.50	20	130		
					4.50	18	81			6.00	18	108			7.00	19	133		
					5.00	16	80			6.50	17	110.5			8.00	17	136		
										7.00	16	112							

(注) カッタ歯数、歯幅、穴径、形状は上記以外でも製作可能です。

(注) 欠歯、結合歯も製作可能です。

(3) シャンク形

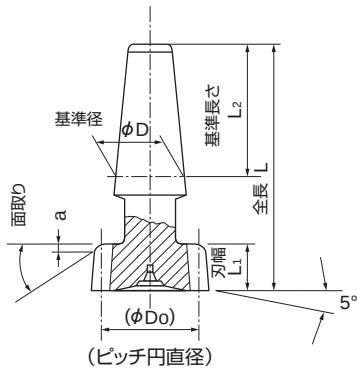
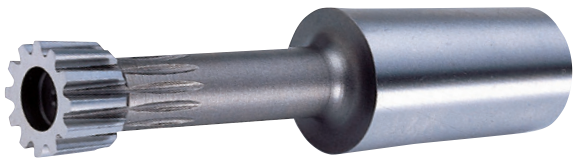


表5 シャンク形の標準寸法表

単位：mm

25形					38形				
モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	全長 L	刃幅 L ₁	モジュール m	歯数 Z	ピッチ 円直径 Do (m×Z)	全長 L	刃幅 L ₁
0.75	34	25.5	80	10	0.75	51	38.25	100	12
0.80	32	25.6			0.80	48	38.4		
0.90	28	25.2			0.90	43	38.7		
1.00	25	25		12	1.00	38	38		15
1.25	20	25			1.25	31	38.75		
1.50	17	25.5			1.50	26	39		
1.75	15	26.25		15	1.75	22	38.5		18
2.00	13	26			2.00	19	38		
2.25	12	27			2.25	17	38.25		
2.50	10	25			2.50	16	40		
							2.75		
					3.00	13	39	125	
					3.25	13	42.25		
					3.50	13	45.5		
					3.75	13	48.75		
					4.00	13	52		

(注) カッタ歯数、歯幅、穴径、形状は上記以外でも製作可能です。
(注) 欠歯、結合歯も製作可能です。

4. シェービングカッタ

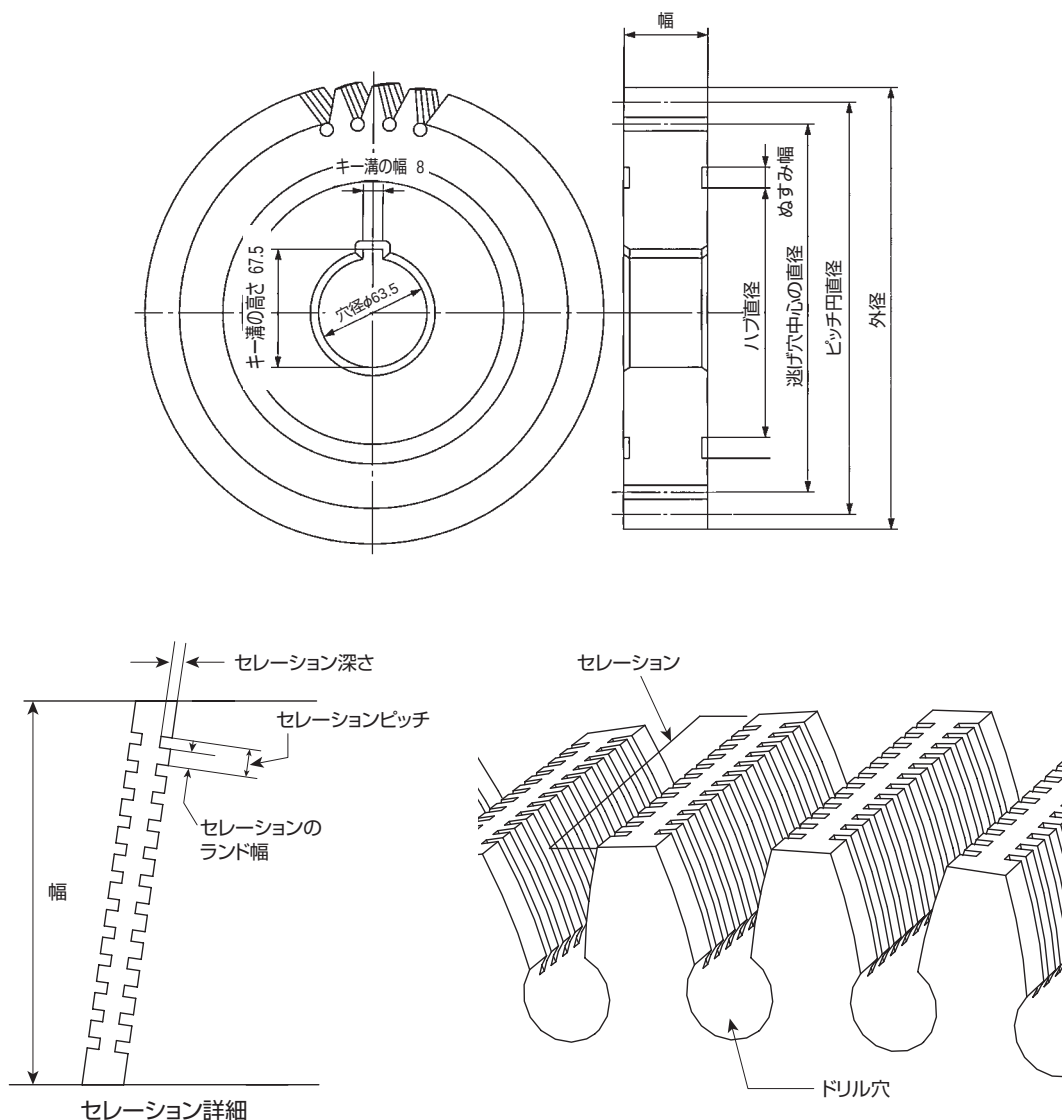
4-1 特長

シェービング加工とは一種の親歯車の歯面に多くのセレーション溝を施して切れ刃を形成したシェービングカッタにより、ねじ歯車のかみ合い運動を応用して円筒歯車の歯面を仕上げ加工する精密仕上げ法で、以下の特長があります。

- (1) 加工時間が短く高い生産性。
- (2) 著しい精度向上。
- (3) 歯車1個当りの工具費が安価。
- (4) 歯車の歯形修正が可能。
- (5) 歯車の歯すじ方向クラウニング（Crowning）が簡単。
- (6) 熟練を要さない操作。



4-2 各部の名称



4-3 加工原理

図1-1のように被削歯車とシェービングカッタとを一定の交差角のもとにノーバックラッシの状態に回転させると、シェービングカッタとの歯すじ方向の相対すべり運動により切削作用がおこなわれます。

その状態をかみ合いピッチ円筒上断面でみると図1-2のようになります。歯車歯面上の切れ刃の動きを図2に示します。

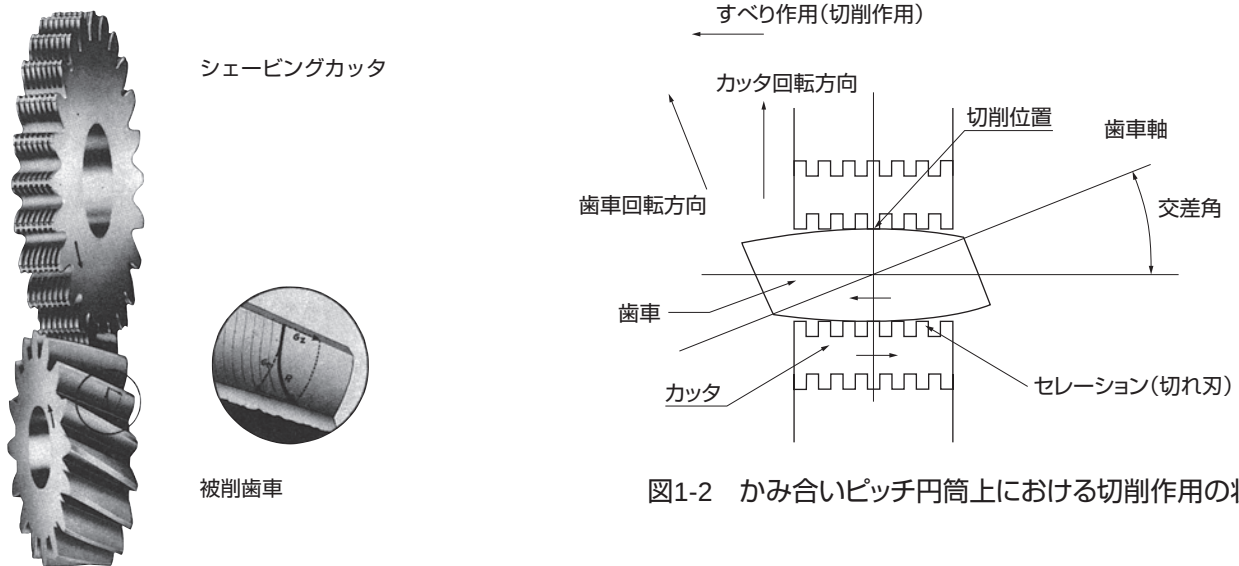


図1-2 かみ合いピッチ円筒上における切削作用の状態

図 1-1 シェービングカッタと被削歯車とのかみ合い状態

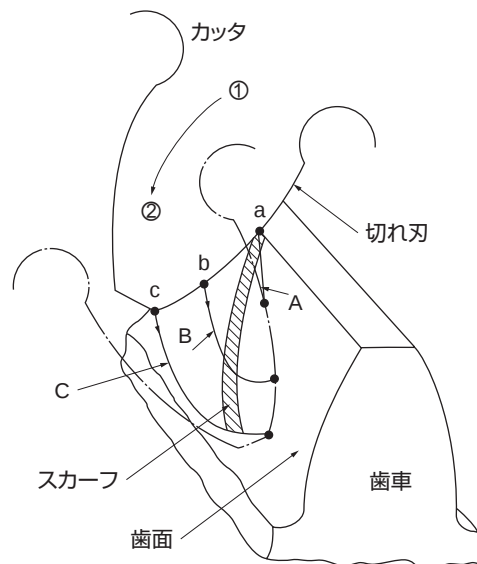


図2 歯車歯面上の切れ刃の動き

- a：カッタ歯元の点
- b：カッタかみ合い円上の点
- c：カッタ歯先の点
- A、B、Cは、各点の軌跡(トロコイド曲線)を示します。

4-4 シェービング方式

シェービング方式はカッタと被削歯車の相対的な送り方向により定義されており、表1に示すように4方式があります。これらの方式は被削歯車の形状、寸法、生産量などにより選択されます。

表1 シェービング方式

シェービング方式	コンベンショナル	ダイヤゴナル	アンダーパス	プランジカット
用 途	最も一般的な加工法で歯幅の広い歯車や大型歯車の加工に適しています	カッタ幅より少し歯幅の広い歯車の加工にもちいられ量産加工に適しています	段付歯車などの加工にもちいられます	量産歯車の高効率加工に適しています
〔 加 工 時 間 〕 プランジカットの加工時間を1とした時の比率	3	2	2	1
特 長	○ 歯車軸方向に送る ○ 送り長さは歯車の歯幅とほぼ同一	○ 歯車軸に対して斜め方向に送る ○ 歯車の歯幅より短い送り長さ	○ 歯車軸に対して垂直方向に送る ○ 左記2方法より短い送り長さ	○ 切込み送りのみ
a. 被 削 歯 車 b. シェービングカッタ c. 送 り 運 動 方 向 d. 歯 車 軸 軸 向 e. 力 f. 送 り 長 さ				
セレーション配列	ノーマルセレーション		ディファレンシャルセレーション	

4-5 プランジカットシェービング

切込み送りのみによるシェービング法で、量産歯車の高効率加工に最適です。

当社は、日本で最初にプランジカットシェービングカッタを製造販売したメーカーとして、蓄積した技術により、加工効率向上、歯車精度向上の要望におこたえしています。

〔特長〕

- 1. 高効率……切込み送りのみ（横送りなし）のため加工時間が約1/2に短縮。
- 2. 高精度……特殊なセレーション配列により歯車歯面粗さが従来の1/2に改善。バックムーブメント機構による歯車加工精度の向上。
- 3. 長寿命……各セレーション切れ刃の切削量の均一化による寿命向上。

〔加工サイクル〕

プランジカットシェービング法は、従来のシェービング法と異なり、被削歯車とカッタとの相対的な横送り運動を必要とせずに、カッタを被削歯車半径方向に連続的に切込むだけで加工するシェービング法です。

相対的な横送り運動がないためカッタの切れ刃をディファレンシャルセレーションに、すなわち被削歯車の一つの歯にかみ合う歯の順番にセレーションの切れ刃をずらしています。

以下にシェービングサイクルおよび切込み線図を示します。

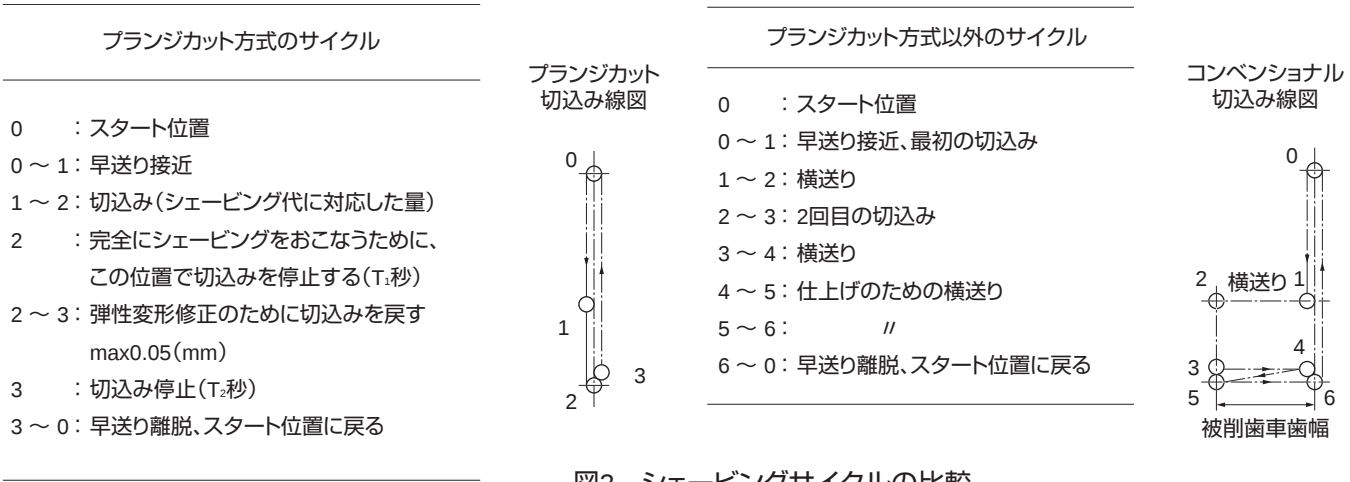
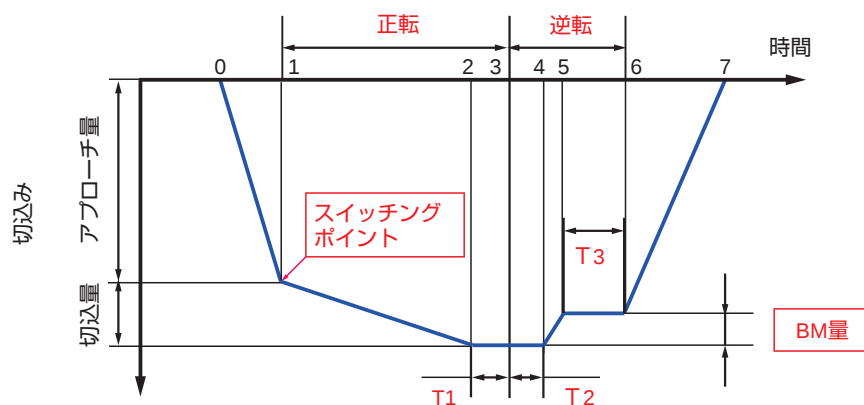


図3 シェービングサイクルの比較



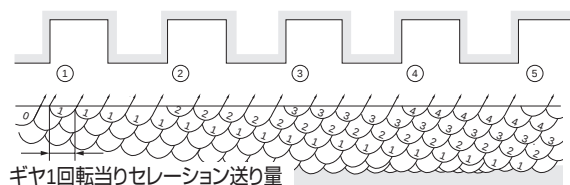
0	カッター停止	スタート位置
0-1	//	スイッチングポイントまで早送り
1	カッター正転	アプローチ完了
1-2	//	プランジ送り
2	//	切込み完了
2-3	//	T1の間ドウェル。仕上げ面の凹凸を除去
3	カッター逆転	
3-4	//	T2の間ドウェル
4-5	//	カッタ後退 (バックムーブメント)。後退量は0～0.05mm
5-6	//	T3の間ドウェル。弾性変形によるひずみを除去する
6-7	カッター停止	早送りでスタート位置へ戻る

図4 プランジカットシェービングの切込み線図

〔切込み状態〕

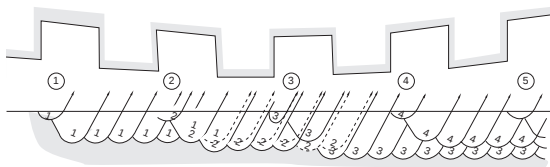
図5に各シェービング法における切れ刃の切込みと横送りの状態を示します。

1) プランジカットシェービング



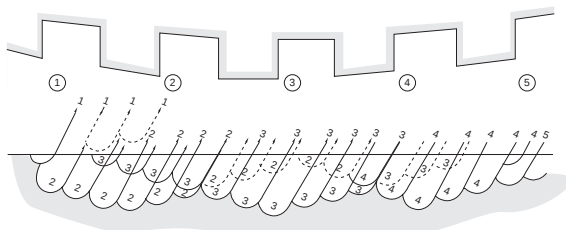
各セレーション切れ刃が均一に歯面に作用し
切削量は均一

2) コンベンショナルシェービング



各セレーション切刃の切削量は不均一
③が一番低く (即ち最も深く切り込まれている)
②、④そして③、⑤と順次高くなっている。

3) アンダーパス/ダイヤゴナル シェービング

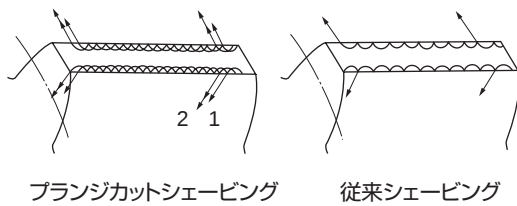


各セレーション切刃の切削量は不均一

図5 シェービング法による切込み状態

〔歯面粗さ〕

図6は被削歯車歯面の切削作用を示したものです。プランジカットでは歯面粗さはコンベンショナル、ダイヤゴナルシェーピングに対し1／2に改善されます。

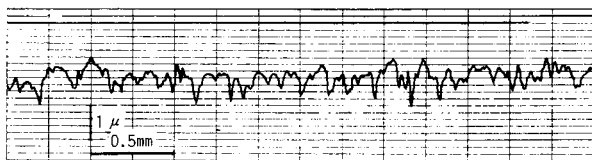


コンベンショナル、ダイヤゴナル
仕上げ回数をいくら増やしてもカッタ切刃の
送りマークは一定で歯面粗さは改善されません。

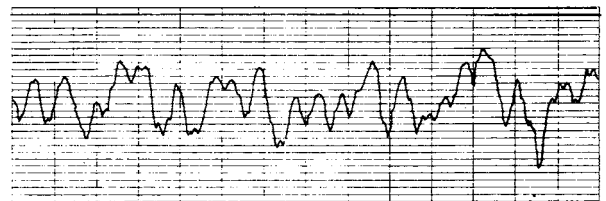


プランジカットシェーピング
カッタ切刃の送りマークは前の送りマーク位置の
中間に来るので歯面粗さは著しく改善されます。

図6 切れ刃の送りマーク

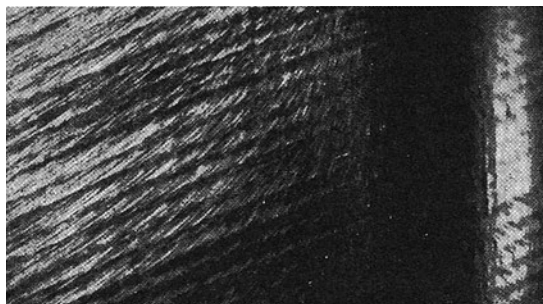


(a) プランジカットシェーピング

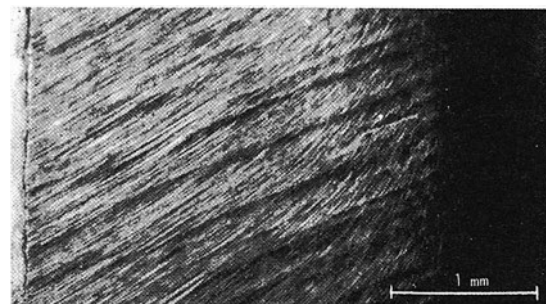


(b) アンダーパスシェーピング

図7 被削歯車面粗さの比較

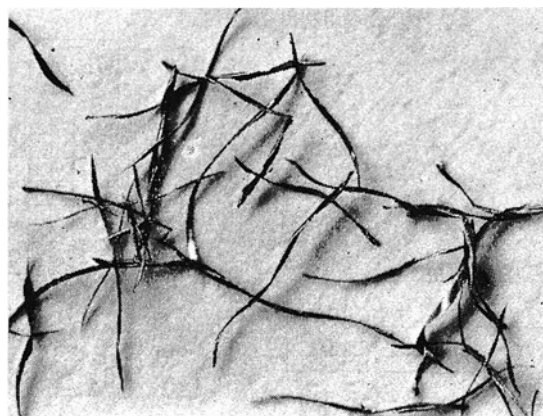


プランジカットシェーピング

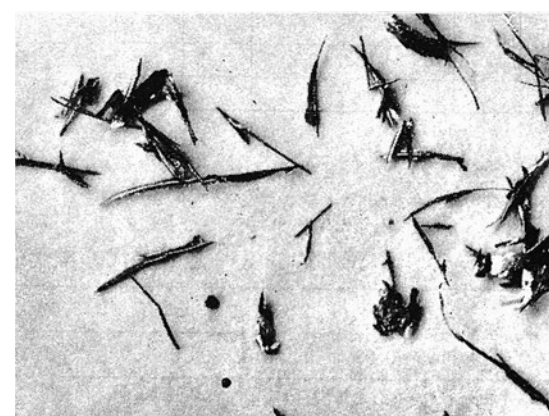


アンダーパスシェーピング

写真2 切削面の状態



プランジカットシェーピング



コンベンショナルシェーピング

写真3 切りくずの状態

4-6 加工条件

(1) カッタの周速度

カッタ回転速度 N_c (min^{-1}) は

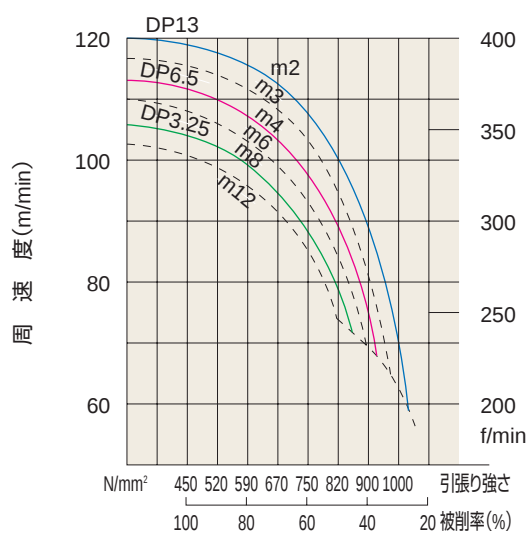
$$N_c = 1000 \times V_c / (\pi \times d_c)$$

V_c : カッタ周速度 (m/min) (図8、9より求める)

d_c : カッタ歯先円直径 (mm)

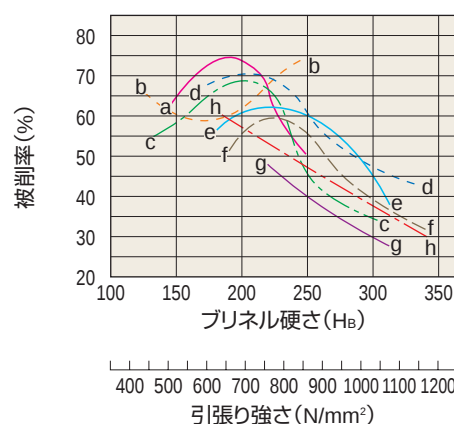
プランジカットシェービングにおいては、逆転回数が1回のため、これより20%高い周速度を採用できます。

なお、カッタと被削歯車のギヤ比が大きくなると、被削歯車の回転速度が過大となるので若干回転速度を下げることを推奨します。



(注) プランジカットの場合は上記周速度より20%up

図8 シェービングカッタの周速度



aは0.3%C以下の構造用鋼、冷間変形および引抜き、bは0.3~0.4%Cの構造用鋼、焼なまし、cは0.4~0.5%Cの構造用鋼、焼なまし、または調質、dはNiMo鋼、eはCrMo鋼、fはCrV鋼、gはSiMn鋼、hはCrNi鋼。

図9 材料の加工性とブリネル硬さおよび引張り強さの関係

(2) 横送り速度

- ・ コンベンショナルシェービングの場合

被削歯車1回転につき、0.15 ~ 0.3mm

- ・ ダイアゴナルシェービングの場合

コンベンショナルシェービングの約70%

- ・ アンダーパスシェービングの場合

コンベンショナルシェービングの約50%

(3) 切込み量

コンベンショナル、ダイヤゴナル、アンダーパスシェービングにおける被削歯車中心方向へのカット切込みは段階的におこないます。1回の切込み量は0.02～0.06mmの範囲でシェービング代を考慮して決めます。

1回の切込み量をHとすれば

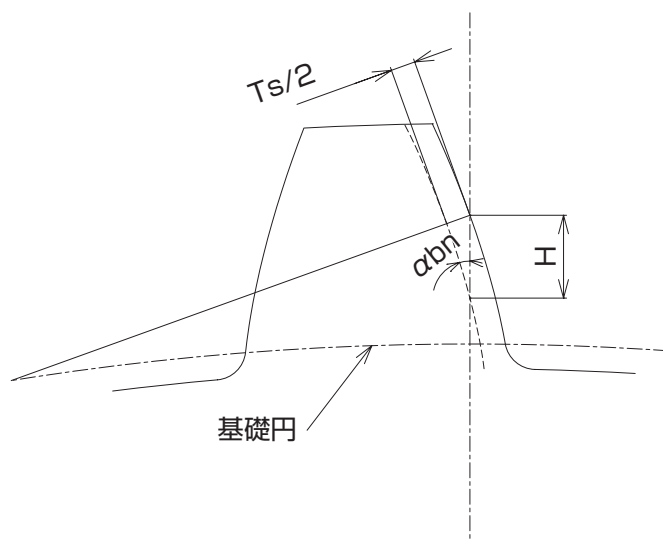
$$H \doteq ts / 2 \sin \alpha_{bn}$$

ts : 1回のシェービング除去量（歯直角またぎ歯厚）

α_{bn} : かみ合い圧力角（歯直角）

となります。

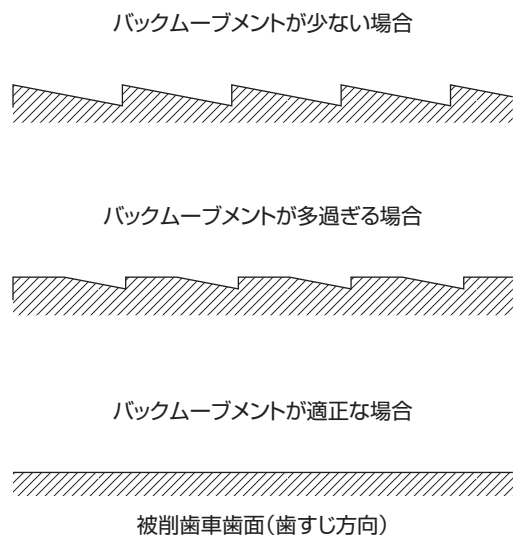
プランジカットシェービングの場合は、機械上連続的に切込まれますが、プランジ送り速度はセレーションの作用が1ピッチ進行する間に歯厚方向へ0.007mm程度切込んでいくことを推奨します。



(4) プランジカットシェービングにおけるバックムーブメントの調整

シェービング加工時の被削歯車あるいはアーバの弾性変形を修正するために、切込みを後退させて弾性変形の少ない状態で仕上加工を行なうのが目的です。

被削歯車歯面の仕上がり状態とバックムーブメント量の関係は一般に図10のようになるので、歯面状態を見ながらバックムーブメント量を調整する必要があります。



一般にバックムーブメント量は0～0.05mmの間で設定します。

図10 内歯車用ピニオンカッタの歯数選定の目安

4-7 主要な諸元の選定

(1) モジュールおよび圧力角

カッタの歯直角モジュールおよび歯直角圧力角は、被削歯車のそれと等しくなければなりません。

(2) ねじれ角

カッタのピッチ円筒ねじれ角は、カッタと歯車の交差角が最も適当となるように選ばなければなりません。交差角は大略カッタと被削歯車とのねじれ角の差ですが、これの大小は切れ味および歯車の仕上がり精度に大きな影響を及ぼします。したがって歯車の仕上げ精度や切削能率を考慮して交差角を決定する必要があります。適正な交差角の範囲を表2に示します。

- ・ 交差角が大きい場合 切れ味向上
 歯面の接触面積小 ⇒ 案内性低下（歯すじ誤差を生じる恐れあり）
- ・ 交差角が小さい場合 切れ味低下（仕上げ面はバニッシュされる）
 歯面の接触面積大 ⇒ 案内性向上

(3) 歯幅

カッタの歯幅はシェービング方法により、表3のものが一般にもちいられています。（計算式は次ページ 式(1)、

(2) 参照

(4) 歯数

使用するシェービングマシンの仕様と被削歯車の寸法に応じてカッタの呼び寸法を決め、カッタのねじれ角とモジュールを考慮しながら、ピッチ円径が呼び寸法に近くなるように歯数を決めます。シェービングカッタの歯数は原則として素数を選定します。

表2 適正な交差角の範囲

被削歯車の種類	交 差 角
平歯車およびはすば歯車 (鋳鉄以外)	12°～15°
平歯車およびはすば歯車 (鋳鉄)	15°～20°
段付歯車	4°～（段付き部に干渉しない範囲） で最大にとります
大径歯車(外径500以上)	6°～10°
内歯車	6°～10°

よく使用されるカッタ歯数

23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67,
71, 73, 79, 83, 89, 97, 101, 103, 113, 127,
131, 137, 149, 151, 157, 173, 179, 197

(注) アンダーラインのあるものは、JIS B4357に含まれていない歯数です。

表3 シェービングカッタの歯幅

シェービング方法	カッタ歯幅
コンベンショナルシェービング	$m \leq 1.75$ 19.05 $1.75 < m \leq 6$ 25.4 $6 < m$ 31.75
ダイヤゴナルシェービング	ダイヤゴナルアングルにより個々に設計 式(1)
アンダーパスシェービング	被削歯車歯幅および、交差角を考慮して設計 式(2)
ブランジカットシェービング	

一般的なカッタ幅

19.05, 22.225, 25.4, 31.75, 38.1, 44.45, 50.8

(注) ブランジカット、アンダーパスの場合は、式(2)より求めます。

ダイヤゴナル法のカッタ幅は次式によります。

$$bc \geq bce + 5 \quad \text{式 (1)}$$

$$bce = bg \cdot \sin \theta_d / \sin (\theta_d + \psi)$$

bc : カッタ歯幅

bce : 有効歯幅

bg : 被削歯車歯幅

ψ : 交差角

θ_d : ダイヤゴナルアングル (一般に 30°)

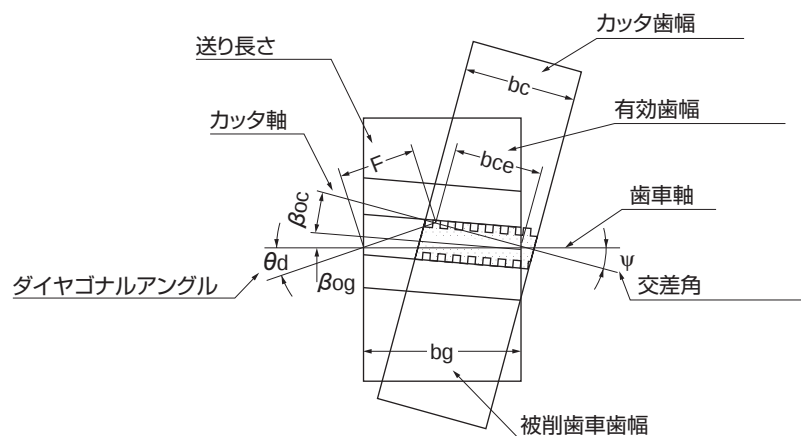


図11 ダイヤゴナルアングルと歯幅の関係

ブランジカット・アンダーパス法のカッタ歯幅は、次式によります。

$$bc \geq (bg + 3 \cdot tg \cdot \tan \psi) \cos \psi + \alpha \quad \text{式 (2)}$$

tg : 被削歯車の軸直角法線ピッチ

α : セレクション配列および被削歯車隣接部の有無を考慮して決定します (目安4～5)

(5) かみ合い圧力角の選定

- ・ シェービング加工は強制伝達機構がないので、被削歯車歯形はかみ合い変動の影響を受けます。
- ・ かみ合い率の低い被削歯車では、かみ合い変動が大きくなり歯形が不安定になります。

かみ合い率の低い歯車でも安定した歯形を得るために、独自の歯形シミュレーションシステムを開発し最適なかみ合い圧力角を選定できるようにしました。

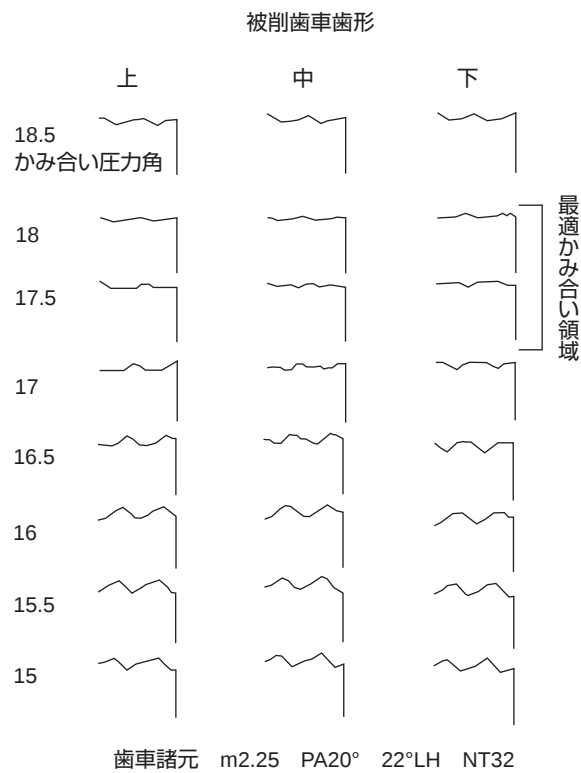
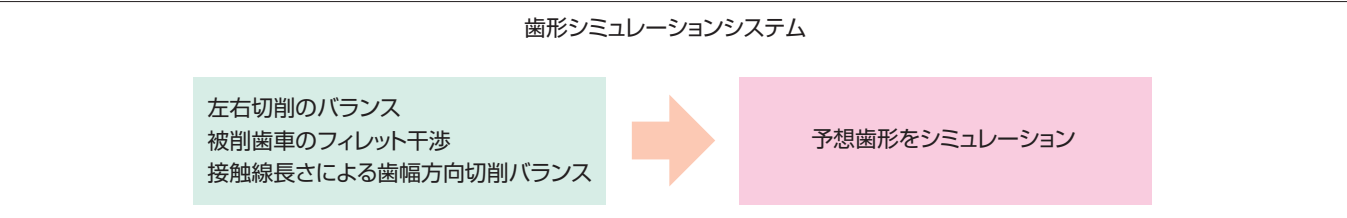


図 12 歯形シミュレーション結果

表 4 実際の歯形とシミュレーション歯形の比較

ワーク諸元 M3.15PA25 13NT SPUR	実際の歯形	計算による歯形
噛み合い圧力角 = 18°		
噛み合い圧力角 = 22°		

(6) シェービング径の設定

シェービング径設定基準

- ①被削歯車の相手歯車とのかみ合い最小円径（またはインボリュート開始径：TIF径）より小さく
 - ②前切り歯形の歯底のすみ肉と干渉しないように、フィレット発生径より大きく
- ※①を優先させるために②を満たさない場合もあります。

①、②の余裕量はシェービングカッタおよび相手歯車の歯先のトロコイド（軌跡）を描いたトロコイド図で判断します（図13、14参照）。

トロコイド図を描くのに必要なもの

- ・ 前加工工具形状
- ・ シェービング代
- ・ 相手歯車の歯数、外径、被削歯車との軸間距離←相手歯車の歯先のトロコイドを描くのに必要

トロコイド図の確認事項

シェービングカッタを再研削するとカッタがマイナス転位するので同一シェービング径ではカッタのトロコイドが相手歯車より被削歯車から遠ざかり、カッタ寿命時に相手歯車と干渉してしまうことがあります（図13参照）。

干渉が生じる場合はカッタがマイナス転位したときに順次シェービング径を深くすること（カッタ外径を大きく設定する）で干渉を防止します（図14参照）。

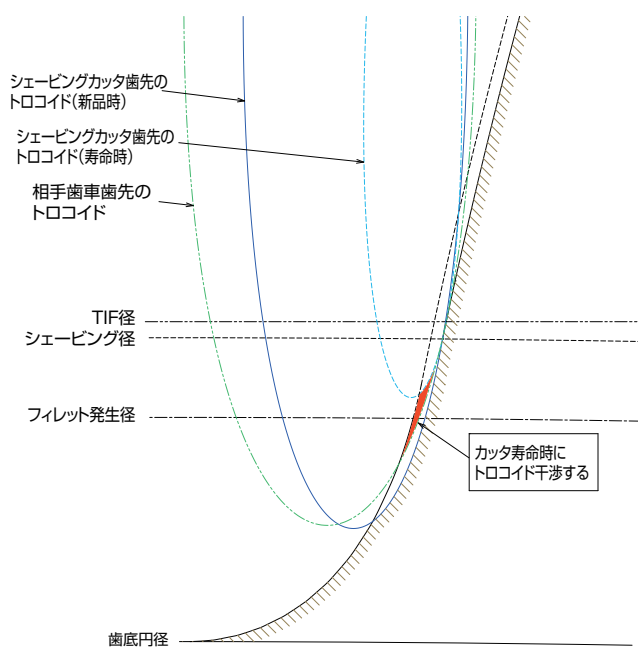


図13 トロコイド図（カッタ寿命時干渉あり）

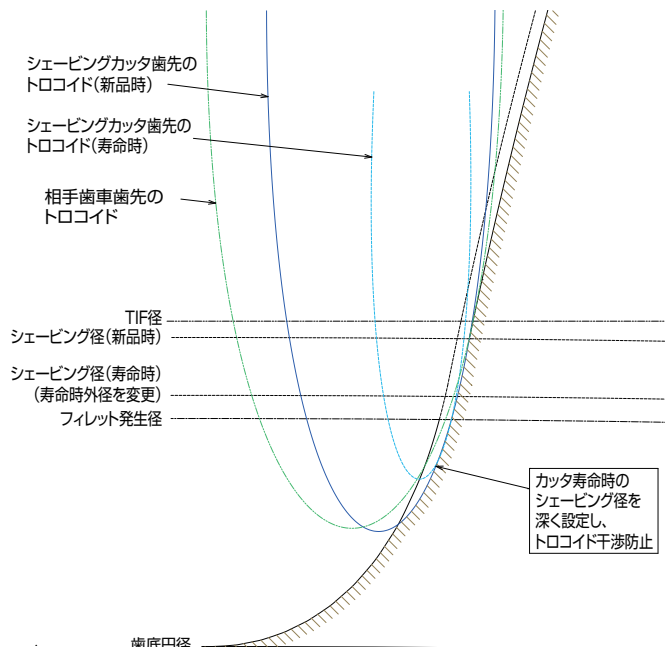


図14 トロコイド図（カッタ寿命時干渉なし）

4-8 加工時の注意事項

(1) 前加工精度

前加工精度は、シェービング後の希望精度に対して JIS 歯車精度規格で 2 ～ 3 級以内におさえる必要があります。

(2) シェービング代

図 15 に前切りホブの送りを考慮した最適シェービング代を示します。また、表 5 に一般的なシェービング代の推奨値を示します。

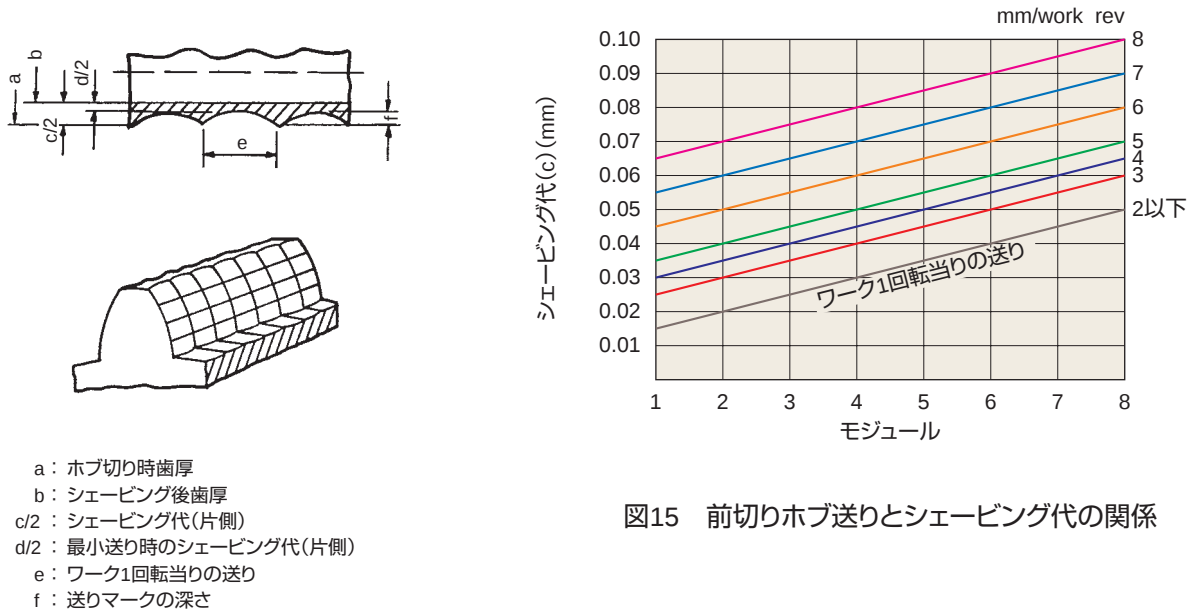


図15 前切りホブ送りとシェービング代の関係

表5 シェービング代の推奨値

モジュール	$m_n \leq 2.25$	$2.25 < m_n \leq 3.5$	$3.5 < m_n \leq 5$	$5 < m_n \leq 12$
シェービング代	0.05～0.08	0.06～0.10	0.08～0.12	0.10～0.15

上記は歯厚におけるシェービング代を示します。

(3) 前加工用工具（プリシェービング工具）の選定

- ① 前加工用工具のアデンダムは 1.35 モジュール以上のハイアデンダムが必要です。
- ② シェービングカッタ歯先と被削歯車歯底との間に 0.15 モジュール以上のクリアランスを確保します。
- ③ 被削歯車の歯底のすみ肉にシェービングカッタ歯先部が干渉しないように選定します。

(4) 回転方向と送り方向の関係

図16にカッタの回転方向と被削歯車の送り方向によるセレーション切れ刃の作用状態を示します。セレーション切れ刃がアップカットに作用していくようにセッティングする必要があります（図17参照）。

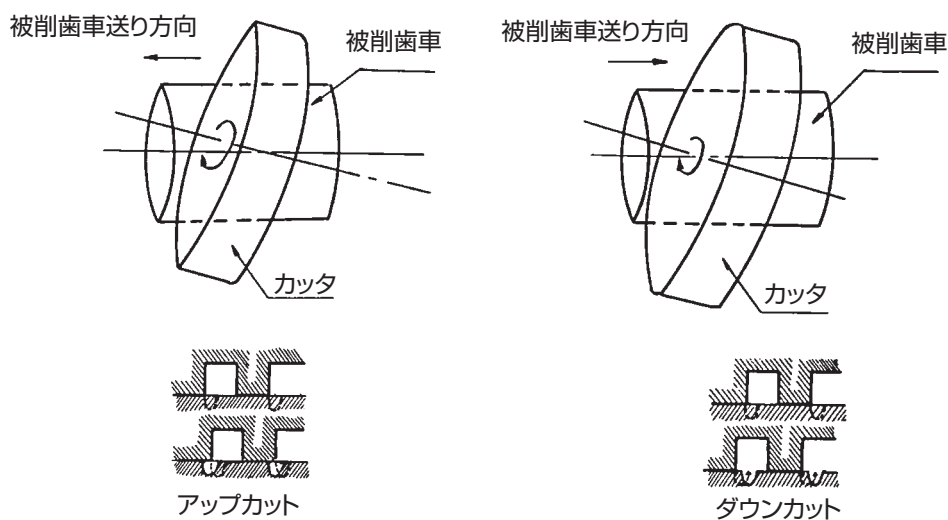


図16 カッタ回転方向と被削歯車送り方向によるセレーション切れ刃の作用状態

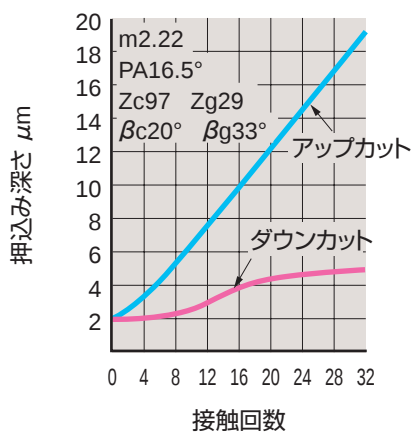


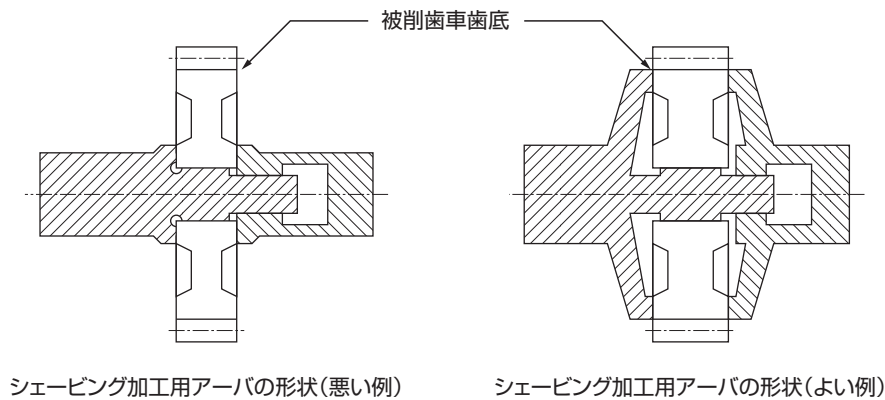
図17に同じ力で押つけた場合の押込み深さの関係を示します。図からアップカットの方がはるかに有利であり被削性が良い事がわかります。

図17 同一荷重におけるセレーションの押込み深さ

(5) シェービング加工用アーバの形状

シェービング加工のアーバは加工点に近い被削歯車の歯底付近を保持することを推奨します。

歯底付近を保持する事により、切削抵抗によるビビリ振動を防ぎ、歯車精度の低下およびカッタ寿命の低下を防ぎます。



(6) シェービング加工用アーバの精度

アーバ径を基準とした場合の穴の許容差はH6 ～ H7程度とし、アーバの振れは $5\mu\text{m}$ 以下に抑える必要があります。

(7) 前切り時の被削歯車端面のバリの除去

歯車の端面にバリが付着した状態でシェービング加工すると、バリがセレーション溝の中に詰まりカッタ破損の原因となるので、バリは完全に除去する必要があります。

(8) 寿命判定基準

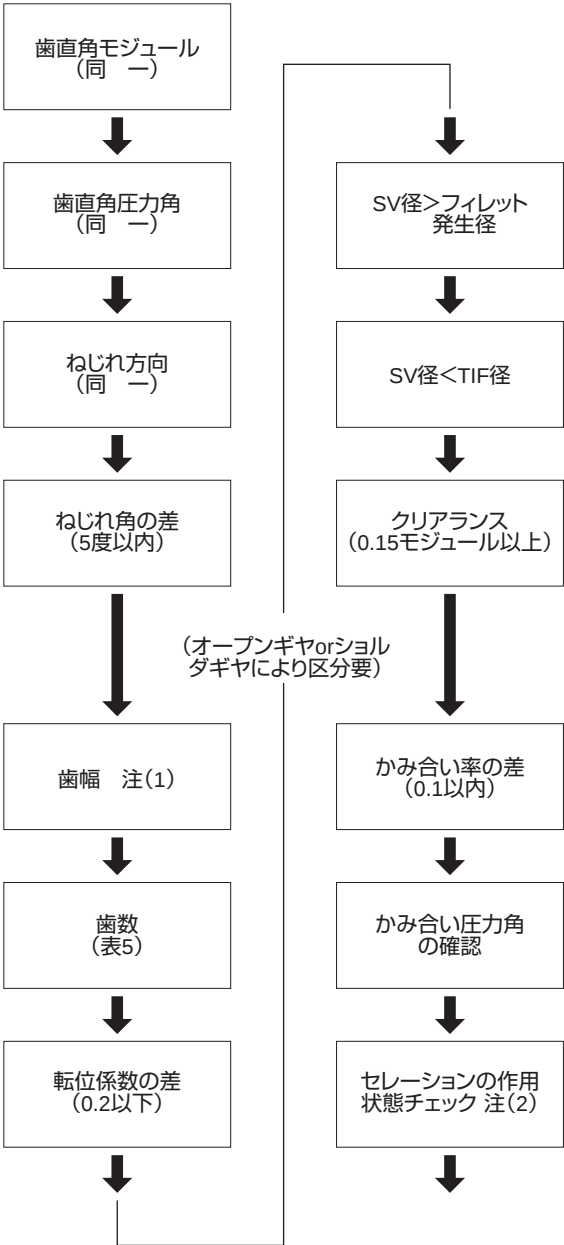
- ①被削歯車の歯形がくずれてくる。
- ②被削歯車の歯面の周辺に、指でさわってみて引っかかるような“バリ”があらわれる。
- ③仕上げ中にうなり音が出る。
- ④針のような長い切りくずが出ずに、やすり粉のような短い切りくずが出る。
- ⑤一定中心距離まで送り込んで仕上げてても仕上がり歯車の歯厚が一様にそろわない。
- ⑥カッタの歯形がくずれてくる。

4-9 シェービングカッタの共用

モジュール、圧力角が同一で歯数の異なる歯車を一つのカッタで共用する場合、歯数差、転位係数の違いなどにより、かみ合い率、作用力のバランスが異なるため歯形誤差が生じ、カッタ歯形が共用できるかどうかが問題となります。したがって、共用できるか否かは厳密には、トライアル加工をおこなわないと決定できませんが、参考として共用範囲と検討の手順を表6と図18に示します。

表6 共用範囲分類表(被削歯車歯数)

	グループNo.		歯数	
モジュール	I	II	III	IV
1.25	13~22	20以上	—	—
1.5~2	13~18	17~34	25以上	—
2.25~3	14~18	17~29	27以上	—
3.25~5	14~17	17~26	23~40	35以上
5.25~8	15~17	17~25	24~37	35以上



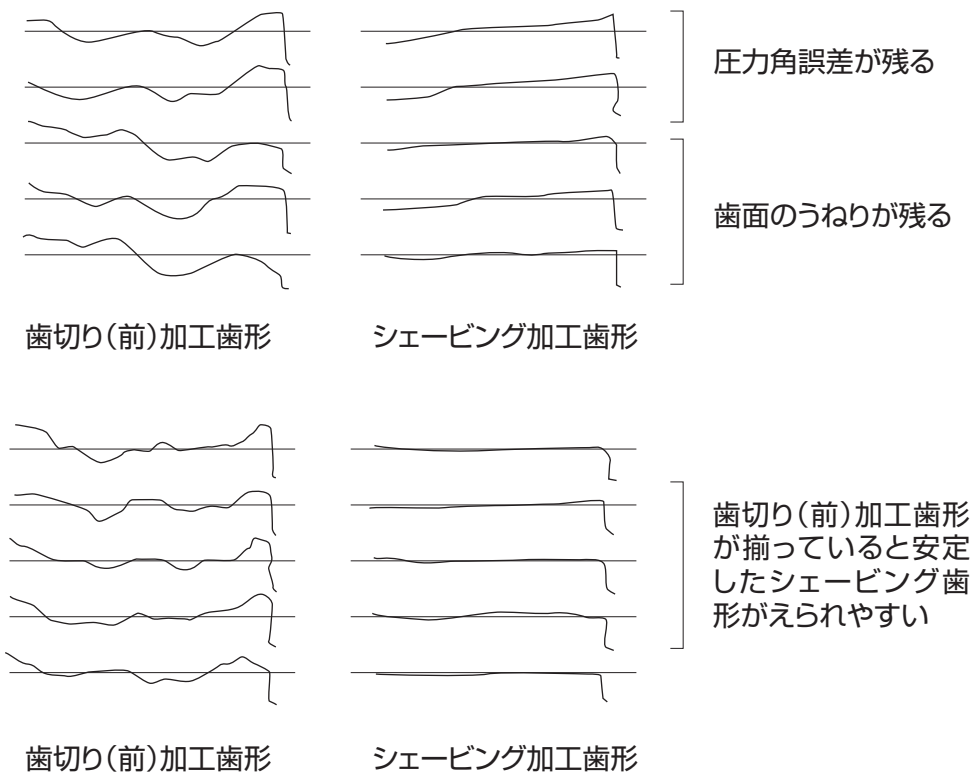
注(1)ダイヤゴナル(P53式(1))、プランジカッタ、アンダーパス(P53式(2))の場合検討が必要です。
注(2)プランジカッタ、アンダーパスの場合検討が必要です。

図18 共用検討のフローチャート

4-10 シェービング加工のトラブルと対策

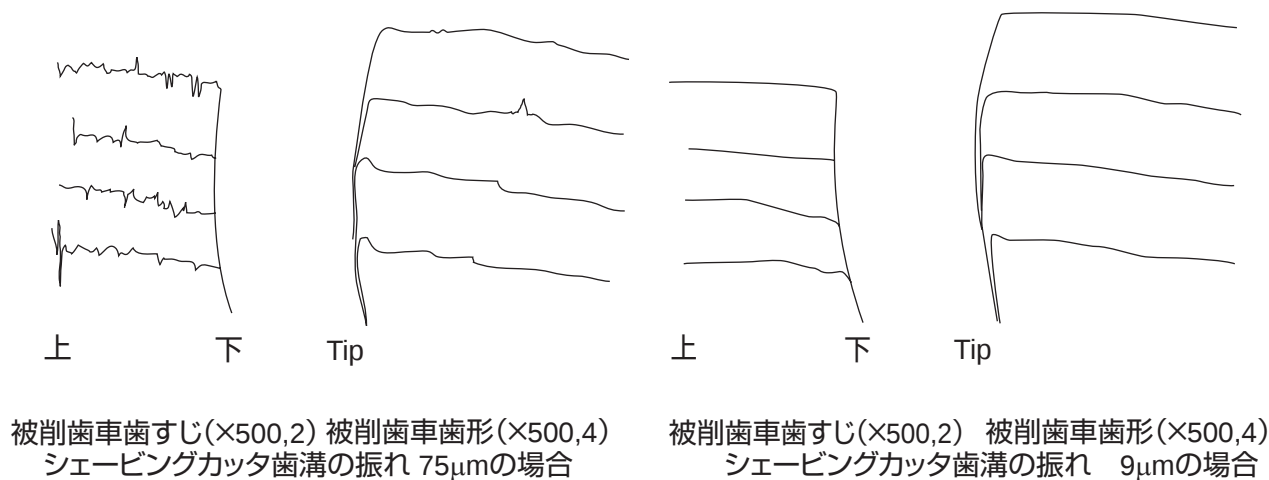
1. 歯切り（前）加工歯形の影響

前加工歯形に大きな特徴がある場合、シェービング加工後の歯形にその特徴が残る場合があるので注意が必要です。



2. カッタ歯溝の振れの影響

被削歯車歯形にうねりが生じる場合、シェービングカッタ歯面研削時の歯溝の振れが原因である可能性があります。



●シェービング加工でのトラブルと対策

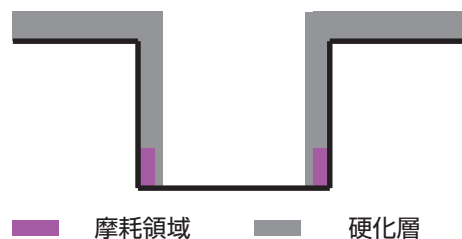
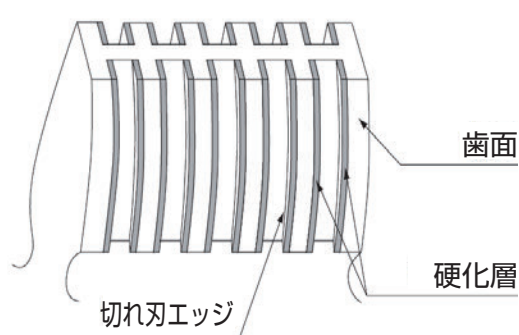
トラブルの現象	原因	対策
A. ワーク歯面傷	1. 切削油の劣化 2. カッタのインボリュート歯面の粗さ不良 3. SV 代の過大 4. ワークの打こん 5. カッタの磁気帯び 6. カッタの設計の不適	切削油の確認・交換をおこなってください。 カッタを再研削してください（スパークアウト注意）。 前歯切り歯厚の確認・見直しをおこなってください。 4－8－（2）参照。 ワークの取扱いに注意してください。 カッタの脱磁をおこなってください。 メーカーに検討を依頼してください。
B. ワーク歯面粗さ	1. 切削油の劣化、不適 2. SV 代の過大 3. カッタの共用（ブランチ、アンダーパス） 4. カッタ研削時の歯溝の振れ 5. カッタ歯先のフィレット干渉 6. カッタの設計の不適	切削油の確認・交換をおこなってください。 前歯切り歯厚の確認・見直しをおこなってください。 4－8－（2）参照。 カッタの専用設計をおこなってください。 4－10－2 参照。 カッタの外径－歯厚の対応を確認してください。 前歯切り工具の選定をおこなってください。4－8－（3）参照。 メーカーに検討を依頼してください。
C. ワーク歯形不良	1. 前歯切り歯形の不良 2. カッタ歯先のフィレット干渉 3. カッタの設計の不適	ホブ 2－11、2－12、ピニオンカッタ 3－8、4－8－（1）、4－10－1 参照。 カッタの外径－歯厚の対応を確認してください。前歯切り工具の選定をおこなってください。4－8－（3）参照。 メーカーに検討を依頼してください。
D. ワーク歯形ばらつき	1. 前歯切り歯形の不良 2. 旋削精度の不良 3. ワークの振れ 4. カッタの切れ味の低下 5. 加工中の振動 6. カッタの設計の不適	ホブ 2－11、2－12、ピニオンカッタ 3－8、4－8－（1）、4－10－1 参照。 ワーク穴径、穴と端面の直角度の精度を向上させてください。 アークの振れ、ワーク穴とのはめ合いを確認してください。4－8－（5）、（6）参照。 カッタを再研削してください。 SV 盤の振動を確認してください。 メーカーに検討を依頼してください。
E. カッタが短寿命	1. D. ワーク歯形ばらつきと同様 2. 加工条件の不適 3. カッタの設計の不適	加工条件を見直してください（4－6 参照）。 メーカーに検討を依頼してください。
F. カッタの欠損	1. 前加工時のバリ 2. SV 代の過大 3. カッタ歯先のフィレット干渉 4. 加工条件の不適 5. カッタの設計の不適	4－8－（7）参照。 前歯切り歯厚の確認・見直しをおこなってください。 4－8－（2）参照。 カッタの外径－歯厚の対応を確認してください。 前歯切り工具の選定をおこなってください。4－8－（3）参照。 加工条件を見直してください（4－6 参照）。 メーカーに検討を依頼してください。

4-11 長寿命・高能率加工用 HSPシェービングカッタ

従来のシェービングカッタ素材に対して、耐摩耗性、靱性、硬度を向上。

●特長

- ①高Co（コバルト）であるコバルトハイス
→耐熱性、硬度向上
- ②高硬度のため、切れ味が向上
→耐摩耗性向上
- ③V（バナジウム）の含有量を抑えているため、被研削性が良好
→歯形の研削がし易い
- ④熱処理条件の最適化により靱性向上
→耐チッピング性向上



摩耗領域よりも深く硬化層をもつことで、
従来カッタと比較をし、寿命向上

〔加工事例1〕リングギヤ

〔ワーク諸元〕 m1.5 PA14.5° 80NT 30° RH	〔カッタ諸元〕 121NT 15° LH ブランジカッタ	平均加工数		効果
		従来品 (SKH51+窒化酸化)	3000	—
		HSP	9000	3倍

〔加工事例2〕高硬度ワーク

〔ワーク諸元〕 m2.9 PA14.5° 30NT 15° LH	〔カッタ諸元〕 67NT 5° RH コンベンショナル	平均加工数		効果
		従来品 (SKH51+窒化酸化)	500	—
		HSP	1150	2.3倍

4-12 高性能鋼種 KHVX シェービングカッタ

シェービングカッタの材質としては前項のHSPのように高Co（コバルト）化の傾向にありますが、当社ではCoとともに耐摩耗性を向上させる目的でV（バナジウム）を添加した高性能鋼種KHVXの実用化に成功しました。

●特長

- ①高バナジウム、高コバルトにより耐摩耗性が向上します。
- ②高硬度のVC炭化物を微細化、均一化することで耐チップング性を維持します。

〔材料特性の比較〕

	区 分	耐 摩 耗 性	耐チップング性	耐 熱 性	被 研 削 性
SKH51 AISI M2	溶解材				
KHA	粉末材				
KHVX	溶解材				

〔加工事例〕

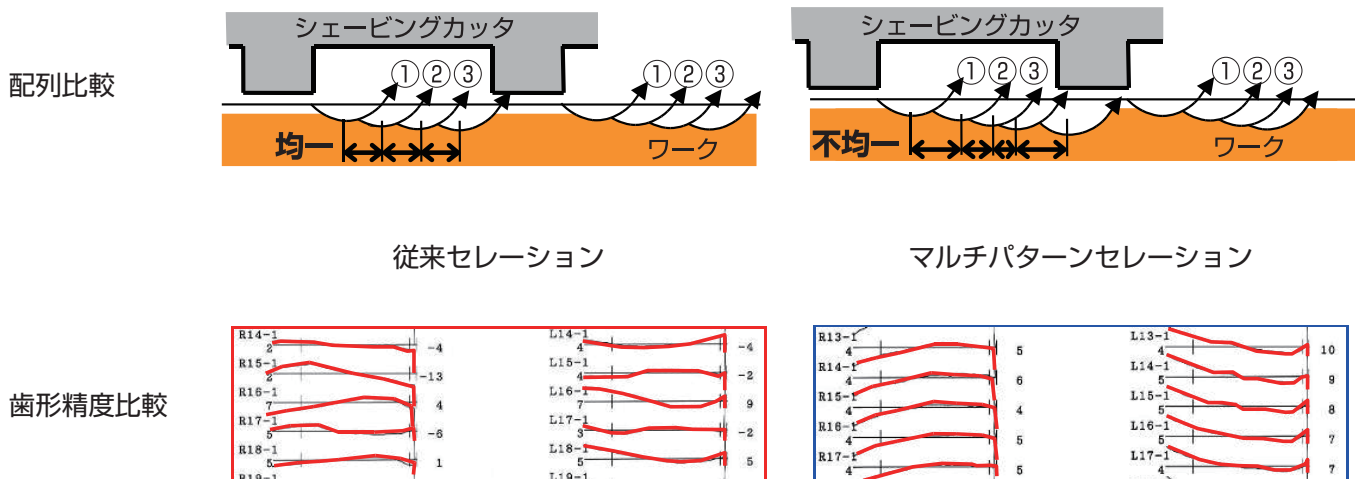
〔ワーク諸元〕 m2.5 PA17.5° 30NT 30° RH SCr420 〔カッタ諸元〕 79NT 15°LH ブランジカッタ	鋼種名	平均加工数/REG(N=5)	効果
	SKH51 AISI M2	1,900	—
	KHA	3,800	2.0倍
	KHVX	4,032	2.1倍

4-13 シェービングカッタ テクニカルラインナップ

特殊なセレーション配列により様々な不具合を解消致します。

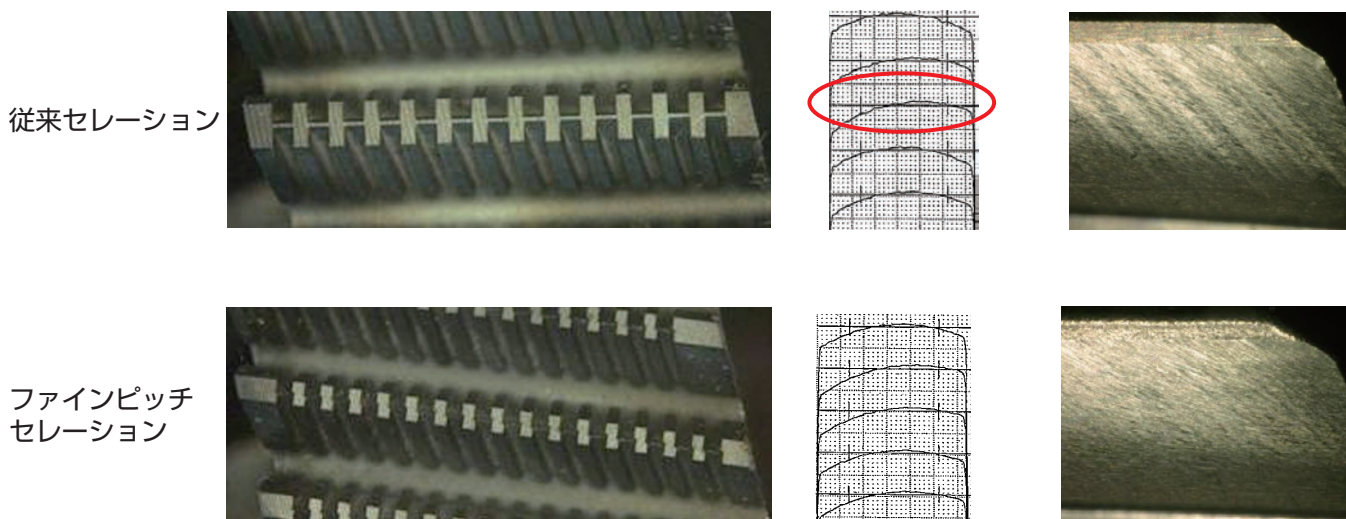
(1) マルチパターンセレーション／歯形の周期的なうねりの改善

- ・ワーク歯すじ方向の切り込み量を最適化・不均一化
→加工時に発生する振動を抑制
- ・同一ワーク内の歯形・歯すじのばらつきを抑える独自のセレーション配列



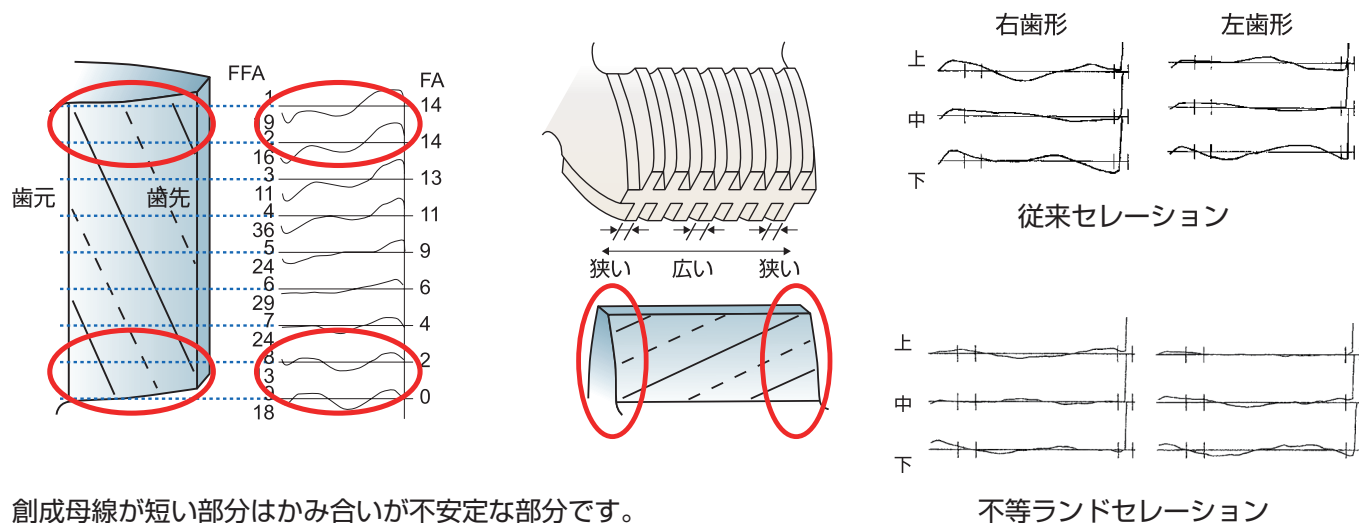
(2) ファインピッチセレーション／歯面あらさの改善

- ・セレーション配列を小ピッチ可（ファインピッチ）
→ワーク歯面に作用する切れ刃エッジの増加により歯面あらがが向上



(3) 不等ランドセレーション／歯形の上中下ばらつき改善

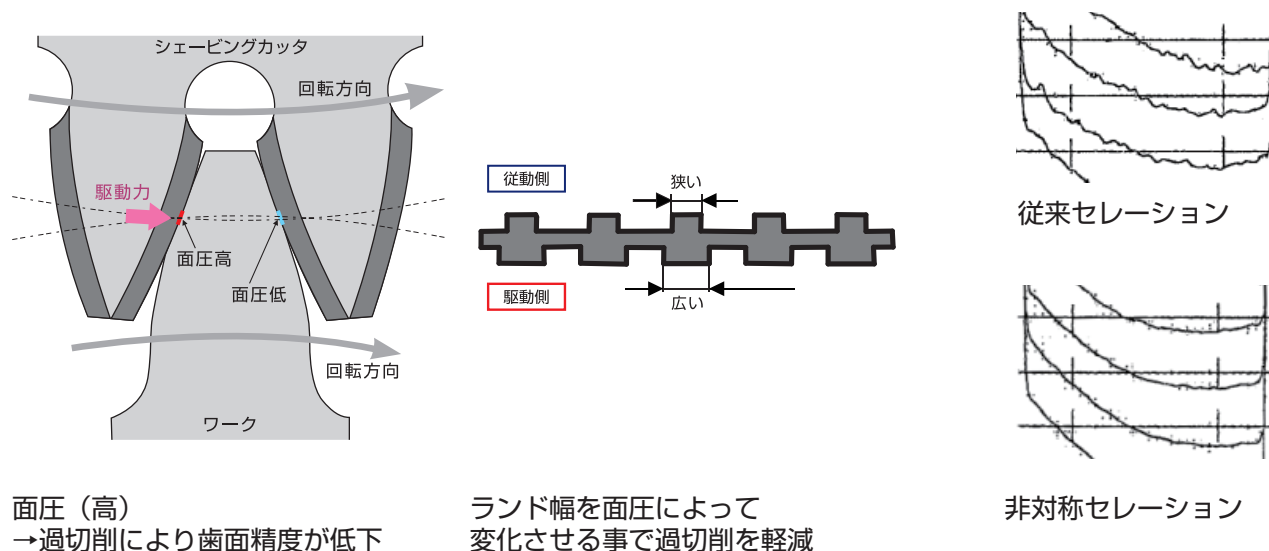
- ・ かみ合い変動が起こりやすい歯形の上下位置のセレーションランドを不等化



(4) 非対称セレーション／歯形の左右ばらつき改善

- ・ 駆動側と従動側のセレーションランドを非対称化

→面圧の違いによる取代のアンバランスを考慮した設計で駆動側の歯面精度を向上



4-14 標準寸法表



表7 丸形シェービングカッタの標準寸法表

呼び寸法	モジュール m	歯 数 z	幅 b	呼び寸法	モジュール m	歯 数 z	幅 b
175	1.25	137	19.05	225	2	113	19.05
	1.5	113			2.25	97	
	1.75	97			2.5	89	
	2	89			2.75	79	
	2.25	79			3	73	
	2.5	67	25.4		3.5	61	25.4
	2.75	61			4	53	
	3	59			4.5	47	
	3.5	47			5	43	
	4	43			5.5	41	
200	1.5	137	19.05	300	6	37	25.4
	1.75	113			7	31	
	2	97			8	29	
	2.25	89			4	73	25.4
	2.5	79	4.5		67		
	2.75	73	5		59		
	3	67	5.5		53		
	3.5	59	6		47		
	4	47	7		41		
	4.5	43	8		37	31.75	
	5	41	9		31		
	5.5	37	10		29		
	6	31			11	27	
(注)記載寸法以外でも製作可能です。					12	23	

(注)記載寸法以外でも製作可能です。
ご希望の寸法をお知らせ下さい。

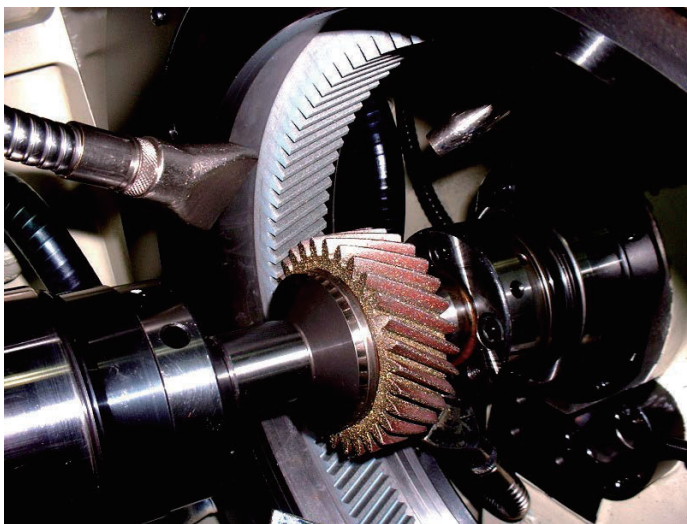
ピッチ円直径は、呼び寸法に近い値です。

(JISB4357)

5. ダイヤモンドドレッシングギヤ

5-1 特長

- ・ 歯車を研削する砥石を成形およびドレスするために、歯面にダイヤモンド砥粒を電着した歯車状の工具です。
- ・ ドレッシングギヤの形状を砥石に転写し、その砥石で歯車歯面を仕上げる研削方法で、サイクルタイムが短く、量産歯車の加工に適しています。
- ・ 再電着が可能



ダイヤモンドドレッシングギヤは、図1に示すように研削される歯車と同一形状をしています。

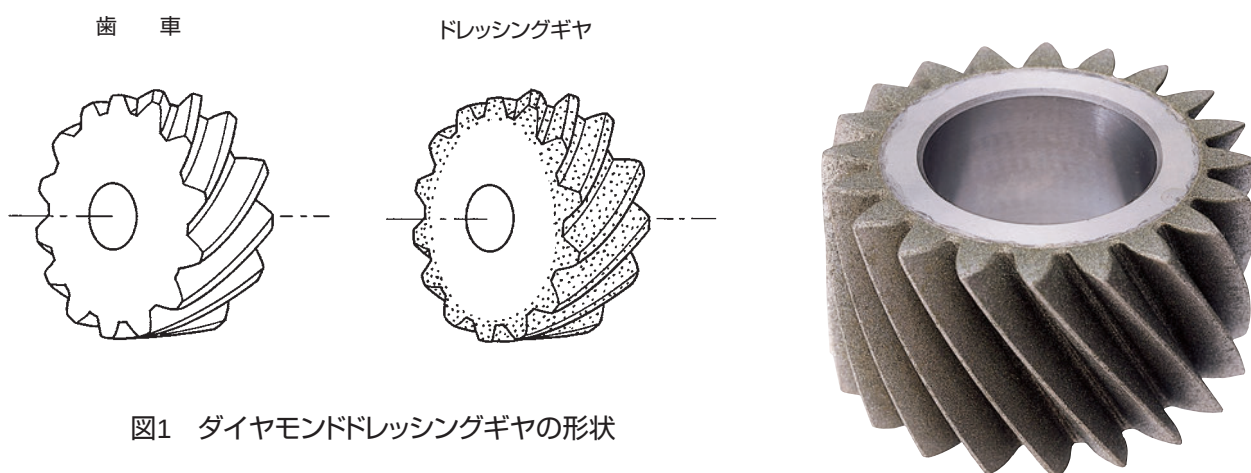


図1 ダイヤモンドドレッシングギヤの形状

ドレッシングギヤは鋼の歯車状台金の表面に、ダイヤモンド砥粒をめっき法で固着（電着）させたもので、ダイヤモンド砥石で歯面のツルーイング（歯形研削）をおこない、ドレッシングギヤが完成します。寿命は被研削歯車の要求精度、加工条件などで異なりますが、一般には1個のドレッシングギヤで、400～500回のドレスが可能で、10,000～20,000個の歯車が加工できます。寿命になるとドレッシングギヤの表面に電着された砥粒を除去したあと、新しい砥粒を電着し、再度使用することができます。

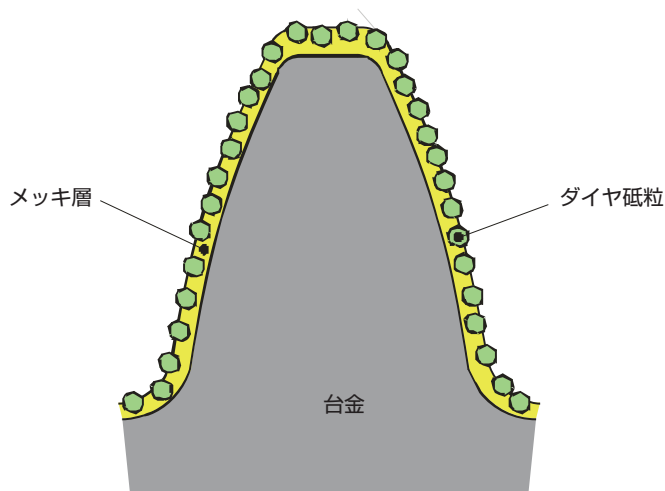


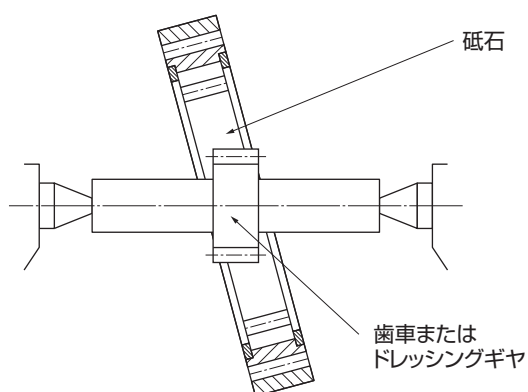
図2 ダイアモンドドレッシングギヤの歯部構造

5-2 加工原理

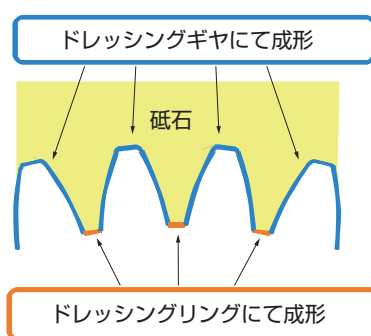
ギヤホーニング法は、一般的に内歯車形状の砥石をもちいて歯車を研削します。ドレッシングギヤで砥石の歯面を、ドレッシングリングで砥石の小径を成形します。

ドレッシングギヤを研削される歯車と同じ位置に取付け、砥石を短時間でドレスします。

ドレッシングギヤの精度が砥石を介してそのまま歯車に転写されるため、ドレッシングギヤには μm 単位の歯形精度が要求されます。



ギヤホーニング法



ドレッシングリング

5-3 バイアス歯形ドレッシングギヤ

自動車の駆動系歯車は、かみ合い時の歯当り改善のために、図3に示すような、歯車の歯すじ方向に沿って歯形を連続的に変化させたバイアス歯形を採用することが多くなっています。このバイアス歯形は、歯形研削時の歯形創成運動に使用されるピッチブロックの偏心によってえられます。この研削法では、外径の大きい砥石が使用されます。ドレッシングギヤの歯形研削にはダイヤモンド砥石を使用しますが、外径の大きい砥石を精度よく製作することは難しく、精度のよいドレッシングギヤはえられません。

当社では、小径砥石をもちいた3次元コントロールCNC歯車研削盤を開発し、ドレッシングギヤの高精度バイアス歯形ツルーイングを実現しました。図4にツルーイング後のドレッシングギヤ歯形を、図5にギヤホーニング後の歯車歯形を示します。

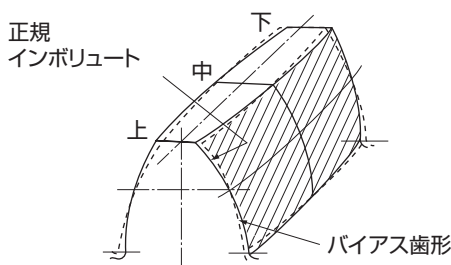


図3 バイアス歯形

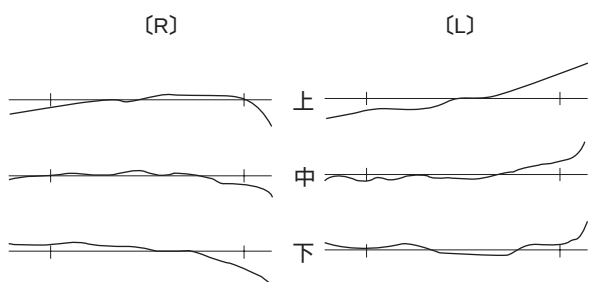


図4 ドレッシングギヤ歯形

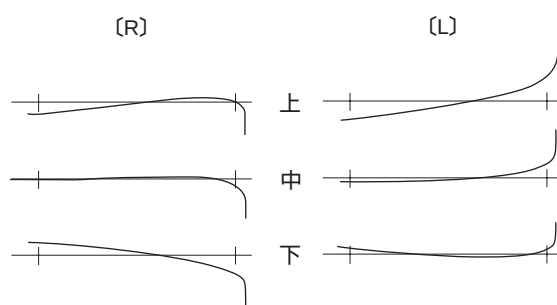
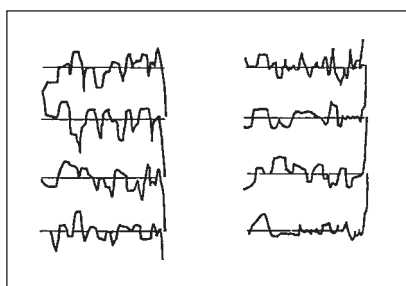


図5 ギヤホーニング後の歯車歯形

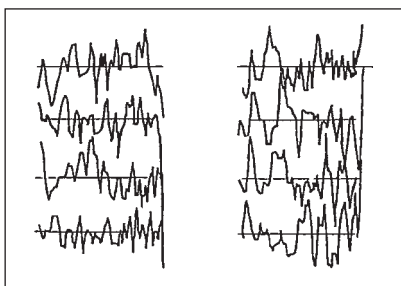
5-4 精密電着技術

ドレッシングギヤの台金にダイヤモンド砥粒を電着する際、砥粒は台金に接した状態で電着されるため、使用される砥粒寸法のばらつきの影響で、ドレッシングギヤ表面の砥粒の切れ刃高さは不揃いになります。また台金表面に固着されずに浮きあがった砥粒も存在します。

当社では、電着時の砥粒の挙動を観察した結果に基づき、精密分級した砥粒を台金に密着させる精密電着法を考案し採用しています。写真1にドレッシングギヤ歯面のSEM写真を、図6に従来の電着法と精密電着法を採用したドレッシングギヤの電着後の歯形を示します。



精密電着品



従来品

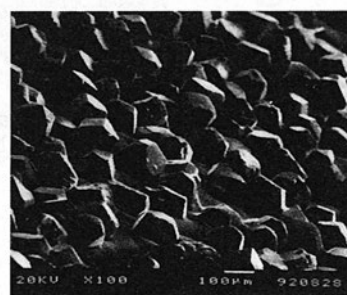


写真1 ドレッシングギヤ表面 (SEM 写真)

図6 ドレッシングギヤ電着後の歯形データ

5-5 ドレッシングギヤ 砥粒ラインナップ

ギヤホーニング加工に使用されるダイヤモンドドレッシングギヤには、下記のサイズの砥粒があります。

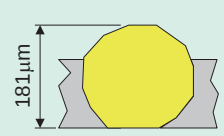
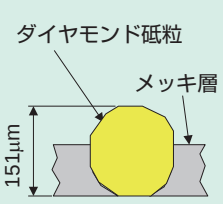
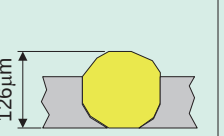
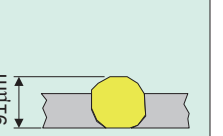
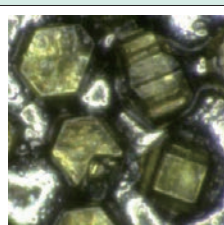
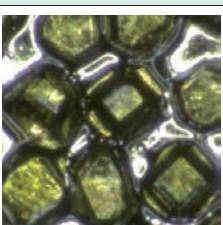
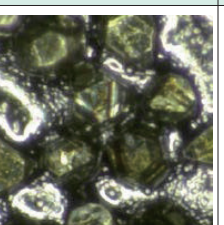
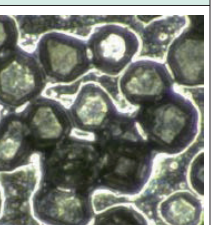
ダイヤモンド砥粒	#80	#100	#120	#170
砥粒サイズ比	2	1.7	1.5	1
砥粒表面積比	4	3	2	1
砥粒保持力	大 ←  小			
平均砥粒径				
電着砥粒写真				

図7 砥粒ラインナップ

ドレッシングギヤ	歯車加工数	
#80		11,500個
#170		6,000個
歯車諸元：m3.0 PA17.5° 28° LH 20NT 幅40		
#80		21,000個
#120		14,500個
歯車諸元：m2.25 PA17.5° 30° RH 50NT 幅30		

図8 加工事例

特に#80の砥粒では、#170砥粒に対して直径で2倍、表面積で4倍であり、砥粒強度および砥粒保持力がさらに向上。#120・#170砥粒品の1.5～2倍の長寿命です。

また当社独自の精密電着技術およびセミツルーイング法により歯形精度は従来同等です。

6. その他の製品

6-1 バニシングギヤ

熱処理された歯車に圧力角修正、ねじれ角修正を施した工具を押しつけながら回転させることにより、バリ、打こんの除去をおこなう工具です。通常、3組のバニシングギヤで加工します。



バニシングギヤ

6-2 フレージングカッタ

歯切り加工された歯車の端面を、インボリュート方向に沿って押しつぶすことにより、短時間で面取り加工する歯車型工具です。面取りする部位のタイプとして以下の2タイプがあります（図1参照）。

- ・ 歯面の片側のみ面取りするタイプ
- ・ 左右歯面の端面を面取りするタイプ

歯車 面取り	平 歯 車	は ず ば 歯 車
片 側		
両 側		

図1 面取りする部位のタイプ



図2 フレージングカッタと歯車



フレージングカッタ

面取り形状としては以下の3タイプがあります（図3参照）。

- ・ 歯先と歯元の面取り量が異なるテーパ形
- ・ 歯先と歯元の面取り量が同じ平行形
- ・ 歯底も同時に面取りする平行形

歯車端面は通常軸直角ですが、傾斜している端面も面取りが可能です。15° を超える場合は計算による確認が必要です（図4参照）。

面取り量の調整を2枚のブレードの位相を変える事で行いますが、偏心ピンを組み込む事で位相調整をボルトで行うことが出来ます（図5参照）。



図3 面取り形状

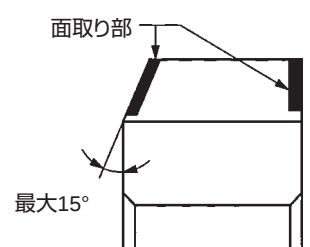


図4 端面が傾斜している歯車

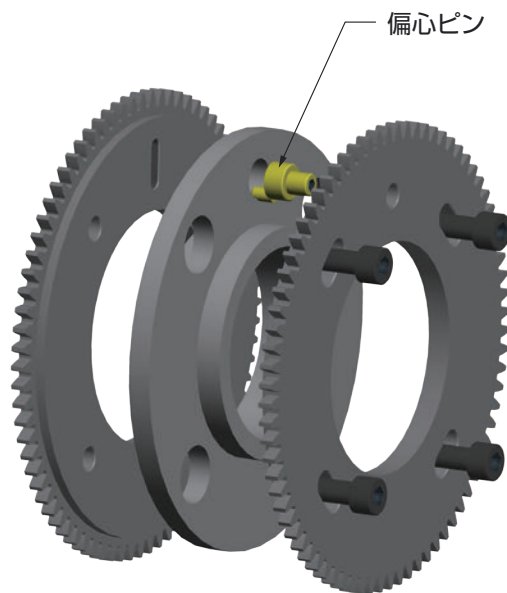


図5 偏心ピン付きフレージングカッタ

6-3 マスタギヤ

測定歯車と回転させて、そのかみ合い状態により、歯車の精度を判定するためにもちいられます。また、2 歯面
かみ合い自動選別機において、偏心、歯厚、打こんなどを検出するギヤとしてもちいられます。

当社は、各種切削工具のコーティング技術を応用し、TiN、バイオレットコーティングを施したマスタギヤを
製造しています。



マスタギヤ

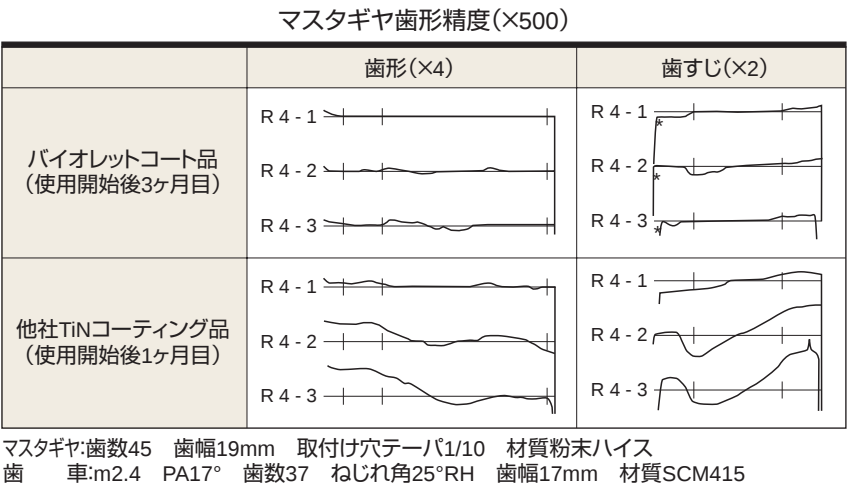
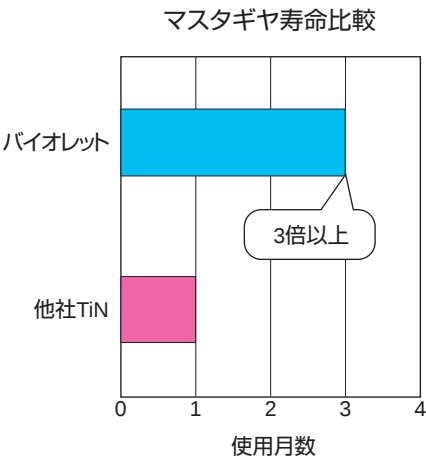


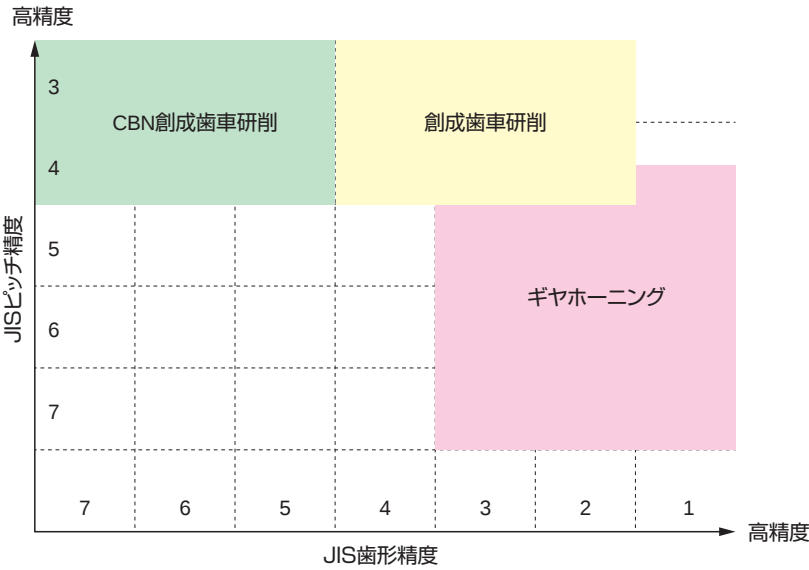
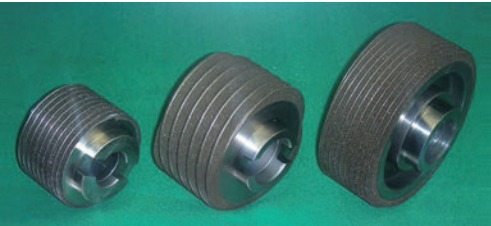
図6 バイオレットコーティング適用事例

6-4 TRG-Tool (Triple R Gear Grinding Tool)

高速・高能率な歯車研削加工に適した創成歯車研削用ねじ状 CBN 電着工具です。

●特長

- ・ Rough 高いピッチ誤差の矯正能力⇒ギヤホーニングの前加工に最適
ギヤホーニング砥石寿命とドレスサイクルの延長に効果有
- ・ Rapid 高速加工が可能な連続創成歯車研削に対応する為ウォーム形状を採用。
製作時の歯形の作り込みにより、機上ドレス不要。
- ・ Reliable 高精度台金製造技術＋精密電着技術＋歯切工具設計技術⇒工具の取付け精度の再現性大



各種歯車加工法とターゲット

●加工事例

表1 歯車研削条件

ワーク諸元		工具諸元		研削条件	
モジュール	2.3	外径	120mm	工具回転数	4.000min ⁻¹
歯数	43	砥粒	cBN#170	送り速度	0.5—1.0mm/rev
圧力角	17.5 deg	条数	2	サイクルタイム	60sec

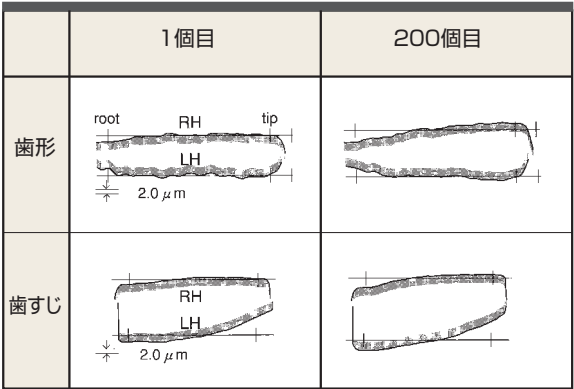


図7 歯形・歯すじ精度

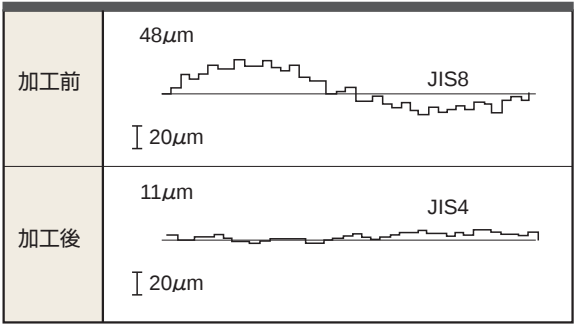


図8 累積ピッチ誤差

7. 共通資料

7-1 発注仕様書

明石製作所 精密工具センター 殿 年 月 日

ホ ブ 設 計 仕 様 書		取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
		ユーザ名			完了日	担当者	
支給図	☐ なし ☐ 被削ワーク図面 ☐ 当社カット図面 ☐ その他カット図面 ☐ ユーザ仕様書 ☐ その他						
ワーク諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 A 項目を追加変更						
カット諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 B 項目を追加変更						
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 ☐ 短納期 ☐ TEN ライン (納期)						

☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考 ☐ 材料先行手配済み (受注前納入図送付先:)
--	---

A 被削ワーク諸元		B カット諸元	
部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 工具番号	
部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 精度	☐ AA 級 ☐ A 級 ☐ ()
☐ 被削材料		☐ 種別	☐ ハイス ☐ 超硬
☐ 硬さ		☐ クーラント	☐ ドライ ☐ ウェット (油性・水溶性)
☐ m or DP	(必ず記入)	☐ カット材質	☐ KMC3 ☐ SKH55 ☐ KVC1 ☐ KVC5 ☐ DH01B ☐ KHA() ☐ GV40 ☐ その他() ☐ 一任
☐ 圧力角	(必ず記入)	☐ 表面処理	☐ 無処理 ☐ 窒化酸化 ☐ TiN ☐ バイオレット ☐ GV40 ☐ DP ☐ その他() ☐ すくい面無し
☐ 歯数		☐ 外径	
☐ ねじれ角	☐ RH ☐ LH	☐ 全長/刃長	/ ☐ 一任
☐ 歯先円径		☐ 穴径	
☐ 歯底円径	☐ 歯底円径 ☐ 歯丈 ☐ 工具アデンダム	☐ キー溝	☐ JIS 穴キー ☐ 特殊穴キー (幅 深さ R) ☐ JIS サイドキー ☐ 特殊サイドキー (幅 深さ R) ☐ 左 ☐ 右 ☐ 両側 (ハブ幅) ☐ 参考図面 ()
☐ 歯厚	☐ 円弧歯厚 ☐ またぎ歯厚 ZM () ☐ オーバピン寸法 φ ()	☐ 歯数	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6
☐ SV 後 (GR・Ho 後)		☐ 進み方向	☐ RH ☐ LH ☐ 一任
☐ 歯切後		☐ すくい角	☐ 0° ☐ 6° ☐ 8° ☐ ()
☐ SV 代 (GR・Ho 代)	☐ 円弧 ☐ またぎ ☐ OBD	☐ 刃数	☐ 一任 ☐ 指定 ()
☐ 歯形管理長さ	☐ かみ合い長さ ☐ TIF 径 ☐ 回転角	☐ 刃溝リード	☐ なし ☐ あり ()
☐ 相手歯車諸元	歯数 () 外径 () 軸間距離 ()	☐ 歯形	☐ 標準仕上げ ☐ P ☐ PG ☐ S-TOP ☐ PS ☐ PGS ☐ PP ☐ PGP ☐ PSP ☐ PGSP
☐ 歯底 R	☐ 指示なし ☐ ワーク歯底 R ☐ カット歯先 R	☐ トッピング	☐ なし ☐ あり
☐ 面取り量	☐ 半径方向:	☐ 修整歯形	☐ なし ☐ BS (A2、B) 修整 ☐ BS (C、D) 修整 ☐ 特殊修整 ()
☐ 歯切後	☐ 円周方向: (軸直・歯直)		
☐ SV 後 (GR・Ho 後)	☐ 斜辺方向		
	☐ 面取り径		
☐ 歯車形状	☐ オープンギヤ(歯幅) ☐ ショルダギヤ (ショルダ外径: 隙間)	☐ 特記事項	英文図面 ☐ 要 ☐ 不要

☐ ラックホブ ☐ セレーションカッタ 設 計 仕 様 書		取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
		ユーザ名			完了日	担当者	
支給図	☐ なし ☐ 被削ワーク図面 ☐ 当社カッタ図面 ☐ その他カッタ図面 ☐ ユーザ仕様書 ☐ その他						
ワーク諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 A 項目を追加変更						
カッタ諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 B 項目を追加変更						
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 ☐ 短納期 ☐ TEN ライン (納期)						

☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考	☐ 材料先行手配済み (受注前納入図送付先:)
--	----	--

A	被削ワーク諸元		B	カッタ諸元	
	部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐	工具番号	
	部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐	精度	☐ 0級相当 ☐ 1級相当 ☐ ()
☐	被削材料		☐	クーラント	☐ ドライ ☐ ウェット (油性・水溶性)
☐	硬さ		☐	カッタ材質	☐ KMC3 ☐ SKH55 ☐ KVC1 ☐ KVC5 ☐ DH01B ☐ KHA() ☐ その他() ☐ 一任
☐	m or ピッチ (必ず記入)		☐	表面処理	☐ 無処理 ☐ 窒化酸化 ☐ TiN ☐ バイオレット ☐ その他() ☐ すくい面無し
☐	圧力角 (必ず記入)		☐	外径	
☐	山数		☐	全長/刃長	/ ☐ 一任
☐	ねじれ角	☐ RH ☐ LH	☐	☐ ワーク形状より計算	
☐	歯丈		☐	穴径	
☐	☐ アテンダム		☐	キー溝	☐ JIS 穴キー ☐ 特殊穴キー (幅 深さ R) ☐ JIS サイドキー ☐ 特殊サイドキー (幅 深さ R) ☐ 左 ☐ 右 ☐ 両側 (ハブ幅) ☐ 参考図面 ()
☐	☐ 仕上歯厚 (歯直角)		☐	カッタ山数	
☐	☐ GR 代	☐ なし ☐ あり ()	☐	すくい角	☐ 0° ☐ 6° ☐ 8° ☐ ()
☐	不等歯厚	☐ なし ☐ あり (別途指示)	☐	刃数	☐ 一任 ☐ 指定 ()
☐	歯底 R	☐ 指示なし ☐ ワーク歯底 R ☐ カッタ歯先 R	☐	刃溝リード	☐ なし ☐ あり ()
☐	面取り量	☐ 半径方向: ☐ 円周方向: (軸直・歯直) ☐ 斜辺方向 ☐ 面取り径	☐	歯形	☐ 標準仕上げ ☐ PG ☐ S-TOP ☐ PGS
☐	☐ 歯切後		☐	トッピング	☐ なし ☐ あり
☐	☐ SV後 (GR・Ho 後)		☐	基準端面 および寸法	☐ なし ☐ 左 ☐ 右 ☐ 振分け () 公差 ()
☐	両端面加工	☐ なし ☐ あり (別途指示)	☐	特記事項	英文図面 ☐ 要 ☐ 不要

角スプラインホブ 設計仕様書		取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
		ユーザ名			完了日	担当者	
支給図	☐ なし ☐ 被削ワーク図面 ☐ 当社カット図面 ☐ その他カット図面 ☐ ユーザ仕様書 ☐ その他						
ワーク諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記A項目を追加変更						
カット諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記B項目を追加変更						
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 ☐ 短納期 ☐ TENライン (納期)						

☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考 ☐ 材料先行手配済み (受注前納入図送付先:)
--	---

A 被削ワーク諸元 (形状)		B カット諸元	
部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 工具番号	
部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 精度	☐ 1級相当 ☐ ()
☐ 被削材料		☐ クーラント	☐ ドライ ☐ ウェット (油性・水溶性)
☐ 硬さ		☐ カッタ材質	☐ KMC3 ☐ SKH55 ☐ KVC1 ☐ KVC5 ☐ DH01B ☐ KHA() ☐ その他() ☐ 一任
☐ スプライン歯数		☐ 表面処理	☐ 無処理 ☐ 窒化酸化 ☐ TiN ☐ バイオレット ☐ その他() ☐ すくい面無し
☐ ねじれ角	☐ RH ☐ LH	☐ 外径	
☐ 大径		☐ 全長/刃長	/ ☐ 一任
☐ 小径	研削代 () ☐ 径 ☐ 片側	☐ 穴径	
☐ スプライン幅	研削代 ()	☐ キー溝	☐ JIS 穴キー ☐ 特殊穴キー (幅 深さ R) ☐ JIS サイドキー ☐ 特殊サイドキー (幅 深さ R) ☐ 左 ☐ 右 ☐ 両側 (ハブ幅) ☐ 参考図面 ()
☐ 歯形管理基準	☐ フィレット径 ☐ 相手内スプライン小径	☐ つの(歯底逃がしありに対応)	☐ なし ☐ 一任 (歯底逃がしより計算) ☐ 指定 (幅 高さ)
☐ 歯底逃がし	☐ なし ☐ あり (別途指示) ☐ 歯形管理基準径より判断	☐ 数	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6
☐ 面取り量 ☐ 歯切後 ☐ SV後 (GR・Ho 後)	☐ 半径方向:	☐ 進み方向	☐ RH ☐ LH ☐ 一任
	☐ 円周方向: (軸直・歯直)	☐ すくい角	☐ 0° ☐ 6° ☐ 8° ☐ ()
	☐ 斜辺方向	☐ 刃数	☐ 一任 ☐ 指定 ()
	☐ 面取り径	☐ 刃溝リード	☐ なし ☐ あり ()
		☐ 特記事項	英文図面 ☐ 要 ☐ 不要

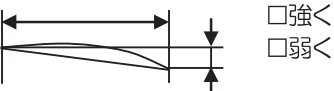
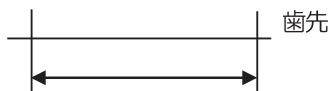
設計仕様書 ピニオンカッタ		取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
		ユーザ名			完了日	担当者	
支給図	☐ なし ☐ 被削ワーク図面 ☐ 当社カッタ図面 ☐ その他カッタ図面 ☐ ユーザ仕様書 ☐ その他						
ワーク諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 A 項目を追加変更						
カッタ諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 B 項目を追加変更						
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 ☐ 短納期 ☐ TEN ライン (納期)						

☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考	☐ 材料先行手配済み (受注前納入図送付先:)
--	----	--

A 被削ワーク諸元			B カッタ諸元		
	部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐	工具番号	
	部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐	カッタ形状	☐ ディスク ☐ ベル ☐ シャンク
			☐	精度	☐ AA 級 ☐ A 級 ☐ B 級 ☐ ()
			☐	クーラント	☐ ドライ ☐ ウェット (油性・水溶性)
☐	被削材料		☐	カッタ材質	☐ SKH55 ☐ KMC3 ☐ KHA () ☐ その他 () ☐ 一任
☐	硬さ		☐	表面処理	☐ 無処理 ☐ 酸化処理 ☐ TiN ☐ バイオレット ☐ DP ☐ その他 ()
☐	m or DP	(必ず記入)			
☐	圧力角	(必ず記入)			
☐	歯数	☐ 外歯 ☐ 内歯	☐	すくい面コーティング	☐ なし ☐ あり
☐	ねじれ角	☐ RH ☐ LH	☐	歯数	☐ 指定 (T) ☐ 一任 (呼び寸法) ☐ 50 形 ☐ 75 形 ☐ 100 形 ☐ 125 形 ☐ 150 形 ☐ 175 形
☐	歯先円径		☐	全幅	☐ 指定 () ☐ 一任
☐	歯底円径	☐ 歯底径 ☐ 歯丈 ☐ 工具アデンダム	☐	歯幅	☐ 全幅と同じ ☐ 指定 () ☐ 一任
☐	歯厚	☐ 円弧歯厚 ☐ またぎ歯厚 ZM () ☐ オーバ(ピトウィン)ピン寸法 ☐ φ ()	☐	穴径	☐ 31.742 ☐ 44.45 ☐ 31.75 ☐ その他 (穴径 公差)
☐	SV 後 (GR 後)		☐	キー形状	☐ なし ☐ JIS 穴キー ☐ 特殊穴キー ☐ 端面キー (幅 深さ R)
☐	歯切後		☐	すくい角	☐ 5° ☐ その他 ()
☐	SV 代 (GR 代)	☐ 円弧 ☐ またぎ ☐ OBD・BBD	☐	刃付け角	☐ 一任 ☐ 指定 ()
☐	歯形管理 長さ	☐ かみ合い長さ ☐ TIF 径 ☐ 回転角	☐	ヘリカルガイド	☐ 一任 ☐ 指定 ()
☐	相手歯車 諸元	歯数 外径 軸間距離	☐	歯形	☐ 標準仕上げ ☐ P ☐ PG ☐ S-TOP ☐ PS ☐ PGS ☐ PP ☐ PGP ☐ PSP ☐ PGSP
☐	歯底 R	☐ 指示なし ☐ ワーク歯底 R ☐ カッタ歯先 R	☐	トッピング	☐ なし ☐ あり
☐	面取り量 ☐ 歯切後 ☐ SV 後 ☐ GR 後	☐ 半径方向; 円周方向; (軸直・歯直) ☐ 斜辺方向; ☐ 面取り径;	☐	シャンク形状	全長 歯幅 ☐ 一任 ☐ 指定 () 首径 ☐ 一任 ☐ 指定 () テーパー形状 ☐ MT2 ☐ MT3 ☐ MT4 ☐ F 形 ☐ その他 () テーパー部長さ ☐ 標準 ☐ 特殊 ()
☐	歯幅		☐	引きねじ	☐ なし ☐ あり ねじ径; 有効長;
☐	歯車形状	☐ オープンギヤ ☐ ショルダギヤ (ショルダ外径 隙間) ☐ テーパギヤ(詳細は別紙添付のこと)	☐	特記事項	英文図面 ☐ 要 ☐ 不要
☐	特記事項	☐ なし ☐ 特殊分割 ☐ 不等歯厚	☐		

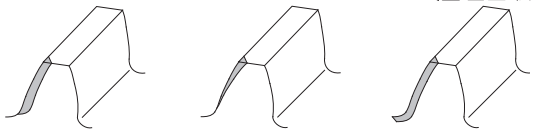
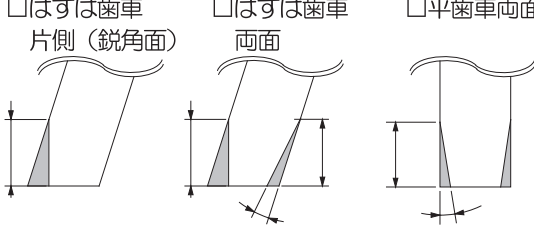
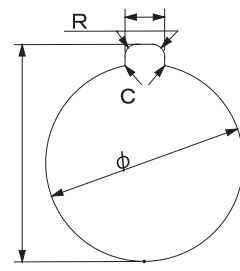
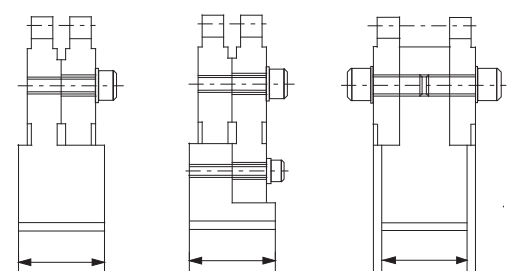
シェーピングカッタ 設計仕様書		取引連番 ユーザ名	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
					完了日	担当者	
支給図	☐ なし ☐ 被削ワーク図面 ☐ 当社カッタ図面 ☐ その他カッタ図面 ☐ ユーザ仕様書 ☐ その他						
ワーク諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 A 項目を追加変更						
カッタ諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 B 項目を追加変更						
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 ☐ 短納期 ☐ TEN ライン (納期)						

☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考 ☐ 材料先行手配済み (受注前納入図送付先:)
--	---

A 被削ワーク諸元		B カッタ諸元	
部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 工具番号	
部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 精度	☐ JIS ☐ その他 ()
☐ 被削材料		☐ カッタ材質	☐ SKH51 ☐ KHV1 ☐ KHVX ☐ HSS-2 ☐ HSP ☐ その他 ()
☐ 硬さ		☐ 表面処理	☐ 無処理 ☐ 窒化酸化 ☐ STH 処理 ☐ その他 ()
☐ m or DP	(必ず記入)	☐ 研削方式	☐ アング ☐ セミG ☐ 指定歯形 ☐ トライヤル付き
☐ 圧力角	(必ず記入)	☐ 歯数	☐ 指定 (T) ☐ 一任 (呼び寸法) ☐ 175 形 ☐ 200 形 ☐ 225 形 ☐ 250 形 ☐ 300 形
☐ 歯数		☐ カッタ幅	☐ 指定 () ☐ 一任
☐ ねじれ角	☐ RH ☐ LH	☐ 取付け幅	☐ 指定 () ☐ カッタ幅と同じ
☐ 歯先円径		☐ 穴径、キー	☐ 標準 ☐ 特殊 (穴径 公差)
☐ 歯底円径	☐ 歯底径 ☐ 歯丈 ☐ 工具アデンダム	☐ ねじれ角	☐ 指定 (☐ RH ☐ LH) ☐ 一任
☐ 歯厚	☐ 円弧歯厚 ☐ またぎ歯厚 ZM () ☐ オーバピン寸法 ϕ ()	☐ 軽量化	☐ 指定 (溝タイプ ☐ 穴タイプ) ☐ 一任
☐ SV 後		☐ SV 方法	☐ コンベンショナル ☐ ダイヤゴナル ☐ アンダーパス ☐ プランジカット
☐ 歯切後		☐ トライヤル 条件 ☐ 指定 ☐ 一任	回転数 min ⁻¹ 送り速度 mm/min 送り長さ mm (プランジ) T ₁ T ₂ T ₃ BM ダイヤゴナルアングル
☐ 転位係数量		☐ SV 代	☐ またぎ () ☐ OBD ()
☐ 歯幅		☐ 前切り工具 ☐ 同時受注 ☐ 指定 ☐ 標準 (2.35m)	☐ ホブ ☐ ピニオンカッタ 図番またはオーダ No. () こぶ ☐ あり ☐ なし
☐ ☐ 歯形管理 長さ	☐ かみ合い長さ ☐ TIF 径 ☐ 回転角	☐ SV 盤	機種名 最小軸間距離
☐ ☐ 相手歯車 諸元	歯数 外径 軸間距離	☐ カッタ ホロー量	☐ 指定 () ☐ 一任
☐ 歯車形状	☐ オープンギヤ ☐ ショルダギヤ (ショルダ外径 隙間)	☐ カッタ歯形 ☐ ツル ☐ ワーク対 応歯形 ☐ 別紙参照 ☐ 右図通り	
☐ 歯すじ	クラウニング量 ねじれ ☐ ツル  ☐ 強く ☐ 弱く	☐ 特記事項	英文図面 ☐ 要 ☐ 不要
☐ 歯形 ☐ ツル ☐ ユーザ規格 ☐ 別紙参照 ☐ 右図通り	 (実質側)		

フレーシングカッタ		取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
設計仕様書		ユーザ名			完了日	担当者	
支給図	☐ なし ☐ 被削ワーク図面 ☐ 当社カッタ図面 ☐ その他カッタ図面 ☐ ユーザ仕様書 ☐ その他						
ワーク諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 A 項目を追加変更						
カッタ諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 B 項目を追加変更						
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 ☐ 短納期 (納期)						

☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考	☐ 材料先行手配済み (受注前納入図送付先:)
--	----	--

A 被削ワーク諸元		B カッタ諸元	
部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 工具番号	
部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 精度	☐ 歯車JBIS4 級 ☐ その他()
☐ 被削材料		☐ カッタ材質	☐ SKH51 ☐ その他()
☐ 硬さ		☐ 歯数	☐ 指定 (T) ☐ 一任 (呼び寸法) ☐ 175 形 ☐ 200 形 ☐ 225 形 ☐ 250 形 ☐ 300 形
☐ m or DP	(必ず記入)		☐ 軸間距離 ()
☐ 圧力角	(必ず記入)		☐ 外径 (以下・以上)
☐ 歯数		☐ 平行型 ☐ テーパ型 ☐ 平行型 (歯底面取り)	
☐ ねじれ角	☐ RH ☐ LH		
☐ 歯先円径		☐ はすば歯車 片側 (鋭角面) ☐ はすば歯車 両面 ☐ 平歯車両面	
☐ 歯底円径	☐ 歯底径 ☐ 歯丈 ☐ 工具アデンダム		
☐ 歯厚 (歯切後)	☐ 円弧歯厚 ☐ またぎ歯厚 ZM ☐ オーバーピン寸法 ϕ	☐ ワーク図通り	
☐ 両面取の場合 指示面取時の 歯厚		☐ かみ合せギヤ ☐ 不要 ☐ 必要 ☐ 軽量化 ☐ 一任 ☐ 指定	
☐ 転位係数量		☐ 特記事項 英文図面 ☐ 要 ☐ 不要 参考図あり ()	
☐ 歯幅			
☐ ☐ 歯形管理 長さ	☐ かみ合い長さ ☐ TIF 径 ☐ 回転角		
☐ ☐ 相手歯車 諸元	歯数 外径 軸間距離		
☐ 歯車形状	☐ オープンギヤ ☐ ショルダギヤ (ショルダ外径 隙間) ☐ 端面平行 ☐ 端面テーパ付き		
☐ 穴 キー 形状		☐ TYPE-1 ☐ TYPE-2 ☐ TYPE-3  ☐ TYPE1~3 以外	

マスタギヤ 設計仕様書	取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
	ユーザ名			完了日	担当者	
支給図	☐ なし ☐ 対象ワーク図面 ☐ 当社工具図面 ☐ その他工具図面 ☐ ユーザ仕様書 ☐ その他					
ワーク諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記A項目を追加変更					
工具諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記B項目を追加変更					
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 (納期)					

☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考	☐ 材料先行手配済み (受注前納入図送付先:)
--	----	--

A	相手歯車諸元		B	マスタギヤ諸元	
	部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 工具番号		
	部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 精度	☐ M()級 ☐ 歯車(新・旧)JIS()級 ☐ その他()	
☐	被削材料		☐ 工具材質	☐ DC53 ☐ SKH51 ☐ 一任 ☐ その他()	
☐	硬さ		☐ 表面処理	☐ 無処理 ☐ 酸化処理 ☐ TiN ☐ バイオレット ☐ その他()	
☐	m or DP	(必ず記入)	☐ 歯数	☐ 指定(T) ☐ 一任(呼び寸法) ☐ 175形 ☐ 200形 ☐ 225形 ☐ 250形 ☐ 300形	
☐	圧力角	(必ず記入)		☐ 軸間距離()	
☐	歯数		☐ 歯形・歯すじ	☐ ツル ☐ 指定(下記に記入)	
☐	ねじれ角	☐ RH ☐ LH			
☐	歯先円径				
☐	歯底円径	☐ 歯底径 ☐ 歯丈 ☐ 工具アデンダム			
☐	歯厚	☐ 円弧歯厚 ☐ またぎ歯厚 ZM ☐ オーバピン寸法 ϕ	☐ マスタギヤ歯形 ☐ツル ☐別紙参照 ☐右図通り 		
☐	転位係数量				
☐	歯幅				
☐	□歯形管理 長さ	□かみ合い長さ	☐ マスタギヤ歯すじ ☐ツル ☐別紙参照 ☐右図通り 		
		□TIF 径			
		□回転角			
	□相手歯車 諸元	歯数 外径 軸間距離			
マスタギヤ 形状	形状参考図面を添付のこと ☐ 当社図面番号() ☐ その他工具図面		形状の変更内容 ☐特記事項 ☐検査成績書 英文図面 ☐要 ☐不要 歯形☐要 ☐不要 ピッチ☐要 ☐不要		
	☐ 参考図面通りに設計 ☐ 参考図から追加変更(右に記入のこと)				
	☐ 穴形状変更 ☐ 全幅変更 ☐ 歯幅変更 ☐ ハブ幅変更 ☐ ハブ径変更 ☐ その他				

明石製作所 精密工具センター 殿		標準設計図書		発行者
バニシングギヤ設計仕様書		完了日	担当者	
ユーザ名				
□標準タイプ □当社改良品 □他社比較品				

支給図	□なし □あり (校) □被削ワーク諸元 □当社工具図面 □その他 □その他工具図面 □ユーザー仕様書 □その他	備考
ワーク諸元	□支給図通りの設計 □下記項目追加変更	(受注前納入図送付先) (納期)
工具諸元	□支給図通りの設計 □下記項目追加変更	
納期区分	□標準 □節約 □短納期	

A	加工歯車諸元	取引建番	整理番号	数量
部品名称	図面記入 □要 □不要			
部品番号	図面記入 □要 □不要			
被削材料				
硬さ				
m or DP	(必ず記入)			
圧力角	(必ず記入)			
歯数				
ねじれ角	□RH □LH			
歯先円径				
歯底円径	□歯底径 □歯丈 □工具アテンダム			
歯厚	□内弧歯厚 □外弧歯厚 □オマダギ歯厚 ZM () □オアハペン寸法 φ ()			
軸位係数量				
歯幅				
歯形管理	□かみ合い長さ □TIF 径 □回轉角 □歯数 □外径 □軸間距離			
歯底R	□指定なし □ワーク歯底R □工具歯先R			
備考				

B	バニシングギヤ諸元 (圧力角違い)	C	バニシングギヤ諸元 (歯ねじれ)	D	バニシングギヤ諸元 (歯ねじれ)
工具番号		工具番号		工具番号	
圧力角	□指定 () □一任	圧力角	□指定 () □一任	圧力角	□指定 () □一任
ねじれ角	□指定 () □RH □LH	ねじれ角	□指定 () □RH □LH	ねじれ角	□指定 () □RH □LH
一任	□一任	一任	□一任	一任	□一任
歯数	□指定 (T) □一任 (呼び寸法) □50形 □75形 □100形 □125形 □150形	歯数	□指定 (T) □一任 (呼び寸法) □50形 □75形 □100形 □125形 □150形	歯数	□指定 (T) □一任 (呼び寸法) □50形 □75形 □100形 □125形 □150形
軸間距離	□軸間距離 ()	軸間距離	□軸間距離 ()	軸間距離	□軸間距離 ()
工具材質	DD53 □SK4H51 □K4H () □その他 () □一任	工具材質	DD53 □SK4H51 □K4H () □その他 () □一任	工具材質	DD53 □SK4H51 □K4H () □その他 () □一任
硬さ	□一任 □指定 ()	硬さ	□一任 □指定 ()	硬さ	□一任 □指定 ()
表面処理	□TiN □PVD □オアレット □無処理 □酸化的処理 □その他 ()	表面処理	□TiN □PVD □オアレット □無処理 □酸化的処理 □その他 ()	表面処理	□TiN □PVD □オアレット □無処理 □酸化的処理 □その他 ()
全幅	□指定 () □一任	全幅	□指定 () □一任	全幅	□指定 () □一任
歯幅	□指定 () □全幅と同じ □一任	歯幅	□指定 () □全幅と同じ □一任	歯幅	□指定 () □全幅と同じ □一任
精度	□歯車新・旧 JIS () 級 □その他 ()	精度	□歯車新・旧 JIS () 級 □その他 ()	精度	□歯車新・旧 JIS () 級 □その他 ()
歯先	□ツルル □別紙参照 □右図の通り	歯先	□ツルル □別紙参照 □右図の通り	歯先	□ツルル □別紙参照 □右図の通り
ねじれ	□バニシングギヤ歯すじ	ねじれ	□バニシングギヤ歯すじ	ねじれ	□バニシングギヤ歯すじ
強い方向	□強い方向	強い方向	□強い方向	強い方向	□強い方向
弱い方向	□弱い方向	弱い方向	□弱い方向	弱い方向	□弱い方向
右図の通り		右図の通り		右図の通り	
備考		備考		備考	

バニシングギヤ形状	形状参考図面を添付のこと □当社図面番号 () □その他図面番号 () □参考図面通りに設計 □参考図面から追加変更 (右に記入のこと) □バニシングギヤ仕様変更 □全輪変更 □歯幅変更 □歯底変更 □歯先変更 □その他	バニシングギヤ形状の変更内容 その他の変更内容
□ペンハタイプ	□ペンハタイプ	□ペンハタイプ
□アキタイプ	□アキタイプ	□アキタイプ
□ツルル	□ツルル	□ツルル
□別紙参照	□別紙参照	□別紙参照
□右図の通り	□右図の通り	□右図の通り
強い方向	□強い方向	□強い方向
弱い方向	□弱い方向	□弱い方向
右図の通り	□右図の通り	□右図の通り
備考		備考

ユーザ名	
------	--

A	
被割アーク諸元	
部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要

歯切工具セット受注設計仕様書	
備考欄	

□ピニオンカッタ □シェービングカッタ □フレーシングカッタ	
(受注前納入図送付先)	

標準価格書	
完了日	担当者
発行者	

[illegible]

ドレスギヤ ドレスリング 設計仕様書	取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
	ユーザ名			完了日	担当者	
支給図	☐ なし ☐ 被削ワーク図面 ☐ 当社工具図面 ☐ その他工具図面 ☐ ユーザ仕様書 ☐ その他					
ワーク諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 A 項目を追加変更					
工具諸元	☐ 支給図通り設計 ☐ 支給図諸元に下記 B 項目を追加変更					
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 (納期)					

☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考 ☐ 材料先行手配済み ☐ 砥石設計要 (☐ φ300 ☐ φ350 ☐ φ400 ⇒ 下記砥石設計欄確認) (受注前納入図送付先)
--	--

A 被削ワーク諸元		B ドレスギヤ・ドレスリング諸元	
部品名称	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 工具番号	
部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐ 精度	☐ 歯車(新・旧)JIS()級 ☐ その他()
☐ 被削材料		☐ 砥粒	☐ #80 ☐ #100 ☐ #120 ☐ 一任 ☐ その他()
☐ 硬さ		☐ 歯数	☐ 指定(T)
☐ m or DP	(必ず記入)	☐ 歯幅	☐ 指定() ☐ 一任
☐ 圧力角	(必ず記入)	☐ アーバ製作	☐ 要 ☐ 不要
☐ 歯数		☐ アーバ方式	☐ 焼きばめ式 ☐ キャップ式
☐ ねじれ角	☐ RH ☐ LH	☐ アーバ共用	ギヤ・リングの共用 ☐ する ☐ しない
☐ 歯先円径		☐ リング	オーダ番号()
☐ 歯底円径	☐ 歯底径 ☐ 歯丈 ☐ 工具アデンダム	☐ 砥粒	☐ #80 ☐ 一任 ☐ その他(#)
☐ 歯厚	☐ 円弧歯厚 ☐ またぎ歯厚 ZM ☐ オーバピン寸法 φ	☐ 砥石設計	軸交さ角 ☐ 12° ☐ 10° ☐ 8° ☐ 一任 ☐ 軸交さ角一定 ☐ 軸交さ角変動 ☐ 弱ネジレ側 ☐ 強ネジレ側 ☐ 一任
☐ 前切り歯厚 (熱処理)	☐ 円弧歯厚 ☐ またぎ歯厚 ZM ☐ オーバピン寸法 φ	☐ 転位設計	☐ 砥石図面 ☐ 砥石設計一任
☐ 転位係数量		☐ 段取り値	砥石歯数 T 軸交さ角 ° 歯面軸間距離(新品 寿命) 内径軸間距離(新品 寿命)
☐ 歯幅		☐ ドレスギヤ(ワーク) 歯形	
☐ ☐ 歯形管理 長さ	☐ かみ合い長さ ☐ TIF 径 ☐ 回転角	☐ ツール ☐ 別紙参照 ☐ 右図通り	歯先 (実質側)
☐ 相手歯車 諸元	歯数 外径 軸間距離	☐ ツール ☐ 別紙参照 ☐ 右図通り	下 上 (実質側)
☐ 歯車測定機入力データ			
ドレスギヤ形状	形状参考図面を添付のこと ☐ 当社図面番号() ☐ その他工具図面	形状の変更内容	
	☐ 参考図面通りに設計 ☐ 参考図から追加変更(右に記入のこと) ☐ 穴形状変更 ☐ 全幅変更 ☐ 歯幅変更 ☐ ハブ幅変更 ☐ ハブ径変更 ☐ その他		
		☐ 特記事項	英文図面 ☐ 要 ☐ 不要

ブローチ

はじめに

高精度・高能率に量産できるブローチ加工。複雑な形状も熟練作業を要せずに安定してえられるという大きな特長から、多品種少量生産にも広く適用されています。

いち早くCNC研削盤を導入し、CAD・CAM機能を最大限に活用することに取り組んできた当社は、より複雑な歯形を高精度に製作可能とし、独自の素材、熱処理およびコーティング技術を融合して、薄肉・難削化などの多様なユーザーニーズに高精度・長寿命でこたえています。

特長

被削物の内面もしくは外面（表面）を、荒刃と仕上刃が寸法順に連続する多数の切れ刃で切削するブローチ加工は以下の特長を有しています。

- ◇ きわめて短時間で高精度な加工。
- ◇ 軸方向に同一な複雑形状も加工が簡単。
- ◇ 1刃の切込みや全切削量などの各種条件が設計・製作時に決定されるため、熟練を要しない。
- ◇ 仕上面が良好で、安定した寸法精度。
- ◇ 切削時の圧力で被削物が保持される。

各部の名称

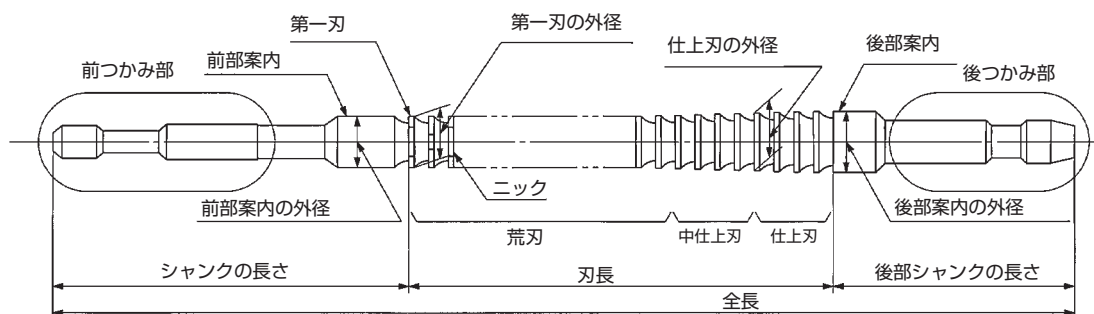


図1 内面加工ブローチ各部の名称

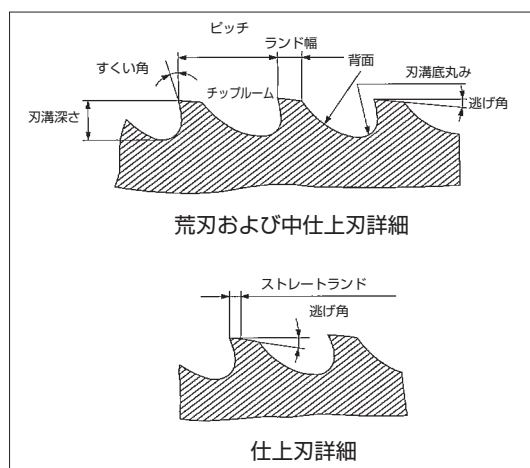


図2 刃部詳細

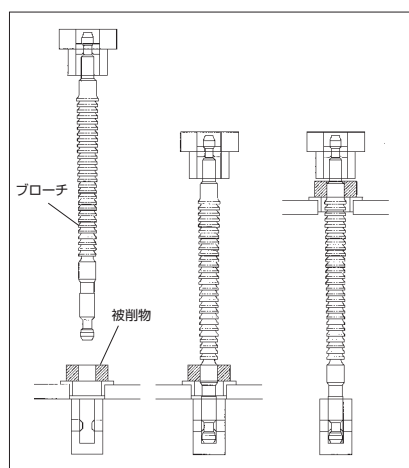


図3 ブローチ加工（ワーク移動式）

1. 各種ブローチの分類

刃部材料		表面処理	構 造
高速度工具鋼	SKH51(AISI M2)	窒化酸化・STH	むく(ソリッド)
	KMC3 (SKH55)		組立
	粉末ハイス	TiN・GV21	
切削方式		操作方法	加工される部分
通常(外径上り)		引抜き	内面
輪郭(フォーム・歯厚上り)		押し	
仕上げ形状・用途			
丸ブローチ	丸形・二面取り・D形		
スプラインブローチ	角形・インポリュート		
セレーションブローチ	山形・インポリュート		
特殊穴ブローチ	山形・インポリュート・ボール溝		
ヘリカルブローチ	ねじれ溝穴加工用		
	はすば内歯車加工用(シェル組立形・一体形)		
機 能			
荒・仕上げ用			
面取り刃付き			
バニシング刃付き			
丸刃付き(前丸刃・後ろ丸刃・交互丸刃)			

2. 被削材別ブローチ選定基準（材質、表面処理）および推奨切削条件

表1

被削材 小項目		浸炭鋼・強じん鋼 炭素鋼（引張り強さ 600 N/mm ² 以上）	ステンレス鋼	快削鋼 炭素鋼（引張り強さ 600 N/mm ² 以上）	鋳鋼
工具 材質	SKH51 (AISI M2)			○	○
	KMC3 (SKH55)	◎	◎		
	粉末ハイス (KHA)	○	○		
表面 処理	無処理				
	窒化酸化・STH	○		○	
	TiN・GV21	※1 ○			
切削 速度 (m/min)	被削材ブリネル硬さ～150HB	—	9	12—9	8
	150～250	8—5	8—6	10—8	6—4
	250～350	5	5—3	—	4—3
	350～450	3	3—2	—	—

被削材 小項目		鋳鉄	アルミ合金	銅合金	チタン合金 ニッケル合金
工具 材質	SKH51 (AISI M2)	○	○	○	
	KMC3 (SKH55)				○
	粉末ハイス (KHA)				◎
表面 処理	無処理				
	窒化酸化・STH	○			○
	TiN・GV21	※1 ○			
切削 速度 (m/min)	被削材ブリネル硬さ～150HB	9—6	15—10	12—8	8
	150～250	5—3	—	9—6	
	250～350	3	—	—	6—4
	350～450	—	—	—	3—2

◎ 最適 ○ 良好 × 不可 ※ 1 TiN・GV21は丸ブローチには推奨いたしません。

(1) 粉末ハイス（KHA）による高精度・長寿命化

炭化物が微細で組織が均一な高合金粉末ハイスは、溶解ハイスよりもじん性に富み耐摩耗性にすぐれています。切れ刃エッジの鋭さに関しても、大きな炭化物が脱落する溶解ハイスに対して、微細な組織の粉末ハイスではシャープエッジが長く安定して維持されます。断続切削のブローチ加工においてこうした粉末ハイスの材料特性は、仕上面精度の向上と寸法変化のばらつきの抑制に生かされます。特に高硬度難削材では、溶解ハイス比2倍以上の長寿命が達成できます。

表2 粉末ハイスブローチ切削加工例

ブローチの種類	被 削 材		切削長 (mm)	切削速度 (m/min)	評 価		寿命判定
	材 質	硬 さ (HB)			粉末ハイス	溶解ハイス	
丸	S48C	250	40	5	1,500個	800個	加工精度
スプライン	SCr420	200	20.5	7	7,200個	3,600個	加工精度
	FCD700	280	24	7	1,200個	800個	加工精度
	SCr420	180	23	7	4,500個	3,000個	工具摩耗

(2) STH&GV21 ブローチ

切削時の摩擦係数の軽減と被削材の切れ刃への溶着防止によって、工具寿命を伸ばす窒化酸化処理。その方法は刃先硬さを高める窒化処理の後、切削油剤を保持する多孔性酸化鉄の皮膜を生成させる酸化処理で窒化層の内部への拡散が進み、硬さ勾配の緩やかな層が形成され耐摩耗性が向上します。また、この拡散浸透層の性能を画期的に改善したSTH処理を開発し、鋭い切れ味と高い寸法精度を長期間維持することが可能となりました。

高い皮膜硬さとすぐれた耐酸化性を誇るTiN膜、(Al, Ti)N膜を、高密度に物理的蒸着（PVD）させるコーティング技術。当社はミラクル・ミラクル40で発揮した界面制御技術を応用し、ハイスの焼もどし温度（550℃）以下で、母材との硬度差を克服し密着させる特殊処理を開発しました。その結果、膜性能を最大限に引出すことができ、母材との相乗効果もあいまって大幅な長寿命化・高能率化を実現したGV21を開発しました。

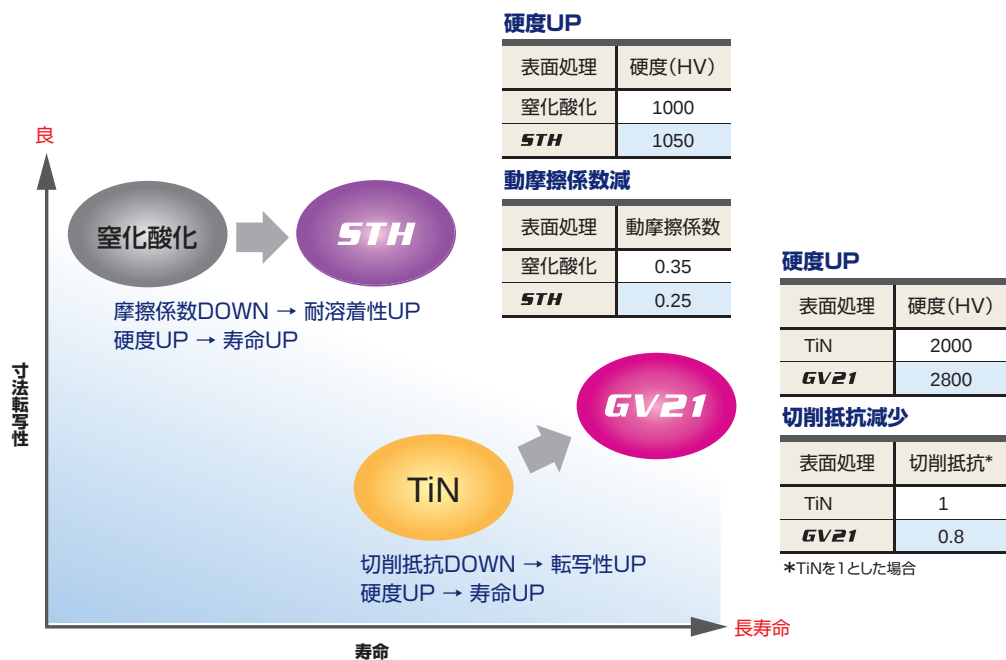
高精度で切れ味のよい工具本来の基本性能に、こうした多彩な表面処理を組み合わせることで、長寿命・高能率化などの多様なユーザーニーズにこたえています。

・STH

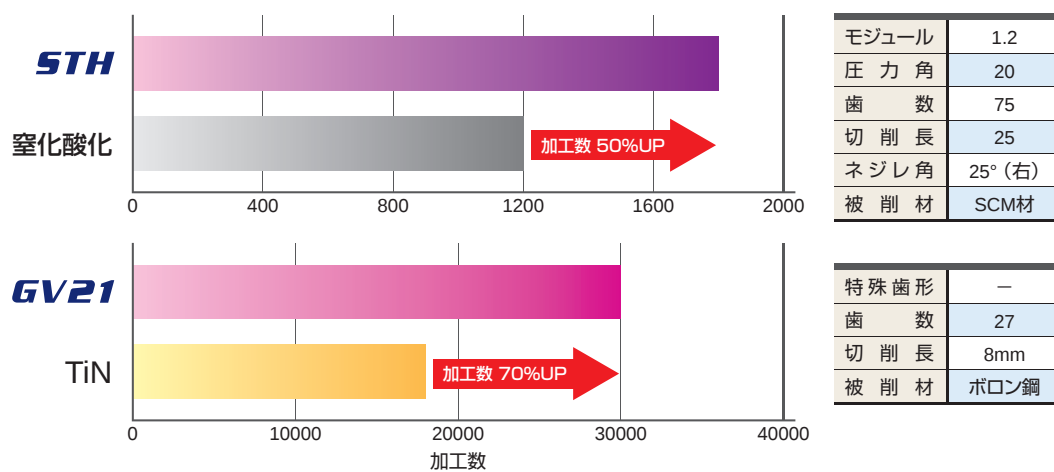
窒化酸化より耐溶着性UPにより、歯面性状が向上し、長寿命化を実現

・GV21

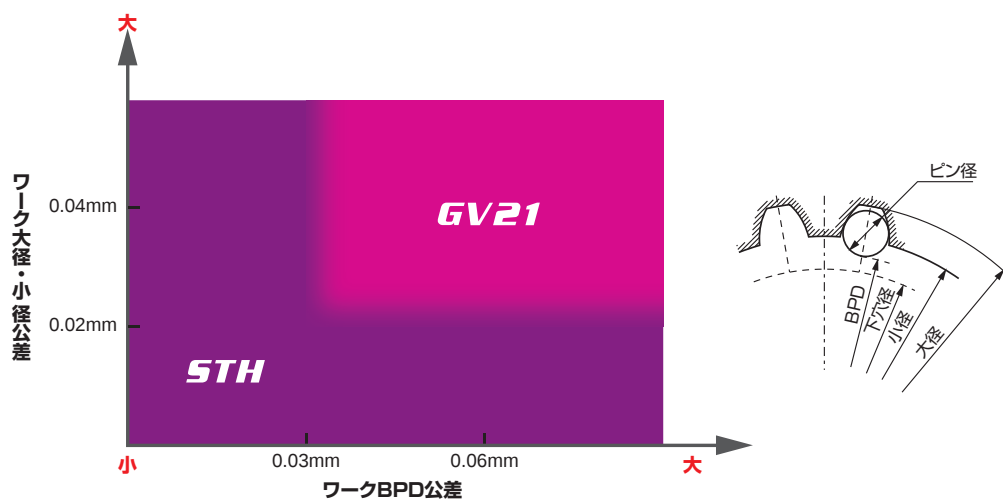
TiNよりさらなる長寿命を達成し、寸法転写性の向上を実現



・加工結果



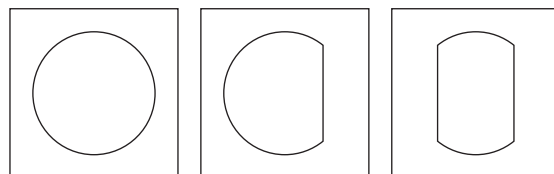
・新材種ブローチ推奨範囲



3. 各品種の特長

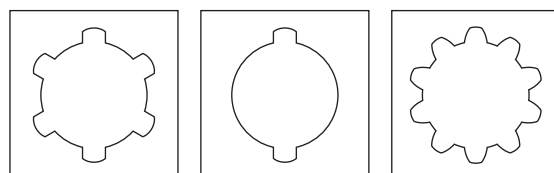
(1) 丸ブローチ

リーマ加工のような精密な前加工をすることなく、高精度な丸穴を仕上げることができます。仕上面をよくするため、バニシング刃を設けたものや二段仕上げのタイプがあります。



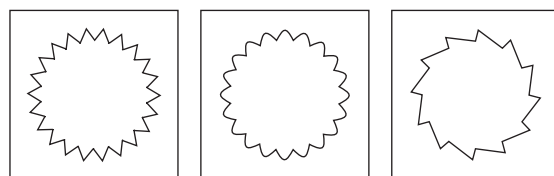
(2) スプラインブローチ

スプライン形状には、互いに平行な角形断面をもつ角形スプラインと、自動車などの動力伝達をおこなう軸と穴の結合用インボリュートスプラインがあります。(JIS B1601 角形スプライン、JIS B1603 インボリュートスプライン、JIS B4239 インボリュートスプラインブローチ)



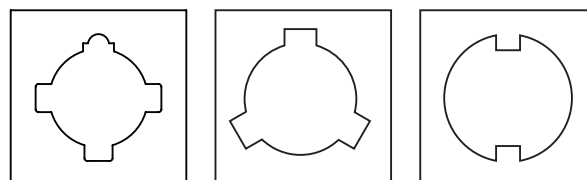
(3) セレーションブローチ

軸と穴を半永久的に結合させるためにもちいられ、歯面形状は山形セレーションとインボリュートセレーションが一般的です。



(4) 特殊ブローチ

他の加工方法ではできなかった複雑形状も、熟練を要することなく、高精度かつ高能率にブローチ加工できます。



(5) 丸刃付ブローチ

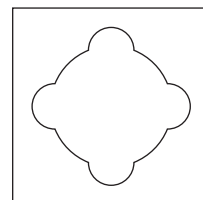
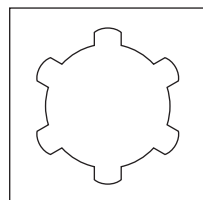
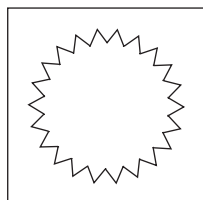
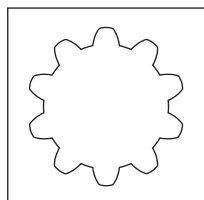
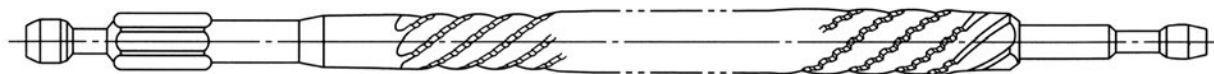
丸刃の位置はスプライン刃の前、後あるいは交互に配置され、1本のブローチで内径とスプラインを同時に加工します。

前	
後	
交互	

(6) ヘリカルブローチ

■ねじれ溝穴用ブローチ

自動車や電気部品などのねじれ穴加工にもちいられます。コスト、加工精度および生産性が放電加工などにくらべて格段にすぐれています。



■大径ヘリカルブローチ

自動車用自動変速機内のリングギヤの内歯車加工に用いられています。このリングギヤ用のヘリカルブローチを一般的に大径ヘリカルブローチと呼んでいます。この大径ヘリカルブローチは、非常に高い精度が求められ、またその大きさから製作及び歯形精度測定が困難なため、荒歯形部（本体部）を外周切削刃、仕上げ歯形部（シェル部）を歯厚切削刃で構成した組立形とするのが一般的でした。当社では、機上計測装置を搭載した高精度歯形研削盤を開発し、本体部とシェル部が一体となった一体形大径ヘリカルブローチを製作し、より高精度な要求に対応できるようにいたしました。



写真1 インターナルギヤ

1. 切削方式

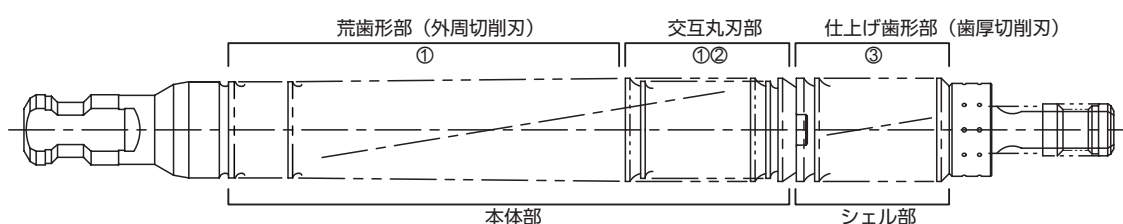


図4 ヘリカルブローチ

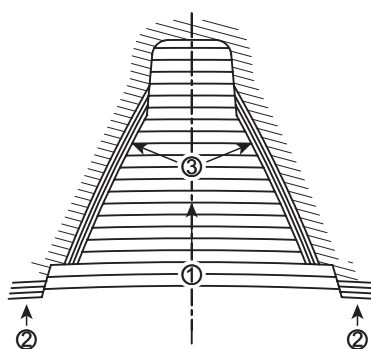
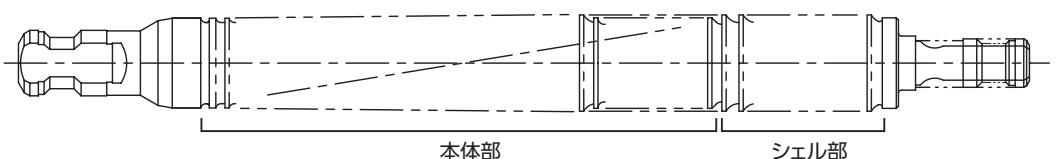
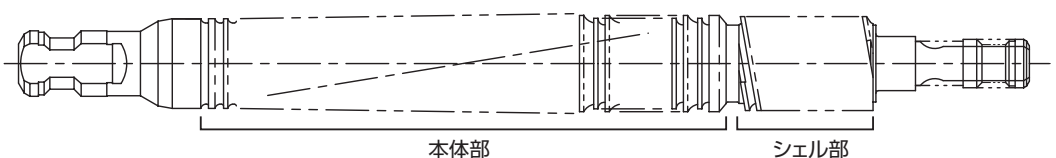
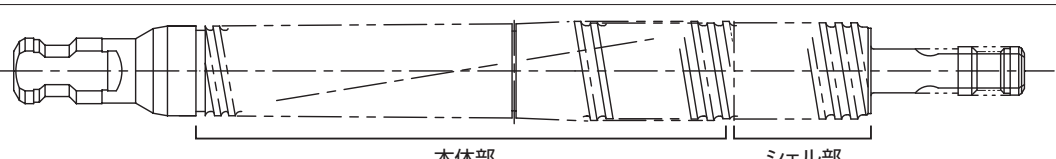


図5 切削方式

2. 構造および刃溝の種類

	組立形
本体 軸直 シェル 軸直	
本体 オフノルマル シェル 軸直	
本体 オフノルマル シェル オフノルマル	

	一 体 形
本体部 軸直 シェル部 軸直	
本体部 オフノルマル シェル部 軸直	
本体部 オフノルマル シェル部 オフノルマル	

3. オフノルマル刃溝

大径ヘリカルブローチの刃溝（切りくずが收容されるスペース）の種類には軸直角（リング溝）タイプとオフノルマル（ねじれ溝）タイプの2種類があります。軸直角タイプはオフノルマルタイプに比べ切削荷重の変動が大きいため、寿命が短くなる欠点があります。一方オフノルマルタイプは切削荷重の変動が小さく、歯形精度、工具寿命が向上しますが、専用の再研削設備が必要となります。最近では、オフノルマルタイプの需要が増えてきています。



写真1-1 オフノルマルタイプ



写真1-2 軸直角タイプ

軸直角タイプとオフノルマルタイプの切削荷重比較

両タイプの切削荷重線図を比較してみると、切削荷重の変動が軸直角タイプにおいて大きいことがわかります。これは切削に参与する刃数が増減するためにおこるものです。この荷重変動に起因する振動によって、切れ刃の摩耗や損傷が加速されます。オフノルマルタイプは、切削に参与する刃数が常にほぼ一定であるため、荷重変動がわずかで安定しています。このため、摩耗や損傷が小さく工具の寿命が延びると共に、安定した歯形精度が得られます。

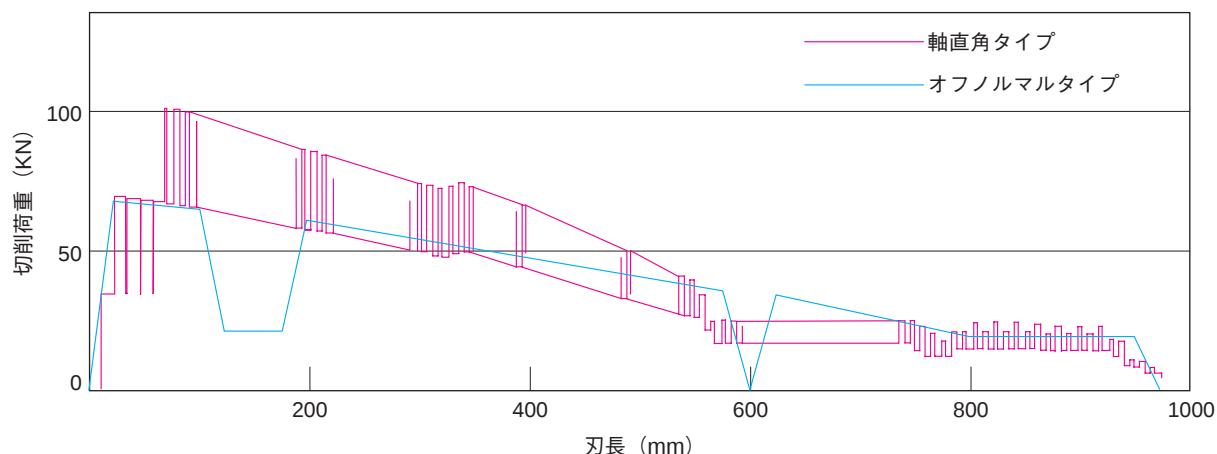


図6 切削荷重の比較

4. 一体形ヘリカルブローチ

本体とシェルを一体で製作することで歯厚仕上げ代の削減が可能となり、加工歯車精度の向上がはかれます。また、各切れ刃の負荷を軽減させることが可能なため摩耗量が減少し、再研削当りの加工数が増大します。さらにシェルの分解、組立、位相の微調整などの煩雑な作業が不要となり、ランニングコストが削減できます。

一体形ヘリカルブローチの加工代と歯形精度

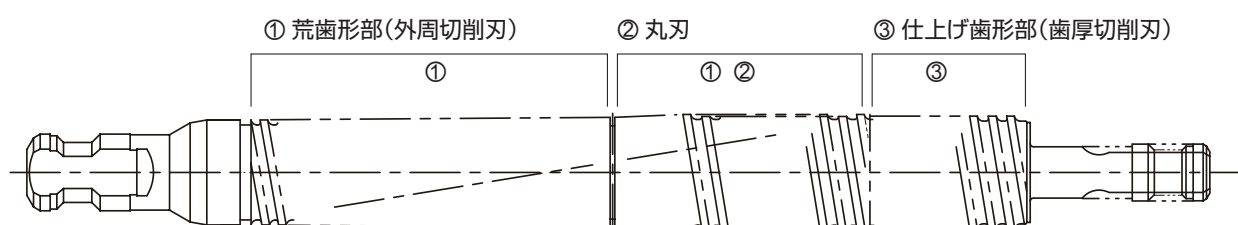


図7 一体形ヘリカルブローチ

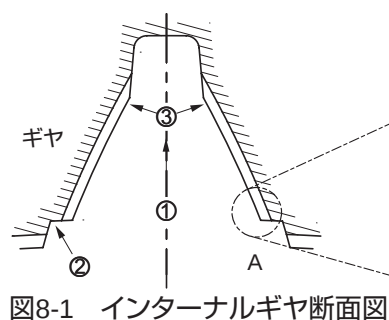


図8-1 インターナルギヤ断面図

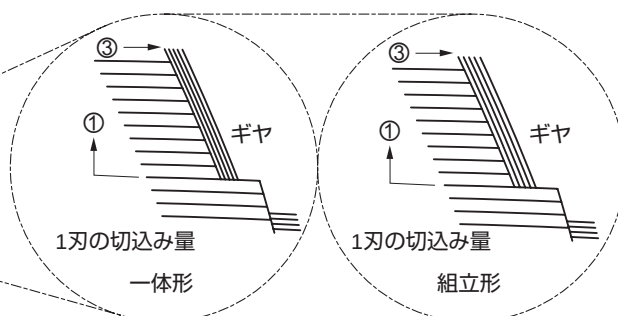


図8-2 一体形と組立形の加工代比較(図8-1 A部拡大)

●加工事例・歯車諸元：モジュール 1.25 圧力角 20° 歯数 77 ねじれ角 23° 30'LH

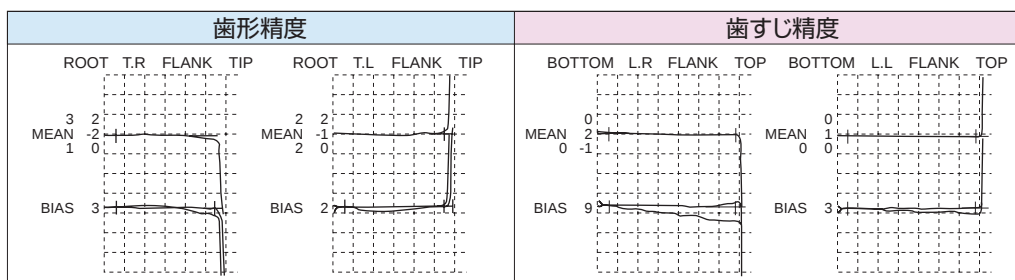
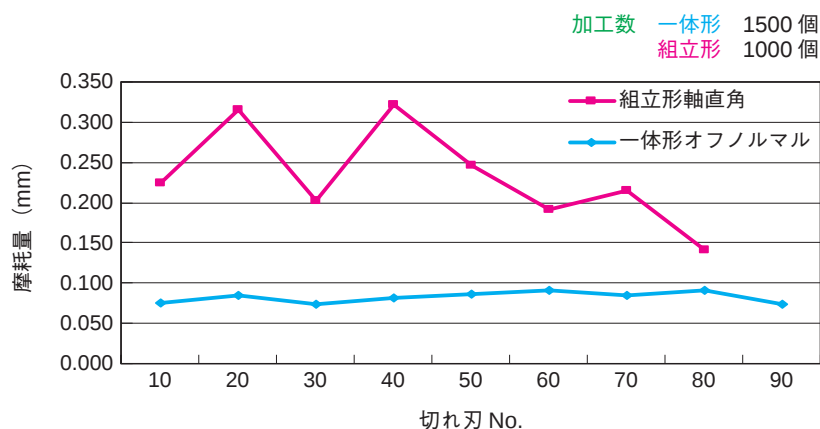


図9 加工歯車の歯形精度



ギヤ諸元 mn1.13 PAn20° NT82 HA25° RH 被削材：S45C

図10 一体形オフノルマルタイプと組立形軸直タイプの切れ刃摩耗比較

表3 一体形大径ヘリカルブローチの切削加工例

mn	PAn	NT	HA	形状	被削材	硬度	切削長	加工数	再研磨代	再研磨回数
1.25	17	75	23.664L	オフノルマル	SCr420H	HB207-229	26.75	6,000	0.10	30
1.36	20	62	20.725L	オフノルマル	SCr420H1	HB220-258	19.25	5,000	0.06	25
1.13	20	82	25R	オフノルマル	S45C	Hv250-290	31	1,600	0.10	25
1.3	20	83	25.05R	軸直角	S45C	Hv230-275	21	1,300	0.11	22
1.3	20	69	24.687L	軸直角	S45C	Hv230-275	18	2,000	0.10	25
1.3	20	77	24.7099L	軸直角	S45C	Hv230-275	22	2,000	0.10	25

高精度加工を支える機上測定・研削技術

JIS4級以上の高精度が要求される大径ヘリカルブローチは外径 $\phi 100 \sim \phi 180 \times$ 全長1,500～2,500mm程度の大きさゆえに、高精度な歯形が要求されるシェル（歯面仕上げ）部を分割し、別途、歯形検査装置で測定しながら製作するのが通常でした。当社では最新鋭ブローチ歯形研削盤に歯車測定装置を付加し、インラインで測定することで一体形ヘリカルブローチを製作しています。CAD・CAM機能をフルに活用し、位置決め精度にすぐれたCNC研削盤で、任意の工具形状を高精度につくりだすことが可能です。

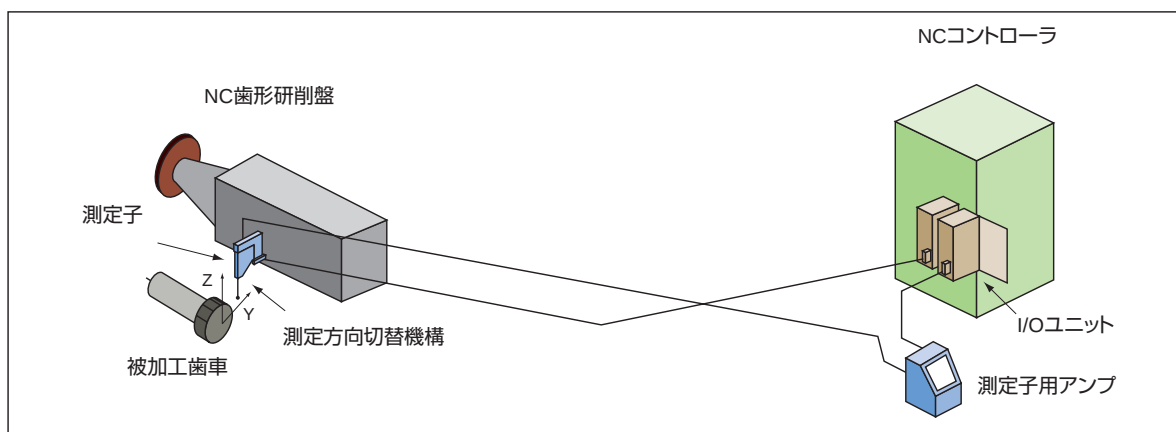
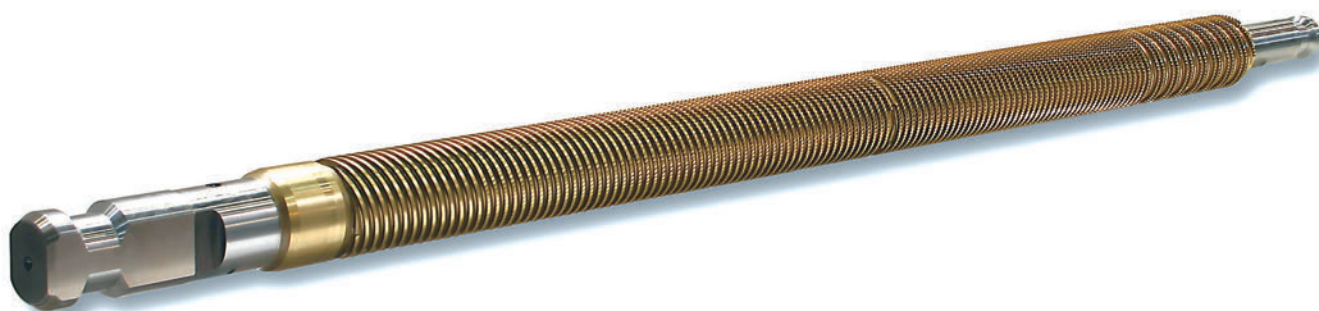


図11 機上歯形計測装置概要



4. 主要な諸元の選定

ブローチ設計の基本は、できるかぎりコンパクトにしかも緻密にすることです。必要以上に余裕を見込んだ長いブローチは製造を困難なものとし、精度の低下とコストアップをきたすばかりでなく、使用においても、被加工物の精度低下や取扱いの不都合などを生じます。

したがって、ブローチの発注に際しては、必要な諸元をもれなく連絡することが重要です。なかでも切削長、下穴径はブローチの全長に大きく影響するため、過大な余裕を見込むべきではありません。

内面ブローチ

内面ブローチの、各種諸元は使用するブローチ盤の仕様（つかみ部形状・寸法、引抜き容量、ストローク長、取付け可能長さ）と被加工物の形状・寸法から設計します。

仕様と諸元の間を関係を図17に示しますが、かなりの項目が独立して使用されるため、各項目をもれなく把握する必要があります。

(1) つかみ部

引抜きブローチは図12の状態で使用され、つかみ部の寸法は、使用するブローチ盤の型式によって決まります。つかみ部は、被加工物・プルヘッド・リトリビングヘッドに入りやすい形状で、引抜き時の切削抵抗に十分耐えうること、操作が容易でかつ確実なことが必要です。

(2) 前方案内部

被加工物に最初に切込む刃を正しく送り込むために、案内部の長さは被加工物の長さ以上必要です。被加工物の中間または加工基準面側にぬすみのあるときは、これを切削長に加えます。（図13参照）

下穴径の許容差幅は、0.05mmを標準とし、案内径にはg7のはめ合い公差をもちいます。

(3) シャンク長（第1刃までの長さ）

ブローチ盤にブローチを取付け切削状態にしたときに（図12）、第1刃が被加工物に接触しないようにします。前つかみ部長さが規定してあれば（例えばDIN形、ユーザ標準）案内長さを加えて算出できますが、各機械のテーブルまでの寸法と治具厚みを考慮して設定するのが一般的です。

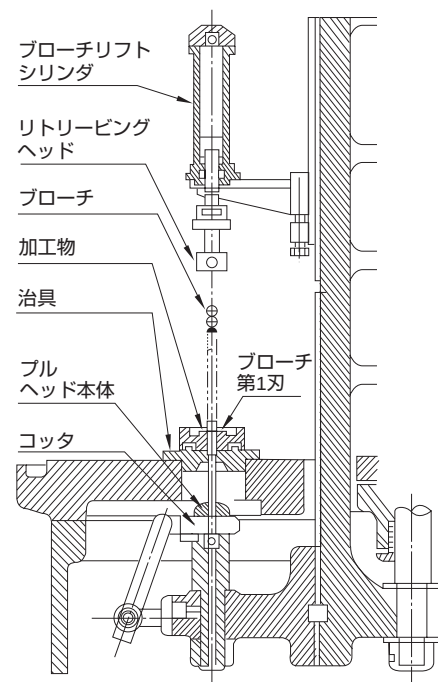


図12 ブローチ引抜き状態

(4) 切削長

被加工物をブローチで加工する長さで、被加工物の全長からぬすみ長さを除いた長さとなります（図13）。

切削長が短い場合（目安として8mm以下）には、加工の安定性（寿命、精度など）とブローチの経済性から、重ね引きを推奨します。

加工部の端面面取りは通常考慮しませんが、切削長が短く、同時切削刃数が増える場合には、ピッチの選定において考慮しなければなりません。

切削長 $=l_1+l_2$
被加工物長さ(L)はシャンク長を検討するときもちいます

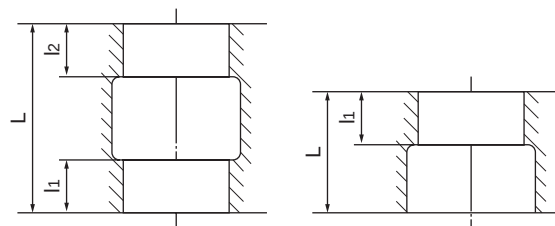


図13 切削長の決め方

(5) 全切削量（切削寸法）

全切削量=仕上げ寸法-下穴最小径

丸刃付きブローチの丸刃切削量は一般的には0.2～0.35mmとなる下穴径を選定し、許容差を+0.05とします。

(6) 1刃の切込み量

荒削り刃の1刃の切込み量（隣接する刃の直径差）は、被加工物の材質、硬さ、ブローチの種類、ブローチの大きさ、ブローチ盤の容量などを考慮して決めます。一般的な1刃の切込み量の選択基準を図14に示します。

切削する切れ刃長さが大きく変化する場合には、荒削りの1刃の切込み量を、切れ刃長さの変化に応じて2～3段階に変化させます。

荒削りに続いて中仕上げ刃を数刃設けます。この刃は仕上げ面をよくするために、1刃の切込み量を漸減させます。仕上げ刃は切込み量を0とし、数刃（通常4刃）設けます。

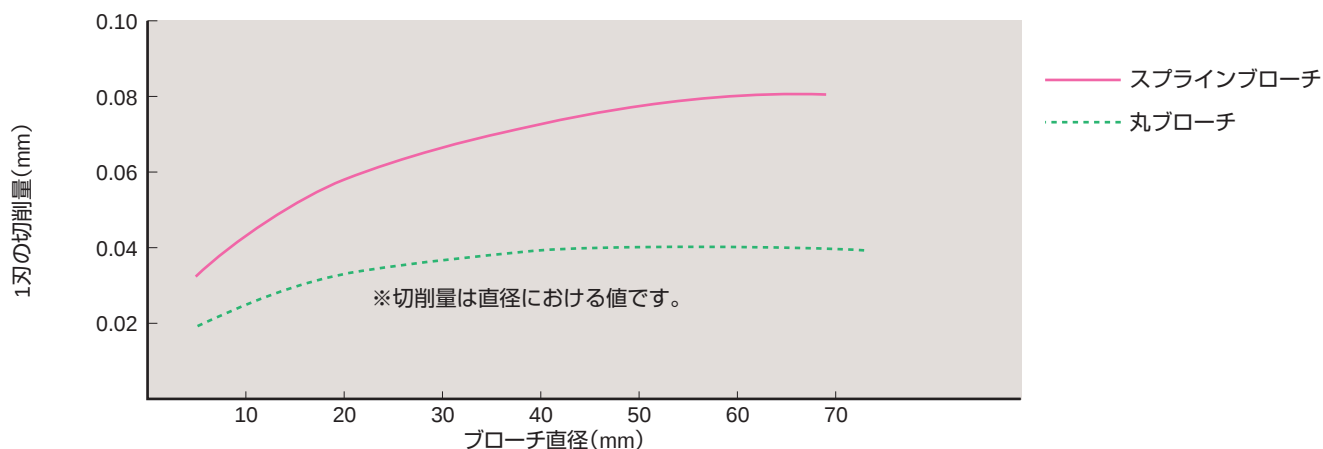


図14 鋼加工における一刃の切込み量の標準

(7) ピッチ

切れ刃のピッチは、通常次の式により算出します。

$$P = k \cdot Lw^{1/2}$$

P；ピッチ k；係数 Lw；切削長

kは1.2～1.6程度であり、1刃の切込み量が多いほど大きくなります。

計算で求めたピッチは、①Lw/Pが整数とならないこと②Lw/Pが2を超えるよう0.5mmとびに切上げます。

不等ピッチ；切削時の共振を防止するために適用します。特に丸ブローチにおいては、加工面のびびり・うねり防止や寸法精度の向上に効果があります。不等ピッチは基準ピッチの±0.5mmもしくは±1mmとします。

(8) 刃溝形状

刃溝形状は、ピッチ、ランド幅、溝深さから構成されますが、チップルーム容積、切れ刃強度、再研削回数などに影響し、ブローチの機能を十分に発揮させる基本項目です。刃溝形状の各設定値は、ピッチを基準に次式で表されます（図15参照）。

$$L = 0.25 \sim 0.3P, H = 0.3 \sim 0.5P, R1 = 0.4 \sim 0.6H$$

このようにして決める刃溝容積は、切削によって生成される切りくず体積の少なくとも6倍、通常10倍程度とします。これは、切れ刃の摩耗により切りくず形状が変化することに対する安全係数です。また、自動機のように加工時に作業者が常に監視できない場合には、係数を大きく取ります。

(9) すくい角と逃げ角

被加工物の材質に応じて、表4を目安に選定します。

逃げ角は、再研削による直径の減少、再研削量のばらつきによる各刃の切込み量のばらつきを小さくおさえるために、ほかの工具より小さくしています。

表4 各種被削材に対するすくい角、逃げ角の標準値

被 削 材	すくい角	逃 げ 角	
		荒刃	仕上刃
高抗張力鋼	10～15°	2°	1°
中抗張力鋼	13～18°	2°	1°
鋳 鋼	8～15°	2°	1°
鋳 鉄	8～10°	2°	1°
可 鍛 鋳 鉄	8～10°	2°	1°
銅 合 金	5～8°	1°	30′
アルミ合金	15～20°	3°	1°30′

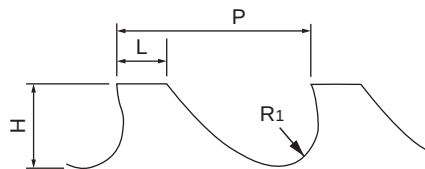


図15 ブローチの刃形

(10) 側面逃げ

被加工物と歯面との接触面積が広がると歯面に溶着が生じ、仕上面にむしれを発生させやすくなります。歯面の摩擦を軽減させるため、側面に逃げを設けます。

側面逃げには、ランド残し方式、バックテーパ方式があり、歯形・歯丈・被加工物材質（調質・非調質）などに応じて選定します。

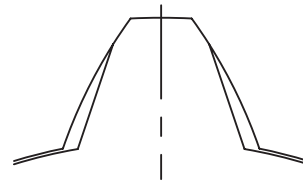


図16-1 ランド残し方式

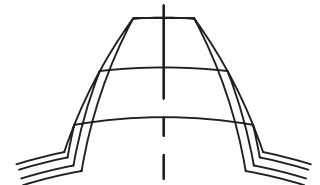


図16-2 バックテーパ方式

(11) 後部案内部

最終刃の後ろに案内を設け、最終の仕上刃が切削を終了するまで被加工物を支えます。直径は丸刃の仕上刃径の最小寸法とし、長さはほぼ直径と等しくします。

(12) 後つかみ部

立形ブローチ盤において、ブローチを吊り上げるために設けます。前つかみ部と同様、使用機械のリトリービングヘッドにより決まるので、ユーザからの指示に基づきます。

(13) ニック

丸刃あるいは歯幅が広い場合、ニックの施行は切りくず干渉を防ぎ、切りくずの流出を容易にします。また、角スプライン歯のように平行溝を加工する場合、切削された切りくずは、生成される際の抵抗で切れ刃の幅より広くなり、加工された側面を傷つけます。ニックを設けて切りくずを分割すると、これを防止できます。ニックは隣接する刃で重なり合わないよう、千鳥状に施行します。（写真2参照）

(14) 刃長・全長

刃長＝刃数×ピッチで求められます。

これに、切削長と必要に応じて後部シャンク長を加えた値がブローチ盤のストローク以内でなければなりません。

全長＝シャンク長＋刃長＋後部案内長＋後つかみ部長で求められますが、ブローチ盤の取付け可能長さを満たさなければなりません。

あまりに細長いブローチは、製作時、使用時に問題が発生するケースがあるため、2本あるいはそれ以上に分割して、組ブローチとすることを推奨いたします。

(15) 切削予想荷重

使用されるブローチ盤の引抜き容量内で十分切削できるか、予想荷重と安全率1.8を乗じた安全荷重を算出し確認しなければなりません。

$$F = L \times \Delta R \times C$$

F：切削予想荷重

L：最大同時切削切れ刃長さ

C：比切削抵抗（表5）

ΔR ：半径方向切込み量

$$FS = 1.8F < \text{引抜き容量}$$



写真2 ニックで分割された切りくずの様子

各種ブローチの最大同時切削切れ刃長さLの計算：

(a) 丸ブローチ $L = N \times \pi \times D$

(b) スプライン、セレーションブローチ $L = N \times Z \times W$

N：同時切削刃数（ Lw/P を整数に切上げる）

D：最大径

Z：歯数

W：スプライン幅（最大歯幅）

(16) ブローチ強度

前項で求めた安全荷重に対して、ブローチ強度が十分かどうかを次式で確認します。

$$FP = \sigma_B \times A / S > FS$$

S：安全率=3

σ_B ：抗張力 kN/mm^2

A：最小断面積

σ_B はつかみ部と刃部で異なるので、簡易に次の式で計算します。

刃部： $F_t = 0.6 \times A_t$

つかみ部： $F_c = 0.4 \times A_c$

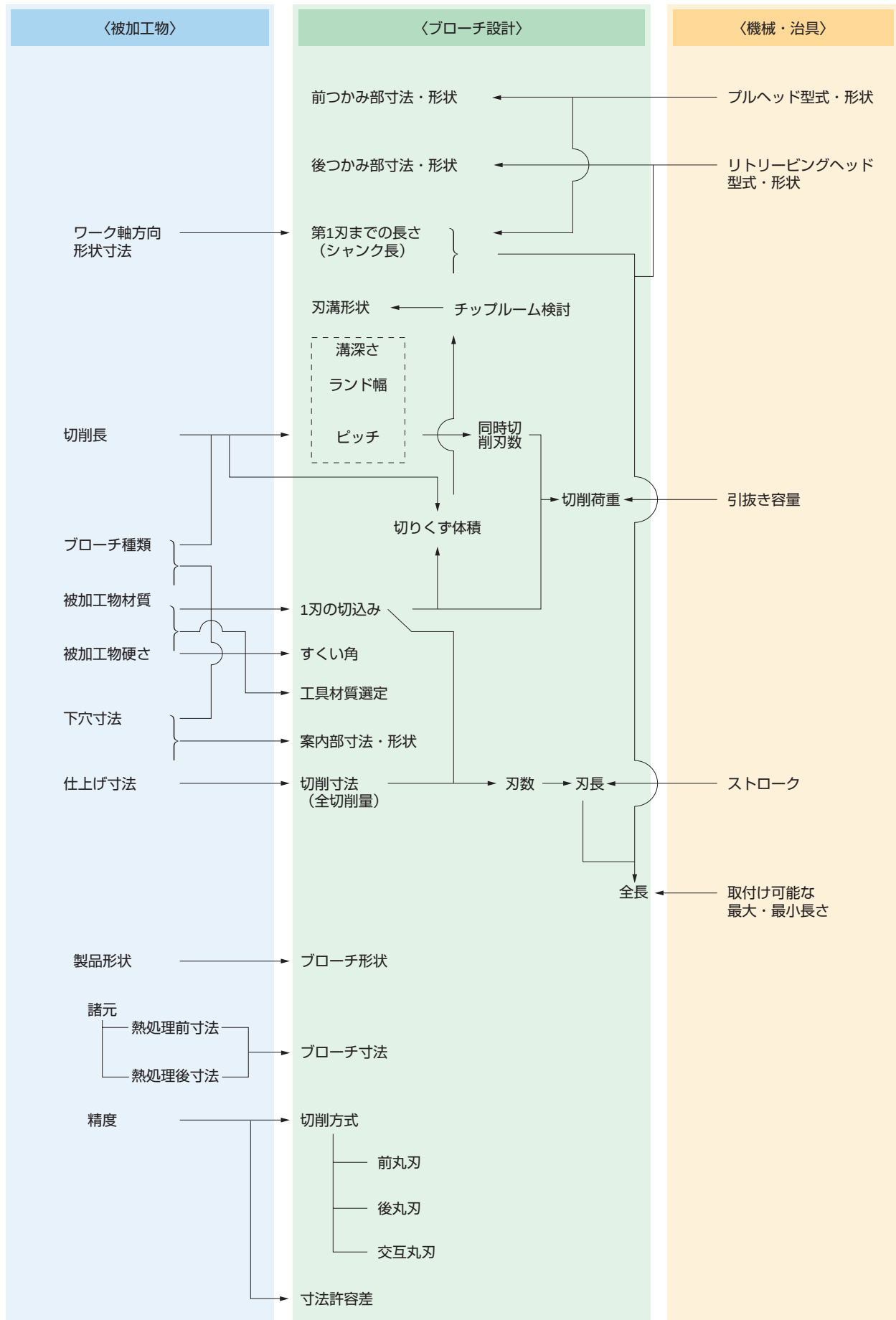
A_t 、 A_c は刃部、つかみ部の最小断面積です。このうち、小さいほうが許容荷重FPとなり、安全荷重FS以上でなければなりません。

以上に述べた、ブローチ盤、被加工物の仕様と各種諸元の概略関係を図17に示します。

表5 一刃の切込み量と比切削抵抗（ kN/mm^2 ）

被削材 \ 一刃の切削量	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.15
高抗張力鋼	4.5	3.6	3.2	2.9	2.7	—
中抗張力鋼	3.6	2.7	2.5	2.3	2.2	2.0
鋳 鋼	—	2.4	2.1	1.9	1.8	1.6
鋳 鉄	—	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4
可 鍛 鋳 鉄	—	2.2	1.9	1.7	1.6	1.6
銅 合 金	—	—	1.5	1.3	1.2	1.1
アルミニウム合金	—	—	1.3	1.1	1.0	0.9

図17 仕様から諸元を選定する際のフロー



5. 切削作用

ドリルの送り速度 (mm/rev)、旋削時の切込みや送り速度 (mm/rev) は、作業者が自由に選択できますが、これらに相当するブローチの一刃の切削量は設計時に決定され、作業者が変えることができるのは、切削速度だけです。旋削やフライス加工の切りくずは、発生すると同時に取り除かれますが、ブローチ加工では全切削長の切りくずがチップルームに収容されなければなりません。

そのため、チップルームの大きさは重要なポイントであり、設計時には切削長に適したチップルームを採用しているので、図面指定以上の長い加工物を切削した場合は、切りくずがチップルームに詰まり、仕上げ面を著しく悪くし、刃欠けや折損を生じることがあります。

ブローチの切りくず長さは、切削長より必ず短くなり切削長さの1/2 ~ 1/4程度になります。このため、切りくずの厚みは、逆に2 ~ 4倍に増加します。切りくずの厚さは、すくい角、加工物の材質、刃先の状態、切削速度、切削油などにより異なります。

図18は、切りくずの発生する状態を示します。すなわち、ほかの切削工具と同様に、刃先が被削材に食込み、せん断を起こさせると、排除された切りくずは、すくい面に沿って上方に滑り、さらに刃先が進むとせん断された切りくずが前の切りくずに溶着して平行四辺形の層を作ることになり、これが重なり合って連続した切りくずになります。ブローチに適用するすくい角の範囲は、 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ と条件によって異なってきます。

切りくずが生成される際、刃物の進行方向と切りくずが滑りを起こすせん断面とのなす角をせん断角といいます。この角度は、切削抵抗、切削機構に重要な役割を果たします。

図19に示すようにこの角度が小さいとせん断面が長くなり、切りくずが厚くなるとともに、切削抵抗が大きくなります。これに反して、せん断角が大きくなると、せん断面が短くなり、切りくずが薄く切削抵抗が小さくなります。最もよい切りくず形状はよく巻いた渦巻形であり、じん性のある被削材のものはこの形になります。

切りくずの巻き状態は、切削長、一刃の切削量、切削油、被削材の硬さ、化学成分、組織などによって異なります。

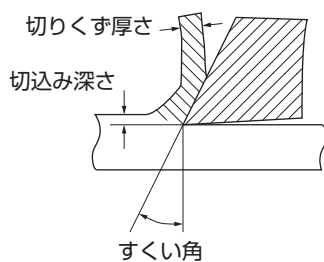


図18 切りくず生成状態

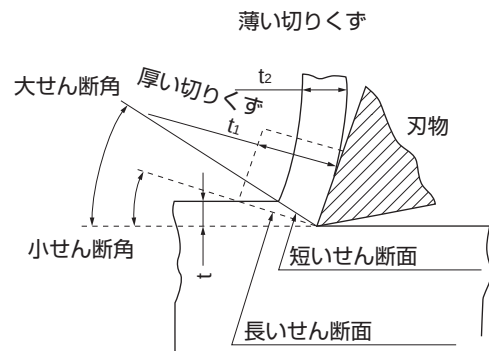


図19 せん断角と切りくず厚さ

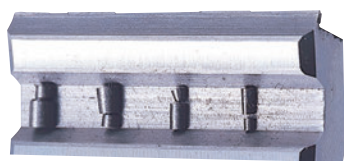


写真 3

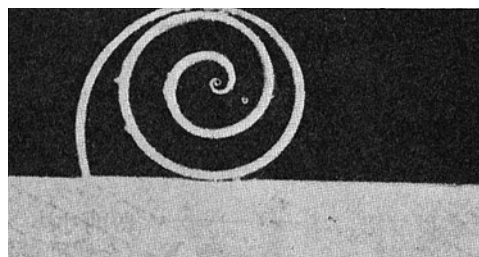


写真 4



写真 5

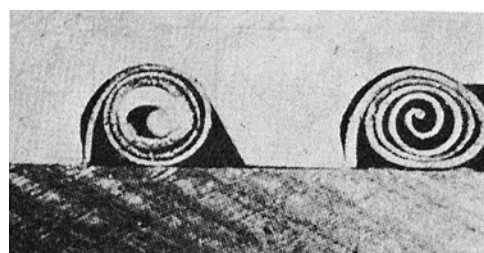


写真 6

一般に軟らかい材料は硬い材料より巻き径が大きくなります。鋳鉄のようにもろい材料の切りくずは、カールせずかさばらないのでチップルームの容積は小さくても問題ありません。

写真3は切削中の切りくずの発生状態を示し、写真4は自由な状態でカールした切りくずを示します。写真5は不十分なチップルーム、写真6の左側は、十分なチップルームで正常な切りくずの状態を示します。写真6の右側の切りくずは、再研削不良のため、カールが変形した状態を示します。

6. 加工時の注意事項

(1) 被削材の硬さ

一般的に鋼をブローチ加工するときに適した硬さの範囲は200～240HB程度だといわれています。硬さが高いほうが、軟らかい材料よりも仕上げ面がよいことさえあります。なぜならば極端に軟らかい鋼はブローチのランド部に溶着を起こしやすく、その結果かじりやむしれなどが生じて、仕上げ面を悪くすることがあるからです。また逆に硬さが高すぎても、ブローチの摩耗を早め寿命を短くします。

(2) 下穴

内面ブローチ加工する場合の下穴は、仕上げ面粗さ、寿命、加工精度などに大きな影響を与えるので正確に加工されていなければなりません。不正確な下穴は下記のような不具合が生じやすくなります。

- ①取付け基準面に対して下穴は直角でなければなりません。もし直角でなかった場合は、加工中にブローチが曲がり、よい寸法精度、仕上げ面がえられません。
- ②下穴が小さかったり曲がっていたりすると、ブローチの前方案内が入りません。反対に大きすぎると、ブローチが片寄って偏心が大きくなります。
- ③下穴に構成刃先の脱落片または硬い異物などがあると、ブローチの寿命を極端に短くする原因になります。

(3) 切削速度

切削速度はブローチの加工粗さ、寿命、加工精度などに影響するので、加工物の被削性などをよく考慮して選定することが大切です。ブローチの切削速度は普通2～8m/min程度ですが、最近では15～40m/min以上の高速ブローチ加工もおこなわれるようになっていきます。

(4) 切削油剤

切削油は、ブローチの寿命に大きく影響し、

- ①仕上げ面を良好にする
- ②寸法精度をよくする
- ③切れ刃の摩耗を抑制する
- ④切りくずの排除を容易にする

などの目的でもちいられています。

ブローチ加工の場合、ほかの加工方法と比較して低速切削であり、切削温度の上昇は少ないですが、再研削上の観点から逃げ角を小さくしているので、切削加工時に刃先へ切削油が浸透しにくく、切削が進むにしたがって、さらに侵入が困難となってくるので、切りくずの生成状態、仕上げ面粗さ、加工精度などは複雑な様相を呈します。これらの諸問題を改善するには、最適な切削油を選定することが重要なポイントとなってきます。

ブローチ用の切削油として市販されているものの中にも、実際には適さないものもあるので十分な注意が必要です。また、切削油の中に水、潤滑油、軽油などが混入すると極端に仕上げ面が悪くなり、異常摩耗を生ずる場合があるので注意が必要です。

(5) 被削物の肉厚

内面ブローチ加工においては、被削物の肉厚の大小が穴径、真円度などの加工精度に微妙に影響します。ブローチ加工中、被削物は背分力を受けるため弾性変形および塑性変形して膨張しますが、加工が終わると弾性回復（スプリングバック）により、ほぼ元どおりに戻ってしまいます。（図20参照）

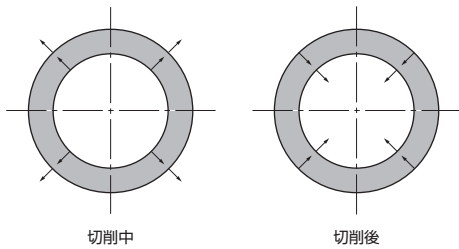


図20 スプリングバック

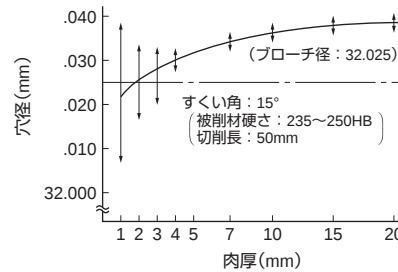


図21-1 穴径と肉厚の関係

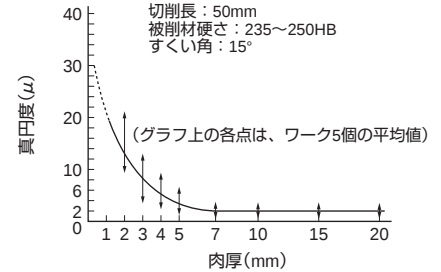


図21-2 真円度と肉厚の関係

この際、変形量が大きすぎると一部塑性変形として残る場合もあります。そしてこのスプリングバックの度合は、加工物の肉厚によって大きく変わってきます。例えば同じブローチで加工しても肉厚の厚い場合に比べて薄い場合は加工後の穴径は小さくなります。一例として各種肉厚を有する加工物を丸ブローチで加工した際の肉厚と穴径寸法、真円度との関係を図21-1、2に示します。図からもわかるように、肉厚が薄くなると寸法が小さくなり、真円度の悪化とともにばらつきも大きくなります。よってブローチ加工には、基準の当り面が大きく、かつ肉厚が厚い形状が適しています。

さらに、円周方向もしくは切削方向に加工物の肉厚が変化している場合は図22 (a)、(b)、(c) に示すような寸法変化を呈します。この現象は工具のほうからは防ぎようがないので、加工精度と被削物形状については十分な検討が必要です。

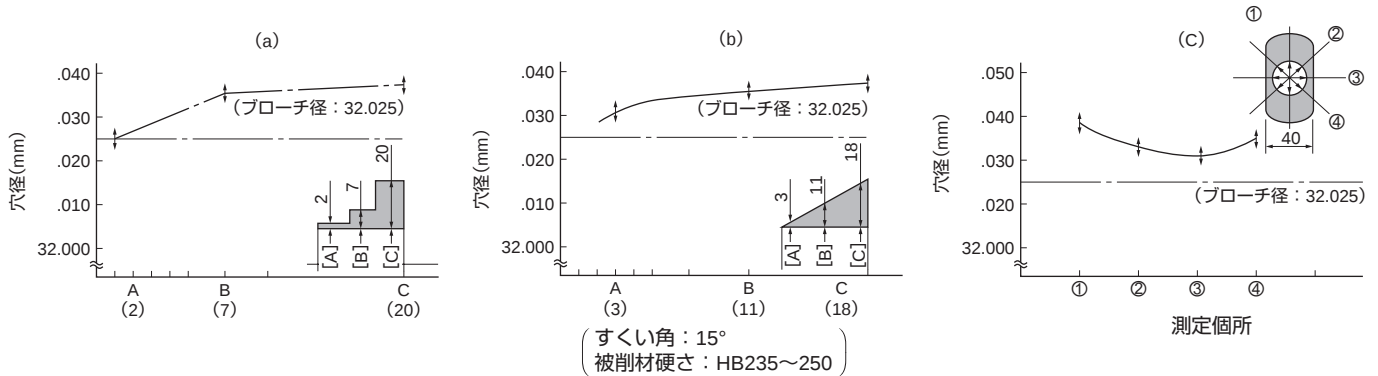


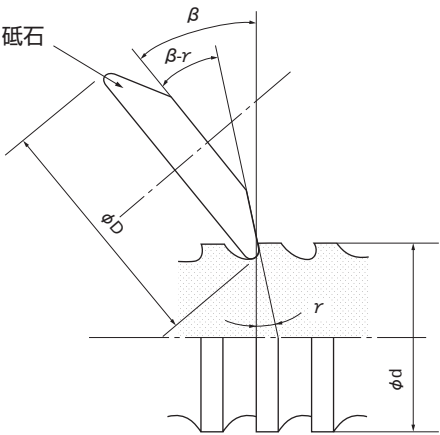
図22 穴径と特殊形状肉厚(グラフの各点は、ワーク5個の平均値)

7. 丸、スプラインブローチの再研削要領

正しいすくい角に再研削するために砥石径、取付け角（砥石傾斜角）を正しく設定する必要があります。

式

$$D = 0.85 \cdot d \cdot \sin(\beta - \gamma) / \sin \gamma$$
D：砥石直径
d：ブローチの直径
β：砥石傾斜角
γ：すくい角



下表に上式より求めたDの値を示します。

表6 再研削時の砥石直径

ブローチの直径d	$\beta=30^{\circ}$								$\beta=40^{\circ}$								$\beta=50^{\circ}$								$\beta=60^{\circ}$											
	すくい角 r°																																			
	7	9	12	14	16	18	20	7	9	12	14	16	18	20	7	9	12	14	16	18	20	7	9	12	14	16	18	20	7	9	12	14	16	18	20	
	砥石の直径D																																			
8	21	15	10	—	—	—	—	27	19	13	10	—	—	—	38	28	20	15	13	11	—	44	33	23	19	17	14	12								
10	27	19	12	—	—	—	—	39	28	19	15	12	10	—	47	35	25	20	17	14	12	55	42	29	24	21	18	16								
12	32	23	15	11	—	—	—	46	33	23	18	15	12	10	57	42	30	25	20	17	14	69	50	35	29	25	22	19								
14	38	27	17	13	10	—	—	54	39	27	21	17	14	11	66	50	35	29	24	20	17	78	59	41	34	29	25	22								
15	41	29	19	14	11	—	—	58	42	28	23	18	15	12	71	53	37	31	26	21	18	83	63	44	36	32	27	24								
16	43	31	20	15	12	—	—	62	45	30	24	20	16	13	76	57	40	33	27	23	19	89	68	47	39	34	29	25								
18	49	35	22	17	13	10	—	70	50	34	27	22	18	15	85	64	45	37	31	26	22	100	76	53	44	38	33	28								
20	54	39	25	19	14	11	—	78	56	38	31	25	20	17	95	71	50	41	34	29	24	111	84	59	49	43	36	32								
22	60	43	27	21	16	12	—	85	61	42	34	27	22	18	105	78	55	45	38	32	27	123	93	65	53	47	40	35								
24	66	46	30	23	17	13	10	93	69	46	37	30	24	20	114	86	60	49	41	35	29	134	101	70	58	51	44	38								
25	68	48	31	24	18	14	11	97	70	48	38	31	25	21	119	89	62	50	43	36	31	139	105	73	61	53	46	40								
28	77	56	36	27	21	16	12	106	79	53	43	35	29	24	137	100	72	58	50	41	35	156	118	84	71	60	51	45								
30	82	60	38	29	22	17	13	114	84	57	46	38	31	26	147	108	77	62	54	44	37	167	126	90	76	64	55	48								
32	88	64	41	31	24	18	14	121	90	61	49	40	33	27	158	115	82	66	57	47	40	178	135	96	81	69	59	51								
35	96	70	44	34	26	20	15	132	98	67	54	44	36	30	172	125	89	72	63	51	43	195	147	105	88	75	64	56								
36	99	72	46	35	27	21	16	136	101	69	55	45	37	31	176	129	92	74	64	53	45	200	151	107	91	77	66	58								
38	104	76	48	37	28	22	17	144	107	72	58	48	39	32	186	136	97	78	68	55	47	212	160	114	96	81	70	61								
40	109	80	50	40	30	23	18	151	112	76	61	50	41	34	195	143	102	82	71	58	50	222	168	120	101	86	74	64								
42	115	84	53	41	31	24	19	159	118	80	64	53	43	36	205	150	107	87	75	61	52	234	177	125	105	90	77	67								
45	123	90	57	44	34	26	20	170	126	86	69	57	47	38	220	160	115	93	80	66	56	250	190	135	113	96	83	72								
48	131	95	61	46	36	28	21	182	135	91	73	60	50	41	234	172	122	99	86	70	60	268	202	143	121	103	88	77								
50	137	99	63	48	37	29	22	189	140	95	76	63	52	42	244	178	127	103	89	73	62	278	210	150	126	107	92	80								
55	150	109	70	53	41	32	24	208	154	105	84	69	57	47	268	197	140	113	98	80	68	311	232	164	138	118	101	88								

8. 前つかみ部形状

前つかみ部の形状は、コッタ形、丸首形およびねじ形の3種類があります。

(1) コッタ形シャンク部 (JIS B4237)

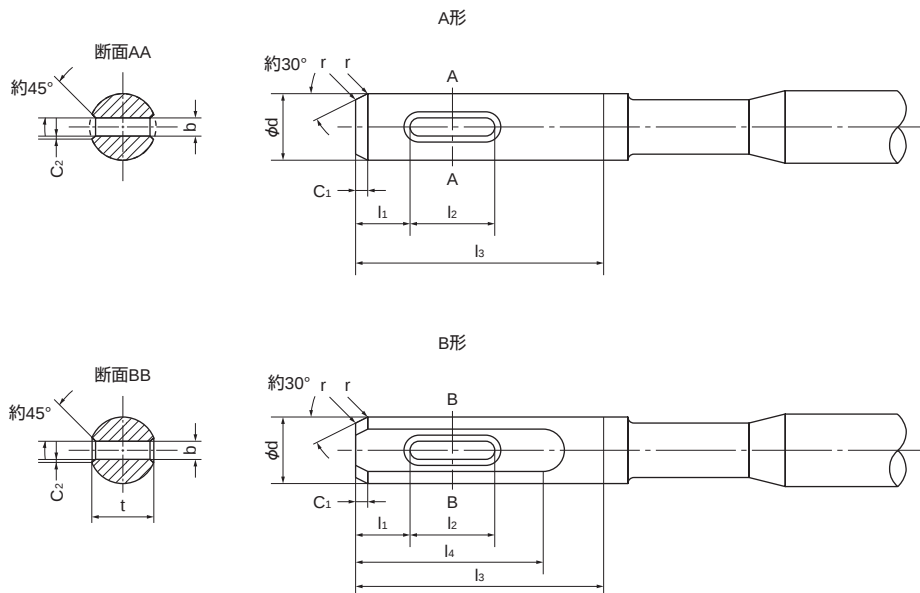


表7 コッタ形シャンク部寸法表

(単位: mm)

呼び寸法	シャンク径 (d)		コッタ穴幅 (b)		コッタ穴までの長さ l ₁	コッタ穴長さ l ₂	シャンク径有効長さ l ₃ (最小)	参 考						
	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差				l ₄	t	C ₁	C ₂	r		
10	10	-0.013 -0.035	3	$+0.4$ 0	16	20	70	50	9	3	0.4	1		
(11)	11	-0.016 -0.043	3			25			80				60	10
12	12		3											11
(14)	14		3.5	+0.5 0	18		90	70		12				4
16	16		4							14				
(18)	18		4.5							16				
20	20	5	18											
(22)	22	-0.020 -0.053	5.5			20			32	90	70	20	5	
25	25		6	22										
(28)	28		7	25										
32	32	-0.025 -0.064	8	$+0.6$ 0	22	40	100	80	28	6	1	2.5		
(36)	36		9						32					
40	40		10						36					
(45)	45		11	25	50	120	100	40	8	1.6	4			
50	50		12					45						
(56)	56	14	50											
63	63	-0.030 -0.076	16	32	56	140	120	56	10					
(70)	70		18					63						
80	80		20					70						
(90)	90	-0.036 -0.090	22	$+0.8$ 0	40	63	160	140	80	12	2.5	6		
100	100		25						90					

●備考

1. ()を付けたものは、なるべく使用しない。
2. dの許容差は、JIS B0401のf8による。
3. l₁, l₂の許容差は、JIS B0405の粗級による。
4. l₃はdが許容差の範囲を満足している部分をいう。

前つかみ部形状

(2) 丸首形シャンク部

(2) -① JIS形シャンク部 (JIS B4237)

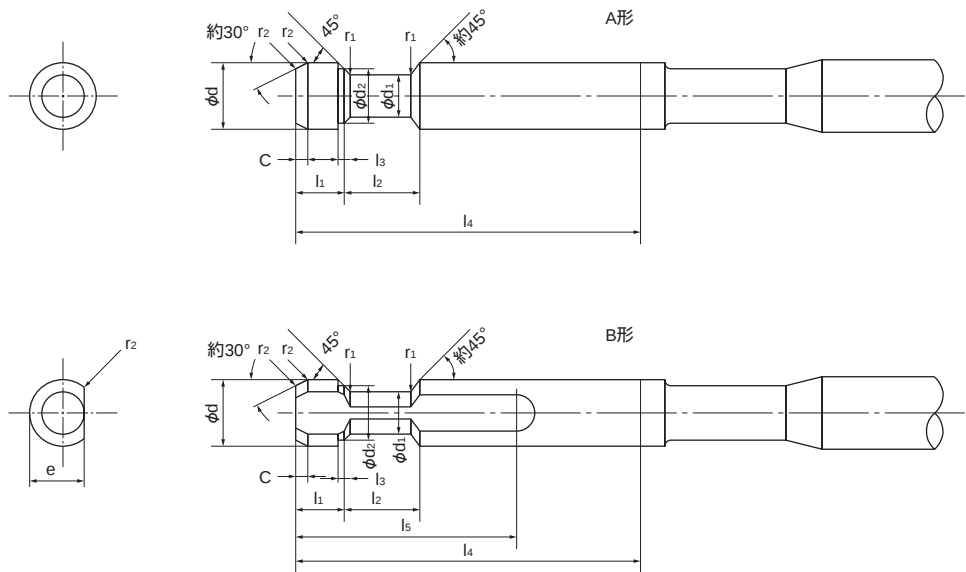


表8 JIS形シャンク部寸法表

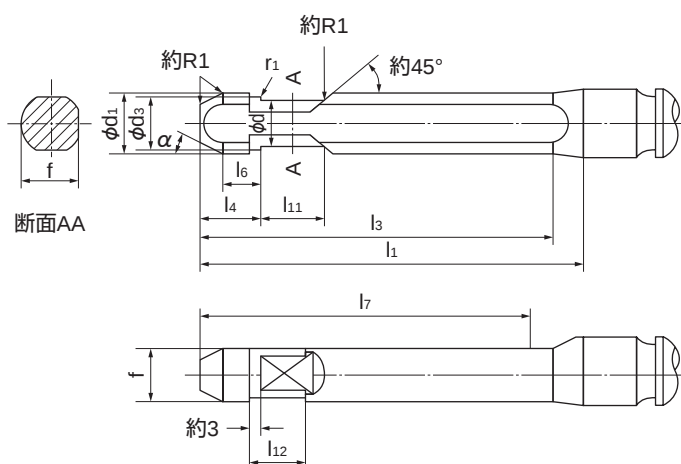
(単位 : mm)

呼び寸法	シャンク径 (d)		ネック径 (d ₁)		平取り高さ (e)		首 部 長 l ₁	ネック部 長 l ₂	シャンク径 有効長さ l ₄ (最小)	平取り 長さ l ₅ (最小)	参 考				
	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差					d ₂	l ₃	c	r ₁	r ₂
8	8	−0.013 −0.035	6	−0.080 −0.170	6.5	−0.025 −0.047	12	20	90	60	7.8	1	2	0.4	
(9)	9		6.8		7.4						8.8				
10	10		7.5		8.25						9.8				
(11)	11		8.2		9.1						10.8				
12	12		9		10						11.8				
(14)	14	−0.016 −0.043	10.5	−0.095 −0.205	11.75	−0.032 −0.059	16	25	110	75	13.7	2	4	0.6	1
16	16		12		13.5						15.7				
(18)	18		13.5		15.25						17.7				
20	20		15		17						19.7				
(22)	22	−0.020 −0.053	16.5	−0.110 −0.240	18.75	−0.040 −0.073	18	28	125	85	21.7	5	5	0.6	
25	25		19		21.5						24.7				
(28)	28		21		24						27.6				
32	32		24		27.5						31.6				
(36)	36	−0.025 −0.064	27	−0.120 −0.280	31	−0.050 −0.089	20	32	140	95	35.6	6	1	1.6	
40	40		30		34.5						39.5				
(45)	45		34		39						44.5				
50	50		38		43.5						49.5				
(56)	56		42		48.5						55.4				
63	63	−0.030 −0.076	48	−0.130 −0.290	55	−0.060 −0.106	32	50	180	130	62.4	8	10	1.6	4
(70)	70		53		61						69.4				
80	80		60		69.5						79.2				
(90)	90		68		78.5						89.2				
100	100		75		87						99.2				

前つかみ部形状

(2) 丸首形シャンク部

(2) -② DIN形シャンク部 (DIN 1415)



(呼び寸法4～18)

表9 DIN形シャンク部寸法表

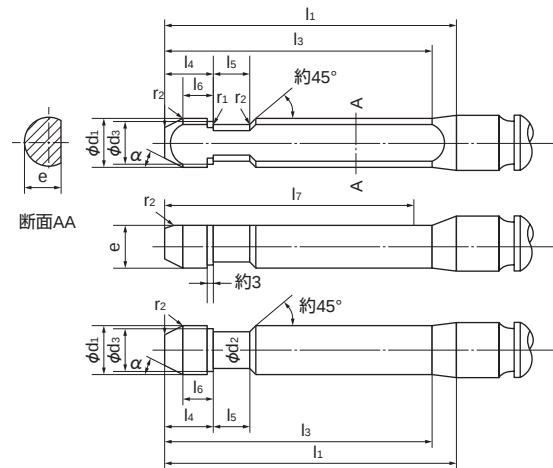
(単位：mm)

呼び寸法	ϕd_1		ϕd		r		l_4	l_{11}	参 考							
	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差			ϕd_3	l_1	l_3	l_6	l_7	l_{12}	r_1	α
4	4	-0.030 -0.048	2.3	-0.060 -0.120	3.7	-0.030 -0.048	16	16	3.8	160	120		90	15	0.2	
4.5	4.5		2.6		4.2		16	16	4.3	160	120		90	15	0.2	
5	5		3		4.6		16	16	4.8	160	120		90	15	0.2	
5.5	5.5		3.3		5.1		16	16	5.3	160	120		90	15	0.2	
6	6	-0.040 -0.062	3.6	-0.070 -0.145	5.6	-0.040 -0.062	16	16	5.8	160	120		90	15	0.2	
7	7		4.2		6.5		16	16	6.8	160	120		90	15	0.2	
8	8		4.8		7.5		16	16	7.8	160	120		90	15	0.2	
9	9		5.4		8.5		16	16	8.8	160	120		90	15	0.2	
10	10	-0.050 -0.077	6	-0.080 -0.170	9.5	-0.050 -0.077	20	16	9.8	180	140	12	120	15	0.2	10°
11	11		6.6		10.5		20	16	10.8	180	140	12	120	15	0.2	10°
12	12		7.2		11.5		20	16	11.8	180	140	12	120	15	0.2	10°
14	14		8.5		13.5		20	16	13.7	180	140	12	120	15	0.3	20°
16	16		10		15.5		20	16	15.7	180	140	12	120	15	0.3	20°
18	18		11.5	-0.095 -0.205	17.5		20	16	17.7	180	140	12	120	15	0.3	20°

前つかみ部形状

(2) 丸首形シャンク部

(2) -② DIN形シャンク部 (DIN 1415) のつづき



(呼び寸法20~100)

表10 DIN形シャンク部寸法表

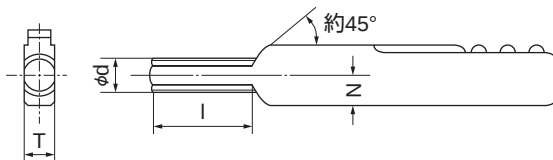
(単位: mm)

呼び寸法	ϕd_1		ϕd_2		e		l4	l5	参 考							
	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差			ϕd_3	l1	l3	l6	l7	r1	r2	α
20	20	-0.065 -0.098	15	-0.095	17	-0.032 -0.059	25	16	19.7	210	170	12	160	0.3	1	20°
22	22		16.5	-0.205	18.75	-0.040 -0.073	25	16	21.7	210	170	12	160	0.3	1	20°
25	25		19	-0.110 -0.240	21.5		25	16	24.7	210	170	12	160	0.3	1	20°
28	28		21		24		32	20	27.6	220	180	16	170	0.4	1.6	20°
32	32	-0.080 -0.119	24		27.5	-0.050 -0.089	32	20	31.6	220	180	16	170	0.4	1.6	20°
36	36		27		31		32	20	35.6	220	180	16	170	0.4	1.6	30°
40	40		30	-0.120 -0.280	34.5		40	25	39.5	230	190	20	180	0.5	2.5	30°
45	45		34		39		40	25	44.5	230	190	20	180	0.5	2.5	30°
50	50	-0.100 -0.146	38		43.5	-0.060 -0.106	40	25	49.5	230	190	20	180	0.5	2.5	30°
56	56		42	-0.130	48.5		50	32	55.5	270	230	25	220	0.6	4	30°
63	63		48	-0.290	55		50	32	62.4	270	230	25	220	0.6	4	30°
70	70		53	-0.140	61		50	32	69.4	270	230	25	220	0.6	4	30°
80	80	-0.120 -0.174	60	-0.330	69.5	-0.072 -0.126	63	40	79.2	315	275	32	265	0.8	6	30°
90	90		68	-0.150	78.5		63	40	89.2	315	275	32	265	0.8	6	30°
100	100		75	-0.340	87		63	40	99.2	315	275	32	265	0.8	6	30°

(3) ねじ形シャンク部 (JIS B4237)

表11 ねじ形シャンク部寸法表

(単位: mm)



呼び寸法	取付けねじの 呼び d	取付けねじ 長さ l	参 考	
			T	N
6	M6	20	5	3.5
8	M8	25	6	4.5
			7	4.5
10	M10	30	8	5.5
			9	6
12	M12	35	10	6.5
			11	7
14	M14	40	12	8
16	M16	40	15	11
18	M18	50	17	13
20	M20	50	19	15

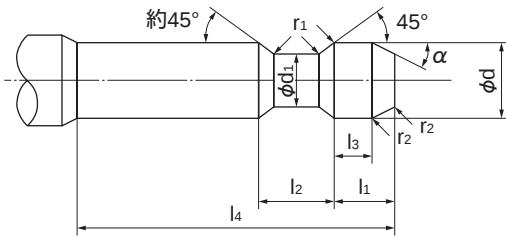
●備考

- 取付けねじのねじはJIS B0205により、その精度はJIS B0209の8gによる。
- lの許容差は、JIS B0405の粗級による。

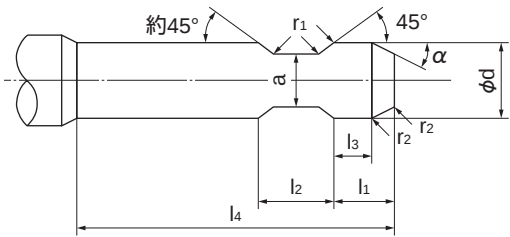
9. 後つかみ部形状

後つかみ部はブローチ盤のリトリージングヘッドに合わせて選択します。

(1) 丸首形および台形溝形後つかみ部（JIS B4237）



(丸首形)



(台形溝形)

表12 丸首・台形溝形後つかみ部寸法表

(単位：mm)

呼び寸法	シャンク径 d		ネック径または平取り幅 d1またはa		首部長さ取付け 溝までの長さ l1	ネック部長さ 取付け溝長さ l2	シャンク径 有効長さ l4（最小）	参 考					
	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差				l3	r1	r2	α		
12	12	−0.016	9	−0.080 −0.170	16	16	60	8	0.4	1	10°		
16	16	−0.043	12	−0.095 −0.205							20	20	70
20	20	−0.020	15		25	25	80	12	0.8	2.5			
25	25	−0.053	18	28							32	90	16
32	32	−0.025 −0.064	24		−0.110 −0.240	50	50	−0.120 −0.280	63	63			
40	40		−0.030 −0.076	30							−0.140 −0.330	80	80
50	50	−0.036 −0.090		38	86	100	100	−0.036 −0.090	86	100			
63	63		−0.036 −0.090	49							100	100	100
80	80	−0.036 −0.090		66	100	100	100	−0.036 −0.090	86	100			
100	100		−0.036 −0.090	86							100	100	100

●備考

1. d 、 d_1 および α の許容差は、それぞれJIS B 0401のf8およびc11による。
2. l_1 および l_2 の許容差は、JIS B 0405の粗級による。

後つかみ部形状

(2) DIN形後つかみ部 (DIN 1415)

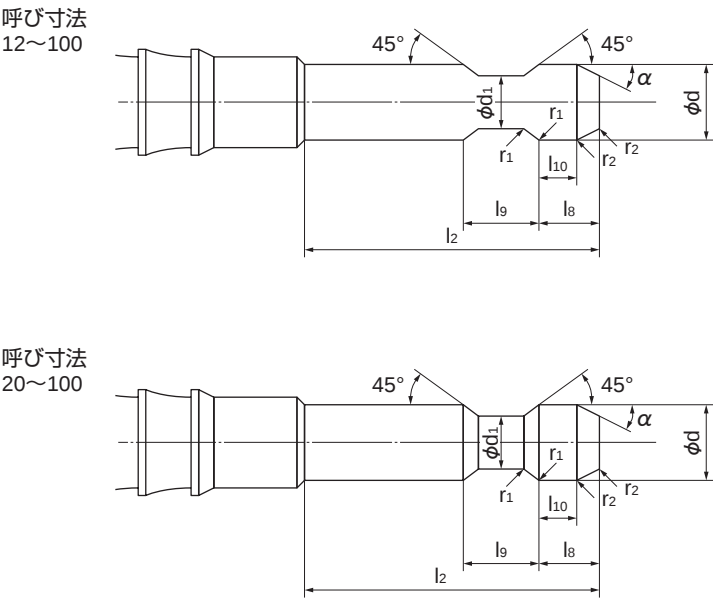


表13 DIN形後つかみ部寸法表

(単位：mm)

呼び寸法	d		d1		l8	l9	参 考				
	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差			l2	l10	r1	r2	α
12	12	-0.050 -0.077	9	-0.080	16	16	70	8	0.2	1	10°
14	14		10	-0.170	16	16	70	8	0.3	1	20°
16	16		12	-0.095 -0.205	16	16	70	8	0.3	1	20°
18	18	-0.065 -0.098	14		16	16	70	8	0.3	1	20°
20	20		15		20	20	90	10	0.3	1	20°
22	22	-0.080 -0.119	17	-0.110 -0.240	20	20	90	10	0.3	1	20°
25	25		20		20	20	90	10	0.3	1	20°
28	28		22		25	25	125	12	0.4	1.6	20°
32	32	-0.100 -0.146	26	-0.120 -0.280 -0.130 -0.290 -0.140 -0.330	25	25	125	12	0.4	1.6	20°
36	36		30		25	25	125	12	0.4	1.6	30°
40	40		34		25	25	125	12	0.5	2.5	30°
50	50	-0.120 -0.174	42	-0.150 -0.340 -0.170 -0.390	25	25	125	12	0.5	2.5	30°
63	63		53		28	32	160	16	0.6	4	30°
80	80		68		32	40	200	20	0.8	6	30°
100	100		86		32	40	200	20	0.8	6	30°

10. ブローチ使用上のトラブルと対策

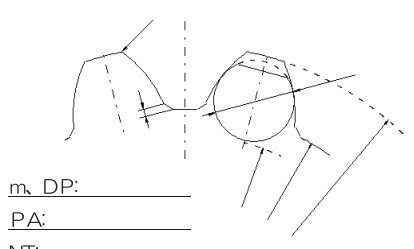
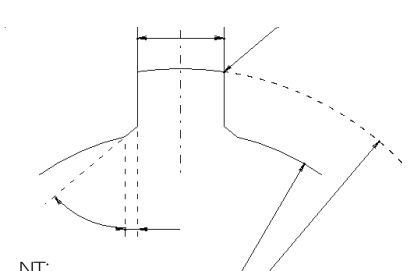
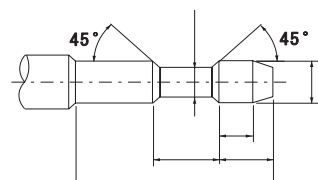
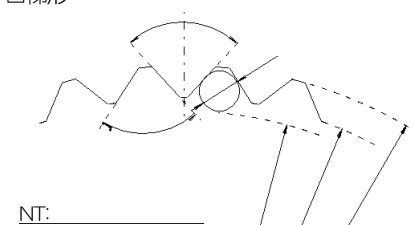
トラブル	原因	対策
切削中にブローチが停止	ブローチ盤のパワー不足	十分にパワーのあるブローチ盤を使用してください。
	溶着、刃欠け、異常摩耗による切削抵抗の増大	再研削により溶着、刃欠け、異常摩耗を除いてください。切削油を変えてください。
	被削物の材質変化による被削性の悪化	被削物の組成、組織、硬さをチェックしてください。切削油を変えてください。
	切りくず詰まり	指定の切削長以上の被削物を加工していないかチェックしてください。切りくずを完全に除去してください。
びびり振動の発生	同時切削刃数が少なすぎる	指定の切削長以下の被削物を加工していないかチェックしてください。切削長が短い場合、重ね引きしてください。
	被削物のスプリングバック現象	被削物の肉厚を厚くしてください。
	ピッチと切削長による共振	後端を支えてください。
	機械および治具の剛性不足	機械、治具の修理保全をおこなってください。剛性を増してください。
側面のむしれ	切れ刃側面に溶着がある	再研削により溶着部を除いてください。切削油を変えてください。
大きなかえり	被削物の材質変化による被削性の悪化	被削物の組成、組織、硬さをチェックしてください。切削油を変えてください。
	切れ味の悪化	再研削をおこない切れ味をよくしてください。
外周のむしれ	刃先の摩耗で仕上面が擦過	再研削をおこない切れ味をよくしてください。
	切れ刃に溶着	再研削により溶着部を除いてください。切削油を変えてください。
	切れ刃にチッピング発生	再研削をおこないチッピング部を除いてください。
	切れ刃に当て傷	再研削をおこない傷を除いてください。
	切りくずと被削物加工面が擦過	再研削をおこない切れ味をよくしてください。切りくずを完全に除去してください。切削油を変えてください。

トラブル	原因	対策
条 痕	切れ刃にチッピング発生	再研削によりチッピング部を除いてください。
	切れ刃に当て傷あり	再研削をおこない傷を除いてください。
	切れ刃に溶着あり	再研削により溶着部を除いてください。 切削油を変えてください。
被削物のブローチ出口の こぼ欠け	切削荷重力が増大	再研削をおこない切れ味をよくしてください。 切削油を変えてください。
	被削物にバックメタルがない	被削物の形状を変える、または加工工程の変更を 検討してください。
折損や刃欠け	ブローチの取付不良	取付方法の改善をおこなってください。
	切りくず詰まり	指定の切削長以上の被削物を加工していないか チェックしてください。 切りくずを完全に除去してください。 切削油を変えてください。
通りゲージが入らない	加工穴の偏心	ブローチ切れ刃にチッピング、当て傷がないかを調 べ、ある場合には再研削にて除いてください。 基準面および下穴を正しく加工してください。
	切れ刃のコーナ部が異常摩耗	再研削をおこない摩耗部を除いてください。
	仕上げ寸法が許容差下限よりも小さい	再研削をおこない切れ味をよくしてください。
止まりゲージが通る	すくい面研削時のかえりが大きい	かえりを除去してください。

11. ブローチ発注仕様書

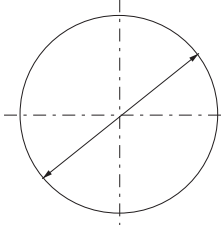
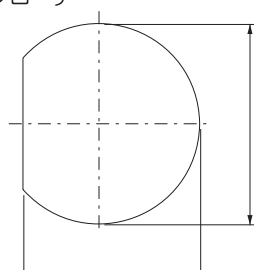
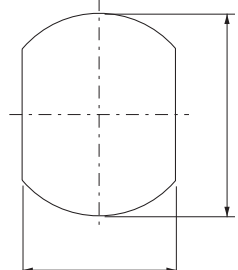
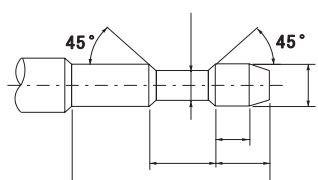
ご注文の際には下記仕様書を参照の上、ブローチの設計・製作に必要な諸元をご連絡下さい。

明石製作所 精密工具センター		殿		年 月 日	
☐ インポリュート ☐ セレーション ☐ 角形スプライン ☐ 梯形 ブローチ 設計仕様書		取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書
ユーザ名		完了日		担当者	発行者
☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考				
納期区分		☐ 標準 ☐ 確約 ☐ 短納期 ☐ TENライン（納期）			

A 被削ワーク諸元		B ブローチ諸元	
☐ ワーク図面	☐ あり(スプリングバック検討) ☐ なし(スプリングバック保証不可)	☐ ブローチ図面	☐ なし → Aに記入 ☐ あり → 問題 ☐支給図通り設計 ☐当社規格にて変更可 ☐あり→内容を備考欄に記載下さい
☐ 適用規格	☐ あり (規格) ☐ なし	☐ 工具番号	
☐ 部品名称	図面記入	☐ 刻印事項	
☐ 部品番号	☐ 要 ☐ 不要	☐ ブローチ材質	
☐ 被削材	硬さ	☐ 表面処理	☐ 無処理 ☐ 窒化酸化 ☐ STH ☐ TiN ☐ GV21 ☐ その他()
☐ 切削長		☐ ブローチ加工後熱処理	☐ 熱処理歪み補正あり ワーク補正量 大径: _____ 小径: _____ B.P.D.: _____ ☐ 補正なし
仕上がり寸法		☐ かわりによるオーバーサイズ	☐ 不可 ☐ 初品時のみ ☐ 可 ☐ 初品・再研削時とも
☐ インポリュートスプライン  m, DP: _____ PA: _____ NT: _____		☐ 前つかみ部	☐ JIS規格(三條規格) ☐ 不二越規格 ☐ その他() ☐ 四爪式 ☐ コッタ式 ☐ ピン式 ☐ その他() 平取り ☐ あり ☐ 位置決めあり(別途記入) ☐ 位置決めなし ☐ なし
☐ 角形スプライン  NT: _____		☐ 後つかみ部	☐ 図面あり ☐ 図面なし(下記に記入) 
☐ セレーション ☐ 梯形 欠歯・接合歯は別途指示要  NT: _____		☐ 丸刃	☐ なし ☐ 前丸刃 ☐ 後丸刃 ☐ 交互丸刃
☐ 下穴寸法	φ	☐ 全長指定	☐ なし(見積もり全長) ☐ あり(指定全長)
☐ ブローチ盤	形式:	☐ 特記事項	英文図面 ☐ 要 ☐ 不要
		容量:	KN ストローク: mm

図番

☐ 丸 ☐ 半丸 ☐ 二面取り	取引連番	整理番号	数量	標準設計計画書		発行者
ブローチ設計仕様書	ユーザ名			完了日	担当者	
☐ 標準設計品 ☐ 当社改良品 ☐ 他社比較品	備考					
納期区分	☐ 標準 ☐ 確約 ☐ 短納期 ☐ TENライン (納期)					

A 被削ワーク諸元			B ブローチ諸元		
☐	ワーク図面	☐ あり(スプリングバック検討) ☐ なし(スプリングバック保証不可)	☐	ブローチ図面 ☐ なし → Aに記入 ☐ あり → 問題 ☐ なし → ☐ 支給図通り設計 ☐ 当社規格にて変更可 ☐ あり → 内容を備考欄に記載下さい	
☐	適用規格	☐ あり (規格) ☐ なし	☐	工具番号	
	部品名称 部品番号	図面記入 ☐ 要 ☐ 不要	☐	刻印事項	
☐	被削材	硬さ 切削長	☐	ブローチ材質	
☐	仕上がり形状		☐	表面処理 ☐ 無処理 ☐ 窒化酸化 ☐ STH ☐ TiN ☐ GV21 ☐ その他()	
☐	☐ 丸ブローチ 		☐	ブローチ加工後熱処理 ☐ あり (右記記入) ☐ なし ☐ 熱処理歪み補正あり ワーク 大径 : 補正量 幅 : ☐ 補正なし	
☐	☐ 半丸ブローチ 		☐	かえりによるオーバーサイズ ☐ 不可 ☐ 初品時のみ ☐ 初品・再研削時とも ☐ 可	
☐	☐ 二面取りブローチ 		☐	前つかみ部 ☐ JIS規格(三條規格) ☐ 不二越規格 ☐ その他() ☐ 四爪式 ☐ コッタ式 ☐ ピン式 ☐ その他() 平取り ☐ あり ☐ 位置決めあり(別途記入) ☐ 位置決めなし ☐ なし ☐ No.1 刃まで ☐ 案内内部まで ϕ () $\times$ () ☐ 参考図番 ()	
☐	下穴寸法	ϕ	☐	後つかみ部 ☐ 要 (右記記入) ☐ 不要 ☐ 図面あり ☐ 図面なし(下記に記入) 	
☐	ブローチ盤	形式 :	容量 :	KN	ストローク : mm

図番

This image shows a full page of a notebook or ledger. At the top left, the word "Memo" is written in a large, bold, black font. Below it, there are approximately 30 horizontal dashed lines spaced evenly down the page, providing a guide for writing. The entire page is enclosed within a thin black border.

齒切工具 / ブローチ
GEAR CUTTER / BROACH

 **三菱マテリアル株式会社**

<http://www.mitsubishicarbide.com>

●電話技術相談室

三 菱 ヨ イ エ 具



0120-34-4159

携帯電話からも通話可能です