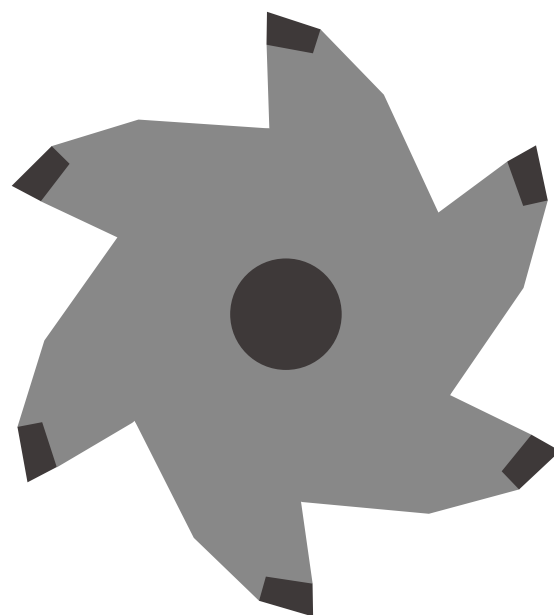




TECHNICAL  
DATA

# リーマ加工



オーエスジー株式会社



## はじめに

---

旧石器時代には人類はすでに石や骨、角、あるいは木で作った道具を使い、穴をあける行為をしていたと言われていています。古代エジプトの壁画には弓錐で穴加工をする様子が描かれており、道具の進化の足跡が見られます。青銅器や鉄器などの金属器が使用される頃には、穴加工の道具にも金属が使われるようになったと考えられています。

最初は紐を通す程度の穴で、精度を要することはなかったのでしょうか。しかし、穴に軸をはめることが行われるようになると、しっくりとした嵌合が必要とされ、穴に合わせて軸を削ることが行われるようになったと推測されます。あるいは、軸に合わせて穴を広げることも行われたのかもしれませんが。

しかし同じものを大量に作る時代が来ると、このような一方を他方に合わせる現物合わせの方法では互換性がなく、とても不都合となりました。そのため、やがて「はめあい」の概念が生まれ、穴を所定の寸法範囲に仕上げるという加工が誕生しました。

現在では国際規格ISOによってIT基本公差が定められ、はめあい寸法公差の標準化が図られています。寸法公差のみならず幾何公差も定義がされており、精度の良い穴加工が「ものづくり」では日常的に行われるようになりました。

リーマは、あらかじめドリルなどによってあけられた穴を要求される寸法精度、形状精度、加工面粗さに仕上げるために用いられる切削工具です。一般に直径20mm以下程度の穴に使用されますが、自動車や航空機部品、ノズルなど、用途は広範囲に及びます。

ここではリーマならびにリーマ加工の基本的な事項について解説をします。

なおここで使用する用語は、一般表現や加工現場で慣用的に使われる表現も用いており、必ずしもJIS用語とは合致してはいないことをご了承ください。



## 目 次

1. リーマの基礎		5. リーマの再研削	
1.1 リーマとは	2	5.1 リーマの損傷形態	28
1.2 リーマ各部の名称	2	5.2 寿命判定	28
1.3 リーマの種類	3	5.3 再研削方法	28
 		6. トラブルの原因と対策	30
2. リーマの刃部材質		用語解説	32
2.1 刃部材料	5	参考資料	34
2.2 表面処理	6		
3. リーマ加工			
3.1 リーマ加工の特徴	7		
3.2 穴加工精度・品位	8		
3.3 リーマ仕様と加工への影響	9		
4. 加工条件			
4.1 切削速度	19		
4.2 送り量	21		
4.3 リーマ代	24		
4.4 切削油剤	25		
4.5 被削材特性の影響	27		



# 1. リーマの基礎

## 1.1 リーマとは

切削加工に使用される刃物（工具）を、切削工具と言います。リーマはドリルなどで加工された穴の内面を正しい形状、寸法および良好な仕上げ面にする仕上げ加工を行うための切削工具です。したがって加工される穴の形状はほとんどが円筒ですが、円錐状のもの（テーパ穴）もあります。

通常はボール盤やマシニングセンタに取付けて使用されますが、手回し作業で使用されることもあります。

## 1.2 リーマ各部の名称

リーマの各部（構成要素）の名称を図1.2.1ならびに図1.2.2に示します。

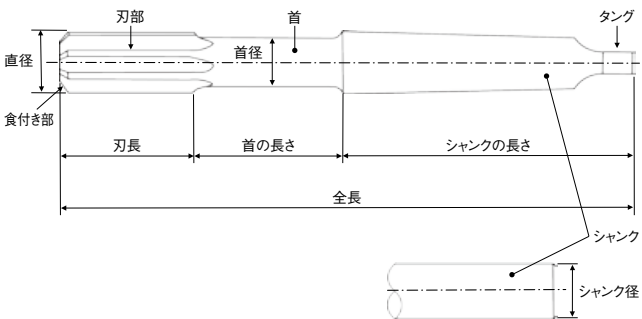
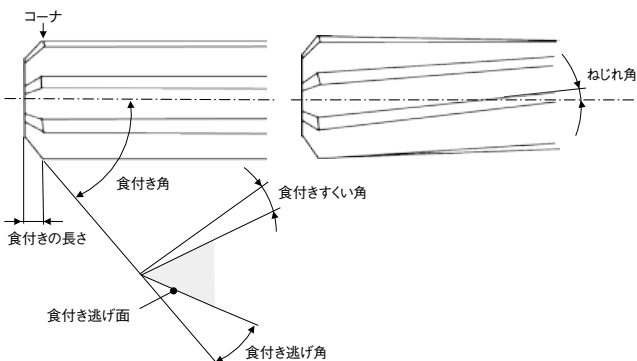


図 1.2.1 リーマの各部の名称



また、これまで国やメカによって異なっていた各部の表記記号がISO13399によって統一されました。図1.2.3、ならびに表1.1にその例を示します。

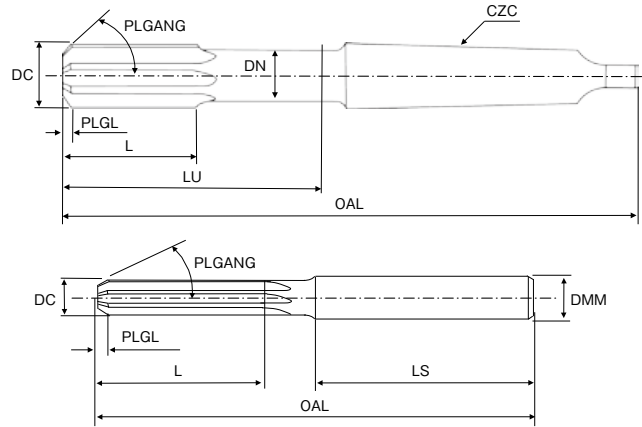


図 1.2.3 各部の記号表記 (ISO13399 準拠)

表 1.1 リーマ各要素の表記記号

記号	リーマの要素
CZC	接続サイズ
DC	リーマの直径
DMM	シャンク径
DN	首径
L	刃長
LS	シャンクの長さ
LU	有効長（使用可能長さ）
OAL	全長
PLGL	食付きの長さ
PLGANG	食付き角

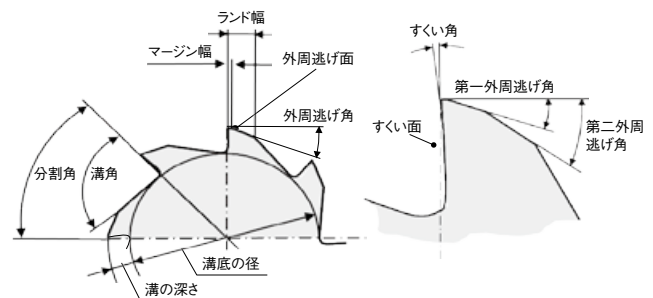


図 1.2.2 リーマ刃部要素の名称



### 1.3 リーマの種類

#### (1) 構造による分類

一体物のソリッド（むく）リーマ、ろう付けリーマ、組み立て式リーマ、刃先交換式（スローアウェイ）リーマなどがあります（図1.3.1）。

ろう付けリーマは、刃部先端のある長さだけに硬質な刃部材料をろう付けしたものです。ボデーをシャンクに差込んでろう付けしたものもありますが、これは差込みリーマと区別して呼ぶこともあります（例えばJIS B 0173での分類）。

また刃先交換式（スローアウェイ）をインデキサブルタイプと言うこともあります。

#### (2) 取付け方法による分類

基本的にはシャンクタイプとボアタイプ（取付け用の穴があいておりアーバに取付けて使用するタイプ）があり、シャンクタイプにはストレートシャンク、テーパシャンクがあります。ボアタイプにもストレート穴とテーパ穴があります（図1.3.2）。

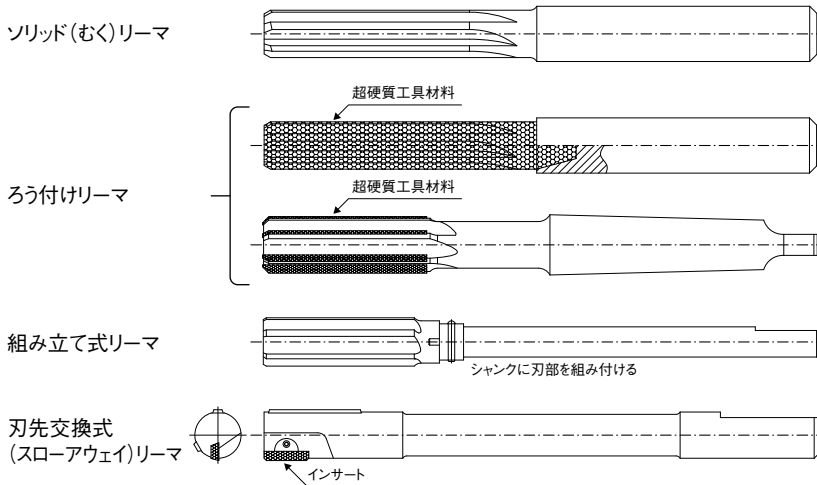


図 1.3.1 構造による分類の代表例

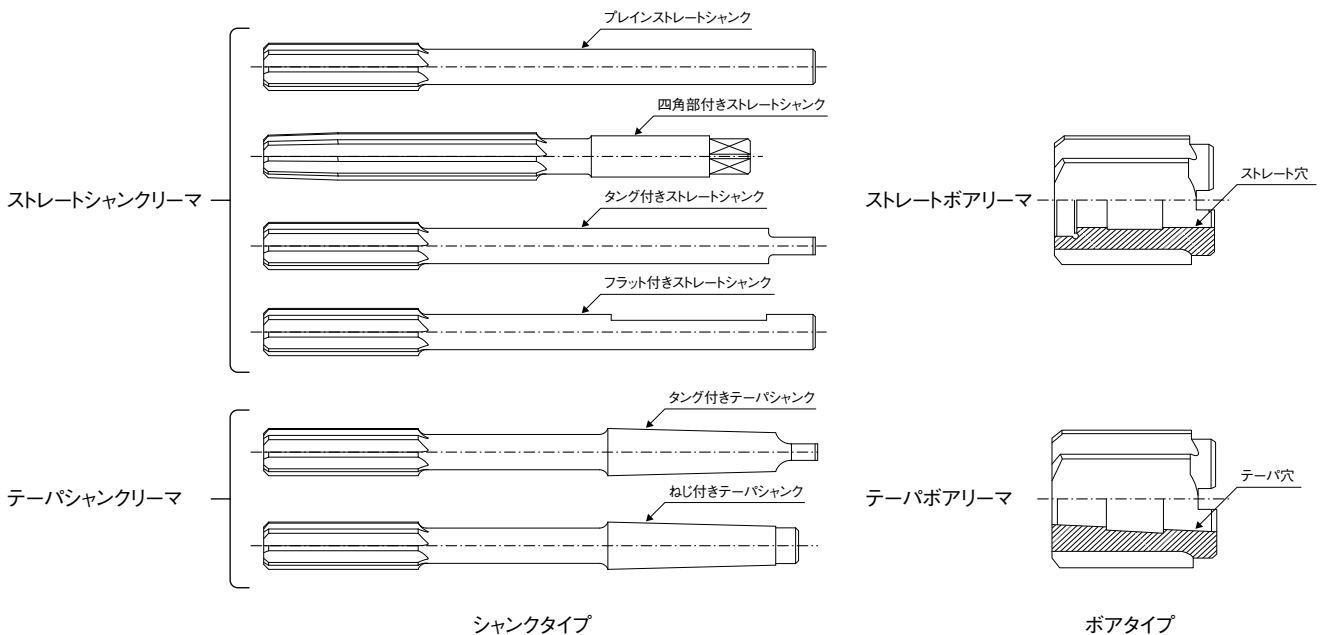


図 1.3.2 取付け方法による分類の代表例



### (3) 機能または用途による分類

大きくは手回し作業用リーマと機械作業用リーマに分類されます。手回し作業用リーマは、シャンクの端に四角部を持ちます。この四角部にハンドルを取付け、手回しで加工を行います。機械作業用リーマは、ボール盤や旋盤、フライス盤、マシニングセンタなどの機械に取付けて使用します。

図1.3.3に代表的なものを示します。ハンドリーマは、その名前の通り手回し作業用です。約 $1^\circ$ の食付き角があり、刃部は一般に直刃が使われていますが、キー溝などがある穴の場合にはねじれ刃が使われることもあります。

チャッキングリーマは、刃長が短く約 $45^\circ$ の食付き角をもった機械作業用リーマです。シャンクの形状によってストレートシャンクチャッキングリーマとテーパシャンクチャッキングリーマがあります。

マシンリーマは、テーパシャンクチャッキングリーマの刃長を長くした機械作業用リーマで、食付き角は約 $45^\circ$ です。

チャッキングリーマ、マシンリーマともに直刃とねじれ刃があります。

テーパリーマは、テーパ穴の仕上げに使用するリーマで、手回し作業用と機械作業用があります。テーパリーマも直刃とねじれ刃があり、ニックと呼ばれる細い溝の加工を施した荒仕上げ用タイプもあります。

この他にもアジャスタブルリーマ、あるいはエキスパンションリーマと呼ばれる刃部の直径を調節できるものがあります。

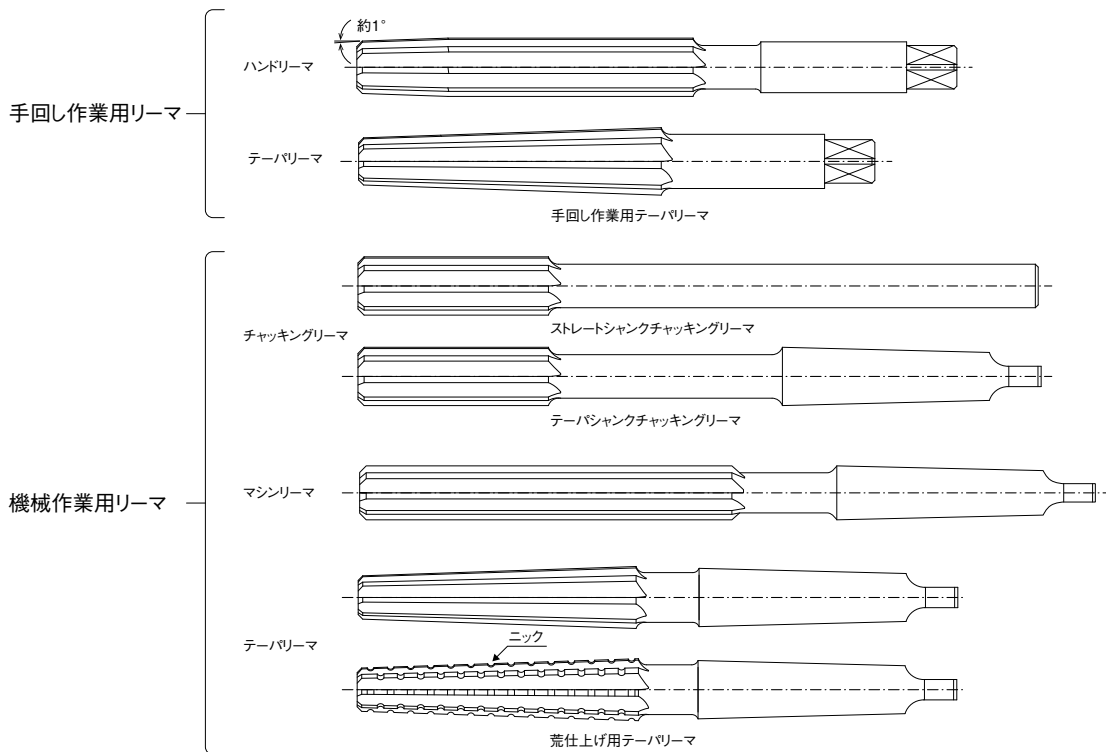


図 1.3.3 手回し作業用・機械作業用リーマの代表例



## 2. リーマの刃部材質

### 2.1 刃部材料

リーマの刃部材質としては、耐摩耗性、耐欠損性の高いことが不可欠です。さらには潤滑性、耐溶着性にも優れ、たわみにくく化学的にも安定であることが望まれます。

実際に使用される材料としては、合金工具鋼、高速度工具鋼 (HSS)、超硬合金、サーメット、cBN焼結体、ダイヤモンド焼結体、単結晶ダイヤモンドがあります (表2.1)。

表 2.1 リーマの刃部材料と特性

主なリーマの刃部材料	成分	特性
合金工具鋼	炭素工具鋼にタングステン、クロム、バナジウムなどを加えたもの (SKS)	研削性がよく鋭利な刃付けが容易 じん性が高いので手回し作業用リーマなどに用いられることがある
高速度工具鋼 (HSS)	高炭素鋼にクロム、モリブデン、タングステン、バナジウム、コバルトなどを比較的多量に加えたもの (SKH)	合金工具鋼に比べて高い硬さが得られ、耐摩耗性、耐熱性に優れる 幅広い用途に対応
超硬合金	炭化タングステン粉末にコバルトを加えて焼結したもの	幅広い用途に対応、耐摩耗性に優れる ヤング率が大きいソリッド工具ではたわみを生じにくくなり、下穴形状の影響を受けにくくなる
サーメット	炭化チタン、窒化チタンにニッケルなどを加えて焼結したもの	鉄系材料との親和性が低く溶着防止に効果がある 仕上げ面粗さが向上
cBN 焼結体	立方晶窒化ホウ素にコバルトや炭化チタンを加えて焼結したもの	ダイヤモンドに次ぐ硬さを有する 焼結合金、鋳鉄での加工能率向上、長寿命化が可能
ダイヤモンド焼結体	ダイヤモンド微粉にコバルトなどを加えて焼結した多結晶焼結体	アルミニウムなどの非鉄合金、グラファイト、CFRP、セラミックスなどでの工具寿命延長、仕上げ面粗さの向上が可能
単結晶ダイヤモンド	ダイヤモンドの単結晶から成る最も硬い材料	アルミニウムをはじめとする非鉄合金の精密微細加工などに用いられる 鋭利な切れ刃を形成できるので切削抵抗の軽減やばりの発生を防止

機械作業用リーマにおける鋳鉄や合金鋼の加工では、直径13mm程度以下は超硬合金製のソリッドリーマが多く使用され、それより太いものは高速度工具鋼 (HSS) 製リーマあるいは超硬合金のろう付けリーマが一般的に使用されます。

また合金工具鋼や超硬合金製の本体に、ダイヤモンドやcBNの砥粒を電着 (図2.1.1) した電着リーマと呼ばれるものもあります。

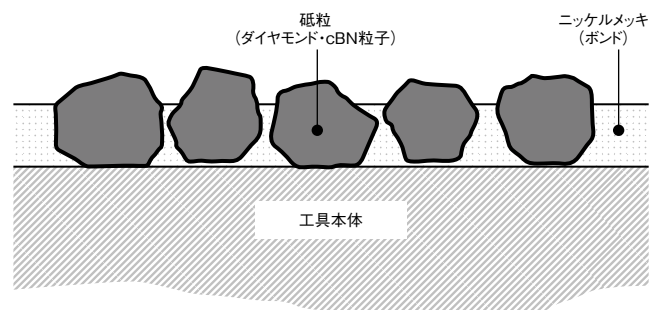


図 2.1.1 電着リーマの断面模式図



## 2.2 表面処理

切れ刃の表面を改質したり、薄い膜で覆ったりする処理をまとめて表面処理と言います。コーティングは後者の薄い膜で刃先を覆う方法です。

リーマにはPVD法によりTiNやTiCN、TiAlN系などの硬質膜がコーティングされることがあります。一方CrNのように摩擦係数が非常に小さく潤滑性に優れるコーティング被膜もあります。

こうしたセラミックス系コーティング被膜に加えて、DLC(ダイヤモンドライクカーボン)被膜のコーティングが行われることもあります。

リーマの直径の寸法公差は概ね $5\mu\text{m}$ 程度であり、この公差内でのばらつきを抑えるために、PVD法のスパッタリングと呼ばれる方法で、 $1\mu\text{m}$ 程度の薄膜のコーティングが施されるのが一般的です。

またコーティング処理によって刃先が丸みを帯びると、以降に説明する切削作用とバニシング作用のバランスにも影響を及ぼすため、薄い被膜が適用されません。

表 2.2 コーティング膜に用いられる硬質物質の例

記号	硬さ (Gpa)	摩擦係数	酸化開始温度 (°C)
TiN	20	0.4	500
TiCN	27	0.3	400
CrN	18	0.25	700
TiAlN	28	0.3	800
AlCrN	30	0.25	1000
DLC (SP3 リッチ)	60	0.1	550
ダイヤモンド	100	0.15	600

数値は代表値を示す。



### 3. リーマ加工

#### 3.1 リーマ加工の特徴

リーマ加工では図3.1.1のように、切削とバニシングが連続して行われます。食付き部では切削が行われ、コーナが穴の中に入っていくと、コーナに続く外周切れ刃ではバニシングが行われるようになります。

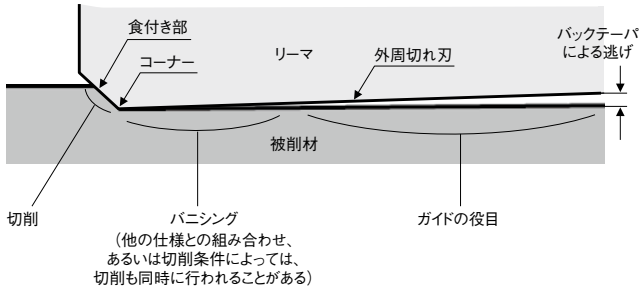


図 3.1.1 リーマの切削機構

バニシングとは工具の滑らかな面を加工物の表面に押し付けながら移動させることで、加工物表面に塑性変形と加工硬化を発生させ、滑らかな仕上げ面を得る加工方法です。

リーマ加工では、凸凹した穴内部表面のわずかな凹部に、その周りが流れ込むような変形が生じて、滑らかな仕上げ面が得られていると考えられます。

レオロジー（流動学）の世界では、こうした現象を塑性流動と呼びます。

このような加工形態をとるリーマ加工では、基本的には図3.1.2に示すようにトルクが変化します。食付き時は切削トルクだけが発生し、コーナが穴に入るとバニシングによるトルクが発生し始めます。バニシングトルクは次第に大きくなり、リーマが穴を貫通し始めると一気に減少します。

こうしたトルクとスラスト抵抗を実際に測定したのが図3.1.3です。先に説明した傾向がはっきりと見てとれます。そして切削トルクに比べてバニシングトルクが大きくなっていることが分かります。

一般にリーマ加工では、このように切削トルク成分に対してバニシングトルク成分の方が大きくなります。

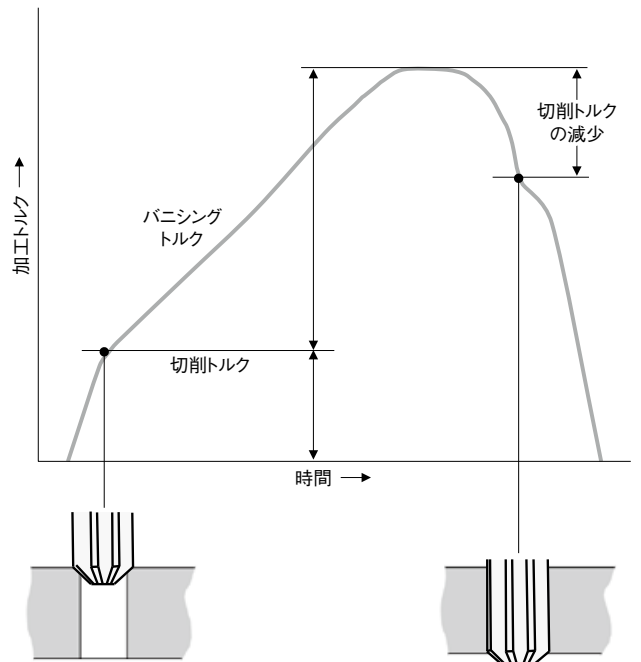
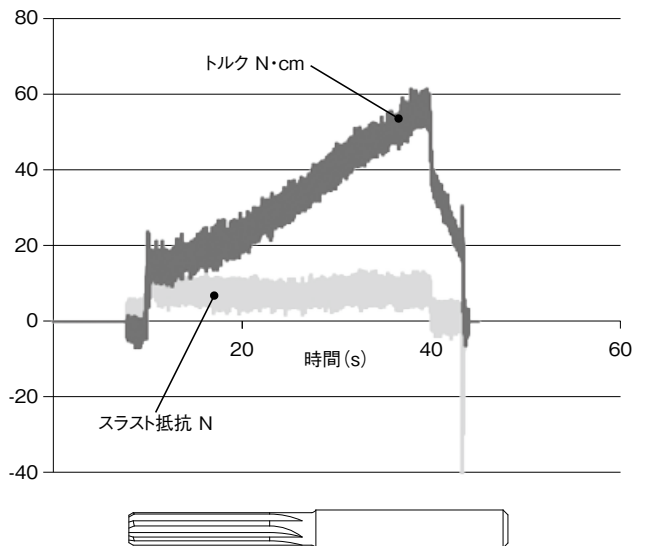


図 3.1.2 リーマ加工でのトルク（概念図）



リーマ：超硬ソリッドリーマ φ10 6枚刃 食付き角度30°  
 被削材：S45C  
 切削速度：13m/min  
 送り量：0.1mm  
 リーマ代：0.2mm  
 穴深さ：20mm（通り）  
 切削油剤：水溶性切削油剤

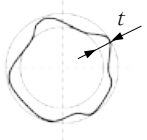
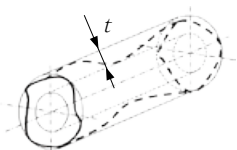
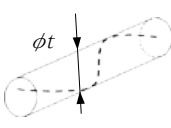
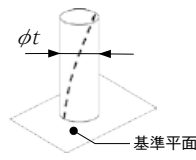
図 3.1.3 スラスト抵抗とトルク



### 3.2 穴加工精度・品位

リーマによって仕上げ加工された穴は、穴の直径寸法、仕上げ面粗さに加えて、真円度、円筒度、直角度などによって評価されます(表3.1)。

表 3.1 リーマ加工での幾何公差

幾何公差			公差の値	リーマ加工での主な現象
項目	リーマ加工における公差の領域			
真円度		二つの同心円の間の領域	両円の半径の差 $t$	穴が多角形となる
円筒度		二つの同軸円筒面の間の空間	両円筒の半径の差 $t$	穴の口元あるいは口下で拡大、縮小する 穴が部分的に拡大、縮小する
真直度		円筒の内部の空間	円筒の直径 $\phi t$	穴に曲がりが出る
直角度		基準平面に垂直な円筒の内部の空間	円筒の直径 $\phi t$	穴が斜めになる

リーマ加工を行った穴の直径とリーマの直径の差を拡大代と言います。拡大代と仕上げ面粗さは、多くの場合に密接な関係にあります。

一般にリーマ加工では、リーマが切削的に作用すると穴は拡大傾向となり、仕上げ面粗さが悪くなります。例えば食付き部での切削が食い込み勝手に行われてバニシング作用が小さくなる場合や、外周刃でも切削が行われてバニシング作用が不十分になる場合などです。

反対にバニシング作用が大きくなると仕上げ面粗さは向上しますが、工具や被削材が部分的に弾性変形による逃げを生じて穴は縮小傾向となります。

しかし食付き部での切削によって得られる被切削面がそもそも良好でない場合は、バニシング作用だけを大きくしても仕上げ面粗さは十分に改善されません。

真円度、円筒度、直角度はリーマの振れ回り(動的な振れ)の影響を大きく受けます。振れ回りはリーマ自体の振れ(静的な振れ)、機械主軸の振れ、ホルダの振れ、下穴に対する偏心、切削抵抗によるリーマのたわみなどの複合的な要因によります。



### 3.3 リーマ仕様と加工への影響

#### (1) 食付き形状

食付き形状は加工精度に大きな影響を与える要因のひとつです。その形状は大別して、一段食付き形と二段食付き形に分けられます。二段食付き形とは図3.3.1に示すような食付き形状を言います。これらの代表的な例を表3.2に示します。

二段食付き形は一般に一段目の食付き角を通常の45°程度とし、二段目の食付き切れ刃で仕上げ加工を行います。リーマの直進性を低下させずに、穴の拡大の抑制および仕上げ面粗さの向上を図ることを目的としています。

通常は一段食付き形が用いられ、一段食付き形では要求が十分に満足されない場合などに、二段食付き形のリーマを検討するのが一般的です。

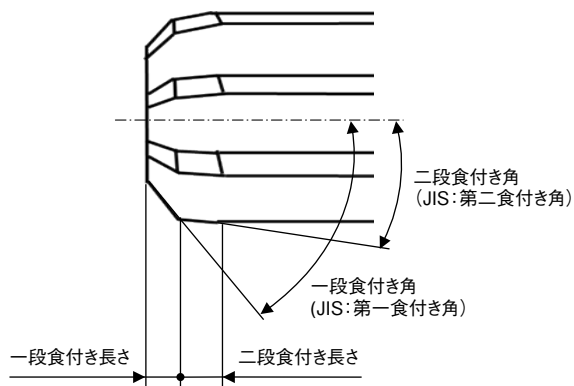


図 3.3.1 二段食付き形の例

表 3.2 代表的な食付き形状

	一段食付き形	二段食付き形		
一段食付き形	最も一般的な基本となる形状 リーマの真直性に優れる 穴の拡大はやや大きくなる傾向にあり、加工トルクが抑制される 比較的下穴精度の影響を受けない	穴の拡大は45°より小さくなり、バニシング作用が高まる 加工トルクは45°より増加する 工具剛性あるいは工具の把持剛性が低いと下穴に扱いやすくなる 工具剛性の高い超硬合金ソリッドリーマで採用されることがある	案内性がよく、下穴に大変扱いやすくなる 下穴の加工精度の影響を大きく受ける ハンドリーマ、ジョバースリーマに用いられる	
二段食付き形	1°~2°の二段目食付きで仕上げ加工を行う意図で設定される ばりの抑制効果が見られることがある 45°に対して加工トルクは増加する 二段目食付きの長さが長くなるので再研削の回数が減少する	食付き角45°に対して穴の拡大が抑制され、バニシング作用が高まる 適用範囲が広い	鋭利なコーナでのひっかけ傷が発生しない Rを大きくするとばりの発生や積層材での剥離を抑制する効果がある 面粗さが向上するが、R刃付け部の振れが大きいと、逆に穴の拡大増加や面粗さ悪化を招く 再研削が難しい	切りくずが二段に分割される 二段目の食付きで仕上げ加工を行う意図で設定される



## (2) 食付き角

図3.3.2から分かるように、食付き角が小さくなるとスラスト抵抗が減少します。反対に大きくなるとスラスト抵抗は増加します。

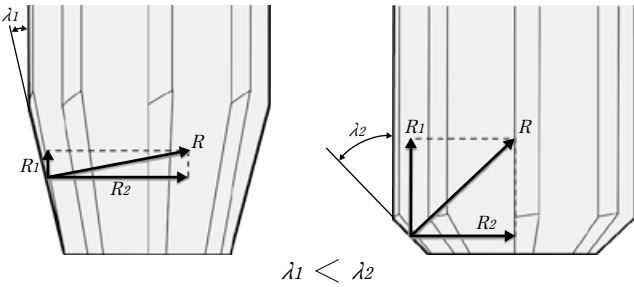


図3.3.2 食付き角( $\lambda$ )とスラスト抵抗( $R_1$ )

また食付き角が小さくなると図3.3.3のように切取り厚さは薄くなります。さらに同じ正のすくい角である場合、食付き角が小さい方が、食付きすくい角は大きくなり切れ味よく作用します((4) すくい角参照)。また、せん断角が大きくなり、切削時の仕上げ面粗さが向上するように作用します。しかし反面、加工物に接触する切れ刃長さは長くなるため、切削トルクを増加させることになります。

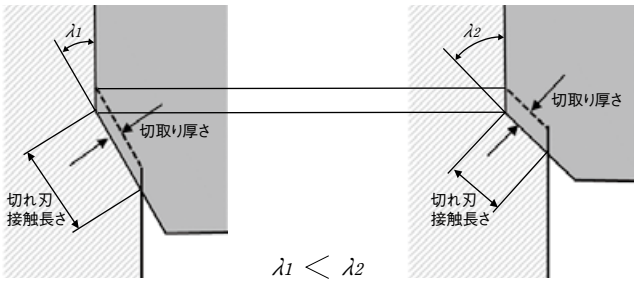
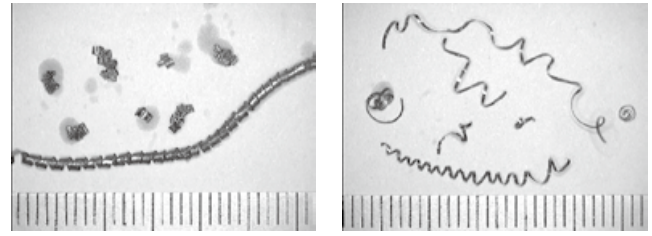


図3.3.3 食付き角( $\lambda$ )と切取り厚さおよび切れ刃接触長さ

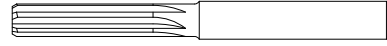
また幅が広く、かさばる切りくず(図3.3.4)は、リーマの溝に上手く収納しきれないと、加工面に擦り傷をつけてしまいかねません。

図3.3.5に食付き角と仕上げ面粗さ、穴の拡大代の関係を示します。仕上げ面粗さは $1\mu\text{m}$ 程度の変化であり、ここでは、はっきりした相関が見出だせませんが、穴の拡大代は食付き角が大きくなると増加することがよく分かります。



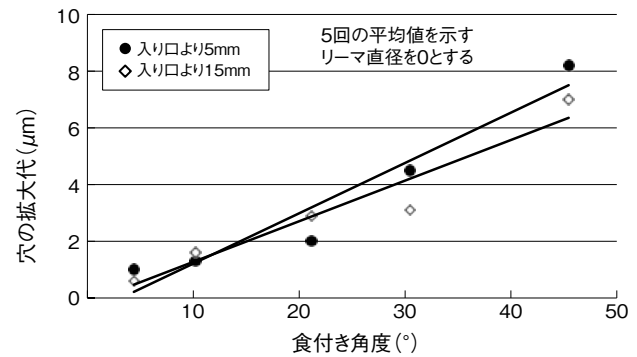
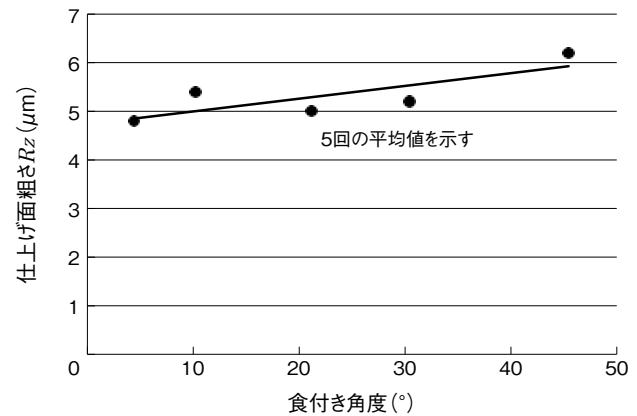
食付き角15°

食付き角45°



リーマ: TiNコーティング超硬リーマ  $\phi 7.6$  6枚刃  
被削材質: S48C  
切削速度: 20m/min  
送り量: 0.1mm  
下穴: 7.2mm  
穴深さ: 18mm(通り)  
切削油剤: 水溶性切削油剤(希釈倍率 $\times 10$ )  
機械: 立形マシンニングセンタ BT40

図 3.3.4 食付き角と切りくず形状



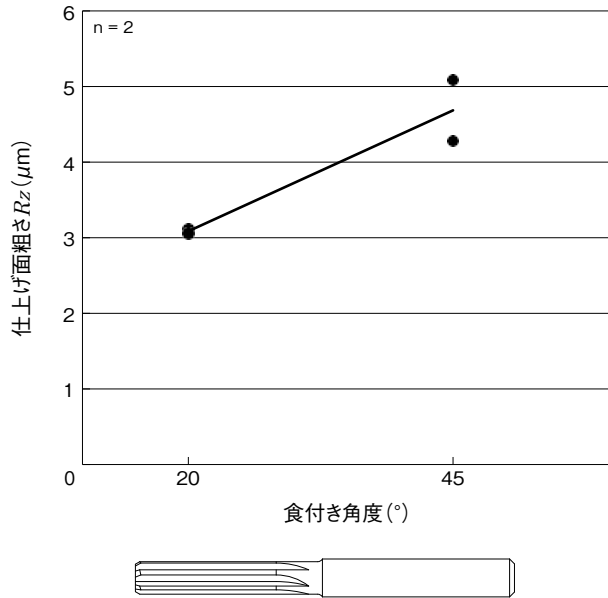
リーマ: HSSチャッキングリーマ SKH  $\phi 15$  8枚刃  
被削材質: SK65  
切削速度: 4m/min  
送り量: 0.38mm  
リーマ代: 0.3mm  
切削油剤: 水溶性切削油剤

図 3.3.5 食付き角の影響

出所: 財機機械振興協会技術研究所 加工技術データファイル(1979年)より抜粋



図3.3.6に示す超硬リーマの場合では、食付き角45°に対して20°の方が、仕上げ面粗さが改善されていることが、はっきりと分かります。これは食付きすくい角の増加が十分に寄与したためと考えられます。また幅の広い切りくずの排出も良好に行われたことがうかがわれます。



リーマ: 超硬ソリッドリーマ(ストレートシャンク) φ15.8 4枚刃  
 被削材質: S50C  
 切削速度: 20m/min  
 送り量: 0.2mm  
 下穴: 15.5mm 25mm(止り)  
 穴深さ: 20mm  
 切削油剤: 水溶性切削油剤

図 3.3.6 食付き角と仕上げ面粗さ

一方、食付き角の違いによる穴の拡大代の変化については、図3.3.7のように考えることができます。

食付き角度が小さいほどリーマは下穴に沿って穴に入っていくとします。したがって穴の拡大も小さくなると考えられます。食付き角度が小さいほど下穴の影響を受けやすくなり、真直度や穴位置の修正作用は減少します。

反対に食付き角が大きくなると、リーマが下穴に倣いにくくなり、切削作用によって下穴形状の不具合を修正するように働きます。したがって食付き刃での切削量に偏りが生じます。

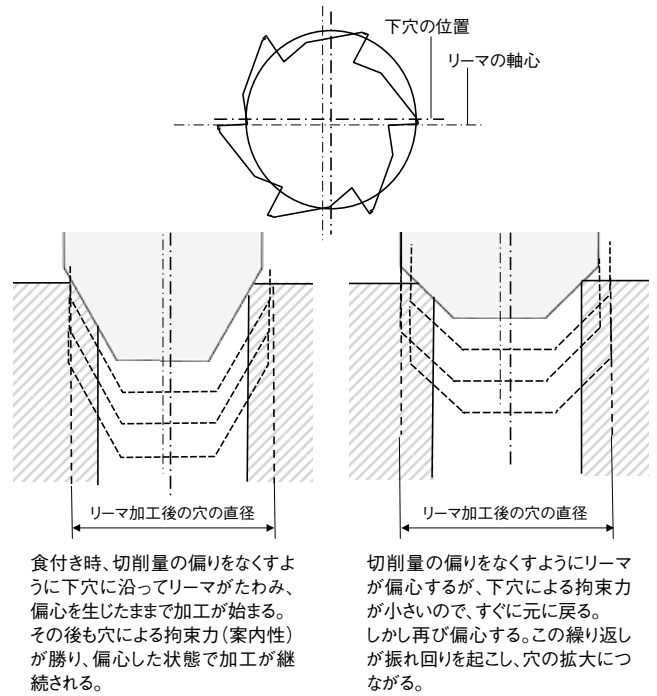


図 3.3.7 食付き角と穴の拡大

通常はこの切削量の偏りを緩和する方向にリーマ(あるいはホルダ)がたわみや逃げ(偏心)を生じます。ところが食付き角が大きいので下穴に倣いにくく、すぐ元に戻ろうとします。この繰り返しによって振れ回りが生じ拡大代が増加します。

しかし適度な拡大代はリーマのアブレイブ摩耗の進行を抑制し、工具寿命を延長するとともに、加工トルクを低減するという利点も併せ持っています。

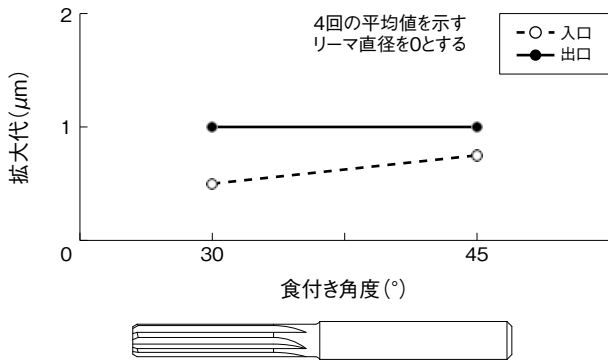
おそらく、こうした経験の積み重ねにより、食付き角は45°が一般的になったと推測されます。

なお図3.3.8には超硬ソリッドリーマの食付き角と拡大代の比較を示しますが、この例では食付き角30°と45°の間には、ほとんど差が見られません。これは超硬合金がHSSに対して、2.5倍以上のヤング率(変形のしやすさを表す指標)を有し、たわみにくいからです。こうしたことから超硬ソリッドリーマでは食付き角を30°程度とすることもよくあります。

食付き角を30°程度とすることで、抜けばりやコーナでのひっかき傷を抑制することができます。また前述の例のように仕上げ面粗さが改善されることもあります。



さらに下穴の口元に45°の面取り加工が先に行われている場合にも食付き角30°のメリットがあります。



リマ: TiNコーティング超硬ソリッドリーマ(ストレートシャンク)  
 φ7.6 6枚刃  
 工具突き出し長さ: 53mm  
 被削材質: S48C  
 切削速度: 20m/min  
 送り量: 0.2mm  
 下穴径: 7.2mm  
 穴深さ: 18mm(通り)  
 切削油剤: 水溶性切削油剤(希釈倍率x10)  
 機軸: 立形マシニングセンタ BT40

図 3.3.8 超硬ソリッドリーマの食付き角と拡大代

図3.3.9のように食付き角45°では拘束効果は非常に高いものの、切削が切れ刃の全面当たりから開始されます。このため切削抵抗が急上昇し振動が発生したり、切削直後から発生する切りくずが面取り加工面を傷つけたりすることがあります。これに対し食付き角30°では切削開始時の全面当たりを回避し、切削量を徐々に増加させることができます。

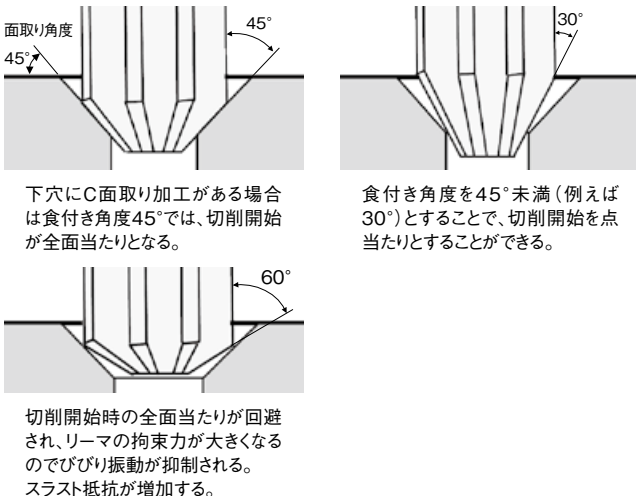


図 3.3.9 面取り付き穴のリーマ加工

### (3) 食付き逃げ角

いずれの食付き角であっても、食付き部は切削を行うための逃げ角が必要となります。逃げ面が加工物に当たらず切削を行うためには、逃げ角が次に示す最小逃げ角より大きな値であることが必要です。

$$\alpha_{\min} = \tan^{-1} \left( \frac{f}{\pi \cdot dr \cdot \sin \lambda} \right) \cdots \cdots (3.1)$$

$\alpha_{\min}$ : 食付き部の最小逃げ角

$f$ : 1回転当たりの送り量

$dr$ : 実際に切削を行うリーマ食付き部の最小直径  
 (= 下穴の直径)

$\lambda$ : 食付き角

### (4) すくい角

すくい角はリーマの工具寿命ならびに仕上げ面粗さ、加工精度に影響を与えます。リーマのすくい角とは半径方向のすくい角をいいますが、実際に切削をしている時に有効に働いているのは、食付き刃に直角方向の断面でのすくい角です。これを食付きすくい角(図3.3.10)と呼びます。

食付きすくい角は次のように表されます。

$$\tan \gamma_0 = \tan \gamma_f \cdot \cos \lambda + \tan \alpha \cdot \sin \lambda \cdots \cdots (3.2)$$

$\gamma_0$ : 食付きすくい角

$\gamma_f$ : すくい角

$\lambda$ : 食付き角

$\alpha$ : ねじれ角 右ねじれ(+) 左ねじれ(-)

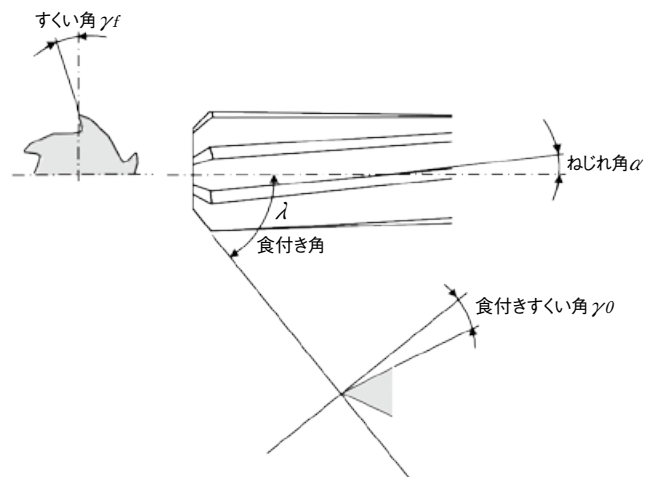


図 3.3.10 食付きすくい角

したがって、ねじれ角、すくい角及び食付きすくい角の関係は、図3.3.11のようになります。

食付きすくい角が大きくなると、切削時のせん断角も大きくなります。切りくず厚さは薄くなるため、むしり取るような現象が発生せずに、加工面粗さが向上します。

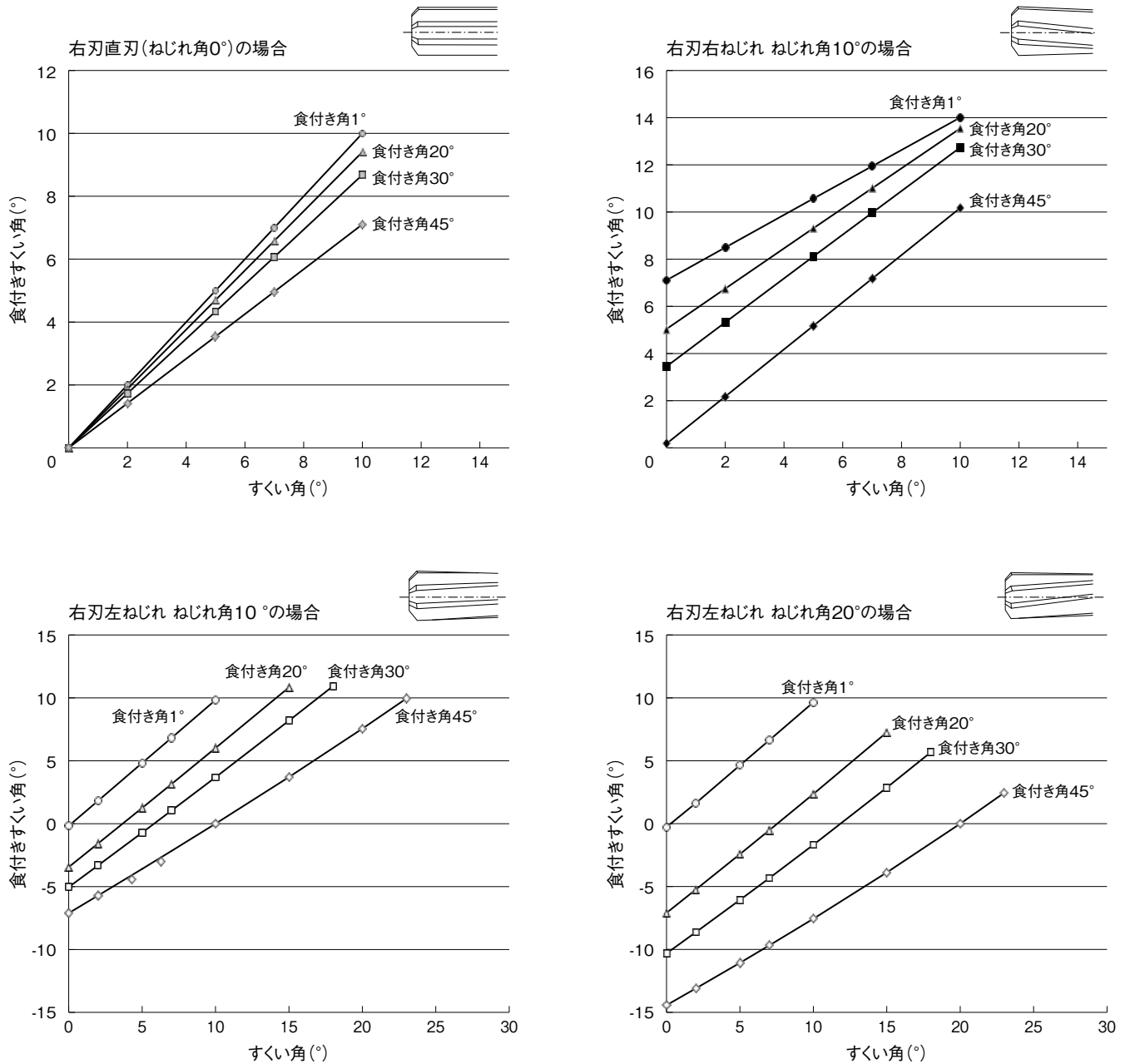


図 3.3.11 ねじれ角、すくい角及び食付きすくい角の関係



切削性が改善されたリーマの刃先は、切削抵抗に押し戻されることなく切削を行うようになります。ところがリーマの振り回りはゼロではないので、これによって穴の拡大が発生します。

さらに図3.3.12に示すように食付きすくい角を大きくし続けると、やがて刃先を押し戻す方向に働いていた切削抵抗が、刃先を加工面に引き込む方向に働くようになります。それにより穴はますます拡大します。また引き込まれた切れ刃はすぐに元に戻ろうとするので、この繰り返しによってびびり振動も発生するようになります。

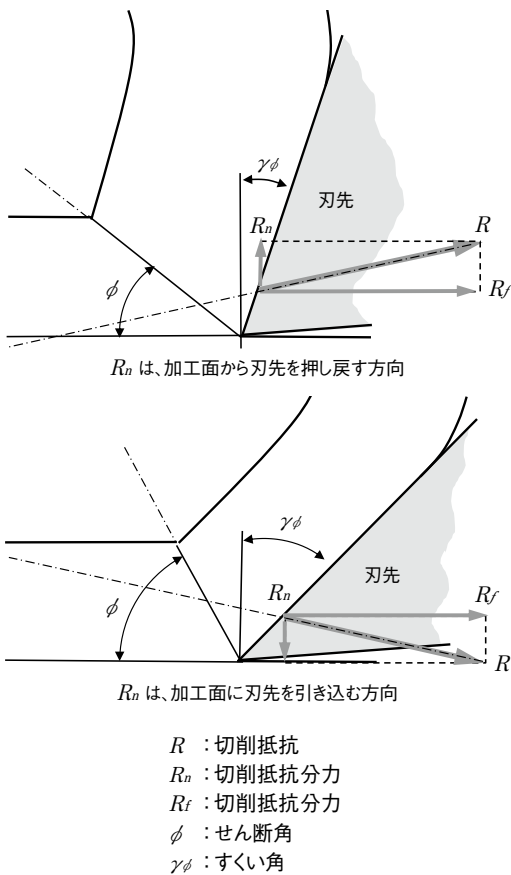


図 3.3.12 食付きすくい角と切削抵抗の向き

反対に食付きすくい角が小さくなると、せん断角が小さくなり切削抵抗が増加します。切削抵抗はリーマの切れ刃を押し戻す方向に働き、この時リーマや加工面が局部的に弾性変形を起こすと考えられます。このため予定量を切削できなくなり、加工穴は縮小傾向となります。

一般に直刃のリーマでの半径方向のすくい角は0～10°程度の範囲で被削材に合わせて設定されます。アルミ合金では5°以上、銅合金では0～5°、炭素鋼や鋳鉄では0～7°程度に設定されることが多いようです。

なお、すくい角の影響によって、直刃のリーマであっても、図3.3.13のように、食付き部の切れ刃が傾いた傾斜(斜め)刃となります。

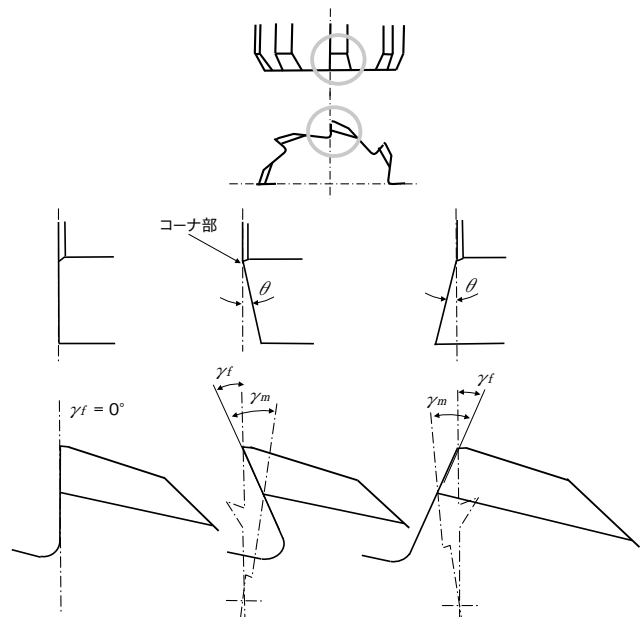


図 3.3.13 食付き部の傾き角

この場合、次の式のように表されます。

$$\sin \gamma_m = \left( \frac{DC}{d} \right) \cdot \sin \gamma_f \dots \dots \dots (3.3)$$

- $\gamma_m$  : 食付き小端部での(半径方向)すくい角
- $DC$  : リーマの直径 (mm)
- $d$  : リーマ食付き小端部の直径 (mm)
- $\gamma_f$  : すくい角

$$\sin \theta = \frac{DC/2 \sin(\gamma_m - \gamma_f)}{(DC-d)/2 \tan \lambda} \dots \dots \dots (3.4)$$

- $\theta$  : 食付き部切れ刃の傾き角
- $\lambda$  : 食付き角

図3.3.13から分かるように正の半径方向のすくい角が大きくなると、コーナが鋭利になるので、加工面に対して食い込み勝手に働きやすくなり、リーマが切削的に作用するようになります。





### (5) マージン幅

マージンとはランド上にある逃げ角を持たない円筒部分を言います。このマージンにはバニシング作用によって穴の仕上げ面粗さを向上させ、寸法精度を安定させる効果があります。

マージン幅を小さくするとトルクが軽減されますが、バニシング作用は減少します。さらに小さすぎるとびびり振動やチッピングを誘発する要因となります。

反対にマージン幅が適量を超えて大きすぎると、摩擦熱による溶着や加工トルクの増大を招き、加工精度を悪化させるばかりか工具寿命も短くなります。

なお、マージンはリーマのガイド的な役割も備えるため、リーマの振れ回りや加工面への食い込みを抑制する効果があります。マージン幅を広くすることで、真円度やびびり振動が改善されることも、実加工ではよく経験することです。

一般にマージン幅は、3.5式に示される程度の範囲で刃数も考慮して設定されます。

$$t_m = \frac{\pi \cdot DC}{15Z} \sim \frac{\pi \cdot DC}{30Z} \dots\dots\dots (3.5)$$

$t_m$  : マージン幅 (mm)  
 $DC$  : リーマの直径 (mm)  
 $Z$  : リーマの刃数

### (6) ねじれ刃

リーマの切れ刃の向きは通常シャンク側から見て右回転で使用する前提として右刃となっていますが、ねじれの向きは右ねじれと左ねじれがあります(図3.3.14)。

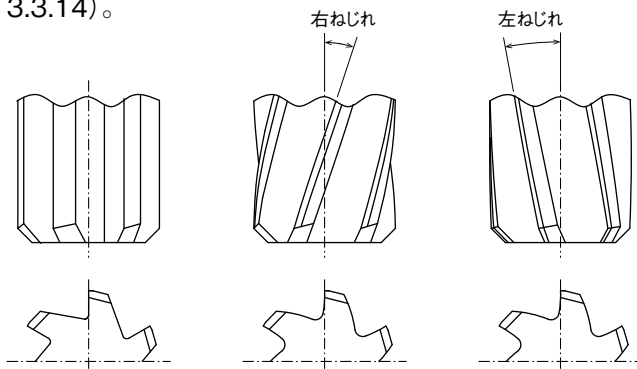


図 3.3.14 ねじれの向き

右刃右ねじれではねじれの分だけ食付きすくい角が大きくなり、右刃左ねじれでは逆に小さく(設定によっては負に)なります。

このため右刃右ねじれのリーマは、食付き部での切れ味がよく、切削トルクが小さくなります。リーマが切削的に作用しやすくなり、穴寸法は拡大傾向となります。

さらに“右ねじ”の作用によって、リーマが加工物に引き込まれる方向に力が働くようになります。

切りくずはねじれた溝に沿って送り方向と逆の後方に排出されるようになります。このため切りくずの排出性は向上するのですが、螺旋半径の大きな切りくずが生成される場合には、切りくずとの干渉や噛み込みを生じ加工面粗さを悪化させてしまうことがあります。

被削性があまり良くない材料では、一般に穴の拡大代が少なく、穴は縮小傾向となりがちです。こうした場合にはすくい角を大きくする、食付き角を小さくするなどの対応が行われますが、前述のような特性を踏まえて右刃右ねじれのリーマが使用されることもあります。

一方右刃左ねじれでは食付き部での切れ味が低下し、切削トルクが上昇します。切れ刃を常に押し戻す方向に切削抵抗が働くようになります。さらに“左ねじ”の作用によってリーマを加工物から押し出す方向の力も発生するので、スラスト抵抗は大きくなります。

切りくずはリーマの送り方向の前方に排出されるので、通り穴や下穴深さに余裕のある場合には、切りくずによる仕上げ面の劣化が生じにくくなります。



図3.3.15にねじれの向きがおよぼす穴の拡大代への影響を示します。左ねじれのリーマの拡大代が小さく、あるいは縮小気味になっていることが確認できます。

テーパリーマでは、穴深さ全域で切れ刃が加工面と接触をすることになります。このため右刃右ねじれではリーマを加工面に引っ張り込む方向に大きな力が働き、食い込みが発生してしまいます。食い込みが発生すると、リーマはすぐに元に戻ろうとします。この繰り返しがびびり振動を誘発するので、通常は右刃左ねじれが採用されます。

またキー溝付き穴のリーマ加工では、ねじれ刃リーマが有効になります。直刃ではキー溝部分を通過する切れ刃が空転状態となってしまう、切削もパニシングも行わなくなります。そのためスラスト抵抗やトルクが急に低下する谷を周期的に発生させてしまいます。こうした周期的な変動はびびり振動を引き起こす原因になります。ねじれ刃ではこうした現象が緩和されます。

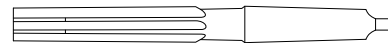
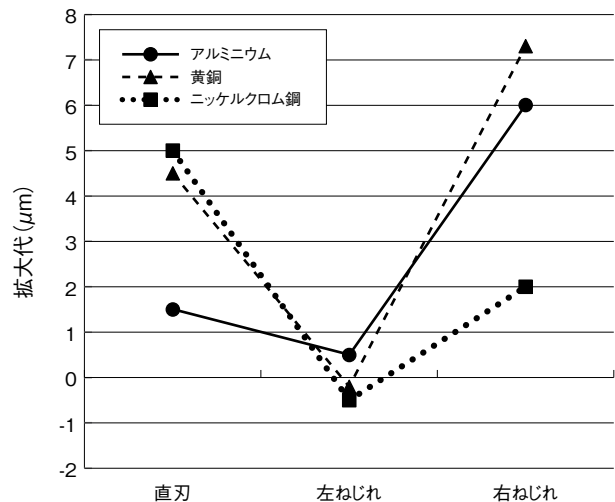
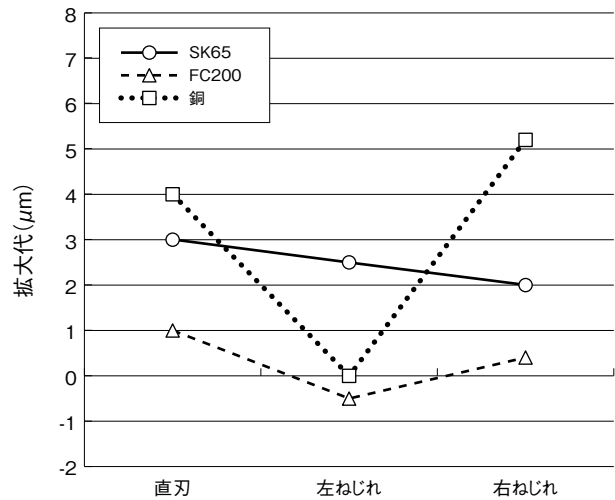
#### (7) バックテーパ

リーマの直径は後端部（シャンク側）に向かって細くなるように、バックテーパが付けられています。

JISではチャッキングリーマ（JIS B 4402）、マシンリーマ（JIS B 4413）において「リーマの直径には、長さ100mmにつき0.03mmのバックテーパを付けることが望ましい」とされています。またハンドリーマ（JIS B 4405）では「長さ100mmにつき0.015mmのバックテーパを付けることが望ましい」となっています。

バックテーパの値が小さければパニシング作用が増加しますが、トルクも増大してしまいます。さらに小さすぎる場合には締め付けが大きくなり、びびり振動が発生するようになります。

逆にバックテーパが大きいとトルクは軽減されますが、パニシング作用が減少してしまいます。加えてガイド性も減少します。



リーマ：HSSジョバースリーマ(食付き角1°)  
SKH φ15 すくい角0°

被削材質	切削速度	送り量	リーマ代	切削油剤
	(m/min)	(mm)	(mm)	
SK65	3	0.35	0.3	不水溶性
FC200	4	0.7		乾式
銅	4	0.4		水溶性
アルミニウム	12	0.65		軽油
黄銅	8	0.4		水溶性
ニッケルクロム鋼	2	0.3		不水溶性

図 3.3.15 ねじれの向きによる影響

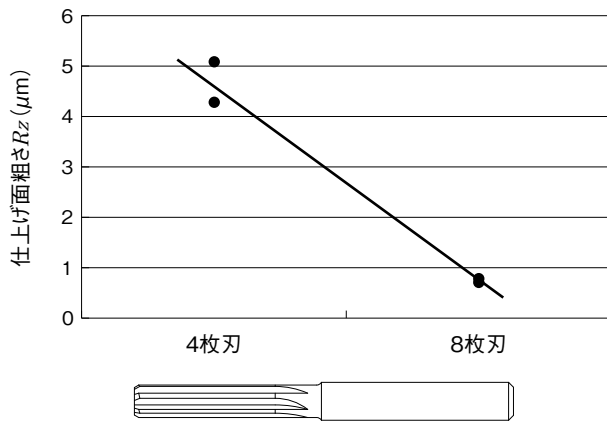
出所：財機振興協会技術研究所 加工技術データファイル(1979年)より抜粋

### (8) 刃数

基本的にはリーマは刃数が多い方が仕上げ面粗さは向上します。これを図3.3.16に示します。

またリーマ加工では振れ回りによって、加工される穴が図3.3.17に示すように刃数±1角形となります。したがって刃数が多い方が、角数が増加して真円に近くなります。

このようにリーマでは刃数を増やすことの効果は非常に大きいのですが、刃数の過度な増加は切削トルクならびにバニングトルクを増大させます。また切りくずの収容能力が減少するので、切りくず詰まりや切りくずの噛み込み、切りくずの再切削などのトラブルを招きやすくなります。



リーマ：超硬ソリッドリーマ(ストレートシャンク) φ15.8 食付き角45° 直刃  
 被削材：S50C  
 切削速度：20m/min  
 送り量：0.2mm/rev  
 下穴：15.5mm 25mm(止り)  
 穴深さ：20mm  
 切削油剤：水溶性切削油剤

図 3.3.16 刃数と仕上げ面粗さ

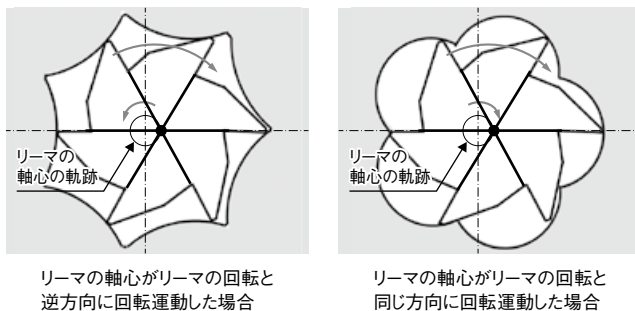


図 3.3.17 リーマ加工での穴の多角形化

出所：佐久間敬三、清田宏 超硬リーマによる加工精度に関する研究（第1報）  
 - 工具の挙動と加工穴の多角形状 - 精密機械 46 巻 7 号 1980 年より抜粋



### (9) 切れ刃の分割

隣り合う切れ刃の角度間隔を不等分割にすることで、等分割リーマでの加工穴が刃数±1角形状となる現象を抑制しようとする試みがあります。

不等分割刃では、360°を各隣接する分割角度の最大公約数  $\alpha \text{ gcd}^\circ$  で割った値  $Z_i (=360^\circ / \alpha \text{ gcd}^\circ)$  が仮想刃数となり（図3.3.18）、工具が  $Z_i$  の整数倍の振動数で振れ回るとき、各切れ刃の運動軌跡は互いに干渉せず、加工穴は3.6式で示される多角形状になるという考え方です。理論的には、 $\alpha \text{ gcd}^\circ$  が小さいほど理想の円に近い穴が加工されることとなります。

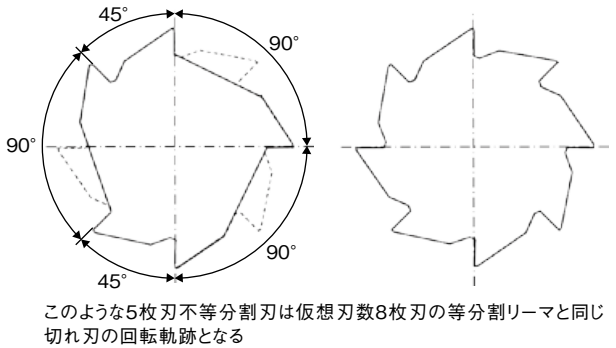


図 3.3.18 不等分割リーマの仮想刃数

$$S = n_o \cdot Z_i \pm 1 \dots \dots \dots (3.6)$$

S：加工穴の角数

$n_o$ ：自然数

$Z_i$ ：360°を各隣接する分割角度の最大公約数で割った値

出所：佐久間敬三、清田宏 超硬リーマによる加工精度に関する研究（第4報）  
 - 特殊不等分割工具および高剛性工具による真円度の改善 - 精密機械 48 巻 6 号 1982 年より抜粋

しかし実際の加工では、 $\alpha \text{ gcd}^\circ$  には臨界値があり、45°、60°、75°、45°、60°、75°の6枚刃 ( $\alpha \text{ gcd}^\circ = 15^\circ$ ) のように極端な不等分割では真円度の改善報告があるものの、 $\alpha \text{ gcd}^\circ$  が小さな領域（例えば2°程度）では、等分割刃に対する真円度の優位性は確認されません。

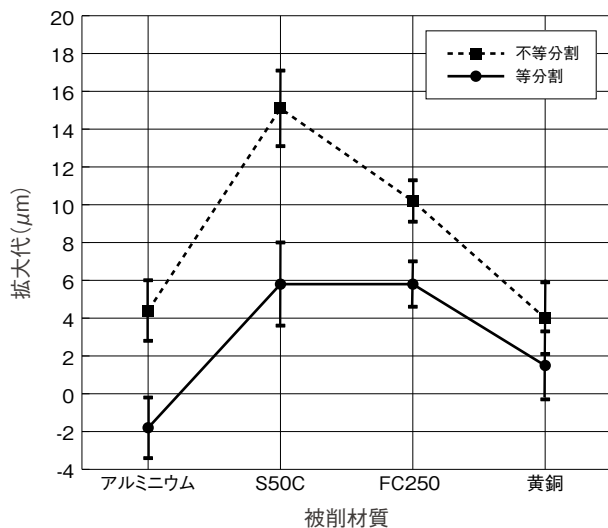
またキー溝が施された穴でのリーマのびびり振動（断続切削による強制振動）や、薄肉加工部で生ずる加工物のびびり振動（自励振動：摩擦形びびり、再生びびり）などの抑制においても、不等分割刃の効果に期待が寄せられます。



ところが不等分割刃では、各々の切れ刃での切取り厚さ（切削量）がわずかに異なるために、リーマ自体の剛性やホルダの剛性が不足すると、かえってリーマの振れ回りを助長し、穴の拡大代を招いてしまいます。

図3.3.19に、そうした事例を示します。被削材の種類によって拡大代は変化していますが、等分割刃に比べて不等分割刃のリーマの方が、拡大代が大きくなっていることが分かります。

したがって振動抑制のために不等分割刃を採用する場合は、リーマ直径の見直しを行うか、溝長を最小限にする、あるいはたわみを生じにくい超硬ソリッド製とする、剛性の高いホルダを使用するなどの振れ回り対策を同時に行う必要があります。



リーマ：HSSチャッキングリーマ SKH  $\phi 6.5$  等分割と不等分割  
下穴径： $\phi 6.3$

	アルミニウム	S50C	FC250	黄銅
切削速度 (m/min)	5.1~16.3	2.6~8.1	2.6~8.1	5.1~16.3
送り量 (mm)	0.1~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4	0.1~0.4
切削油剤	軽油	不水溶性	乾式	乳化油

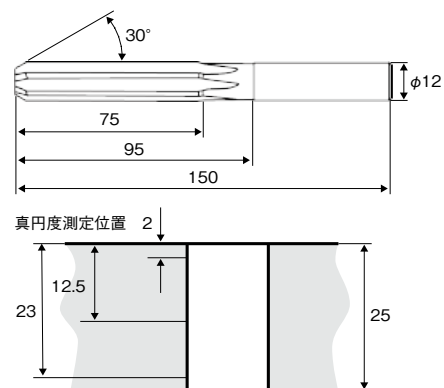
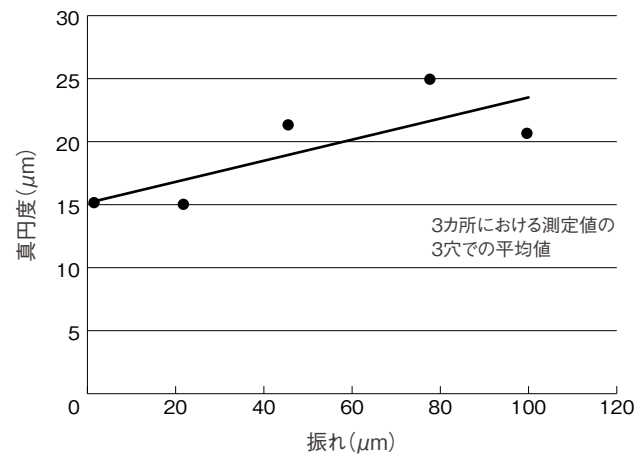
図 3.3.19 等分割・不等分割刃での拡大代  
出所：(財)機械振興協会技術研究所 加工技術データファイル(1979年)より抜粋

### (10) シャンク

機械作業では、リーマのシャンク精度が加工穴の精度に大きく影響を及ぼします。シャンク精度が悪いと、リーマ加工時に食付き部や外周刃の振れを生じ、加工穴の精度を悪化させます(図3.3.20)。

また、シャンクの把持力も非常に大切となります。たわみ剛性ならびに把持力が高く、振れ精度の良いホルダを使用することが大切です。

テーパシャンクはチャッキング時の振れが生じにくく、保持剛性（たわみ剛性ならびに把持力）も十分確保できる反面、工具コストが上昇します。



リーマ：TiNコーティングHSSリーマ  $\phi 12$   
食付き角 $30^\circ$  6枚刃(突出し長さ100mm)  
被削材質：SCM440  
切削速度：10m/min  
送り量：0.3mm  
下穴径：11.8mm  
穴深さ：25mm(通り)  
切削油剤：水溶性(エマルジョン20倍希釈)  
機械：横形マシニングセンタ BT40

図 3.3.20 リーマ取付け時の振れと真円度



## 4. 加工条件

### 4.1 切削速度

#### (1) 切削速度とは

リーマ加工における切削速度は、リーマまたは加工物の回転によって得られるリーマ外周と加工物との相対的な円周方向の移動速度によって表します。

したがって加工物が固定の場合では、切削速度  $V_c$  は次のようにして求めることができます。

$$V_c = \frac{\pi \cdot DC \cdot n}{1000} \dots\dots\dots (4.1)$$

$V_c$  : 切削速度 (m/min)

$\pi$  : 円周率

$DC$  : リーマの直径 (mm)

$n$  : リーマの回転速度 ( $\text{min}^{-1}$ )

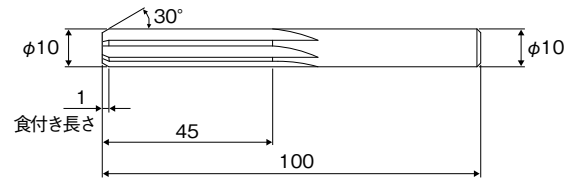
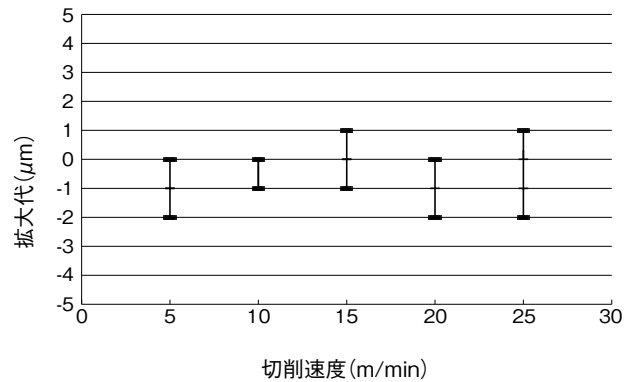
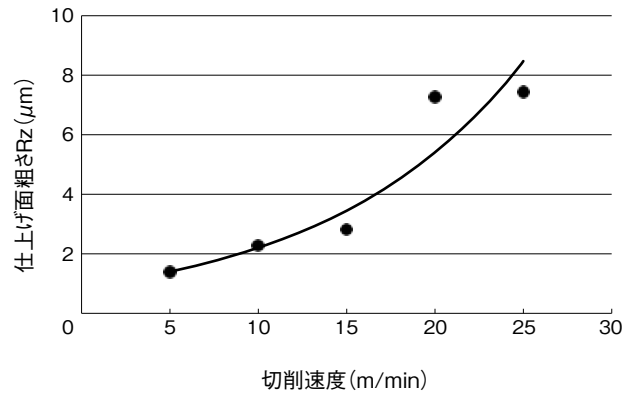
(リーマ固定の場合は加工物の回転速度)

なお切削速度と表現をしていますが、リーマ加工では同じ速度で同時にバニシングも行われることとなります。

#### (2) 切削速度と加工精度

切削速度を変えて加工穴の拡大代ならびに仕上げ面粗さを測定した結果を図4.1.1に示します。

切削速度が上昇すると、リーマはより切削的に作用するようになります。これは切削速度の上昇に従って、マージンを有する外周切れ刃でも、切削が行われるようになりバニシング作用が不足するためです。これが仕上げ面粗さの悪化を招いていると考えられます。また加工機にリーマを取り付けた場合、通常5～10  $\mu\text{m}$ 程度の振れがあります。これにリーマの切削抵抗によるたわみや機械主軸の振れが加わりリーマが振れ回りを起こします。



リーマ: 超硬リーマφ10 6枚刃  
 被削材質: S50C  
 切削速度: 5~25m/min  
 送り量: 0.2mm  
 下穴: 9.8mm  
 穴深さ: 20mm(通り)  
 切削油剤: 水溶性切削油剤(希釈倍率 10倍)  
 機 械: 立形マシニングセンタ BT40

図 4.1.1 切削速度と加工精度



この振れ回りは、回転に伴う遠心力によって増幅します(図4.1.2)。そしてリーマの突出し長さが長いほど、この増幅現象は顕著となります。

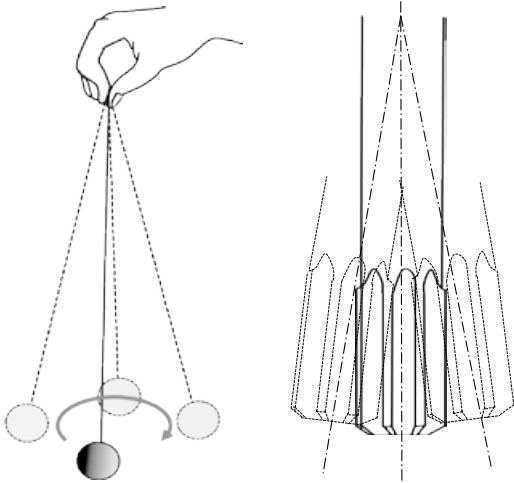
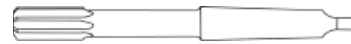
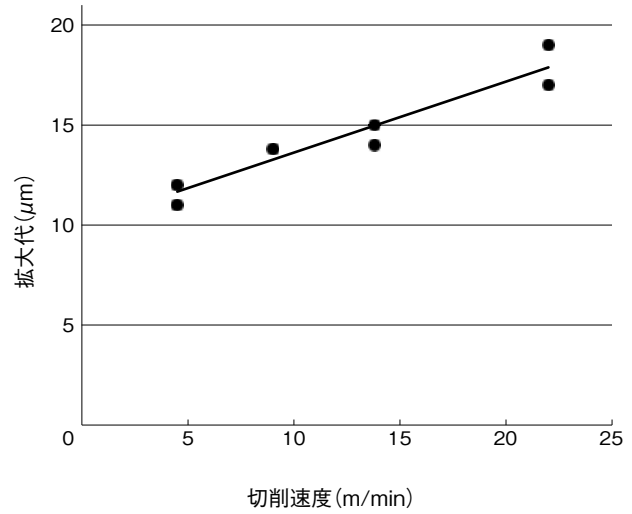


図 4.1.2 遠心力による振れ回りの増幅

したがって突出し量が大きく、たわみ剛性の小さなHSSチャッキングリーマでは、図4.1.3のように切削速度の上昇に伴う穴の拡大代が大きくなっていることがはっきりと見てとれます。



リーマ: HSSテーパシャンクチャッキングリーマφ13  
 被削材質: FC250  
 送り量: 0.2mm  
 リーマ代: 0.2mm  
 切削油剤: 乾式

図 4.1.3 切削速度の拡大代への影響

出所: 助機械振興協会技術研究所 加工技術データファイル(1979年)より抜粋

### (3) 切削速度の決め方

切削速度は加工穴の仕上げ面粗さや寸法などを確認する中で決定されますが、目安となる一般的なリーマ(チャッキングリーマ)加工での切削速度を表4.1に示します。

表 4.1 一般的な切削速度

被削材質		HSS リーマ (m/min)	超硬リーマ (m/min)
低炭素鋼・軟鋼	S15C,SS400	4～12	10～20
炭素鋼	S45C,S50C	4～10	10～20
合金鋼	SCM,SNC,SNCM	3～10	8～12
アルミニウム合金 アルミニウム合金鋳物	A7075,ADC	6～20	15～30
調質鋼 ～40HRC	SKT,SKD	3～8	6～12
調質鋼 ～50HRC		—	4～10
鋳鉄	FC250	4～10	8～16
銅、銅合金	C1100	6～15	10～25



## 4.2 送り量

### (1) 送り量とは

送り速度はリーマの1分間当たりの軸方向の移動量  $Vf$  (mm/min) で示されます。

この時、リーマの1回転当たりの軸方向の移動量、すなわち送り量  $f$  は、次のように求められます。

$$f = \frac{Vf}{n} \dots\dots\dots (4.2)$$

$f$  : 送り量 (mm) \*

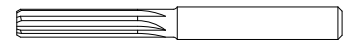
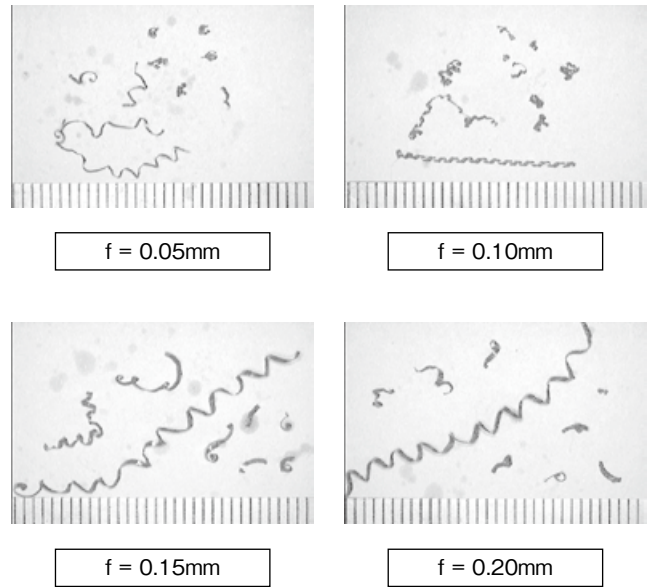
$Vf$  : 送り速度 (m/min)

$n$  : リーマの回転速度 ( $\text{min}^{-1}$ )

\* 1回転当たりの送り量であることを明確にするために mm/rev とすることもある。

送り量  $f$  は、生成される切りくずの厚さに影響を与えます。送り速度を送り量  $f$  にて表現することで、その送り量が過大であったり、過少であったりしないかなど、相対的な判断がしやすくなります。

図4.2.1に送り量を変化させた時の切りくず形状の例を示します。



リーマ: TiNコーティング超硬リーマφ7.6 食付き角30° 6枚刃  
 被削材質: S48C  
 切削速度: 20m/min  
 下穴: 7.2mm  
 穴深さ: 18mm(通り)  
 切削油剤: 水溶性切削油剤(希釈倍率 10倍)  
 機 械: 立形マシニングセンタ BT40

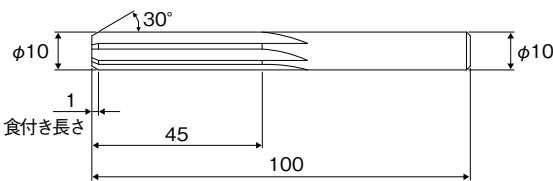
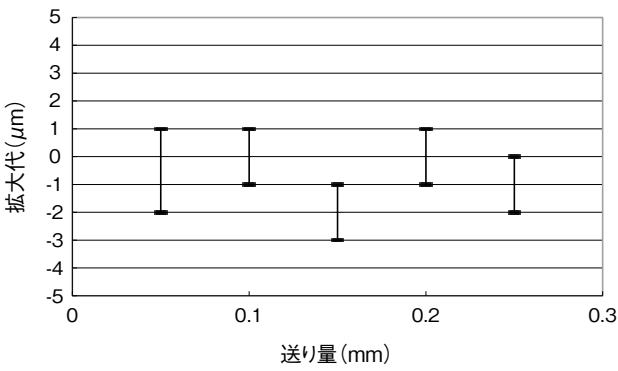
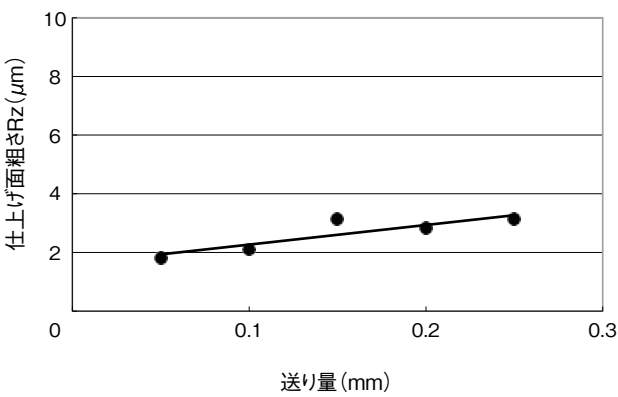
図 4.2.1 送り量と切りくず形状



(2) 送り量と加工精度

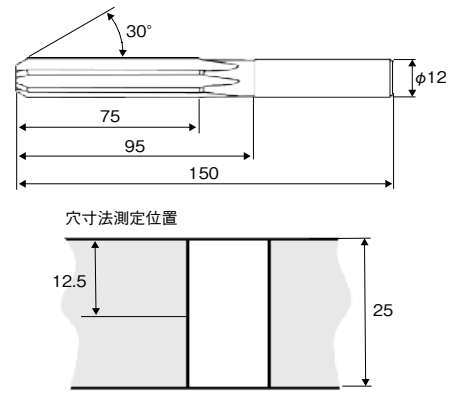
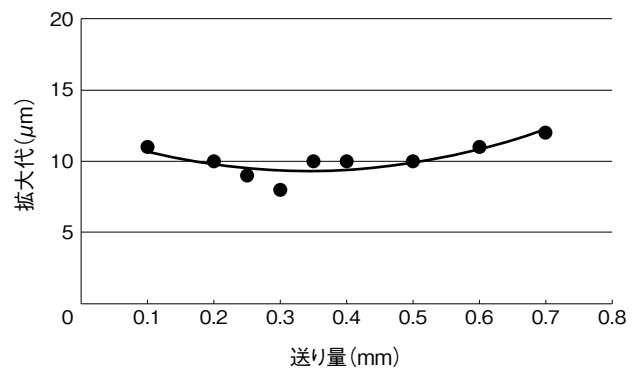
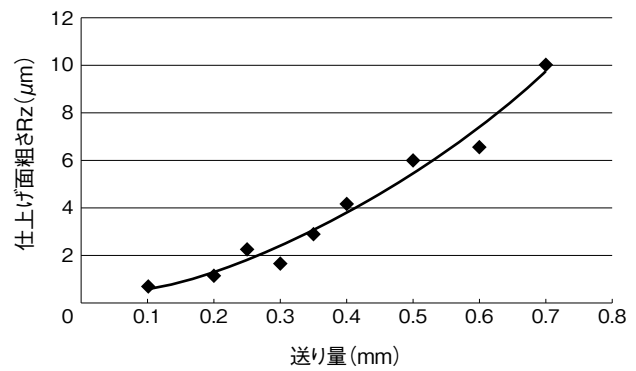
送り量を変えた時の加工穴の仕上げ面粗さと拡大代を測定した結果を図4.2.2に示します。この範囲では送り量を変化させても、仕上げ面粗さと拡大代にはほとんど変化はありません。

しかし図4.2.3のように、さらに送り量を増加させたHSSリーマの試験結果では、仕上げ面粗さが悪くなっていることが分かります。



リーマ: 超硬リーマφ10 6枚刃  
 被削材質: S50C  
 切削速度: 15m/min  
 送り量: 0.05~0.25mm  
 下穴: 9.8mm  
 穴深さ: 20mm(通り)  
 切削油剤: 水溶性切削油剤(希釈倍率 10倍)  
 機: 立形マシニングセンタ BT40

図 4.2.2 送り量と加工精度



リーマ: TiNコーティングHSSリーマ φ12  
 食付き角30° 6枚刃 (突き出し長さ100mm)  
 被削材質: SCM440  
 切削速度: 10m/min  
 送り量: 0.1~0.7mm  
 下穴: 11.8mm  
 穴深さ: 25mm(通り)  
 切削油剤: 水溶性(エマルジョン20倍希釈)  
 機: 横形マシニングセンタ BT40

図 4.2.3 送り量と拡大代





### (3) 送り量の決め方

一般的な送り量を表4.2に示します。実際の加工で送り量を決定する際の目安としてください。

表 4.2 一般的な送り量

リーマの直径 (mm)	送り量 (mm)
0.5	0.003 ~ 0.025
1	0.07 ~ 0.05
2	0.015 ~ 0.08
3	0.02 ~ 0.12
4	0.03 ~ 0.15
5	0.04 ~ 0.17
6	0.05 ~ 0.2
7	0.06 ~ 0.25
8	0.06 ~ 0.25
9	0.07 ~ 0.3
10	0.08 ~ 0.3
11	0.09 ~ 0.35
12	0.09 ~ 0.35
13	0.1 ~ 0.35
14	0.1 ~ 0.35
15	0.1 ~ 0.35
16	0.1 ~ 0.4
18	0.1 ~ 0.4
20	0.1 ~ 0.45

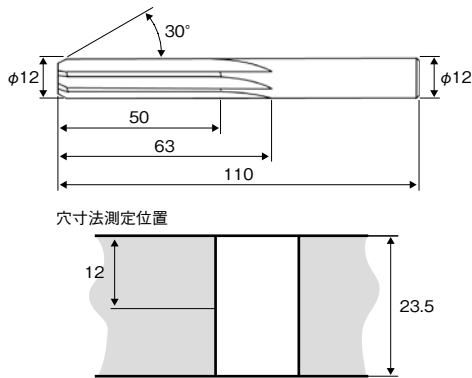
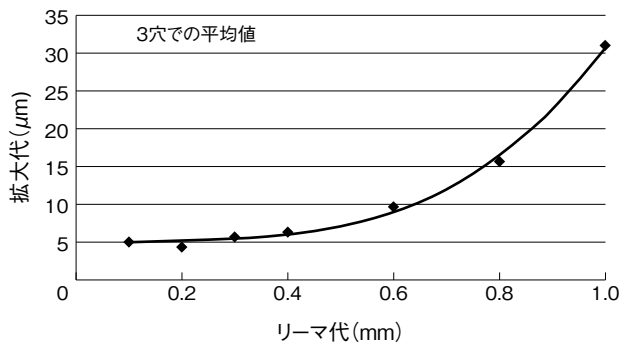
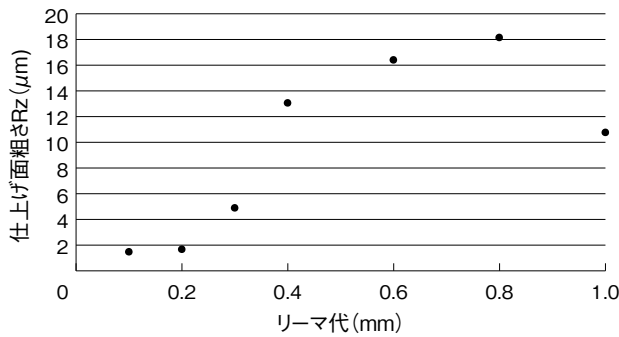


### 4.3 リーマ代

#### (1) リーマ代の影響

リーマ代とはリーマで削り取る量のことを言います。リーマの直径からリーマ加工の前にあらかじめあけた下穴の直径を引いた値で示します。

一般にリーマ代が大きくなると、トルクが増大し、工具寿命は短くなります。加工される穴の拡大代は大きくなり（図4.3.1）、仕上げ面粗さも悪化します。



リーマ: 超硬リーマ  $\phi 12$   
 食付き角  $30^\circ$  6枚刃 (突き出し長さ64.5mm)  
 被削材質: SCM440  
 切削速度: 10m/min  
 送り量: 0.22mm  
 穴深さ: 23.5mm(通り)  
 切削油剤: 水溶性(エマルジョン20倍希釈)  
 機械: 横形マシニングセンタ BT40

図 4.3.1 リーマ代と加工精度

しかし最低限、前加工面を残さずに完全に除去できるだけのリーマ代は確保する必要があります。

また穴形状が不安定な場合は、前加工面が残らない範囲であっても、リーマ代があまり小さいと、リーマ加工による形状修正ができずに下穴形状の影響を大きく受けることがあります（図4.3.2）。これはリーマでの切削作用が不十分となり、バニシング作用によってこすり磨くだけのような状態になっているためと考えられます。

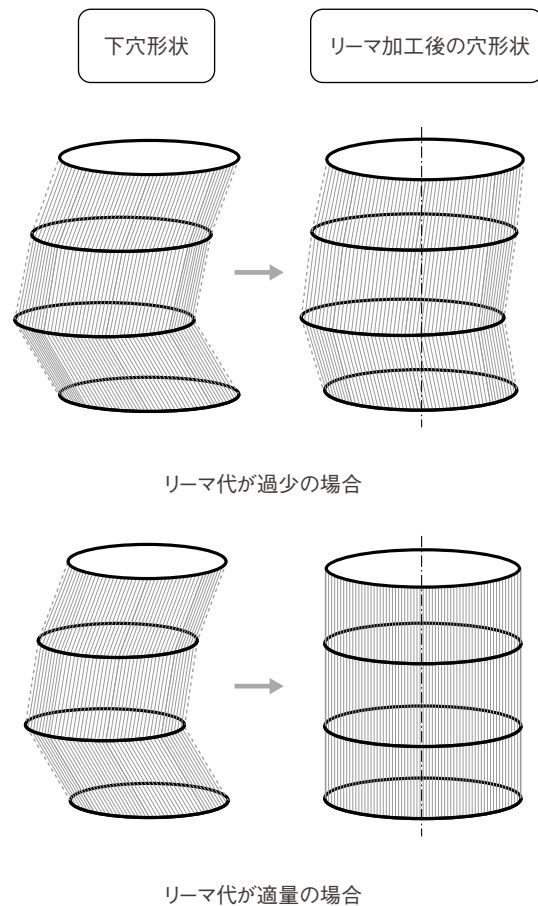


図 4.3.2 リーマ代と下穴形状の影響

#### (2) リーマ代の決め方

リーマ代はリーマ直径の3%以下が望ましいとする考え方や、直径に関係なく0.2mm以下にすべきだとする考え方があり、絶対的な算出式のようなものではありません。

下穴の加工状態やリーマ加工時の拡大代などを考慮して、個別に決定する必要があります。



しかし各文献や技術資料などの推奨値を見ると、多少の傾向はあるようです。各資料での推奨値を図4.3.3に表します。これをもとに近似曲線的に求めた値を、ある程度妥当な基準値として考えることができるでしょう。

ただし被削性の良い材料（アルミ合金、銅、鋳鉄など）では、十分なバニシング作用を得るために、この基準値の1.1～1.5倍程度とリーマ代を大きめにすることを推奨します。

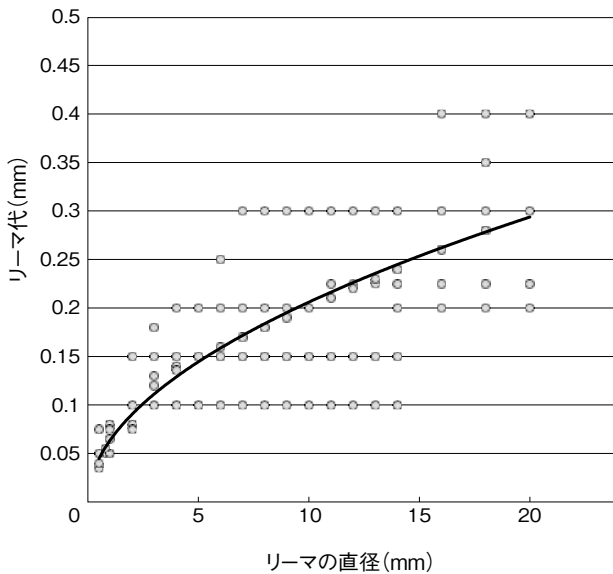


図 4.3.3 一般的なリーマ代と基準値

#### 4.4 切削油剤

切削油剤にはリーマの切れ刃およびマージンと加工面との潤滑作用、冷却作用ならびに切りくず洗浄作用があります。また切れ刃と加工面間の親和性を低減することで溶着や構成刃先の発生を防止します。

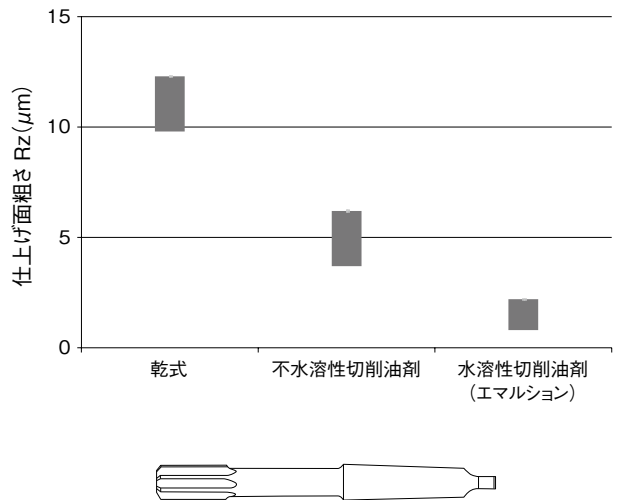
乾式加工では構成刃先や溶着が拡大代を増加させ、仕上げ面粗さも悪化させます。一般に切削油剤を使用することで拡大代は小さくなり、仕上げ面粗さも改善される傾向があります。

潤滑性に優れる不水溶性切削油剤を使用すると、切削性が改善されリーマは切削的に作用するように

なります。結果として、拡大代は水溶性切削油剤使用時に対して大きくなる傾向にあります。ただし連続加工での拡大代は安定するようになります。

水溶性切削油剤を使用すると、加工面粗さは不水溶性切削油剤の場合よりも良好になる傾向があるようです。

これはおそらく不水溶性切削油剤に比べ切削時の潤滑効果が少なくなることで、切れ刃が逃げ勝手となり、切削時の穴の拡大が減少しバニシング作用が大きくなったためと推測します（図4.4.1）。



リーマ: HSSチャッキングリーマ SKH51 φ20  
 被削材質: S45C  
 切削速度: 5.02m/min  
 送り量: 0.4mm  
 リーマ代: 0.3mm

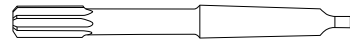
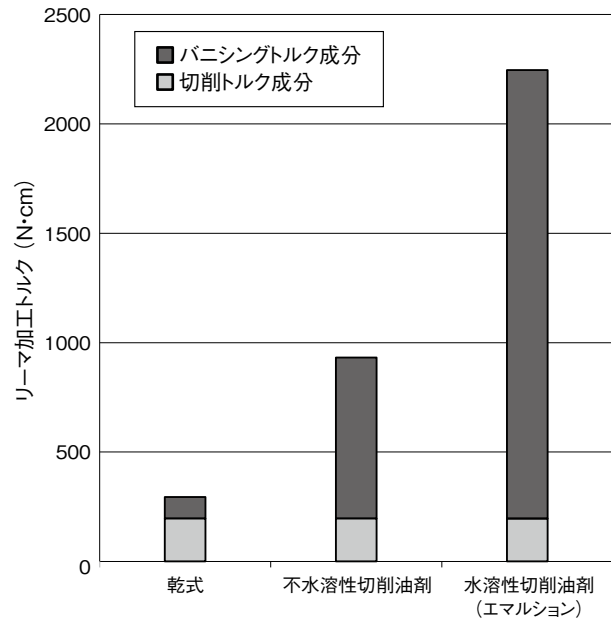
図 4.4.1 切削油剤と穴仕上げ面粗さ

出所: 財機振興協会技術研究所 加工技術データファイル(1979年)より抜粋



したがってリーマ加工時のトルクは、乾式切削や不水溶性切削油剤使用時では、バニシング作用が小さくなるため低くなる傾向があります。水溶性切削油剤を使用した場合はバニシングトルクが大きくなり、加工トルク全体も上昇することとなります(図4.4.2)。

こうしたリーマ加工における一般的な切削油剤の影響を表4.3にまとめます。被削材や加工条件によっては、この限りではありませんが、概ねの傾向が分かります。



リーマ: HSSチャッキングリーマ SKH51 φ20  
 被削材質: S45C  
 切削速度: 5.02m/min  
 送り量: 0.4mm  
 リーマ代: 0.3mm

図 4.4.2 切削油剤による加工トルクの比較

出所: 財機振興協会技術研究所 加工技術データファイル(1979年)より抜粋

表 4.3 切削油剤による影響

切削油剤	穴の拡大代	仕上げ面粗さ	加工トルク
乾式	構成刃先の生成や溶着によって拡大代が増加する 連続加工での拡大代は不安定になる	潤滑不足で良好な切削が行われにくく(切削加工面も悪く)、穴拡大によりバニシング作用も低下するので仕上げ面粗さは悪くなる	バニシングトルクが低くなるので、全体の加工トルクは低い
不水溶性切削油剤	潤滑作用によってリーマは切削的に作用する 拡大代は大きいとその値は安定する	乾式の場合より仕上げ面粗さは向上するが、水溶性切削油剤に対して拡大代が大きいため、バニシング作用が低下する	潤滑性に優れるためトルクが低下する アブレシブ摩耗の進行が緩やかになるためトルクの上昇も緩やかになる
水溶性切削油剤	拡大代は小さく、縮小傾向になることもある	バニシング作用が大きく良好な仕上げ面が得られやすい 不水溶性切削油剤に比べアブレシブ摩耗による仕上げ面粗さの悪化は早い	バニシングトルクが上昇し全体の加工トルクが高くなる



#### 4.5 被削材特性の影響

リーマ加工の仕上げ面粗さや穴の拡大代には、被削材料の持つ特性が大きく影響します。硬さや強さ、展延性、加工硬化性、熱伝導率、親和性などによって、その傾向が異なります。

例えば鋳鉄では亀裂形の切りくずが生成されるため切削時の表面状態も悪く、バニシング後も良好な仕上げ面粗さを得るのが難しくなります。もし亀裂が加工面より深く入っていれば仕上げ面粗さは著しく悪くなります。

切削油剤を使用することで拡大代が小さくなる傾向がありますが、アブレシブ摩耗の進行が早まります。粘性の高い不水溶性切削油剤を使用すると切りくずがリーマの溝に付着しうまく排出されず、かえって仕上げ面を悪化させることがあります。粘性が低く洗浄性に優れた切削油剤の使用が望まれます。

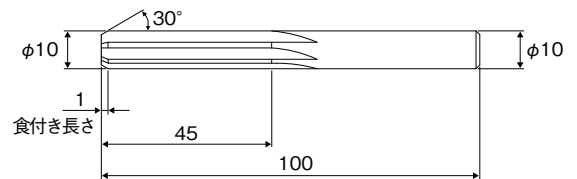
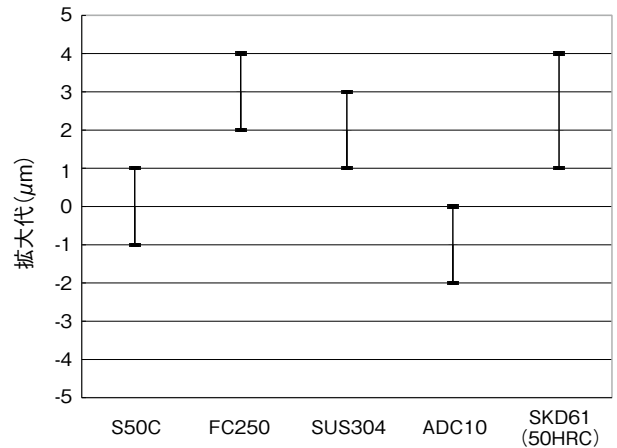
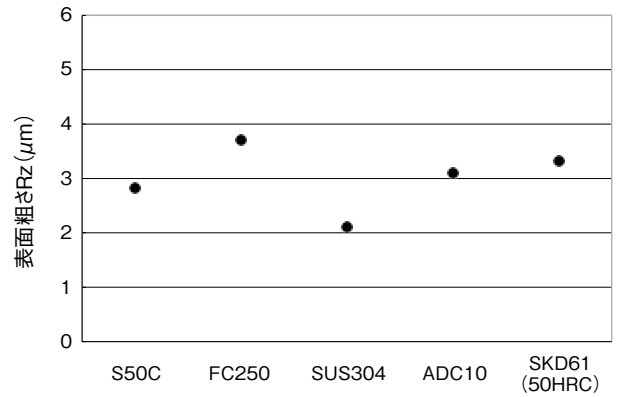
ステンレス鋼 (SUS304) の加工初期においては、普通鋼と同程度の仕上げ面粗さを得ることができます。しかし加工硬化や溶着あるいは構成刃先の成長が著しく、連続加工をすると早期に仕上げ面粗さを悪化させたり、穴寸法が不安定になったりします。リーマ代や送り量が小さい場合は、常に加工硬化層をリーマ加工することとなるので、この現象がより顕著に現れます。潤滑性に優れ、切れ刃の活性化を抑制する切削油剤の使用が望まれます。

アルミニウム合金では加工穴に縮小傾向が見られることがあります。これは熱伝導率ならびに熱膨張率の大きなことが起因していると推測されます。

また切削抵抗が小さいのでマージンを有する外周切れ刃でも切削が行われがちで、バニシング作用が小さくなる傾向にあります。マージン幅を鋼加工時に対して1.1～1.5倍程度と広めにするのが有効です。

溶着や構成刃先の成長が著しいため、乾式切削では仕上げ面粗さが悪く、穴寸法も安定しません。切削油剤によって溶着や構成刃先の成長を抑制する必要があります。

図4.5.1に各種被削材での拡大代、仕上げ面粗さの比較例を示します。



リーマ: 超硬リーマφ10 6枚刃  
 送り量: 0.2mm  
 穴: 9.8mm  
 穴深さ: 20mm(通り)  
 切削油剤: 水溶性切削油剤(希釈倍率 10倍)  
 機 械: 立形マシニングセンタ BT40

被削材	S50C	FC250	SUS304	ADC10	SKD61 (50HRC)
切削速度 (m/min)	15	15	15	30	10

図 4.5.1 被削材別の加工面粗さ、拡大代の比較



## 5. リーマの再研削

### 5.1 リーマの損傷形態

一般にリーマの刃部の損傷は、切削のほとんどを行う食付き逃げ面摩耗と、コーナ逃げ面摩耗になります。コーナより少し離れた外周切れ刃のマーヅン部やすくい面の摩耗は極わずかです(図5.1.1)。

図5.1.2に摩耗形態の例を紹介します。鋳鉄のリーマ加工では、切りくずが細かく分断されるため、すくい面摩耗の進行は比較的緩やかとなります。しかし組織内に点在する非常に硬いセメントタイトが逃げ面のアブレシブ摩耗の進行を早めます。

一方ステンレス鋼や耐熱合金では、連続した強靱な切りくずが生成され、これが激しくすくい面を擦るようになります。このため、すくい面の摩耗の進行が早く、クレータ摩耗を生じるようになります。

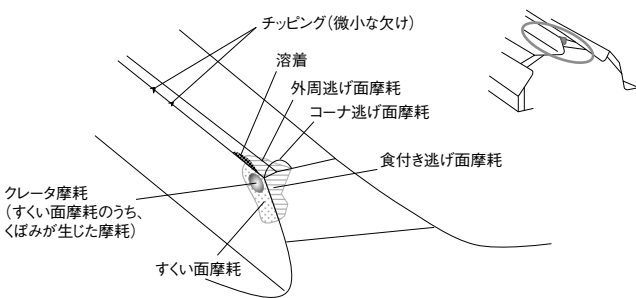


図 5.1.1 リーマの摩耗

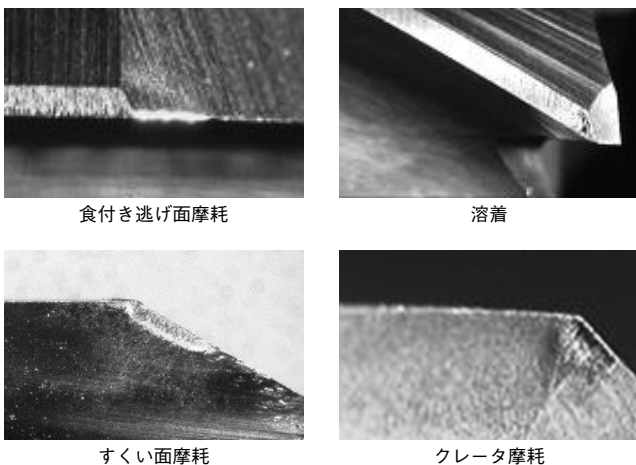


図 5.1.2 摩耗形態の例

### 5.2 寿命判定

一般にリーマ直径 $\phi 8$ 以上での場合、リーマの食付き部(コーナ部)の逃げ面摩耗幅が $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ となった時点で寿命と判断するのが良いでしょう。逃げ面摩耗量が大きくなってから再研削を行うと研削量が増加するため、再研削作業が大変になるばかりか、再研削回数も少なくなり、リーマのトータル寿命を短くしてしまいます。

また直接摩耗幅を観察するのではなく、次のような項目で寿命判定をすることもあります。

- (1) 限界ゲージによる判定
- (2) 内側マイクロメータなどでの測定値
- (3) 目視での仕上げ面粗さによる判定
- (4) 切りくず形状、色による判定
- (5) 切削トルクによる判定
- (6) びびり音やきしみ音による判定
- (7) ばりや仕上げ面の傷
- (8) 加工穴数による定数交換

### 5.3 再研削方法

リーマの再研削は一般に食付き部の逃げ面のみを行い、コーナの摩耗が除去できるまで追い込みます。この時、食付き部の振れ(図5.3.1)をJISでは $0.02\text{mm}$ 以下と規定していますが、 $0.01\text{mm}$ 以下を目標とするのが良いでしょう。振れが大きくなると、図5.3.2のように各切れ刃での切削量が不均一になり、リーマの振れ回りを誘発します。

基本的には、両センタによる支持で再研削を行う(図5.3.3)ことで振れを抑えることができます。しかしリーマのセンタが痛んでいたり、刃部側を詰めることでセンタがなくなったりした場合は、シャンクを保持した片持ちでの再研削を行うこととなります。この場合はリーマを研削盤に取付けた際に、十分な振れ出しを行ってください。可能であれば外周刃をブッシュで支えることが望まれます。また研削抵抗による砥石およびリーマの逃げにも注意してください。

研削作業に際しては、HSS製リーマでは研削焼けや



ばりの発生に注意が必要です。超合金製リーマではチッピングやクラックを発生させないように留意しなければなりません。サーメットやcBN、PCDなどは、メーカーでの再研削が望まれます。

すくい面の再研削を行うこともできますが、マージン幅が小さくなるので推奨はできません。

なおテーパリーマの再研削は、テーパ円筒研削で摩擦を除去してから、マージン幅を確保するように逃げ面の再研削を行います。

HSSおよび超合金製リーマの食付き部再研削における砥石の選定と研削条件を表5.1に紹介します。

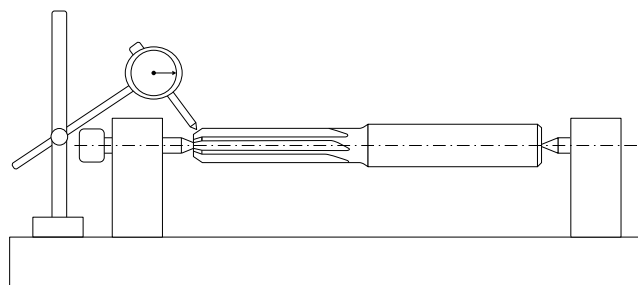
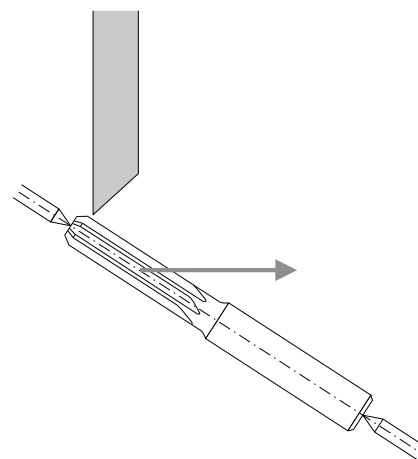
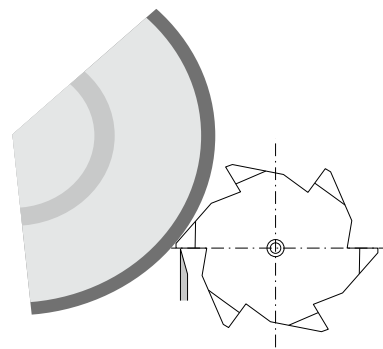
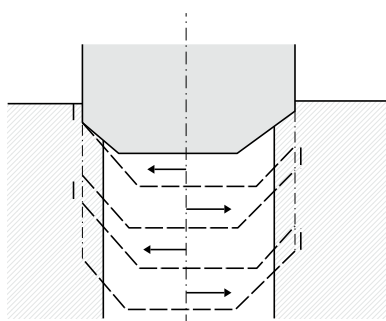


図 5.3.1 食付きの振れ測定

図 5.3.3 食付き再研削方法の例



切取り量の偏りを緩和する方向にリーマが偏心する

図 5.3.2 食付きの振れによる影響

表 5.1 再研削用砥石と研削条件

リーマ	砥石		研削速度 (m/min)	送り速度 (mm/min)	切込み量	
	砥粒	粒度			荒	仕上げ
HSS	WA	#60~80	1,000~1,200	50~100	0.010~0.050	0.005~0.008
	cBN	#140~400	1,400~1,800			
超硬	ダイヤモンド	#150~400	1,000~1,500			



## 6 トラブルの原因と対策

一般的なトラブルとその対策を、トラブルシューティングとして表6.1にまとめました。複数の要因が重なっ

ているような場合もあり、必ずしも対策はこの限りではありませんが、一般的な判断の目安としてください。

表 6.1 トラブルシューティング

トラブル	原因	対策
マージン部の溶着	切削速度が速すぎる	回転速度を下げる
	マージン幅が広すぎる	マージン幅の修正をする リーマの選定をしない（仕様の変更）
	切削油剤が不適當	切削油剤の選定をしない 水溶性の場合は劣化した切削油剤を更新する
	切削油剤の量が不足	切削油剤の流量を増す、供給圧力を上げる
	溶着が生じやすい被削材質	被削材に合ったコーティングリーマの使用を検討する 被削材と親和性の低い刃部材料のリーマを検討する （軟鋼、ステンレス鋼など：サーメット） （アルミ、アルミ合金など：ダイヤモンド）
外周の早期摩耗	切削速度が速すぎる	回転速度を下げる
	マージン幅が広すぎる	マージン幅の修正をする リーマの選定をしない（仕様の変更）
	切削油剤が不適當	切削油剤の選定をしない 劣化した切削油剤を更新する（水溶性の場合）
	切削油剤の量が不足	切削油剤の流量を増す、供給圧力を上げる
	逃げ角が小さい	逃げ角を修正する
	被削材の硬度が高い	超硬リーマを使用する
食付き部の早期摩耗	食付き部の振れが大きい	リーマを修正し振れをなくす リーマの取付け精度を改善する
	逃げ角が小さい	逃げ角を修正する
	下穴の真円度が悪い	下穴を改善する 溝長の短いドリルや超硬ドリルで下穴加工する
	被削材の硬度が高い	超硬リーマを使用する
折損	切りくず詰まり	リーマの選定をしない（仕様の変更） 切削油剤の流量を増す、供給圧力を上げる
	下穴の曲がり	「穴の曲がり、倒れ」の項による
	加工穴の縮小	「穴の縮小」の項による
穴の拡大	リーマの直径が大きい	リーマの直径を小さいものに変更する
穴の異常な拡大	食付き部の振れが大きい	リーマを修正し振れをなくす リーマの取付け精度を改善する
	リーマ代が大きい	下穴の直径を大きくする（リーマ代を小さくする）
	切削速度が速すぎる	回転速度を下げる
	下穴とリーマ加工時の芯ずれ	芯ずれを無くす
	切削作用が大きい （バニシング作用が不足）	リーマの選定をしない （マージン幅を大きく、バックテーパを小さくする）
	マージン部の溶着	マージン部の溶着の項による
穴の縮小	リーマ代が小さい	下穴加工のドリルを変更する（リーマ代を大きくする）
	バニシング作用が大きすぎる	リーマの選定をしない （マージン幅を小さく、食い付き角およびバックテーパを大きくする）
	加工物の保持不具合 （リーマ加工時の反りなど）	保持方法を変更する





トラブル	原因	対策
真円度が悪い	リーマ取付け時の振れが大きい	ホルダの締め直しをする ホルダ、コレットを交換する 焼きばめホルダを採用する
	リーマ代が小さい	下穴加工のドリルを変更する（リーマ代を大きくする）
	ねじれ角が不適當	リーマの選定をしなおす
	食付き角が大きい	食付き角を修正をする リーマの選定をしなおす
	マージン幅が狭すぎる	リーマの選定をしなおす
	マージン部の溶着	マージン部の溶着の項による
穴の曲がり、倒れ	下穴の曲がり	下穴加工を溝長の短いドリルで行う 剛性の高い超硬ソリッドリーマを使用する 下穴加工に超硬ドリルを使用する ドリル加工後エンドミルで穴の曲がり修正を行うようにする
	食付き時の芯ずれ	芯ずれをなくす 下穴が芯ずれしている場合は、穴加工前のセンタリング加工を行う、 あるいは穴位置精度の良いドリルを使用する 超硬ソリッドリーマを使用する
仕上げ面粗さが悪い	リーマ代が不適當	下穴加工のドリルを変更する ドリル加工後にエンドミル加工を行うようにする
	食付き部の振れが大きい	リーマの修正をし、振れをなくす
	リーマ取付け時の振れが大きい	ホルダの締め直しをする ホルダ、コレットを交換する 焼きばめホルダを採用する
	切削速度が不適當	回転速度を調整する
	送り量が大きすぎる	1回転当たりの送り量を小さくする
	バニシング作用が不足	リーマの選定をしなおす (マージン幅を大きく、バックテーパを小さくする)
	マージン部の溶着	マージン部の溶着の項による
	構成刃先	潤滑性のよい切削油剤を使用する
	切りくず詰まり	リーマの選定をしなおす（仕様変更） 切削油剤の流量を増す、供給圧力を大きくする 回転速度、送り速度を調整する
	切削油剤が不適當	切削油剤の選定をしなおす（潤滑性の大きな切削油剤を選択） 劣化した切削油剤を更新する（水溶性の場合）
	切削油剤の量が不足	切削油剤の流量を増す、供給圧力を上げる オイルホール付きリーマを検討する



## 用語解説

### リーマ用語

外周すくい角	軸に垂直な面で、すくい面と半径方向の線がなす角度
外周逃げ角	軸に垂直な面で、仕上げ面に対する外周切れ刃の逃げ面の傾きを表す角
外周逃げ面	外周の切れ刃の逃げ面
外周の振れ	両センタ又はシャンクを基準にして、リーマが回転したときのマージン部の半径方向の最大値と最小値との差 両センタ又はシャンクの基準によって、両センタ基準の外周の振れ又はシャンク基準の外周の振れという
食付き角	軸に対して傾けた食付き部の角
食付きすくい角	食付き角に垂直な面と、食付き切れ刃のすくい面の傾きを表す角
食付き逃げ角	食付き角に平行な面と、食付き切れ刃の逃げ面の傾きを表す角
食付きの長さ	軸に平行に測った食付き部の長さ
食付きの振れ	両センタ又はシャンクを基準にしてリーマを回転したときの食付き切れ刃の垂直方向の最大値と最小値の差 両センタ又は、シャンクの基準によって、両センタ基準の食付きの振れ又はシャンク基準の食付きの振れという
食付き部	リーマが工作物に食付いて主として切削作用を行う部分
コーナ	食付き切れ刃と外周切れ刃との交点
シャンク	リーマの柄部で、使用する際に保持する部分
シャンク径	シャンクの直径
シャンク四角部	ストレートシャンクの端に付けられた四角の部分
小端径	テーパリーマの一番小さい箇所の外径の寸法
すくい角	基準面に対するすくい面の傾きを表す角
すくい面	切れ刃に続く溝面
ストレートシャンク	円筒のシャンク
全長	軸に平行に測り、通常刃部の先端からシャンクの末端までの長さ
大端径	テーパリーマの刃部の一番大きい箇所の外径の寸法
タンク	シャンクの端に付けられた平たん部分
直刃	軸線に平行な切れ刃
直溝	軸線に平行で、真っすぐな溝
直径	刃部の一番大きい箇所の外径の寸法。ただし、テーパリーマではテーパの基準位置における直径を言う
テーパシャンク	円錐状のシャンク
斜め刃	軸線に対して、斜めになっている真っすぐな切れ刃
斜め溝	軸線に対して、斜めになっている真っすぐな溝
逃げ角	仕上げ面に対する逃げ面の傾きを表す角
逃げ面	切削仕上げ面との不必要な接触を避けるために逃がした面
ねじれ角	ねじれのつる巻線とその上の一点を通るリーマの軸平行な直線とがなす角
ねじれ刃	軸線に対して、ねじれた切れ刃
ねじれ溝	軸線に対して、ねじれている溝
パイロット	一般に工作物の下穴に合わせ、切れ刃を先導するために、リーマの先端に設けた部分
刃数	円周上の切れ刃の数
刃長	軸に平行に測った刃部の長さ
バックテーパ	長手方向の送り運動に対して工具に逃げを与えるために設けられたテーパ
マージン	ランド上で、切れ刃に連なり逃げが付いていない部分
マージン幅	マージンの幅



## リーマ加工用語

送り速度	リーマの単位時間当たりの軸方向の移動量。リーマの送り速度は次の式で計算する $Vf = f \cdot n$ $Vf$ : 送り速度 (mm/min) $f$ : リーマの1回転当たりの送り量 (mm) $n$ : リーマの回転速度 ( $\text{min}^{-1}$ )
送り量	リーマ1回転当たりの軸方向の移動量、リーマの送り量は次の式で計算する $f = Vf/n$ $f$ : 送り量 (mm) $Vf$ : 送り速度 (mm/min) $n$ : 回転速度 ( $\text{min}^{-1}$ )
拡大代	リーマ加工を行った工作物の穴の直径とリーマの直径との差 加工された工作物の穴の直径がリーマの直径より小さい場合は縮み代ともいう
加工硬化	金属の塑性変形 (ひずみ) により生ずる硬化
幾何公差	物の形、大きさ、位置関係などに許される誤差
仕上げ面	リーマ加工によって加工されて生成した加工物の表面
下穴	リーマ加工の前にあらかじめ工作物にあげた穴
切削速度	リーマの外周におけるリーマと工作物との相対的な円周方向の速度。リーマの切削速度は次の式で計算する $Vc = \pi \cdot DC \cdot n / 1000$ $Vc$ : 切削速度 (m/min) $DC$ : リーマの直径 (mm) $n$ : 回転速度 ( $\text{min}^{-1}$ )
塑性	金属などが弾性限度を超えて変形する時に、外力を取り除いてもひずみがそのまま残っている性質
バニシング	刃物をこすりつけて工作物表面をなめらかに仕上げること。バニシング加工ともいう
ばり	加工穴の縁にはみ出してできる余分な部分
被削面	リーマ加工を施す前の工作物の表面
リーマ代	リーマで削り取る量。リーマの直径から下穴の直径を引いた値



## 参考資料

### ■ 穴に対する許容差 (JIS B 0401-2:2016 (ISO286-2:2010) 表3,4,5,6,7,8,9 抜粋)

( $\mu\text{m}$ )

図示サイズ (mm)		E			F			G	
超	以下	7	8	9	6	7	8	6	7
-	3	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+8 +2	+12 +2
3	6	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+12 +4	+16 +4
6	10	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+14 +5	+20 +5
10	14	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+17 +6	+24 +6
14	18								
18	24	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+20 +7	+28 +7
24	30								
30	40	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+25 +9	+34 +9
40	50								
50	65	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+29 +10	+40 +10
65	80								
80	100	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+34 +12	+47 +12
100	120								
120	140	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+39 +14	+54 +14
140	160								
160	180								

( $\mu\text{m}$ )

図示サイズ (mm)		H					JS		K		M		N	
超	以下	6	7	8	9	10	6	7	6	7	6	7	6	7
-	3	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	$\pm 3$	$\pm 5$	0 -6	0 -10	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14
3	6	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	$\pm 4$	$\pm 6$	+2 -6	+3 -9	-1 -9	0 -12	-5 -13	-4 -16
6	10	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	$\pm 4.5$	$\pm 7.5$	+2 -7	+5 -10	-3 -12	0 -15	-7 -16	-4 -19
10	14	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	$\pm 5.5$	$\pm 9$	+2 -9	+6 -12	-4 -15	0 -18	-9 -20	-5 -23
14	18													
18	24	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	$\pm 6.5$	$\pm 10.5$	+2 -11	+6 -15	-4 -17	0 -21	-11 -24	-7 -28
24	30													
30	40	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	$\pm 8$	$\pm 12.5$	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33
40	50													
50	65	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	$\pm 9.5$	$\pm 15$	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39
65	80													
80	100	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	$\pm 11$	$\pm 17.5$	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -35	-16 -38	-10 -45
100	120													
120	140	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	$\pm 12.5$	$\pm 20$	+4 -21	+12 -28	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -52
140	160													
160	180													



■軸に対する許容差 (JIS B 0401-2:2016 (ISO286-2:2010) 表19,20,21,22,23,24,25 抜粋)

( $\mu\text{m}$ )

図示サイズ (mm)		e			f			g	
超	以下	7	8	9	6	7	8	5	6
-	3	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-6 -12	-6 -16	-6 -20	-2 -6	-2 -8
3	6	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-4 -9	-4 -12
6	10	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-5 -11	-5 -14
10	14	-32	-32	-32	-16	-16	-16	-6	-6
14	18	-50	-59	-75	-27	-34	-43	-14	-17
18	24	-40	-40	-40	-20	-20	-20	-7	-7
24	30	-61	-73	-92	-33	-41	-53	-16	-20
30	40	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-9 -20	-9 -25
40	50	-60	-60	-60	-30	-30	-30	-10	-10
50	65	-90	-106	-134	-49	-60	-76	-23	-29
65	80	-72	-72	-72	-36	-36	-36	-12	-12
80	100	-107	-126	-159	-58	-71	-90	-27	-34
100	120	-85	-85	-85	-43	-43	-43	-14	-14
120	140	-125	-148	-185	-68	-83	-106	-32	-39
140	160								
160	180								

( $\mu\text{m}$ )

図示サイズ (mm)		h					js			k		m		n
超	以下	5	6	7	8	9	5	6	7	5	6	5	6	6
-	3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 5$	+4 0	+6 0	+6 +2	+8 +2	+10 +4
3	6	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	$\pm 2.5$	$\pm 4$	$\pm 6$	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8
6	10	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	$\pm 3$	$\pm 4.5$	$\pm 7.5$	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10
10	14	0	0	0	0	0	$\pm 4$	$\pm 5.5$	$\pm 9$	+9	+12	+15	+18	+23
14	18	-8	-11	-18	-27	-43	$\pm 4$	$\pm 5.5$	$\pm 9$	+1	+1	+7	+7	+12
18	24	0	0	0	0	0	$\pm 4.5$	$\pm 6.5$	$\pm 10.5$	+11	+15	+17	+21	+28
24	30	-9	-13	-21	-33	-52	$\pm 4.5$	$\pm 6.5$	$\pm 10.5$	+2	+2	+8	+8	+15
30	40	0	0	0	0	0	$\pm 5.5$	$\pm 8$	$\pm 12.5$	+13	+18	+20	+25	+33
40	50	-11	-16	-25	-39	-62	$\pm 5.5$	$\pm 8$	$\pm 12.5$	+2	+2	+9	+9	+17
50	65	0	0	0	0	0	$\pm 6.5$	$\pm 9.5$	$\pm 15$	+15	+21	+24	+30	+39
65	80	-13	-19	-30	-46	-74	$\pm 6.5$	$\pm 9.5$	$\pm 15$	+2	+2	+11	+11	+20
80	100	0	0	0	0	0	$\pm 7.5$	$\pm 11$	$\pm 17.5$	+18	+25	+28	+35	+45
100	120	-15	-22	-35	-54	-87	$\pm 7.5$	$\pm 11$	$\pm 17.5$	+3	+3	+13	+13	+23
120	140	0	0	0	0	0	$\pm 9$	$\pm 12.5$	$\pm 20$	+21	+28	+33	+40	+52
140	160	-18	-25	-40	-63	-100	$\pm 9$	$\pm 12.5$	$\pm 20$	+3	+3	+15	+15	+27
160	180													



## 表面粗さ (JIS B 0601:2013 に準ずる)

### 代表的な表面粗さの種類

種類	記号	求め方	求め方の例 (図)
算術平均粗さ	Ra	粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、この粗さ曲線を $y=Z(x)$ で表したときに、次の式によって求められる値をマイクロメートル ( $\mu\text{m}$ ) で表したものをいう。  $Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell}  Z(x)  dx$	
最大高さ粗さ	Rz	粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、この抜き取り部分の山高さの最大値 $Z_p$ と谷深さの最大値 $Z_v$ との和を求め、この値をマイクロメートル ( $\mu\text{m}$ ) で表したものをいう。  $Rz = Z_p + Z_v$	
十点平均粗さ	RzJIS	粗さ曲線からその平均線の方向に基準長さだけを抜き取り、最も高い山頂から5番目までの山頂の標高 $Y_p$ の絶対値の平均値と、最も低い谷底から5番目までの谷底の標高 $Y_v$ の絶対値の平均値との和を求め、この値をマイクロメートル ( $\mu\text{m}$ ) で表したものをいう。  $Rz_{JIS} = \frac{(Y_{p1} + Y_{p2} + Y_{p3} + Y_{p4} + Y_{p5}) + (Y_{v1} + Y_{v2} + Y_{v3} + Y_{v4} + Y_{v5})}{5}$	 <small><math>Y_{p1}, Y_{p2}, Y_{p3}, Y_{p4}, Y_{p5}</math>: 基準長さ <math>\ell</math> に対する抜き取り部分の、最も高い山頂から5番目までの山頂の標高  <math>Y_{v1}, Y_{v2}, Y_{v3}, Y_{v4}, Y_{v5}</math>: 基準長さ <math>\ell</math> に対する抜き取り部分の、最も低い谷底から5番目までの谷底の標高</small>

### 算術平均粗さ (Ra) と従来の表記とのおおよその関係 (参考データ)

算術平均粗さ Ra	最大高さ粗さ Rz	十点平均粗さ RzJIS	従来の仕上げ記号
標準数値			
0.05a	0.2s	0.2z	
0.1a	0.4s	0.4z	
0.2a	0.8s	0.8z	
0.4a	1.6s	1.6z	
0.8a	3.2s	3.2z	
1.6a	6.3s	6.3z	
3.2a	12.5s	12.5z	
6.3a	25s	25z	
12.5a	50s	50z	
25a	100s	100z	
50a	200s	200z	
100a	400s	400z	-

3種類の相互関係は、便宜上の関係を表したもので厳密性はありません。

### 表面粗さ記号について

上記の表中の記号は、JIS B 0601:2013に準拠しております。ISO規格と記号を合わせるため、右のように変更されています。十点平均粗さ (Rz) は、対応国際規格 (ISO 4287:1997) から削除され、JISでは2001年度版から削除されましたが、日本国内においては広く普及しているため、RzJISとして付属書に参考として記載されています。

	JIS B 0601:1994	JIS B 0601:2013
最大高さ粗さ	Ry	Rz
算術平均粗さ	Ra	Ra
十点平均粗さ	Rz	RzJIS



## 参考文献

- 1) 奥島啓式 (委員長) ほか (1963) 精密機械29巻2号 リーマ加工専門委員会報告 (第2回)
- 2) 大西修、土肥俊郎、黒河周平、神田敏和 (2010)  
精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 現代につながる歴史的穴加工技術に関する一考察 - 技術の変遷と伊都国に見る穴加工技術 -
- 3) 機械技術振興協会技術研究所加工技術データファイル (1979)
- 4) 佐久間敬三、清田宏 (1980)  
精密機械46巻7号 超硬リーマによる加工精度に関する研究 (第1報) - 工具の挙動と加工穴の多角形形状 -
- 5) 佐久間敬三、清田宏 (1982)  
精密機械48巻6号 超硬リーマによる加工精度に関する研究 (第4報) - 特殊不等分割工具および高剛性工具による真円度の改善 -
- 6) 研究 松崎健一郎、劉孝宏、末岡淳男、塚本恵三、眞方山航平 (2017)  
日本機械学会論文集 Vol83,no852 リーマ加工における加工穴多角形化現象に関する基礎的研究
- 7) 和田栄治 (著作代表者) (1966) 切削油技術研究会 D.R.T. MANUAL 養賢堂
- 8) 坂井秀春 (1975) リーマとリーマ通し 槇書店
- 9) 今泉英明 (2019) 目利きが教えるエンドミル使いこなしの基本 日刊工業新聞社











## リーマを安全にお使いいただくために

### 加工前の注意

- ・鋭利な切れ刃を素手で触るとけがの危険があります。切れ刃を素手で触らないで下さい。保護手袋等の保護具を使用して下さい。
- ・工具に傷、割れ等があると使用中に破損し飛び散ることがあります。使用前に傷、割れ等のないことを確認して下さい。
- ・使用前に工具および加工物の寸法を確認して下さい。
- ・回転方向を誤ると工具が破損、飛散しけがをする危険があります。使用前に回転方向を確認して下さい。
- ・工作機械保持具を含めた回転部のバランスが悪いと振れ、振動により工具が破損しけがをする危険があります。試運転を必ず実施しバランスの確認をして下さい。
- ・インデキサブル（スローアウェイ）工具ではインサートや部品が確実にクランプされてないと切削中に脱落、飛散しけがをする危険があります。必ず取付座面や固定用部品を清掃してからチップを取付けて下さい。取付けは、付属のスパナを使用し確実に行って下さい。また、所定のインサート、部品以外は絶対に使用しないで下さい。
- ・加工物の保持が不十分だと、工具や加工物が破損し飛散する危険があります。加工物の保持は確実に行って下さい。

### 加工時の注意

- ・回転中の工具、加工物等に触るとけがをします。回転中の工具、加工物等には絶対に触らないで下さい。衣服にたるみがあると巻き込まれる危険があります。たるみのない衣服を着用して下さい。
- ・工具が加工中に衝撃的な負荷を受けると破損、飛散しけがをする危険があります。また、加工中に高温の切りくずが飛散したり、長く伸びた切りくずが排出され、けがや火傷をする危険があります。必ず安全カバーや保護眼鏡等の保護具を使用して下さい。
- ・工具を改造したり、本来の使用目的以外で使用すると工具が破損、飛散しけがをする危険があります。工具は改造しないで下さい。本来の使用目的で使用して下さい。
- ・切削条件基準表の数値は、新しく作業を立ち上げる時の目安として下さい。加工物の形状や機械剛性に合わせて条件を調節する必要があります。
- ・加工中に異常な振動等が発生した場合は、直ちに加工を中止して下さい。そのまま続けると工具が破損、飛散しけがをする危険があります。異常の原因を取り除いてから加工を再開して下さい。
- ・摩耗が進んだり、痛んだ状態の工具を使用し続けると破損、飛散の原因となります。切れ味が悪くなったら工具を交換して下さい。
- ・不水溶性切削油剤を使用する時は、加工時に発生する火花や、破損による発熱で引火、火災の危険があります。防火対策を必ず行って下さい。

### 加工後の注意

- ・加工直後の工具、加工物は、高温になっているため火傷をする危険があります。素手で触らないで下さい。
- ・加工物に生じたばりでけがをする危険があります。素手で触らないで下さい。
- ・加工後は必ず加工物の寸法を確認して下さい。
- ・工具を研削するときは、局所排気装置の設置を行い保護マスク、保護眼鏡を着用ください。
- ・工具の再研削、追加加工研削を行うと粉塵などが発生します。これらを飲み込んだり、吸引したりすると身体に有害です。
- ・コバルトおよびその無機化合物は、特定化学物質に指定されています。通常の使用における工具や作業場は適用除外されますが、物理的な変化を加える（再研削、追加加工）作業場では、特定化学物質障害予防規則（特化則）に従った取り扱いをする必要があります。

以上は、当社製品を安全にお使いいただくための基本的注意です。その他の詳細については、当社までお問い合わせ下さい。



shaping your dreams

本社  
〒442-8543 愛知県豊川市本野ケ原三丁目22番地 TEL(0533)82-1111  
E-mail: cs-info@osg.co.jp Web: https://www.osg.co.jp/

東日本営業部  
〒140-0002 東京都品川区東品川4-12-6  
品川シーサイドキャナルタワー 19階 TEL(03)5715-2966

西日本営業部  
〒550-0013 大阪府大阪市西区新町2-4-2 405号  
TEL(06)6538-3880

アプリケーション営業部  
〒451-0051 愛知県名古屋市西区則武新町3-1-17  
BiZrium名古屋 4階 TEL(052)589-8320

仙台	TEL (022) 390-9701	三河	TEL (0566) 62-8286
郡山	TEL (024) 991-7485	トヨタ	TEL (0533) 82-1145
茨城	TEL (029) 354-7017	名古屋	TEL (052) 589-8320
両毛	TEL (0270) 40-5855	岐阜	TEL (058) 259-6055
宇都宮	TEL (028) 651-2720	京滋	TEL (077) 553-2012
新潟	TEL (025) 288-3888	大阪	TEL (06) 4308-3411
東京	TEL (03) 5715-2966	明石	TEL (078) 927-8212
八王子	TEL (042) 645-5406	金沢	TEL (076) 268-0830
厚木	TEL (046) 230-5030	岡山	TEL (086) 241-0411
諏訪	TEL (0266) 58-0152	広島	TEL (082) 532-6808
上田	TEL (0268) 28-7381	四国	TEL (087) 868-4003
静岡	TEL (054) 283-6651	九州	TEL (092) 504-1211
浜松	TEL (053) 461-1121	北九州	TEL (093) 922-8190
豊川	TEL (0533) 82-1145	熊本	TEL (096) 386-5120

「工具の技術的なご相談は…」 コミュニケーションダイヤル

0120-41-5981 土日祝日、会社休日を除く

コミュニケーション FAX 0533-82-1134 コミュニケーションE-mail hp-info@osg.co.jp

### 安全にお使いいただくために

- 工具を使用する時は、破損する危険があるので、必ずカバー・保護眼鏡・安全靴等を使用して下さい。
- 切れ刃は素手で触らないで下さい。
- 切りくずは素手で触らないで下さい。
- 工具の切れ味が悪くなったら使用を中止して下さい。
- 異常音・異常振動が発生したら、直ちに使用を中止して下さい。
- 工具には手を加えないで下さい。
- 加工前に工具の寸法確認を行って下さい。

### OSG代理店

Copyright © 2021 OSG Corporation. All rights reserved.

- 製品については、常に研究・改良を行っておりますので、予告なく本カタログ掲載仕様を変更する場合があります。
- 本書掲載内容の無断転載・複製を禁じます。

T-35.web(DN)  
23.12

# オーエスジー株式会社