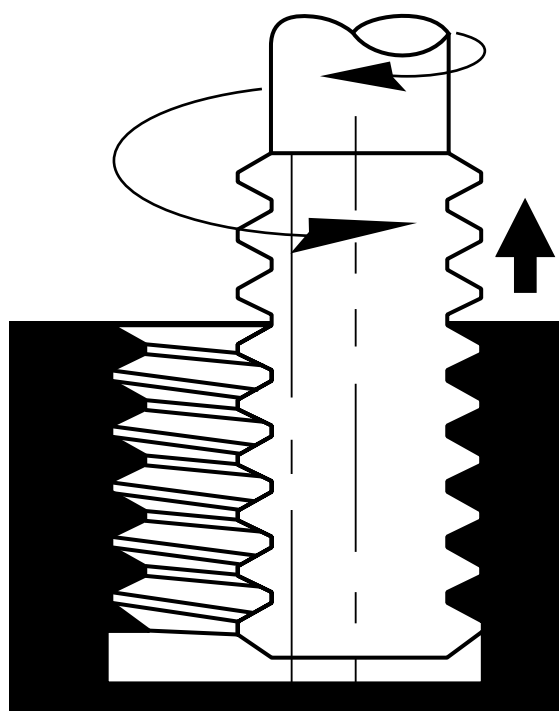




TECHNICAL
DATA

ねじ切りフライス (スレッドミル)



オーエスジー株式会社



はじめに	1	7.4 管用テーパおねじ(右ねじ)加工	
1. スレッドミルシリーズ	2	7.5 参考資料	
1.1 特長		7.5.1 用語解説	
1.2 各部の説明		7.5.2 G、Mコード互換表	
2. 加工原理	3	8. 再研削	28
2.1 スレッドミルのめねじ加工原理		8.1 工具再研削の時期	
2.2 パスタイプ		8.2 再研削上の注意点	
2.2.1 マルチパス		8.3 再研削の条件例	
2.2.2 シングルパス		8.4 再研削後の工具性能	
3. 切削のしくみ	5	9. スレッドミルシリーズのトラブル対策	30
3.1 ねじ切りフライス工程		10. FAQ	30
3.2 めねじ断面と工具刃先の動き		◆NCプログラムツールで作成されたプログラムでは指定したねじ長さよりスレッドミルのZ軸方向の移動長さが長い。なぜか？	
3.3 切削トルク		◆NCプログラムツールで作成されたプログラム上の送り速度が計算上の送り速度の数値より低い。なぜか？	
3.4 切りくず		◆マルチポイントのスレッドミルを使用しているが、NCプログラムツールで作成されたプログラムで加工すると加工時間が非常に長い。なぜか？	
3.5 仕上げ面		◆工具半径補正値を工具半径で入力したがGPが合格しない。なぜか？	
4. 工具分類	7	◆工具半径補正値をどのように調整すればよいか？	
4.1 スレッドミルの種類と特長		◆NCプログラムツールの入力画面で表示される「ねじ精度 狙い75%」とは何か？	
4.2 おねじ用工具とめねじ用工具		◆「切込み過ぎ発生」のエラーコードにより機械が止まった。なぜか？	
4.2.1 メートルねじ用工具のねじ山形		◆スレッドミルでおねじを加工した。加工されたおねじの外径がマイナスしていた。なぜか？	
4.2.2 管用ねじ用工具のねじ山形		◆Cマウントのねじを加工したいがタップがない。対応方法は？	
5. 切削条件	10	◆管用テーパねじは、なぜ1ピッチ間を4分割で加工をするのか？	
5.1 切削条件について		◆スレッドミルでテーパめねじを加工している。下穴形状は切削タップと同様ストレートの形状で加工が可能か？	
5.2 切削速度(回転速度)		◆テーパねじ規格の基準径位置までの長さが規格より短いテーパめねじを加工したい。スレッドミルで加工が可能か？	
5.3 送り量(1刃当たりの送り量)		◆管用テーパねじを加工するとき、工具半径補正値にカタログ上の外径の1/2の値を入力したらゲージが合格しない。入力する値が違うのか？	
5.4 切込み深さ		◆NCプログラムツールは、どのようなNC言語に対応しているか？	
5.5 切削方向		◆動作確認をするにはどうしたらよいか？	
5.6 パスタイプ		◆管用テーパめねじを加工する際、ねじゲージが合格するためにはどのくらい工具半径補正値を調整すればよいか、その目安の求め方を知りたい。	
5.7 下穴			
5.8 加工時間			
5.9 切削油剤			
6. NCプログラム作成	13		
6.1 工具中心と刃先基準			
6.2 RPRG			
6.2.1 工具径補正が必要な理由			
6.2.2 RPRGの活用			
6.2.3 ねじ用限界プラグゲージ寸法表			
6.3 主軸回転速度と送り速度の計算			
6.3.1 主軸回転速度			
6.3.2 工具の送り速度(ねじ加工)			
6.4 NCプログラム例			
7. 代表的なNCプログラム例	18	11. 附録 NCプログラムの考え方	39
7.1 平行めねじ(右ねじ)加工		11.1 平行めねじ	
7.2 管用テーパめねじ(右ねじ)加工		11.2 管用テーパめねじ	
7.3 平行おねじ(右ねじ)加工		11.3 平行おねじ	
		11.4 管用テーパおねじ	



はじめに

多品種少量生産、短納期が要求される現代において、マシニングセンタの占める役割はますます重要になってきました。工具に対してもマシニングセンタを有効に使うための様々な性能が要求されています。しかし、めねじ加工の分野では、タップ加工独自の切削機構が原因である突発的なトラブルにより、無人化・自動化への対応が遅れていました。

そこで、マシニングセンタの3軸同時ヘリカル補間機能でめねじ加工するねじ切りフライスが、タップ加工でのトラブルを解決し、無人化・自動化への方法として注目されるようになりました。

オーエスジーは他社に先駆け各種ねじ切りフライス工具を商品化したスレッドミルシリーズを展開してきました。本冊子は、カタログには加えることのできなかった基本的な内容や技術的な資料を盛り込み、より上手にスレッドミルを使うための手助けとなる冊子としました。ご活用いただければ幸いです。



1 スレッドミルシリーズ

1.1 特長

- (1) 1本の工具で呼び径の異なる同一ピッチのねじや、インサートねじの加工が可能です^(注)。また、同じ工具で右ねじ、左ねじの加工が行えます。
- (2) 加工寸法の調整はNCで行うため、特殊精度のねじに対して即座に対応することができます。精度ごとに工具をそろえる必要がないため、工具の集約が可能です。
- (3) 切削機構はエンドミルの側面切削に似ており、大径ねじでもタップ加工に比べて小馬力の機械で加工が行えます（機械剛性は十分である必要があります）。
- (4) 切りくずは、ミーリング加工であるため細かく分断されます。タップ加工のような長い切りくずが発生しないため、切りくず処理が容易でトラブルのない安定した加工が行えます。
- (5) 潤滑性で不水溶性に劣る水溶性切削油剤でも十分な切削性能を得ることができます。
- (6) 加工したねじの不完全山が1山以下で、ミーリングチャックで工具を把握して加工するため深さ方向の精度に優れています。下穴に余裕のない止り穴加工に最適な工具です^(注)。
- (7) 管用テーパのねじ加工では、これまでのタップ加工で避けられなかったストップマークがなくなり、真円度も良くなるため、耐密性に優れたねじが加工できます。

(注) 一部製品は除きます。

1.2 各部の説明

スレッドミルの中でも最も代表的なスパイラル溝のスレッドミルを図1.2.1に示します。めねじを加工する工具ですが、スレッドミルのねじ部にはタップのような食付き部はありません^(注)。また、スレッドミルのねじ部はタップのねじ部のような螺旋状のねじになっ

ていません。加えて、シャンクをミーリングチャックやコレットホルダで把持するため四角部はありません。

ねじ部の外径はエキセントリックレリーフになっていて、逃げがついています。

(注) 一部製品は除きます。

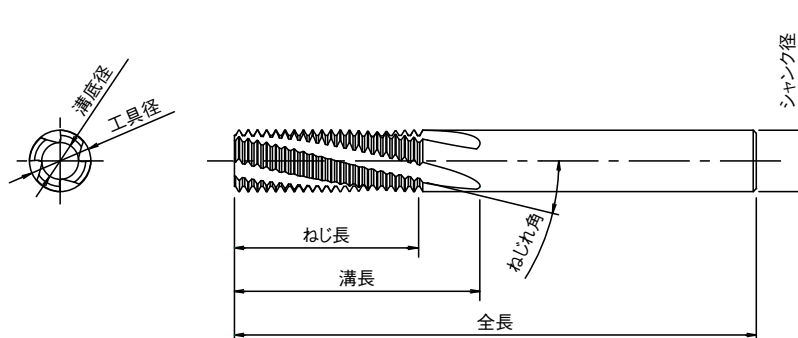


図1.2.1 各部の名称



2 加工原理

2.1 スレッドミルのめねじ加工原理

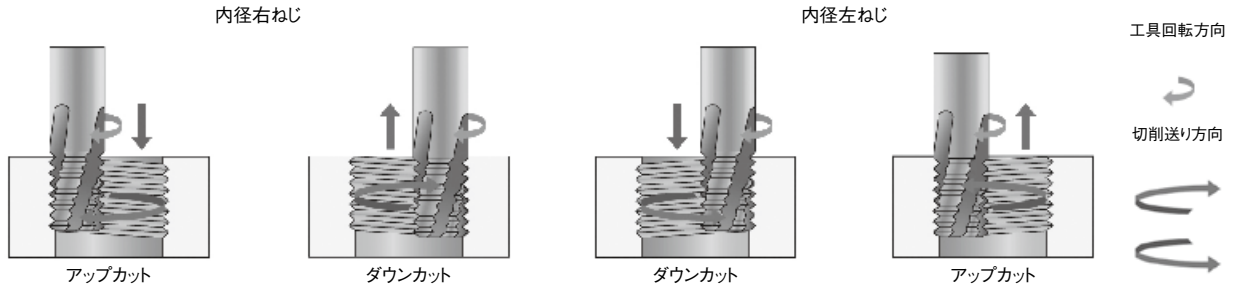


図2.1.1 めねじ加工原理

スレッドミルの刃部にあるねじ山には、タップのようなリードがついていません。下穴の軸に平行に取り付けられた工具を、自転（主軸回転）運動と公転（ヘリカル切削送り）運動、さらに一公転の間に1ピッチ分軸方向へ送ることによりリードのついたねじを加工することができます。X、Y、Z軸を同時に動かしてヘリカル切削を行うので、加工機は3軸同時制御とヘリカル補間機能が付いたNC（数値制御装置）を搭載している

マシニングセンタであることがスレッドミルを使用する前提条件となります。右ねじ、左ねじ、アップカット、ダウンカットは公転方向と軸方向の送りの組み合わせで決めます（図2.1.1）。一般的に、アップカットは仕上げ面の点で、ダウンカットは工具寿命の点で優れています。また、右ねじ加工時は、工具を下穴から抜く方向に送るため、加工で発生した切りくずを工具端面で穴底に押し付けなくなります。



2.2 パスタイプ

2.2.1 マルチパス

一般的にスレッドミルにてねじ加工を行うには、必要なねじ立て長さより長い刃長のマルチポイントのスレッドミルを用い、本切削1周（ねじピッチ分の移動量）で必要なねじ立て長さを加工します。この加工方法をマルチパスといいます（図2.2.1.1）。

スレッドミルの刃長よりねじ立て長さが深い場合は、Z軸方向に複数回に分けて加工を行います（図2.2.1.2）。この加工ができるスレッドミルは、首径がねじ部の谷

の径より小さく、首下長も十分確保されている必要があります。

マルチパスは、次に説明するシングルパスと比べて工具の移動距離が短くなるため、加工時間を短くできます。しかし、切削抵抗による工具のたわみがめねじ精度に影響を与えやすくなります。安定したねじ精度を得られない場合、半径方向への切込み深さを数回に分けたり、ゼロカットなどを行う必要があります。

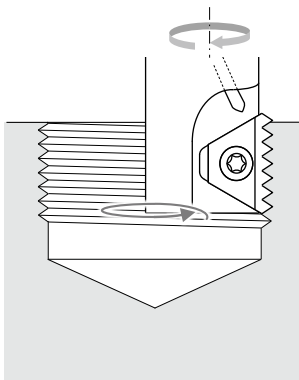


図2.2.1.1 一般的なマルチパス

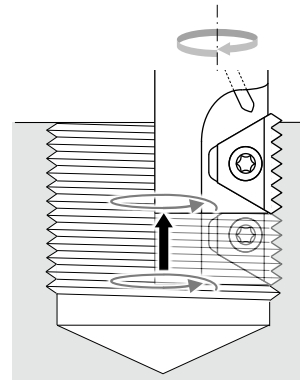


図2.2.1.2 深いねじ加工のマルチパス

2.2.2 シングルパス

シングルパスにてねじ加工を行うには、シングルポイントのスレッドミルが用いられます。マルチポイントと異なり、刃長はねじ1山分になるため、ねじ底から口元までねじのリードに沿いながら1ピッチずつ加工を行います（図2.2.2.1）。

マルチパスと比べて工具の移動距離は長くなり、加工時間も長くなる傾向になります。しかし、切削抵抗はマルチポイントと比較して小さく、工具のたわみも少なくなるため、ねじ精度への影響が小さくなります。特にスレッドミルの突出し長さが長くなる深いねじ加工や小径ねじ加工に有効です。

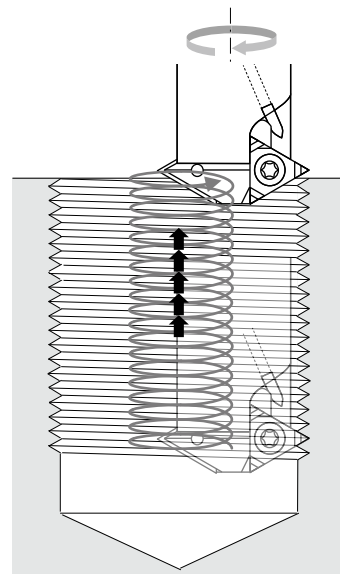
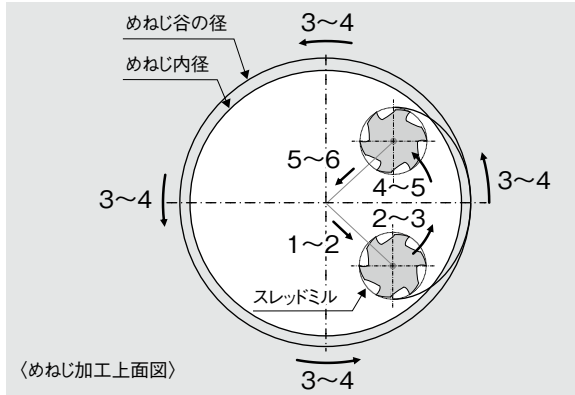


図2.2.2.1 シングルパス

3 切削のしくみ

3.1 ねじ切りフライス工程



動作順序	動作内容
1~2	クリアランスを残しながら早送りで接近
2~3	アプローチ(ヘリカル切削しながら切込む) P.40参照
3~4	本切削(360°ヘリカル切削)
4~5	リリース(ヘリカル運動しながら離れる) P.44参照
5~6	中心まで早送りで戻る

図3.1.1 切削動作

理論的には本切削(360°ヘリカル切削)だけで下穴に挿入した工具の刃長とほぼ同じ長さのめねじを加工できます。しかし、実際には本切削の開始(終了)点を滑らかにするため、本切削前に円弧切削をしながら徐々に切り込むアプローチが必要になります。また、本切削終了後スムーズに工具を離すためのリ

リースも必要です。アプローチ、リリースともに過剰切削を避けるため、ねじのリードに沿って工具を送る必要があります。

加工精度と加工能率の点から図3.1.1のような円弧によるアプローチ、リリースを推奨しています。

3.2 めねじ断面と工具刃先の動き

スレッドミルは、刃部にリードのないねじ山が付いた回転体として作用し、干渉を伴ってねじを切削します。図3.2.1にめねじのある断面におけるスレッドミルのねじ部の動きを示します。干渉とは、めねじ断面よりも小さいスレッドミルのねじ部が移動して、めねじ断面を形成することです。

干渉量は、加工径、工具径、めねじのリード、めねじのねじ山角度の4つの要素で決まります。加工径と工具径が近くなると干渉が大きくなる傾向があり、所定のめねじ形状を加工するためには、スレッドミルのねじ部の山の頂の切取り高さをより小さく設計する必要があります。

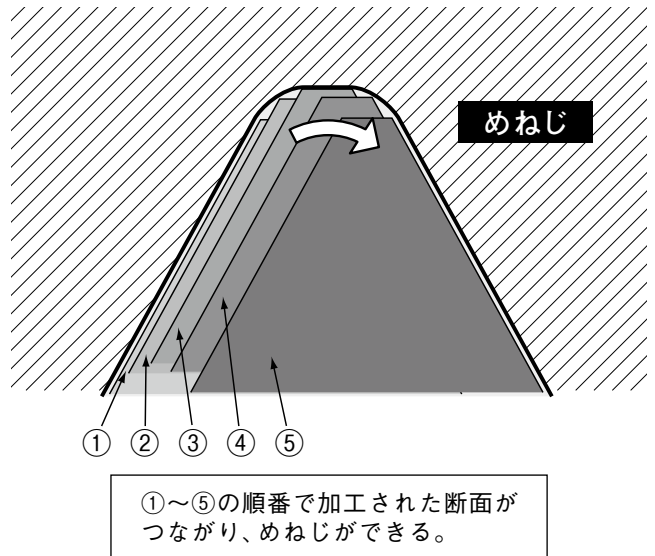


図3.2.1 めねじ断面と工具ねじ部の動き



3.3 切削トルク

フライス工具であるスレッドミルは、タップよりも小さな切削トルクでねじ加工ができます。図3.3.1にタップ (A-SFT) とスレッドミル (AT-1) でめねじを加工した時の切削トルクを示します。

使用工具	タップ A-SFT	スレッドミル AT-1 7.7×24P1.5
被削材	S45C	
めねじサイズ	M10×1.5	
ねじ立て長さ	20mm	
下穴	φ 8.5×25mm (通り)	
切削速度	20m/min	200m/min
1刃当たりの送り量	-	0.01mm/t
加工方法	-	ダウンカット
切削油剤	水溶性切削油剤	
使用機械	立形マシニングセンタ	

大径めねじのタップ加工では、加工機の主軸トルク不足で加工中に主軸回転が停止する心配がありました。スレッドミルの場合は、このような心配がほとんどありません。

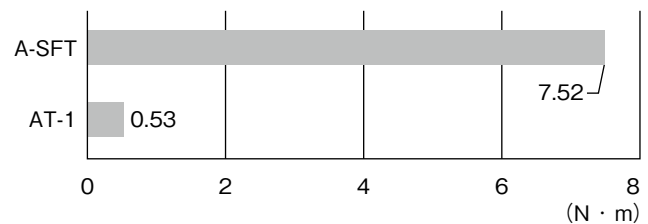


図3.3.1 切削トルクの違い

3.4 切りくず

スレッドミルの切りくずは、被削材にかかわらず図3.4.1のような細かい切りくずになります。スパイラルタップの場合、軟鋼、炭素鋼、ステンレス鋼などを加工すると図3.4.2のようなつながった切りくずになります。そのため、スレッドミルは切りくずトラブルの対策に有効です。

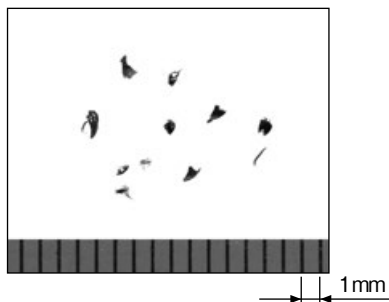


図3.4.1 スレッドミル切りくず



図3.4.2 スパイラルタップ切りくず

3.5 仕上げ面

タップで管用テーパねじを加工すると図3.5.1のようなストップマークと呼ばれる段差がねじフランク面にできます。管用テーパおねじと管用テーパめねじを嵌合した時に、このストップマークの段差により管の中を通る液体や気体が漏れることがあります。スレッドミルで加工した場合には、このストップマークができないため(図3.5.2)、管用テーパねじにはスレッドミルが最適です。

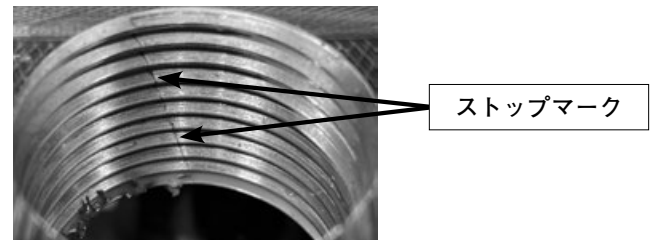


図3.5.1 タップによる加工




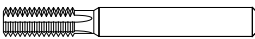
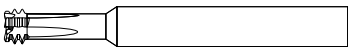

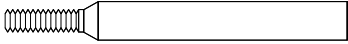
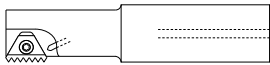
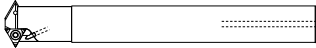
図3.5.2 スレッドミルによる加工



4 工具分類

4.1 スレッドミルの種類と特長

スレッドミルは大きく分類して図4.1.1のように分類されます。

工具	形状		特長
ソリッド	スパイラル溝	フルスレッド	 「刃長≒ねじ立て長さ」の形状のスレッドミル [※]
	ストレート溝	首付き	 「首下長さ≒ねじ立て長さ」の形状のスレッドミル [※]
	底刃・首付き		 工具先端にエンドミルの底刃が備わった首付きのスレッドミル
	ドリル付き		 工具先端にドリルが備わったスレッドミル
	電着 ダイヤモンド	フルスレッド	 セラミックス、強化プラスチックに適した電着ダイヤモンドタイプのスレッドミル
インデキサブル	マルチ ポイント	シャンクタイプ	 インデキサブルタイプのスレッドミル
		ボアタイプ (シェルタイプ)	
	シングル ポイント	シャンクタイプ	 深いねじ加工に適したインデキサブルタイプのスレッドミル
		ボアタイプ (シェルタイプ)	

※ソリッドのフルスレッドに首付き形状のものがありますが、首径がねじ部の谷の径より大きいため、刃長より長いねじ立て長さの加工はできません。

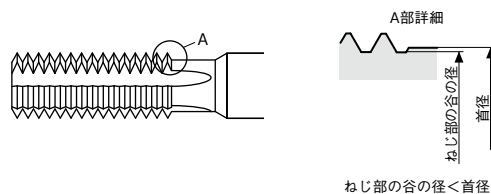


図4.1.1 スレッドミルの種類と特長



4.2 おねじ用工具とめねじ用工具

スレッドミルは理論的にはおねじ・めねじの両方が加工できる工具です。しかし、実際にはねじ山形状の違いで、おねじ用工具、めねじ用工具、おねじ・めねじ共用（兼用）に分かれます。

4.2.1 メートルねじ用工具のねじ山形

図4.2.1.1は、メートルねじ用スレッドミルで、おねじ用工具、めねじ用工具のねじ山形がどのように違うのかを例に示しています。

おねじ用工具とめねじ用工具では、スレッドミルのねじ山の山の頂と谷底の切り取り高さが違います。

また、JIS規格ではおねじの谷底はR形状が要求されるので、スレッドミルのねじ山の頂はR形状になっています。

参考としてメートルねじの基準山形を図4.2.1.2に示します。

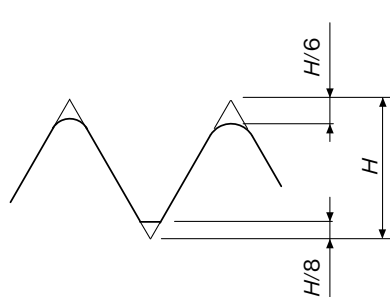
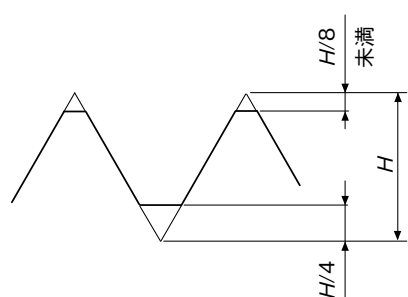
	おねじ用工具	めねじ用工具
工具山形 (H=とがり山の高さ)		
工具表示	EXT	INT
ねじの山頂	R	平
ねじの谷底	平	平

図4.2.1.1 おねじ用工具とめねじ用工具の山形（メートルねじ）

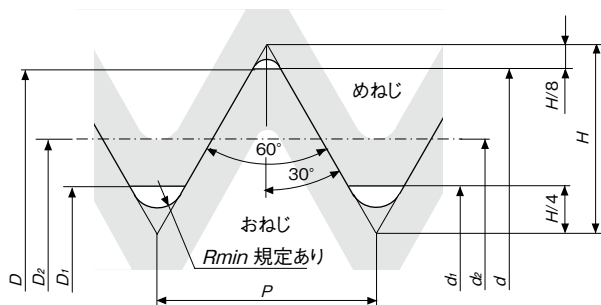


図4.2.1.2 基準山形（メートルねじ）

- D ：めねじ谷の径の基準寸法（呼び径）
- d ：おねじ外径の基準寸法（呼び径）
- D_2 ：めねじ有効径の基準寸法
- d_2 ：おねじ有効径の基準寸法
- D_1 ：めねじ内径の基準寸法
- d_1 ：おねじ谷の径の基準寸法
- H ：とがり山の高さ
- P ：ピッチ



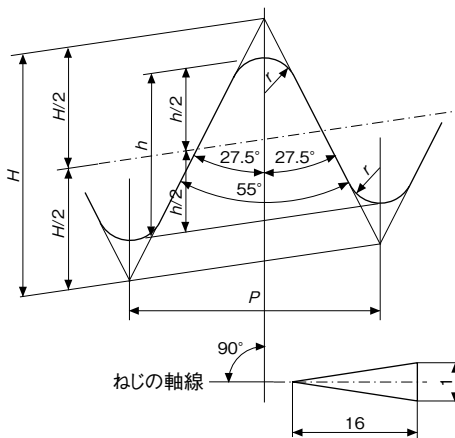
4.2.2 管用ねじ用工具のねじ山形

図4.2.2.1は、管用ねじ用スレッドミルのねじ山形を示しています。管用ねじ用スレッドミルは、おねじ・めねじ共用（兼用）の場合がほとんどです。

参考として管用テーパねじの基準山形を図4.2.2.2、管用平行ねじの基準山形を図4.2.2.3に示します。

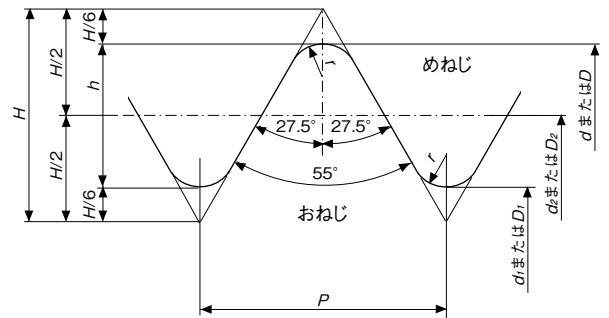
ねじ種類	R(PT)おねじ・Rc(PT)めねじ共用	Rp(PS)めねじ G(PF)おねじ・めねじ共用
工具山形 (H=とがり山の高さ)		
工具表示	Rc	Rp
ねじ山頂	R	R
ねじ谷	R	R

図4.2.2.1 おねじ用工具とめねじ用工具の山形(管用ねじ)



H : とがり山の高さ
 h : 山の高さ
 P : ピッチ
 r : 丸み

図4.2.2.2 基準山形(管用テーパねじ)



D : めねじ谷の径の基準寸法
 d : おねじ外径の基準寸法
 D_2 : めねじ有効径の基準寸法
 d_2 : おねじ有効径の基準寸法
 D_1 : めねじ内径の基準寸法
 d_1 : おねじ谷の径の基準寸法
 H : とがり山の高さ
 h : 山の高さ
 P : ピッチ
 r : 山の頂及び谷の丸み

図4.2.2.3 基準山形(管用平行ねじ)



5 切削条件

5.1 切削条件について

タップと違い、スレッドミルは切削条件のパラメータが多数あります。切削速度、送り量、パス回数、アップカット・ダウンカット、マルチ送り・シングル送り

などです。被削材と工具の仕様により、最適条件を選択し、長寿命・高能率など、目的に合った条件を見つける必要があります。

5.2 切削速度(回転速度)

一般的に切削速度を低くすると、抵抗が少なくなるイメージがありますが、図5.2.1の通り、切削速度が高くなっても、抵抗はさほど変わらない場合があります。これは工具の仕様が大きく影響を与えているからです。

方がたわみが大きく、有効径は小さくなります。つまり工具半径補正値を固定した状態で、最も有効径が大きくなる切削速度が抵抗が小さいということになります。

抵抗が少ない切削速度を求める手法として、有効径の比較で簡単に行えます。ただし有効径の測定にはステップゲージなどの特殊ツールが必要となります。

使用工具	AT-1 7.7×24P1.5
被削材	S45C
めねじサイズ	M10×1.5
ねじ立て長さ	20mm
下穴	φ 8.5×25mm (通り)
加工方法	ダウンカット
切削油剤	水溶性切削油剤
使用機械	立形マシニングセンタ

スレッドミルは片当りで加工を行うため工具がたわみ、その影響が有効径に反映されます。よって抵抗が大きい

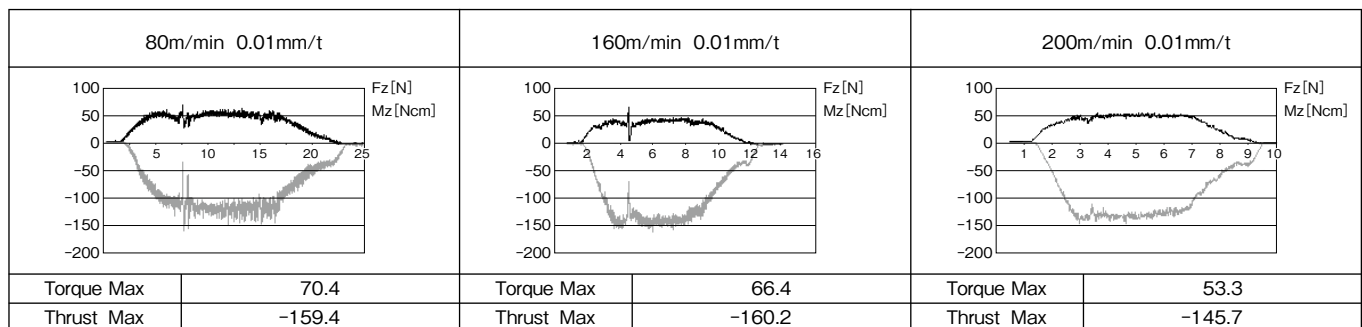


図5.2.1 切削速度の違いによるトルク、スラスト抵抗

5.3 送り量(1刃当たりの送り量)

送り量も工具のたわみに影響を与える大きな要因です。こちらは切削速度と違い、少なければ少ないほどたわみは少なくなります。

は、まず1刃当たりの送り量を小さめで固定し、切削速度(回転速度)を徐々に上げます。最適な切削速度が設定できたら、工具のたわみが大きくならない範囲で1刃当たりの送り量を大きくしていきます。この手順にて切削条件を決定し、後は耐久評価を行います。

しかし少なくするほど、加工時間は長くなります。また、1穴加工で1つの刃が接触する回数が増えるため、工具が擦る回数も増えます。これは理論上摩耗の進行が早くなると考えられます。

注意点としては使用する切削油剤により1刃当たりの送り量を変える必要があります。詳細は「5.9 切削油剤」(P.12)を参照してください。

以上をふまえ、最適な切削条件を見つける手順として

5.4 切込み深さ

スレッドミルの場合、径方向の切込み回数を分けることで、切削負荷を分散することが可能です。

加工中の振動が大きく加工面粗さが良くない場合、または工具のたわみによるねじのテーパの補正を行いたい場合など、状況と目的に合わせて切込み回数と切込み深さを調整します。

加工面	ねじテーパ	刃欠け・折損	対応
きれい	少ない	無し	A
		有り	B
	多い	無し	C
		有り	BまたはC
粗い	少ない	無し	C
		有り	B
	多い	無し	BまたはC
		有り	B

A: 切込み回数を増やす必要なし

B: 切込み回数を等分割で増やす

C: ゼロカット、または荒(80%)、仕上げ(100%)などの切込み深さで分割を増やす

図5.4.1 切込み方法の対応

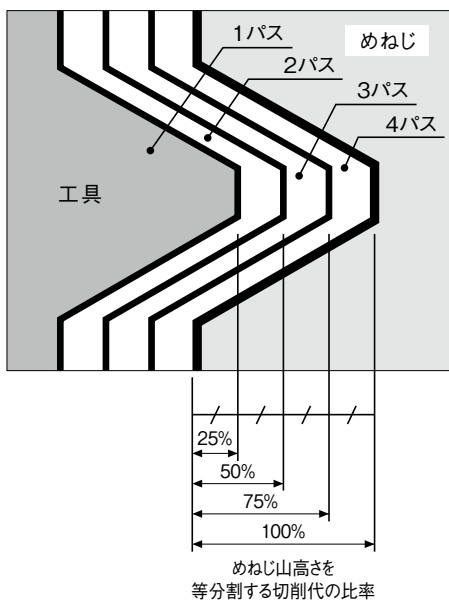


図5.4.2 パスと切削代

5.5 切削方向

スレッドミルは、エンドミル同様にアップカット・ダウンカットのどちらかの切削方向を選ぶことができますが、一般的には工具寿命が長くなるダウンカットを選びます。右ねじのダウンカットの場合、スレッドミルはねじの奥から口元の方へ移動して加工します。止り穴加工では、切りくずがねじの奥にたまることによる底づきを防ぐ効果もあります。また、ダウンカットで平行めねじがテーパになる場合には、切削抵抗が小さいアップカットで加工することにより改善されることがあります。

めねじ/おねじ、右ねじ/左ねじ、右刃/左刃、ダウンカット/アップカットの要素で工具進行方向は図5.5.1のように変化するためご注意ください。

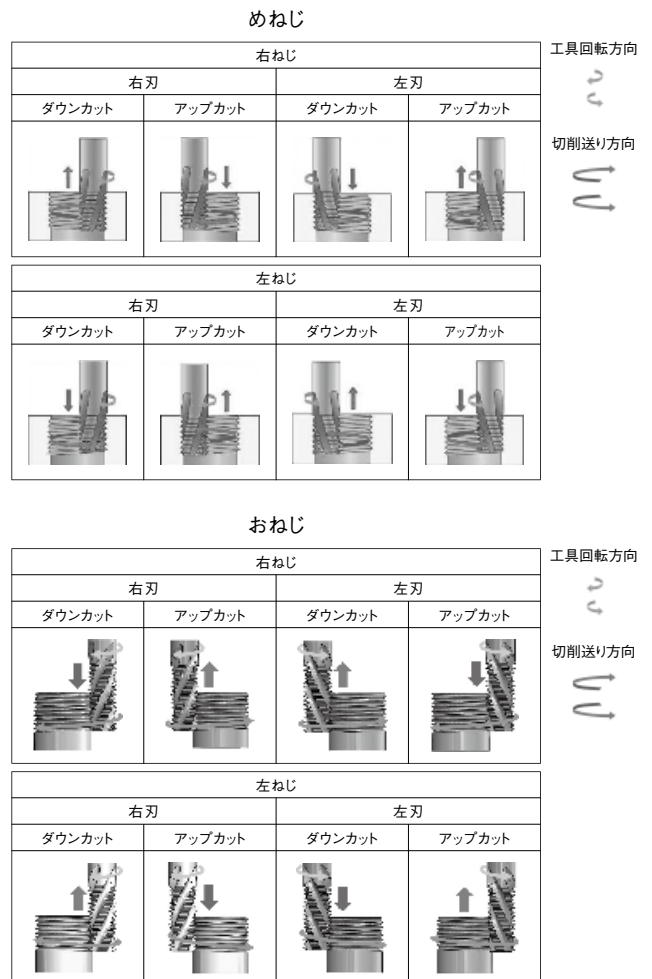
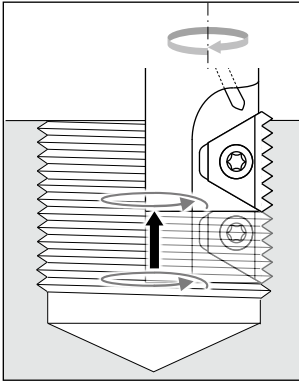


図5.5.1 各要素の組み合わせによる工具の進行方向



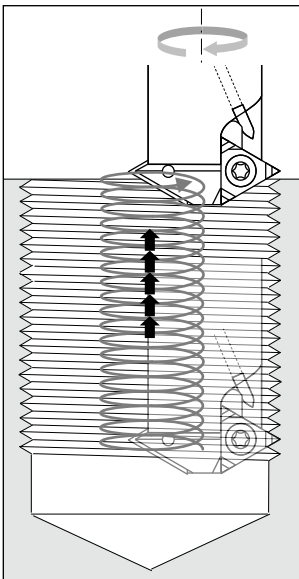
5.6 パスタイプ

パスタイプは「マルチ送り」と「シングル送り」の2タイプがあります。



マルチ送り

1周で工具の刃長分のねじ立て長さを加工する。
工具のたわみなどの影響がねじ品位に出やすいが、能率がよいため、一般的にはマルチ送りを採用する。



シングル送り

1周で1ピッチ分のねじ立てを行い、連続で加工を行う。
螺旋距離が長くなるが、工具のたわみなどの影響はねじ品位に出にくい。
刃長が1山のタイプや、底刃付き、先端に荒刃山がある仕様の工具は必ずシングル送りを選択する。

5.7 下穴

ねじ加工をする前の下穴は、切削タップの推奨下穴径をそのまま使って問題ありません。

最小の下穴深さで加工したい場合は、アプローチ時のスレッドミルの動きを工夫すれば、ねじ立て長さ+1ピッチの下穴深さで加工することができます。

5.8 加工時間

加工時間は加工するねじ、工具、切削条件からおおよその値を算出することができます。実際の加工では加工機の性能（軸の加減速、指令値に対する軸の追従性）が加味されるため、計算値より多少長めになります。ヘリカル切削1回でねじを加工した場合の、加工時間の計算式を下記に示します。下記の計算式でアプローチ角（ θ ）とリリース角（ β ）が正確に分からないときは、 $\theta = 45^\circ$ 、 $\beta = 45^\circ$ を使うことでおおよその加工時間を求めます。

加工時間

$$\begin{aligned} T &= \pi (D - DC) (1 + (\theta + \beta)/360) / Vf \text{ 分(めねじ加工)} \\ &= \pi (D + DC) (1 + (\theta + \beta)/360) / Vf \text{ 分(おねじ加工)} \\ &= \pi D (1 + (\theta + \beta)/360) / (fz \times n) \text{ 分(おねじ、めねじ加工)} \end{aligned}$$

D : 加工径(mm)	Vf : 送り速度(mm/min)
DC : スレッドミル外径(mm)	fz : 1刃当たりの送り量(mm/t)
θ : アプローチ角($^\circ$)	z : 工具溝数
β : リリース角($^\circ$)	n : 主軸回転速度(min ⁻¹)

5.9 切削油剤

切削油剤には主に潤滑・冷却・耐溶着作用があり、工具の寿命に大きな影響を与えます。また、切りくずを洗い流すという重要な役割を持っています。スレッドミルは、タップほど切削油剤に潤滑性を求めません。

例えば、タップでNi基合金にねじ加工する場合は、不水溶性切削油剤でないと加工できない場合があります。しかし、スレッドミルの場合は、エマルジョン型水溶性切削油剤で十分加工することができます。

逆に潤滑性の高い不水溶性切削油剤を使用すると、刃先が滑り、食付き性が低下します。

その場合、1刃当たりの送り量を大きくすることで解決することもできますが、あくまで食付き性をよくするためであり、工具のたわみなどの問題が発生する可能性が考えられます。よって不水溶性切削油剤の使用は推奨しません。



6 NCプログラム作成

6.1 工具中心と刃先基準

スレッドミルでねじを加工するNCプログラムは大きく分けて下記の2つの方法があります。

- ①工具中心
- ②刃先基準

当社では②の方法を推奨しています。

①工具中心は、スレッドミルの中心の軌跡を円弧補間で指令する方法です。ねじの寸法を変えるには、その都度軌跡を変更します。

②刃先基準は、ねじの谷の径の位置を円弧補間で指令する方法です。工具径補正にはスレッドミル外径の1/2と加工するねじの有効径微調整分を加味した値を入力します。

このほかにも、CAMで作られるNCプログラムでは円弧の軌跡を微小な直線に分割して直線補間で指令する場合があります。ねじの寸法を変えるには①と同様に、CAM上で加工したいねじの設定を変更して、再度NCプログラムの出力が必要なためとても煩雑な作業になります。

管用テーパねじ用スレッドミルは、工具の先端とシャンク側とでは外径が変わってきます。当社では、工具の先端を基準としてNCプログラムを作る方法を採用しています。工具の先端が加工する管用テーパねじの谷の径を円弧補間で指令して、NCの工具径補正にはスレッドミル先端外径の1/2を入力します。

詳細は「(1)小端径の計算方法」(P.45)を参照してください。

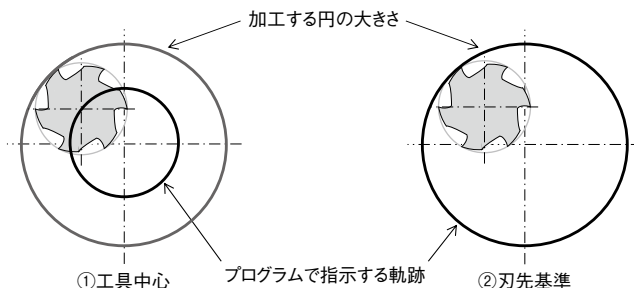


図6.1.1 工具中心と刃先基準の考え方

6.2 RPRG

RPRGはR = 半径 PRG = プログラミングを意味します。スレッドミルの加工プログラムを刃先基準で作成した場合に必要な数値で、これは段取り時の最初の加工寸法を、所定の寸法にできるだけ近づけるために必要な工具半径補正值の参考値です(図6.2.1)。

- 例)・工具径外径：φ7.7、ピッチ1、最小加工径M10(ツールNo.:8331005)
- ・めねじサイズ：M10×1
- ・有効径許容差：0~+0.118(ISO-5H)、0~+0.150(ISO-6H)

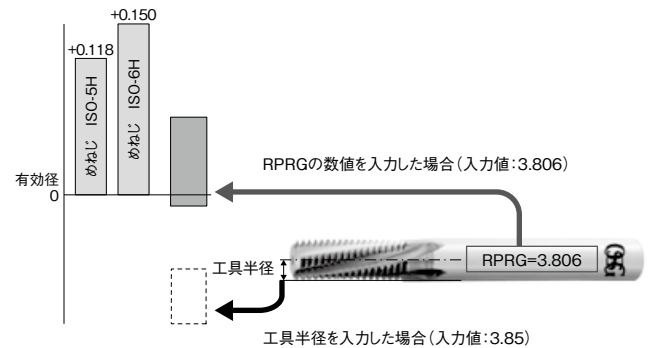


図6.2.1 スレッドミルの段取り



6.2.1 工具径補正が必要な理由

初めに、タップにはリード角がついていますが、スレッドミルにはリードがありません(図6.2.1.1)。よって干渉しながら山形を成形しています(図6.2.1.2)。

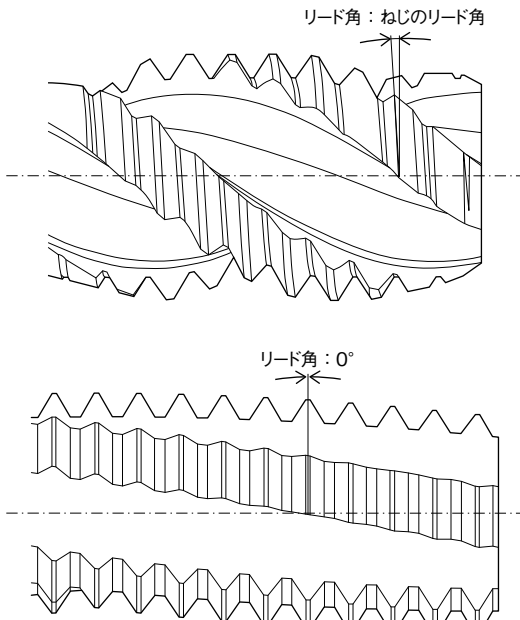


図6.2.1.1 タップとスレッドミルのねじ部

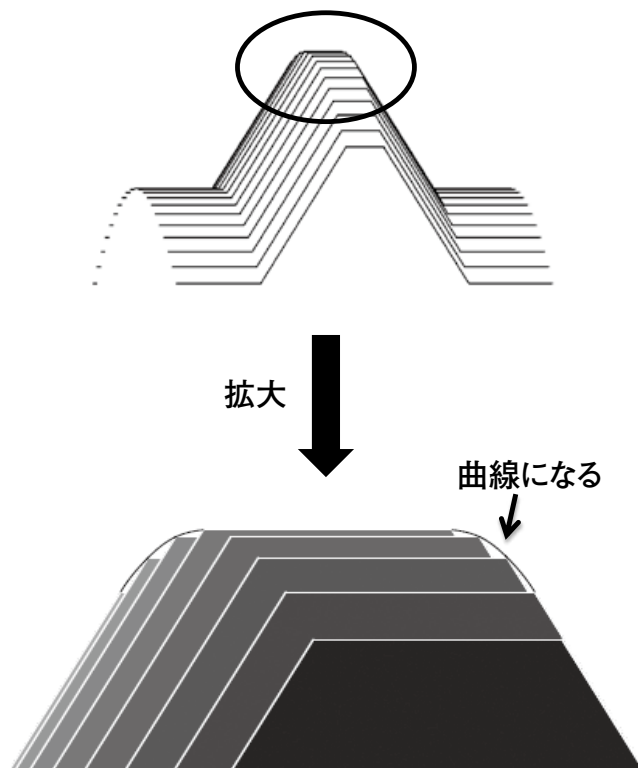


図6.2.1.2 スレッドミルによる山形成形

そのため、スレッドミルの山形設計では、干渉によりできる曲線部分がかからない、図6.2.1.3のように設計する必要があります。

しかし、加工プログラムはめねじの基準谷径を、工具の外径部が通るようになっているため、図6.2.1.4のように有効径がマイナスします。

つまり、スレッドミルの加工原理上、図6.2.1.4では規格を満たすねじが加工できない(メートル・ユニファイねじの場合)ため、図6.2.1.3のようにAの数値だけ工具径補正する必要があります。しかし実際の加工現場ではねじ(有効径)を実測できないためAの数値を推測することができません。そのため段取りに多くの時間を必要とします。その工具径補正の目安になるのがRPRGであり、このRPRGを用いることにより段取り時間の短縮ができるメリットがあります。

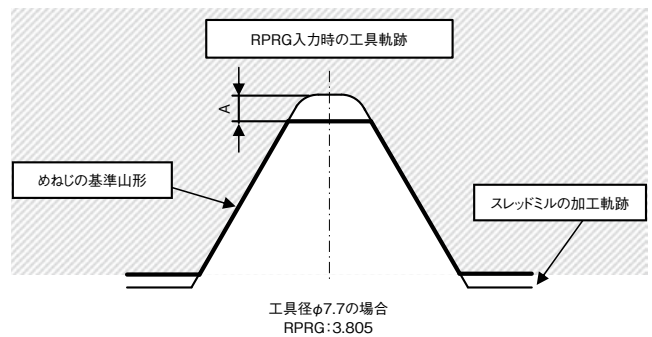


図6.2.1.3 スレッドミルによるねじ山形状

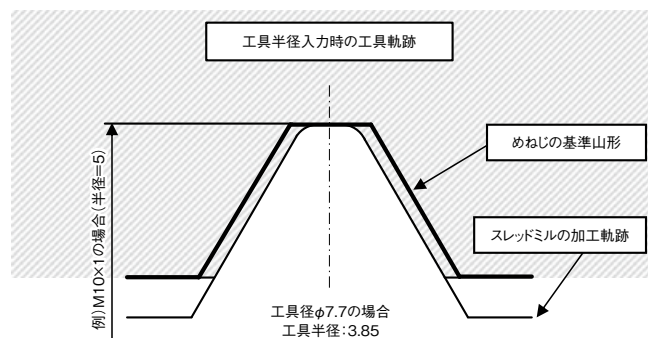


図6.2.1.4 めねじの基準谷径の場合のねじ山形状



6.2.2 RPRG の活用

それではその最適な工具半径補正値を導き出すにはどのようにすればよいでしょうか。実際の作業現場では、工具の半径をそのまま使用して、図6.2.2.1のような作業を繰り返し、段取りを行っていました。

しかしRPRGというサービスが開始され、その数値を工具半径補正値として段取りを開始すれば、図6.2.2.2のように調整する回数を減らすことができます。

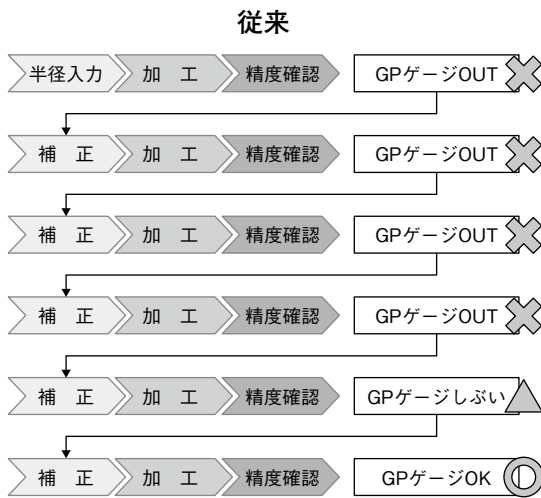


図6.2.2.1 従来の段取り方法



RPRGの数値を活用することで、従来より精度確認の回数を減らすことができ、作業が軽減できます。

図6.2.2.2 RPRG を活用した段取り方法



6.2.3 ねじ用限界プラグゲージ寸法表

JIS (ISO等級) 6H及び従来JIS 2級用ねじプラグゲージの通り (GP)、止り (NP、WP) の有効径寸法許容差 単位 μm

めねじ		JIS (ISO等級) 6H (JIS B 0251 : 2008)				従来JIS 2級			
呼び	有効径基準寸法 (mm)	GP		NP		GP		WP	
		上の許容差+	下の許容差+	上の許容差+	下の許容差+	上の許容差+	下の許容差+	上の許容差+	下の許容差+
M 2 × 0.4	1.740	10.5	1.5	99	90	12	4	70	62
M 2.5 × 0.45	2.208	10.5	1.5	104	95	12	4	95	87
M 2.6 × 0.45	2.308	-	-	-	-	12	4	80	72
M 3 × 0.5	2.675	10.5	1.5	109	100	12	4	100	92
M 4 × 0.7	3.545	10.5	1.5	127	118	12	4	118	110
M 5 × 0.8	4.480	10.5	1.5	134	125	12	4	125	117
M 6 × 1	5.350	17.5	6.5	161	150	12	4	120	112
M 7 × 1	6.350	17.5	6.5	161	150	12	4	120	112
M 8 × 1.25	7.188	17.5	6.5	171	160	12	4	130	122
M 9 × 1.25	8.188	17.5	6.5	171	160	12	4	130	122
M10 × 1.5	9.026	17.5	6.5	191	180	12	4	140	132
M11 × 1.5	10.026	17.5	6.5	191	180	12	4	180	172
M12 × 1.75	10.863	17.5	6.5	211	200	12	4	160	152
M14 × 2	12.701	23	9	226	212	12	4	170	162
M16 × 2	14.701	23	9	226	212	12	4	170	162
M18 × 2.5	16.376	23	9	238	224	16	6	190	180
M20 × 2.5	18.376	23	9	238	224	16	6	190	180
M22 × 2.5	20.376	23	9	238	224	16	6	190	180
M24 × 3	22.051	23	9	279	265	16	6	200	190
M27 × 3	25.051	23	9	279	265	16	6	200	190
M30 × 3.5	27.727	23	9	294	280	16	6	220	210
M33 × 3.5	30.727	23	9	294	280	16	6	220	210
M36 × 4	33.402	23	9	314	300	16	6	230	220
M39 × 4	36.402	23	9	314	300	16	6	230	220
M42 × 4.5	39.077	23	9	329	315	16	6	250	240
M45 × 4.5	42.077	23	9	329	315	16	6	250	240
M48 × 5	44.752	33	15	353	335	16	6	260	250
M52 × 5	48.752	33	15	353	335	16	6	335	325
M56 × 5.5	52.428	33	15	373	355	18	6	355	343
M60 × 5.5	56.428	33	15	373	355	18	6	355	343
M64 × 6	60.103	33	15	393	375	18	6	375	363
M68 × 6	64.103	33	15	393	375	18	6	375	363

6.3 主軸回転速度と送り速度の計算

加工条件を選定するときは、切削速度と1刃当たり (または、1回転当たり) の送り量を決めます。しかし、NCプログラムを作成する場合は、それぞれ主軸の回転速度と工具の送り速度を求める必要があります。

6.3.1 主軸回転速度

通常は、主軸の回転速度と工具の回転速度は同じですので、6.3.1.1式で求めることができます。倍速ホルダを使用する場合は、ホルダの倍率により主軸回転速度を変更する必要があるためご注意ください。

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times DC} \dots\dots\dots (6.3.1.1)$$

n : 回転速度 (min^{-1})

V_c : 切削速度 (m/min)

DC : スレッドミル外径 (mm)



6.3.2 工具の送り速度(ねじ加工)

めねじ、おねじを加工する円弧切削の場合、送り速度の考え方に注意が必要です。一般的に工具の送り速度は工具の中心で指示されます。図6.3.2.1に示すエンドミルのような直線切削の場合、実際に加工する外周刃の位置と工具の中心の送り速度は同じです。

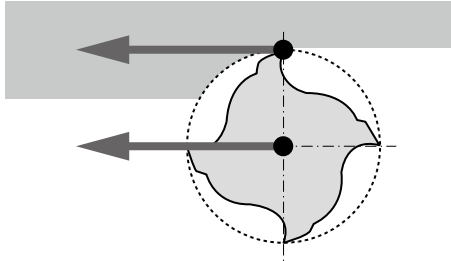


図6.3.2.1 エンドミルの送り

しかし、図6.3.2.2に示すスレッドミルによるねじ加工の場合、実切削位置は、めねじ加工であれば工具の中心に対して工具の半径分外側、おねじであれば内側になります。

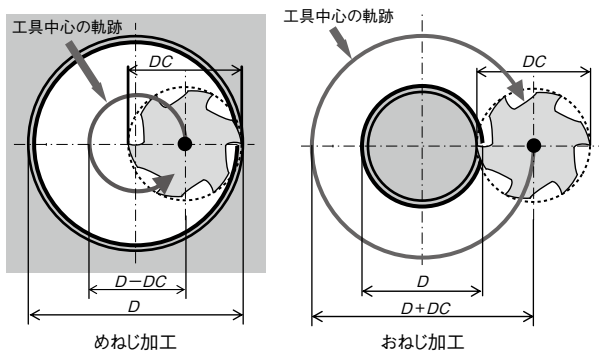


図6.3.2.2 スレッドミルの送り

そのため、めねじ加工の場合は6.3.2.1式で求めた送り速度では1刃当たりの送り量が過大となるため、係数をかけて補正する必要があります(6.3.2.2式)。その係数は、めねじ加工とおねじ加工では異なります。

繰り返しになりますが、めねじ加工を行う際、6.3.2.1式で求めた送り速度で加工を行うと、実切削位置で適切な1刃当たりの送り量と大きな差が発生し、スレッドミルの刃欠けや折損を起こすことがありますので、ご注意ください。

▶一般的な送り速度の計算

$$F = fz \times z \times n \dots\dots\dots (6.3.2.1)$$

▶スレッドミルの送り速度の計算

$$Vf = fz \times z \times n \times \frac{(D \pm DC)}{D} \dots\dots\dots (6.3.2.2)$$

Vf: テーブル送り速度 (mm/min) z: 刃数
 D: 呼び径 (mm) fz: 1刃当たりの送り量 (mm/t)
 DC: スレッドミル外径 (mm) n: 回転速度 (min⁻¹)

※めねじの場合:- おねじの場合:+

▶例: M8×1.25の場合

$$F = 0.01 \times 4 \times 4,467$$

$$= 178.68$$

$$Vf = 0.01 \times 4 \times 4,467 \times \frac{(8-5.7)}{8}$$

$$= 51.4$$

D: 8 z: 4
 DC: 5.7 fz: 0.01 mm/t
 n: 4,467 min⁻¹ (80m/min)

6.4 NC プログラム例

「7.代表的なNCプログラム例」(P.18)に当社で推奨する加工法で、ねじ加工を行うNCプログラム例を掲載します。また、より快適にスレッドミルシリーズをお使いいただくために、ホームページにてNCプログラムツールを無償提供しています。実際に利用する場合には、加工機やワーク形状、前後の加工に合ったNCプログラムへ変更して、利用される方の責任で使用してください。

[https://www.osg.co.jp/
media_dl/thread_pro/](https://www.osg.co.jp/media_dl/thread_pro/)



NCプログラムツールでNCプログラムを作成
 できるねじの種類

- 1 メートルねじ(おねじ、めねじ)
- 2 ユニファイねじ(おねじ、めねじ)
- 3 管用テーパねじ(おねじ、めねじ)
- 4 管用平行ねじ(おねじ、めねじ)



7 代表的な NC プログラム例

平行ねじと管用テーパねじのおねじとめねじ加工について代表的なNCプログラム例を解説します。

NCプログラムに関しては、刃先基準及びアブソリュートにて作成されたNCプログラムを用いて解説します。

7.1 平行めねじ（右ねじ）加工

使用工具:AT-1 φ7.7×24 P1.5 4F



めねじサイズ:M16×1.5 6H 狙い75%
下 穴 径:φ14.5
ねじ立て長さ:20mm
加工方法:ダウンカット 1パス
切削速度:80m/min (3,308min⁻¹)
1刃当たりの送り量:0.01mm/t

プログラム例

シーケンス 番号	NC コード
N01	O1001(7.7x24P1.5 RPRG=3.731)
N02	(T1 D=7.7 ZMIN=-21.674)
N03	G90 G94 G17 G49 G40 G80
N04	G21
N05	G28 G91 Z0.
N06	G90
N07	T01 M06
N08	S3308 M03
N09	G54
N10	G00 X0 Y0
N11	G43 Z5. H01
N12	G90
N13	Z-20.174
N14	G01 Z-21.674 F500.
N15	G41 X-2.763 Y-5.885 D01
N16	G03 X8. Y0 Z-21.5 I-0.688 J5.885 F46.
N17	Z-20.0 I-8.0 F69.
N18	X2.763 Y5.885 Z-19.826 I-5.925 F46.
N19	G40 G01 X0 Y0 F500.
N20	G00 Z5.
N21	G28 Z0.
N22	G28 X0. Y0.
N23	M30



(1) 加工開始位置へ移動

シーケンス番号	NCコード解説
N01	プログラム番号 (工具情報、RPRG の値)、任意
N02	T1 D : 工具径、- ZMIN : 工具の最下点 (加工面からの長さ)
N03	初期設定 (アブソリュート、毎分送り、平面指定、固定サイクルキャンセル)
N04	メトリック (メートル) 指令、日本なら無くてもよい
N05	Z 軸原点復帰、主軸が不用意にぶつかる危険を回避するため
N06	アブソリュート指令 (絶対値指令、原点が必要)
N07	工具番号 1 番に工具交換、任意
N08	回転速度 3,308min ⁻¹ で、正転させる (右回転)
N09	ワーク座標系 1 の G54 に、登録されている原点を使う
N10	早送りで X0. Y0. の位置へ移動 (ゼロなので移動無し)
N11	加工開始位置、ワーク端面から +5mm の位置に移動。工具長を補正番号 1 番の値で補正、番号は任意

P.39参照

(2) Z 座標 アプローチ開始位置へ移動

シーケンス番号	NCコード解説
N12	アブソリュート指令
N13	早送りで Z 軸 (主軸) をワーク上面から -20.174 へ移動。 入力したねじ立て長 20mm にアプローチの移動量 0.174mm を加えた値
N14	Z 軸のみ 1ピッチ (1.5mm) 切削送り 500mm/min で移動

P.39参照

(3) X、Y 座標 アプローチ開始位置へ移動

シーケンス番号	NCコード解説
N15	工具径補正左側、アプローチ開始位置に移動、 工具径補正はアプローチ円弧の中心に向かう

P.40参照

(4) アプローチ

シーケンス番号	NCコード解説
N16	反時計回り、アプローチの終点を指示、 アプローチ円弧の中心座標は、始点から見て I→X方向 J→Y方向 にて R の中心位置を指示

P.40参照

(5) 本切削

1 ピッチ分 Z 軸方向に移動し、ねじを形成します。

シーケンス番号	NCコード解説
N17	ねじの本切削、1ピッチ分 (1.5mm) Z 軸方向に移動する ヘリカル加工

P.44参照

(6) リリース / 加工終了

シーケンス番号	NCコード解説
N18	リリース
N19	工具径補正をキャンセルし、切削送りで加工されたためねじの中心に戻る
N20	早送りで、加工開始位置 ワーク端面の Z=+5mm 位置に戻る
N21	Z 軸 レファレンス点への復帰
N22	X 軸、Y 軸 レファレンス点への復帰
N23	プログラムの先頭に戻ってプログラム終了

P.44参照



7.2 管用テーパめねじ（右ねじ）加工

使用工具: AT-1 φ11.67×20 Rc14 5F



めねじサイズ: Rc1/2-14
 下穴径: φ18
 ねじ立て長さ: 12.7mm
 加工方法: ダウンカット 1パス
 切削速度: 80m/min (2,444min⁻¹)
 1刃当たりの送り量: 0.01mm/t

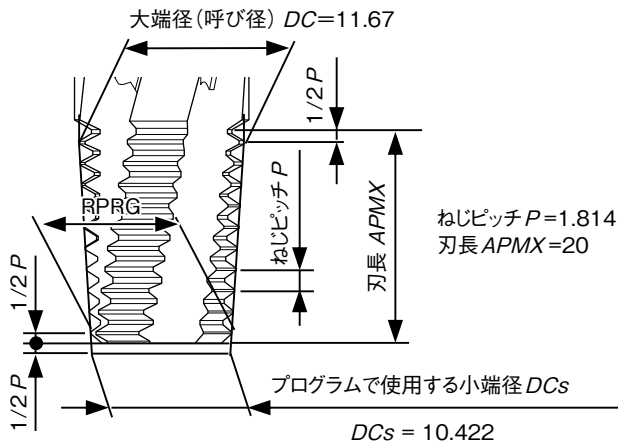


図7.2.1 プログラム上の小端径 (P.45 参照)

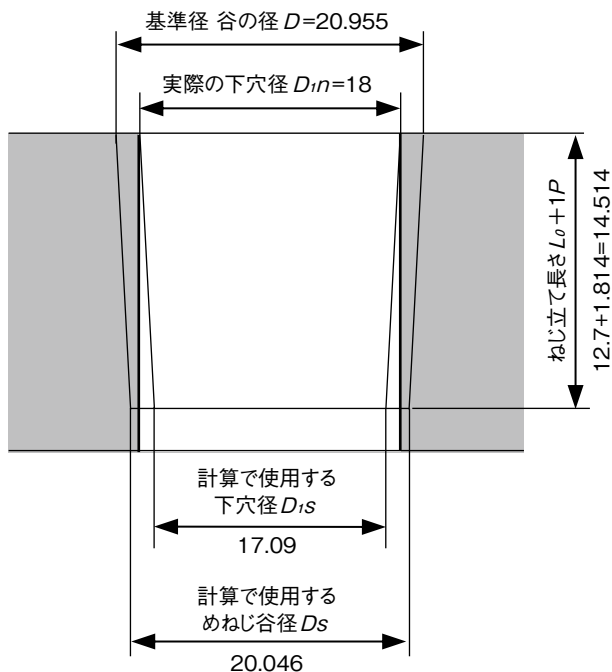


図7.2.2 計算で使用する形状 (P.45 参照)

プログラム例

シーケンス番号	NCコード
N01	O1001(11.67X20Rc14 RPRG=5.268)
N02	(T1 D=11.67 ZMIN=-14.771)
N03	G90 G94 G17 G49 G40 G80
N04	G21
N05	G28 G91 Z0.
N06	G90
N07	T01 M06
N08	S2444 M03
N09	G54
N10	G00 X0 Y0
N11	G43 Z5. H01
N12	G90
N13	Z-12.957
N14	G01 Z-14.771 F500.
N15	G41 X0.848 Y-7.456 D01
N16	G03 X10.023 Y0 Z-14.514 I1.558 J7.456 F39.
N17	X0 Y10.038 Z-14.061 I-10.03 J0.007 F59.
N18	X-10.052 Y0 Z-13.607 I-0.007 J-10.045
N19	X0 Y-10.066 Z-13.154 I10.059 J-0.007
N20	X10.08 Y0 Z-12.7 I0.007 J10.073
N21	X0.953 Y7.5 Z-12.445 I-7.645 F39.
N22	G40 G01 X0 Y0 F500.
N23	G00 Z5.
N24	G28 Z0.
N25	G28 X0. Y0.
N26	M30



(1) 加工開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N01	プログラム番号 (工具情報、RPRG の値)、任意
N02	T1 D : 工具径、- ZMIN : 工具の最下点 (加工面からの長さ)
N03	初期設定 (アブソリュート、毎分送り、平面指定、固定サイクルキャンセル)
N04	メトリック (メートル) 指令、日本なら無くてもよい
N05	Z 軸原点復帰、主軸が不用意にぶつかる危険を回避するため
N06	アブソリュート指令 (絶対値指令、原点が必要)
N07	工具番号 1 番に工具交換、任意
N08	回転速度 2,444min ⁻¹ で、正転させる (右回転)
N09	ワーク座標系 1 の G54 に、登録されている原点を使う
N10	早送りで X0. Y0. の位置へ移動 (ゼロなので移動無し)
N11	加工開始位置、ワーク端面から +5mm の位置に移動。工具長を補正番号 1 番の値で補正、番号は任意

P.39参照

(2) Z 座標 アプローチ開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N12	アブソリュート指令
N13	早送りで Z 軸 (主軸) をワーク上面から -12.957 へ移動。 入力したねじ立て長 12.7mm にアプローチの移動量 0.257mm を加えた値
N14	Z 軸のみ 1 ピッチ (1.814mm) 切削送り 500mm/min で移動

P.45参照

(3) X、Y 座標 アプローチ開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N15	工具径補正左側、アプローチ開始位置に移動、 工具径補正はアプローチ円弧の中心に向かう

P.46参照

(4) アプローチ

シーケンス番号	NC コード解説
N16	反時計回り、アプローチの終点を指示、 アプローチ円弧の中心座標は、始点から見て I→X 方向 J→Y 方向 にて R の中心位置を指示

P.46参照

(5) 本切削

1 ピッチ間を4分割してZ軸方向に移動するヘリカル加工になります。

シーケンス番号	NC コード解説
N17	アプローチ終点位置から 1/4P 加工 (X 座標 0)
N18	1/4P 加工 (Y 座標 0)
N19	1/4P 加工 (X 座標 0)
N20	1/4P 加工し、1P 分加工したことになる

P.49参照

(6) リリース / 加工終了

シーケンス番号	NC コード解説
N21	リリース
N22	工具径補正をキャンセルし、切削送りで加工されたためねじの中心に戻る
N23	早送りで、加工開始位置 ワーク端面の Z=+5mm 位置に戻る
N24	Z 軸 レファレンス点への復帰
N25	X 軸、Y 軸 レファレンス点への復帰
N26	プログラムの先頭に戻ってプログラム終了

P.51参照



7.3 平行おねじ（右ねじ）加工

使用工具:TMC25-5 5E1.5ISOTM2
外径:φ30



おねじサイズ:M16×1.5 6g 狙い75%
素材径:φ16
ねじ立て長さ:10mm
加工方法:ダウンカット 1パス
切削速度:100m/min (1,061min⁻¹)
1刃当たりの送り量:0.05mm/t

プログラム例

シーケンス番号	NCコード
N01	O1001 (TMC25-5 5E1.5ISOTM2 RPRG=16.16)
N02	(T1 D=30 ZMIN=-11.688)
N03	G90 G94 G17 G49 G40 G80
N04	G21
N05	G28 G91 Z0.
N06	G90
N07	T01 M06
N08	S1061 M03
N09	G54
N10	G00 X0 Y0
N11	G43 Z5. H01
N12	G90
N13	G01 X6.01 Y27.224 F500.
N14	G00 Z-8.313
N15	G01 Z-9.813
N16	G41 X4.543 Y7.717 D01
N17	G02 X7.08 Y0 Z-10.0 I-10.468 J-7.717 F82.
N18	Z-11.5 I-7.08 F153.
N19	X4.543 Y-7.717 Z-11.688 I-13.005 F82.
N20	G00 Z5.
N21	G40 X0 Y0
N22	G28 Z0.
N23	G28 X0. Y0.
N24	M30



(1) 加工開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N01	プログラム番号 (工具情報、RPRG の値)、任意
N02	T1 D : 工具径、- ZMIN : 工具の最下点 (加工面からの長さ)
N03	初期設定 (アブソリュート、毎分送り、平面指定、固定サイクルキャンセル)
N04	メトリック (メートル) 指令、日本なら無くてもよい
N05	Z 軸原点復帰、主軸が不用意にぶつかる危険を回避するため
N06	アブソリュート指令 (絶対値指令、原点が必要)
N07	工具番号 1 番に工具交換、任意
N08	回転速度 1,061min ⁻¹ で、正転させる (右回転)
N09	ワーク座標系 1 の G54 に、登録されている原点を使う
N10	早送りで X0. Y0. の位置へ移動 (ゼロなので移動無し)
N11	Z 座標 加工開始位置、ワーク端面から +5mm の位置に移動。工具長を補正番号 1 番の値で補正、番号は任意

P.54参照

(2) スタートアップ動作開始位置

シーケンス番号	NC コード解説
N12	アブソリュート指令 (絶対値指令、原点が必要)
N13	X、Y 座標 スタートアップ動作開始位置へ切削送り 500mm/min で移動

P.54参照

(3) Z 座標 アプローチ開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N14	早送りで Z 軸 (主軸) をワーク上面から -8.313 へ移動 入力したねじ立て長さ 10mm に対して、アプローチ量 0.183mm と 1 ピッチ分 1.5mm を加味した値
N15	Z 軸のみ 1 ピッチ (1.5mm) 切削送り 500mm/min で移動

P.54参照

(4) X、Y 座標 アプローチ開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N16	工具径補正左側、アプローチ開始位置に移動、工具径補正はアプローチ円弧の中心に向かう

P.57参照

(5) アプローチ

シーケンス番号	NC コード解説
N17	時計回り、アプローチの終点を指示、アプローチ円弧の中心座標は、始点から見て I→X 方向 J→Y 方向 にて R の中心位置を指示

P.57参照

(6) 本切削

1 ピッチ分 Z 軸マイナス方向に移動し、ねじを形成します。

シーケンス番号	NC コード解説
N18	ねじの本切削、1 ピッチ分 (1.5mm) Z 軸方向に移動する ヘリカル加工

P.60参照

(7) リリース / 加工終了

シーケンス番号	NC コード解説
N19	リリース
N20	早送りで、加工開始位置 ワーク端面の Z=+5mm 位置に戻る
N21	工具径補正をキャンセルし、早送りで加工されたおねじの中心に戻る
N22	Z 軸 レファレンス点への復帰
N23	X 軸、Y 軸 レファレンス点への復帰
N24	プログラムの先頭に戻ってプログラム終了

P.60参照



7.4 管用テーパおねじ（右ねじ）加工

使用工具: AT-1 φ11.67×20 Rc14 5F



めねじサイズ: Rc1/2-14
 素材径: φ20.955
 ねじ立て長さ: 13.16mm
 加工方法: ダウンカット 1パス
 切削速度: 80m/min (2,444min⁻¹)
 1刃当たりの送り量: 0.01mm/t

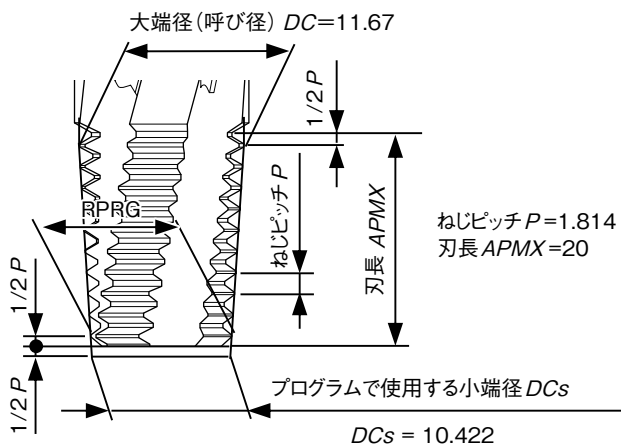


図7.4.1 プログラム上の小端径 (P.62 参照)

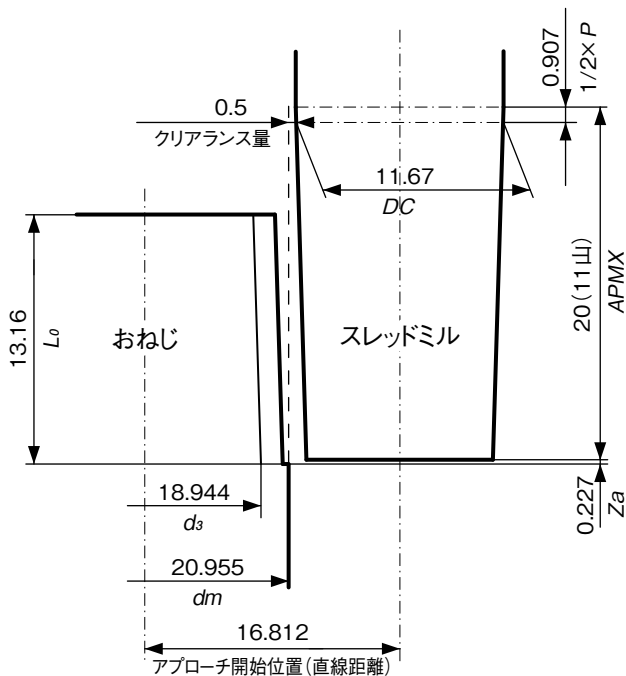


図7.4.2 計算で使用する形状 (P.63 参照)

プログラム例

シーケンス番号	NC コード
N01	O1001(11.67X20Rc14 RPRG=5.268)
N02	(T1 D=11.67 ZMIN=-15.201)
N03	G90 G94 G17 G49 G40 G80
N04	G21
N05	G28 G91 Z0.
N06	G90
N07	T01 M06
N08	S2444 M03
N09	G54
N10	G00 X0 Y0
N11	G43 Z5. H01
N12	G90
N13	G01 X8.203 Y15.573 F500.
N14	G00 Z-11.119
N15	G01 Z-12.933
N16	G41 X7.223 Y9.566 D01
N17	G02 X9.472 Y0 Z-13.16 I-19.221 J-9.566 F149.
N18	X0 Y-9.486 Z-13.614 I-9.479 J-0.007 F181.
N19	X-9.5 Y0 Z-14.067 I-0.007 J9.493
N20	X0 Y9.515 Z-14.521 I9.507 J0.007
N21	X9.529 Y0 Z-14.974 I0.007 J-9.522
N22	X7.244 Y-9.524 Z-15.201 I-20.997 F149.
N23	G00 Z5.
N24	G40 X0 Y0
N25	G28 Z0.
N26	G28 X0. Y0.
N27	M30

DC : 大端径(呼び径)

P : ねじのピッチ (mm)

APMX : 刃長

L₀ : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

Z_a : アプローチ分のZ軸移動距離 (mm)

dm : 素材径

ds : ねじ立て長さL₀位置での谷の径



(1) 加工開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N01	プログラム番号 (工具情報、RPRG の値)、任意
N02	T1 D : 工具径、- ZMIN : 工具の最下点 (加工面からの長さ)
N03	初期設定 (アブソリュート、毎分送り、平面指定、固定サイクルキャンセル)
N04	メトリック (メートル) 指令、日本なら無くてもよい
N05	Z 軸原点復帰、主軸が不用意にぶつかる危険を回避するため
N06	アブソリュート指令 (絶対値指令、原点が必要)
N07	工具番号 1 番に工具交換、任意
N08	回転速度 2,444min ⁻¹ で、正転させる (右回転)
N09	ワーク座標系 1 の G54 に、登録されている原点を使う
N10	早送りで X0. Y0. の位置へ移動 (ゼロなので移動無し)
N11	Z 座標 加工開始位置、ワーク端面から +5mm の位置に移動。工具長を補正番号 1 番の値で補正、番号は任意

P.61参照

(2) スタートアップ動作開始位置

シーケンス番号	NC コード解説
N12	アブソリュート指令 (絶対値指令、原点が必要)
N13	X、Y 座標 スタートアップ動作開始位置へ切削送り 500mm/min で移動

P.62参照

(3) Z 座標 アプローチ開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N14	早送りで Z 軸 (主軸) をワーク上面から -11.119 へ移動 入力したねじ立て長さ 13.16mm に対して、アプローチ量 0.227mm と 1 ピッチ分 1.814mm を加味した値
N15	Z 軸のみ 1 ピッチ (1.814mm) 切削送り 500mm/min で移動

P.63参照

(4) X、Y 座標 アプローチ開始位置へ移動

シーケンス番号	NC コード解説
N16	工具径補正左側、アプローチ開始位置に移動、工具径補正はアプローチ円弧の中心に向かう

P.63参照

(5) アプローチ

シーケンス番号	NC コード解説
N17	時計回り、アプローチの終点を指示、アプローチ円弧の中心座標は、始点から見て I→X 方向 J→Y 方向 にて R の中心位置を指示

P.63参照

(6) 本切削

1 ピッチ間を4分割してZ軸方向に移動するヘリカル加工になります。

シーケンス番号	NC コード解説
N18	アプローチ終点位置から 1/4P 加工 (X 座標 0)
N19	1/4P 加工 (Y 座標 0)
N20	1/4P 加工 (X 座標 0)
N21	1/4P 加工し、1P 分加工したことになる

P.66参照

(7) リリース / 加工終了

シーケンス番号	NC コード解説
N22	リリース
N23	早送りで、加工開始位置 ワーク端面の Z=+5mm 位置に戻る
N24	工具径補正をキャンセルし、早送りで加工されたためねじの中心に戻る
N25	Z 軸 レファレンス点への復帰
N26	X 軸、Y 軸 レファレンス点への復帰
N27	プログラムの先頭に戻ってプログラム終了

P.68参照



7.5 参考資料

7.5.1 用語解説

※プログラムは、英字と数字の組み合わせで作られます。

※英字を「アドレス（キャラクタ）、ディメンションワード」といいます。

※数字を「(数値) データ」といいます。

入力例：5.0 = 5. = 5000 ∴ 1 = 0.001

小数点が付けられるアドレス：X、Y、Z、A、B、C、U、V、W、I、J、K、R、Q (F は一般的に付けないが機械メーカーによっては付けられる)

※英字+数字を「(データ) ワード」といいます。プログラム上の一行を「(データ) ブロック」といいます。

用語	説明
NC	Numerical Control、数値制御、CNCのCはコンピュータ
ブロック	1行分のプログラム文、文は「; (EOB)」で終わること
Gコード	準備機能 (おもに機械の動きに関する指令の総称)
Mコード	補助機能 (おもに機械側の機能进行操作、主軸回転指令等の補助的な指令の総称)
モーダル指令	状態を保持するという意味 (対してワンショット指令は1回のみ)。同じグループの指令があるまで有効な指令がこれにあたります。
その他のコード	O、N、S、F、D、H、R、P、I、J、K、X、Y、Z、L、Q、T (補間ワード：I、J、K)
インクレメンタル	現在位置を基準にして、目的点までの距離を指令する方法 (G91)、相対値、増加分 (通称インクレ)
アブソリュート	基準となる原点があり、常に原点からの距離を指令する方法 (G90)、絶対値 (通称アブソ)
座標系	加工するために必要な位置情報。加工のためには原点が必要で機械原点やワーク原点 (ワーク座標系G54~59) などがああります。
メインプログラム	単体で加工が完了するプログラム
サブプログラム	メインプログラムから呼び出して使用する加工プログラム
固定サイクル	複数の動作を1ブロックにまとめて指令可能にしたもの (ドリリング、タッピング等)
EOB (イーオービー)	エンドオブブロック記号は「;」、ブロックの終わりを示します。表記では省くことが多いです。NC装置で入力時はエンターを押すと自動で入ります。

コード	用語	コード	用語	キャラクタ	用語
O****	プログラム番号	M02	エンドオブプログラム (プログラム終了)	T	工具番号
G90	アブソリュート指令	M03	主軸正転 (時計方向回転)	H**	工具長補正番号
G91	インクレメンタル指令	M04	主軸逆転 (反時計方向回転)	D**	工具径補正番号
G94	毎分当たりの送り	M05	主軸停止	I	円弧中心座標、X軸相当
G00	位置決め (早送り)	M06	工具交換	J	円弧中心座標、Y軸相当
G01	直線補間	M08	クーラント (切削油剤) ON	N	シーケンス番号 (行番号)
G02	時計回りの円弧補間/ヘリカル補間	M09	クーラント (切削油剤) OFF	S	主軸回転速度
G03	反時計回りの円弧補間/ヘリカル補間	M30	エンドオブプログラム (プログラム終了)	F	送り速度
G17	XY面の選択 (XY平面指令)	M99	エンドオブサブプログラム (サブプログラム終了)	X	座標軸、X軸
G20	インチデータを入力するモードとして使用してもよい (G70)			Y	座標軸、Y軸
G21	メトリックデータを入力するモードとして使用してもよい (G71)				
G28	原点復帰 (原点復帰モードとして使用してもよい)				
G40	工具径補正のキャンセル				
G41	工具径補正,左 (左側)				
G42	工具径補正,右 (右側)				
G43	工具長オフセット,正 (工具長補正)				
G49	工具長オフセットのキャンセル				
G54	ワーク座標系選択 (~G59)				
G80	固定サイクルキャンセル				

※プログラムフォーマット及びアドレスワードの定義はJIS B 6315-1:2013産業オートメーションシステム及びその統合-機械の数値制御-プログラムフォーマット及びアドレスワードの定義-第1部:位置決め、直進運動及び輪郭制御システム用データフォーマット 付属書A (規定)JIS X 0201から採用するキャラクター一覧、付属書E (規定)準備機能(G)及び補助機能(M)のコードによりますが、機械メーカー独自のコードもあります。



7.5.2 G、Mコード互換表

テクニカルデータ内で使用しているG、Mコードについて互換表を作成しました。

NCプログラム作成時の参考にしてください。

Gコード

機能	FANUC 三菱電機(メルダス) マザック(マザトロール) ^(注)	オークマ (OSP)	brother	東芝機械 TOSNUC 888
プログラム番号	O	O	O	\$ or O
位置決め(早送り)	G00	G00	G00	G00
直線補間(切削送り)	G01	G01	G01	G01
円弧補間(時計回り)	G02	G02	G02	G02
円弧補間(反時計回り)	G03	G03	G03	G03
XY平面指令	G17	G17	G17を削除	G17
工具径補正キャンセル	G40	G40	G40	G40
工具径補正(左側)	G41	G41	G41	G41
工具径補正(右側)	G42	G42	G42	G42
工具長補正(+)	G43	G56	G43	G43
工具長補正キャンセル	G49	G53	G49	G49
アブソリュート指令	G90	G90	G90	G90
インクremental指令	G91	G91	G91	G91
ワーク座標系選択	G54~59	G15H~	G54~59	単独 G57 H~

(注) ISO/EIAモード使用時

Mコード

機能	FANUC 三菱電機(メルダス) マザック(マザトロール) ^(注)	オークマ (OSP)	brother	東芝機械 TOSNUC 888
主軸正転	M03	M03	M03	M03
主軸逆転	M04	M04	M04	M04
主軸停止	M05	M05	M05	M05
クーラント ON	M08	M08	M08	M08
クーラント OFF	M09	M09	M09	M09
エンドオブプログラム	M30	M30	M30	M30
エンドオブサブプログラム	M99	RTS	M99	M99

(注) ISO/EIAモード使用時

★機械やNCの仕様、メーカーの違いにより上記のコードと異なる指令の場合があります。
詳細はお使いの機械に付属している取り扱い説明書を参照してください。



8 再研削

加工の進行に伴って工具の刃先が摩耗すると様々な悪影響が出ます。インデキサブルスレッドミルの場合はインサートを交換するか、使うコーナを変えます。ハイスまたは超硬のソリッドスレッドミルの場合は、摩耗した部分を再研削することで工具の切削性能を回復させることができ、工具単価が高いサイズほど再研削のメリットは大きくなります。

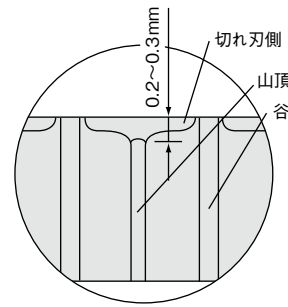


図8.1.1 VB 摩耗

8.1 工具再研削の時期

工具の再研削の時期は、表8.1.1の現象に注意してタイミングよく行う必要があります。再研削時期に達したのか、達していないかは工具のすくい面摩耗よりも、外周二番摩耗 (VB 摩耗) で判断します。外周二番摩耗幅が0.2 ~ 0.3mm になった時が経済的な再研削時期です。これ以上摩耗が進むと、摩耗幅の急激な増加やねじ加工品質の低下を招き、場合によっては、刃先のチッピングによって再研削ができなくなったり、ワークや工具が破損したりする場合があります (図8.1.1)。

スレッドミルの再研削は溝研削によって外周二番摩耗を完全に除去します。適切に再研削された場合 (表面処理品は再研削、再表面処理) は、切削機能がほとんど回復して良好な切削結果を示します。

ねじ	仕上げ面精度の低下	めねじは加工寸法が小さく、おねじは大きくなる
	真円度が低下する	ねじのテーパが大きくなる
切削状況	切削音が大きくなる	機械の振動が大きくなる
工具	刃先の摩耗幅	溶着の発生

表8.1.1 再研削時期の判定基準

8.2 再研削上の注意点

再研削代	再研削は溝底径が細くならないようにすくい面を再研削します。二番摩耗幅は完全に除去し表面処理があるものは二番面の表面処理が完全に回復するまで摩耗を除去します。 通常再研後のランド幅は、再研削前より0.3 ~ 0.5mm 程度減ります。
すくい角	すくい角が変わると切削性能だけでなく、ねじ山の角度が変わります。すくい角が新品より大きくなるとねじ山角度が小さくなり、すくい角が新品より小さくなるとねじ山角度は大きくなります。すくい角は再研削前に測定するか、工具の仕様図で確認して、新品時と同じすくい角になるよう再研削を行ってください。また、刃型はレーキ刃型になります。
※溝の真直度	切れ刃は、中心軸に平行な直線とします。この精度が悪いと加工したねじの円筒度 (テーパ) が大きくなるので注意してください。このため、砥石径はなるべく小さいものを使用します。
その他	研削焼け (硬さ低下)、分割精度 (切れ刃高さのバラツキ)、溝すくい面粗さに注意してください。また、工具のねじ部にバリが発生したときは除去してください。

※スパイラル溝スレッドミルの再研削は、溝フォームが特殊なため注意が必要です (メーカーでの再研削を推奨します)。

表8.2.1 ストレート溝スレッドミルの再研削上の注意点



8.3 再研削の条件例

再研削の加工条件例を示します。再研削を検討される場合は、砥石メーカーと砥石仕様や加工条件を相談し、設備にあった条件で再研削を行ってください。

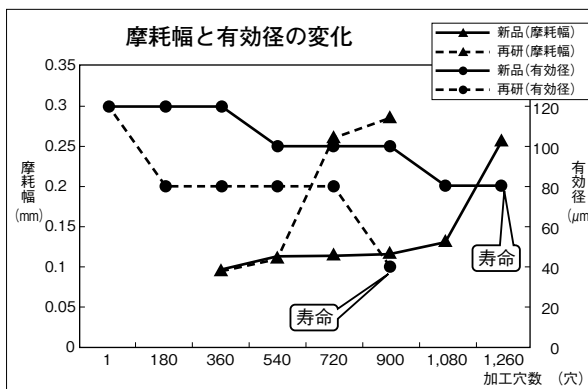
砥石	スレッドミル		超硬スレッドミル
	WA60~80K	CBN120~170	SD200~170
砥石研削速度 (m/min)	600	1,500~1,800	1,500~1,800
切込み深さ (mm)	0.03	0.01~0.05	0.01~0.05
送り速度 (m/min)	1	1~3	0.02~0.05
クーラント	湿式	湿式	湿式

表8.3.1 再研削時の加工条件例

8.4 再研削後の工具性能

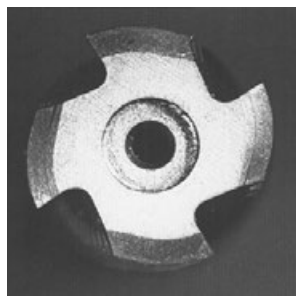
溝のすくい面の表面処理がない場合の性能を調査しました(図8.4.1)。再研削後に再表面処理を施したほうが安定した加工が行えます。

被削材質	S45C
切削速度	70m/min
1刃当たりの送り量	0.07mm/t
下穴径	φ 14.5mm
めねじ	M16×1.5 加工長さ20mm
切削油剤	水溶性切削油剤 希釈倍率10倍
給油方法	外部給油+コレットスルー
使用機械	横形マシニングセンタ
使用工具	OT-SFT-PNGT φ12×30 P1.5



工具	刃厚	加工穴数		耐久原因	初期有効径寸法	耐久時有効径寸法
		0	500			
新品	4.75mm	1,170穴		テーパ大	+120μm	+80μm
再研削品 (すくい面表面処理除去)	3.27mm	847穴		GP OUT	+120μm	+40μm

寿命は約3割減



新品



再研削品

図8.4.1 再研削品の性能



9 スレッドミルシリーズのトラブル対策

発生部位	現象	原因	対策	参照ページ
加工物	ねじゲージが合格しない	工具半径補正值	適正な工具半径補正值を入力する	P.14
		切削負荷の過大	切込み回数を増やす	P.11
		工具のたわみ	ゼロカットを行う	
工具	刃欠け・折損	送り速度が速い	送り速度を遅くする 適正な送り速度に補正する	P.17
		切りくず詰まり	切削油剤、エアを十分供給する 内部給油タイプを利用する	
		工具半径補正值	工具半径補正值の入力忘れ 適正な工具半径補正值を入力する	P.14
	早期摩耗	切込み回数が多すぎる	適正な切込み回数にする	P.11
		1刃当たりの送り量が過小	1刃当たりの送り量を大きくする	P.10
		切削速度が不適當	切削速度を変える	
		アップカット	ダウンカットを検討する	P.11
切削状況	切削中のびびり、振動発生	切削速度、送り速度が不適當	切削速度、送り速度を変える	
		機械、ホルダの剛性不足	機械、ホルダまたは切削条件を変える	
		加工物の取り付け剛性不足	取り付け剛性を高くする	
		切込み深さが多い	切込み深さを少なくする(切込み回数を増やす)	P.11
		工具突出し長さが長い	工具突出し長さを短くする	
	切りくず詰まり	切削油剤が少ない	切削油剤、エアを十分供給する 内部給油タイプを利用する	
NCプログラム	機械が止まる	切込み過ぎエラー	適正な工具半径補正值を入力する	P.35

10 FAQ

■ 掲載ページ

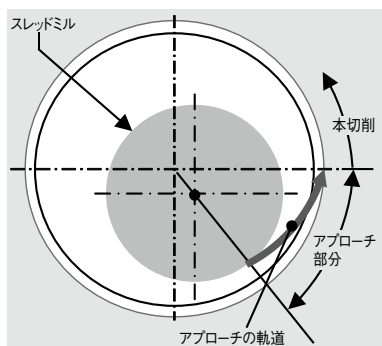
内 容	掲載ページ
NCプログラムツールで作成されたプログラムでは指定したねじ長さよりスレッドミルのZ軸方向の移動長さが長い。なぜか？	P.31
NCプログラムツールで作成されたプログラム上の送り速度が計算上の送り速度の数値より低い。なぜか？	P.31
マルチポイントのスレッドミルを使用しているが、NCプログラムツールで作成されたプログラムで加工すると加工時間が非常に長い。なぜか？	P.32
工具半径補正值を工具半径で入力したがGPが合格しない。なぜか？	P.33
工具半径補正值をどのように調整すればよいか？	P.34
NCプログラムツールの入力画面で表示される「ねじ精度 狙い75%」とは何か？	P.34
「切込み過ぎ発生」のエラーコードにより機械が止まった。なぜか？	P.35
スレッドミルでおねじを加工した。加工されたおねじの外径がマイナスしていた。なぜか？	P.35
Cマウントのねじを加工したいがタップがない。対応方法は？	P.36
管用テーパねじは、なぜ1ピッチ間を4分割で加工するのか？	P.36
スレッドミルでテーパめねじを加工している。下穴形状は切削タップと同様ストレートの形状で加工が可能か？	P.36
テーパねじ規格の基準径位置までの長さが規格より短いテーパめねじを加工したい。スレッドミルで加工が可能か？	P.37
管用テーパねじを加工するとき、工具半径補正值にカタログ上の外径の1/2の値を入力したらゲージが合格しない。入力する値が違うのか？	P.37
NCプログラムツールは、どのようなNC言語に対応しているか？	P.37
動作確認をするにはどうしたらよいか？	P.37
管用テーパめねじを加工する際、ねじゲージが合格するためにはどのくらい工具半径補正值を調整すればよいか、その目安の求め方を知りたい。	P.38



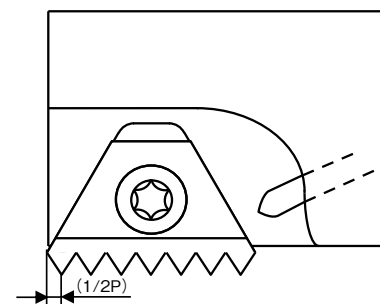
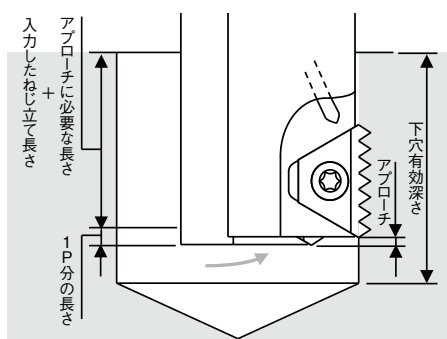
Q NCプログラムツールで作成されたプログラムでは指定したねじ長さよりスレッドミルのZ軸方向の移動長さが長い。なぜか？

A スレッドミルの動きの中で、本切削の前にアプローチの動きがあります。アプローチ部分は、不完全ねじになります。そのためスレッドミルはまず、ワーク端面から入力したねじ立て長さに、アプローチ部分の長さを加えた位置までZ軸のマイナス方向に動きます。そして、さらに+1P分の長さだけZ軸のマイナス方向に動くようにプロ

グラムが作成されています。それは、スレッドミル本体の第一完全山までの長さが先端からおよそ1/2P程度あるため、入力したねじ立て長さを確保する上で、1P分の長さを加えています。実際の加工を行う際には、下穴有効深さとスレッドミルのプログラム上のZ軸の位置関係を必ず確認してください。



本切削までのスレッドミルの動き

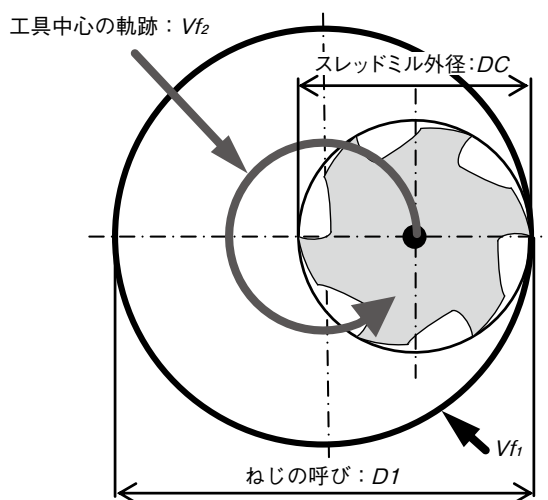


第一完全山までの長さ

Q NCプログラムツールで作成されたプログラム上の送り速度が計算上の送り速度の数値より低い。なぜか？

A 機械側の送り速度は、工具中心で指示されます。しかし実際に加工しているのは、工具の外周部分になりますので実切削位置で適切な1刃当たりの送り量に設定する必要があります。そのため、機械に入力する送り速度は、加工されるねじサイズ、工具径により補正が必要となります。

詳細は「6.3.2 工具の送り速度(ねじ加工)」(P.17)をご覧ください。



$$Vf_2 = \left(\frac{D_1 - DC}{D_1} \right) \times Vf_1^* \text{ (mm/min)}$$

* $Vf_1 = n \times fz \times z$

n : 回転速度 (min⁻¹)

fz : 1刃当たりの送り量 (mm/t)

z : 刃数



Q マルチポイントのスレッドミルを使用しているが、NCプログラムツールで作成されたプログラムで加工すると加工時間が非常に長い。なぜか？

A NCプログラムを作成する際、パスタイプがシングルパスに設定されていないか確認してください。以下のNCプログラム例のように、同じ設定条件で、パスタイプのマルチパスとシングルパスを比較すると、マルチパスに対してシングルパスは本切削部分が長くなり加工時間も長くなります。この場合、パスタイプをマルチパスに変更し、再度プログラムを作成してください。

また、機械に円弧補正の機能がある場合、機械

側が補正をかけていることがあります。実際の送り速度とプログラム上の送り速度に差異がないか確認してください。差異が確認された場合、プログラム上の送り速度は適正な送り速度に補正された値なので、実際の送り速度がプログラム上の送り速度になるようにVfを調整するか、もしくは円弧補正の機能をOFFにしてご使用ください。

参考までに、同じ加工深さをマルチパスとシングルパスで作成されたプログラムを示します。

NCプログラム例 マルチパスとシングルパスの比較

使用工具：AT-1 φ7.7×24 P1.5 4F めねじサイズ：M16×1.5 ねじ立て長さ：20mm

マルチパス	シングルパス	
O1001 (7.7x24P1.5 RPRG=3.746)	O1001 (7.7x24P1.5 RPRG=3.746)	Z1.5 I-8.0 F69.
(T1 D=7.7 ZMIN=-21.674)	(T1 D=7.7 ZMIN=-21.674)	Z1.5 I-8.0
G90 G94 G17 G49 G40 G80	G90 G94 G17 G49 G40 G80	Z1.5 I-8.0
G21	G21	Z1.5 I-8.0
G28 G91 Z0.	G28 G91 Z0.	Z1.5 I-8.0
G90	G90	Z1.5 I-8.0
T01 M06	T01 M06	Z1.5 I-8.0
S3308 M03	S3308 M03	Z1.5 I-8.0
G54	G54	Z1.5 I-8.0
G00 X0 Y0	G00 X0 Y0	Z1.5 I-8.0
G43 Z5. H01	G43 Z5. H01	Z1.5 I-8.0
G91	G91	Z1.5 I-8.0
Z-25.174	Z-25.174	Z1.5 I-8.0
G01 Z-1.5 F500.	G01 Z-1.5 F500.	Z1.5 I-8.0
G41 X2.763 Y-5.885 D01	G41 X2.763 Y-5.885 D01	Z1.5 I-8.0
G03 X5.237 Y5.885 Z0.174 I-0.688	G03 X5.237 Y5.885 Z0.174 I-0.688	X-5.237 Y5.885 Z0.174 I-5.925 F46.
J5.885 F46.	J5.885 F46.	G40 G01 X-2.763 Y-5.885 F500.
Z1.5 I-8.0 F69. 本切削部分		G00 Z3.826
X-5.237 Y5.885 Z0.174 I-5.925 F46.		G28 Z0.
G40 G01 X-2.763 Y-5.885 F500.		G28 X0. Y0.
G00 Z24.826		M30
G28 Z0.		
G28 X0. Y0.		
M30		

本切削部分



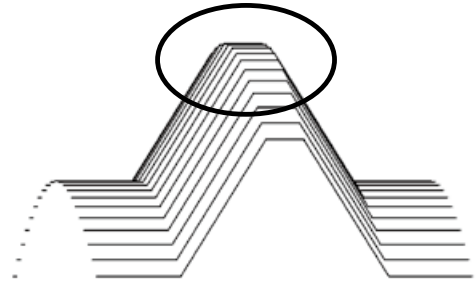
Q 工具半径補正値を工具半径で入力したがGPが合格しない。なぜか？

A スレッドミルの加工軌跡やそれを考慮した工具仕様の関係から、工具半径を入力した場合はねじゲージが合格しません。その理由は次の通りです。

スレッドミルでの加工プログラムは、工具の外径がめねじ谷の径を通過する動きになります。そのため加工されるねじ山形状は、めねじの谷部とねじのフランク部のつながりが曲線となります。

上記により、工具半径補正値を工具半径の数値として加工を行うと、右下図のように、スレッドミルによる加工軌跡により基準山形に対してねじ山が小さくなるため、めねじ有効径がマイナスし、めねじ谷幅も基準より小さくなります。そのためスレッドミルの山形は、右下図の“A”の分を加味した時にめねじ有効径が下限値になり、谷幅が合格するように設計されています。つまり、適切な工具半径補正値が必要になります。

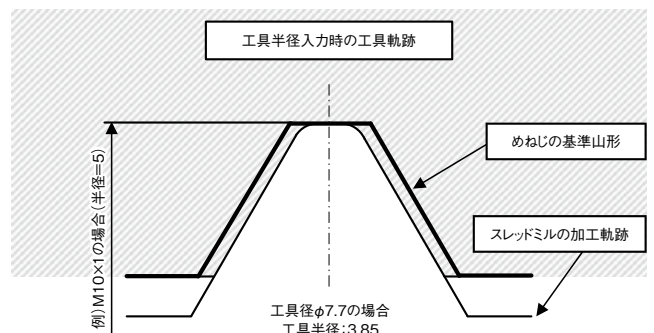
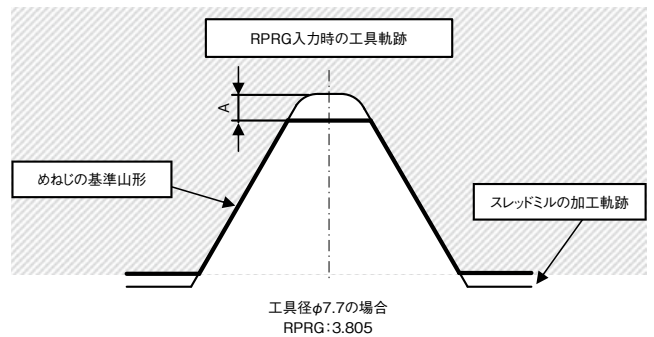
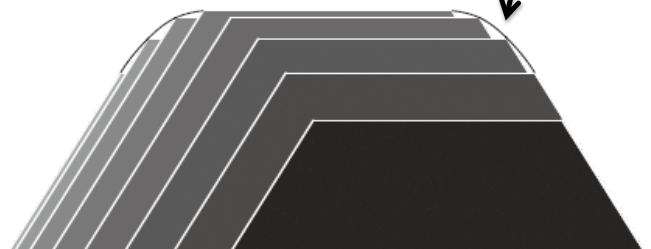
この時の工具半径補正値の参考として使用するのが、スレッドミルのシャンクに刻印されているRPRGです。RPRGを使用することで、ねじを合格させるための段取り時間を短縮することができます。



拡大



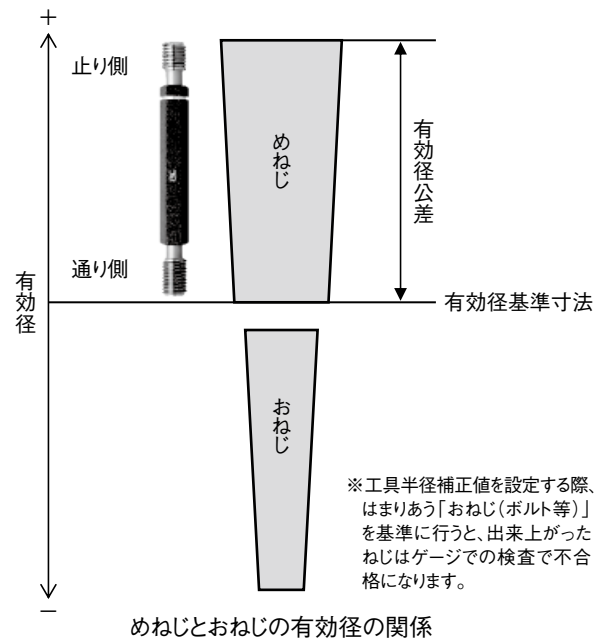
曲線になる





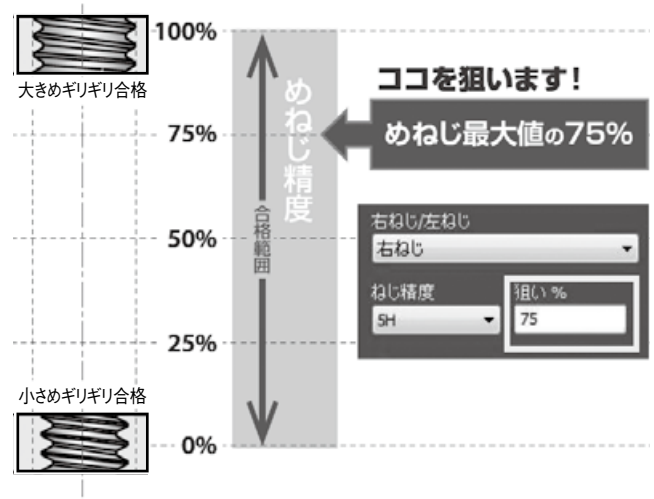
Q 工具半径補正値をどのように調整すればよいか？

A 工具半径補正値の調整には、本来、加工されたねじの有効径の実測値を必要とします。しかし、加工されたねじの有効径を実測することは非常に困難です。平行めねじを例にすると、一般的なねじ用限界プラグゲージの通り側が入らなかった場合、どのくらい大きくすれば合格範囲に入るかわからず、作業者の経験によることとなります。実際には有効径公差の1/3～1/4ずつ補正し、ねじゲージが合格するまで補正を繰り返すことで調整することができます。また、スレッドミル用径補正ツールを使用することで、簡単に口元の有効径を数値化でき、効率よく調整することが可能です。その他に、ステップゲージと呼ばれる特殊なゲージや、ねじ測定用のマイクロメータ等もあります。



Q NCプログラムツールの入力画面で表示される「ねじ精度 狙い75%」とは何か？

A ねじ精度の狙いというのは、「ねじの合格範囲のどのあたりを狙うか」ということです。ねじの嵌合、スレッドミルの耐久性等を考慮し、めねじを加工する場合は許容差の75% (大きめ) の位置、おねじを加工する場合は25% (小さめ) の位置を初期値に設定しています。この狙い値は任意に変更可能です。めねじ加工の場合、スレッドミル用径補正ツールを使用することで口元の有効径を数値化することができ、簡単に狙い値75%の位置を狙うことができます。



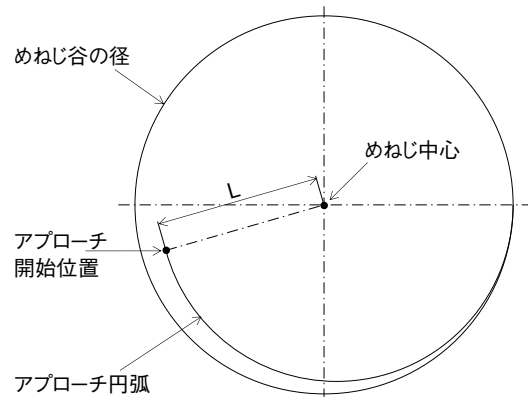


Q 「切込み過ぎ発生」のエラーコードにより機械が止まった。なぜか？

A 「切込み過ぎ発生」のエラーは、工具径と加工されるめねじの呼びとの差が少ないときに出やすいエラーコードです。特に、小径ねじやテーパめねじを加工する際、工具半径補正値を大きくしたときに発生しやすい現象です。このエラーコードは、工具半径補正値がめねじ中心とアプローチ開始位置までの長さよりも大きな値になった時に発生します。

切込み深さを少なくする目的で、工具半径補正値を大きくした時「切込み過ぎ」というエラーコードが発生した場合、矛盾を感じるかもしれませんが、実際、工具がアプローチ開始位置に移動しようとしても、すでにアプローチ開始位置よりも工具半径補正値が大きくなっていることがこのエラーコードの原因です。対処方法として、0.01mm程度

ずつ工具半径補正値を小さくし、エラーが発生しない工具半径補正値に変更することで解消できます。または、加工プログラムから下図中のLの長さを計算し、工具半径補正値をこれ以下にすることも対処可能です。



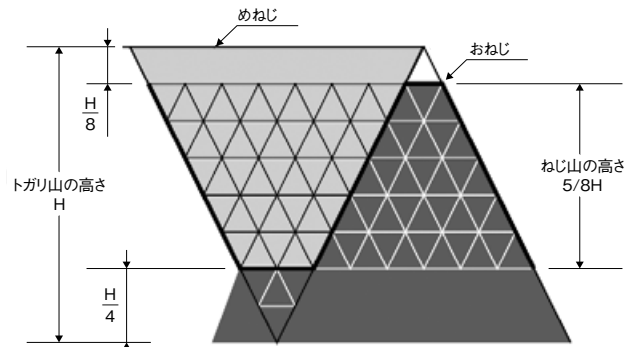
Lの長さより工具半径補正値を大きく設定すると、「切込み過ぎ発生」のエラーコードにより加工ができなくなる

Q スレッドミルでおねじを加工した。加工されたおねじの外径がマイナスしていた。なぜか？

A 代表的なねじ規格であるメートルねじやユニファイねじをめねじ用のスレッドミルで加工した時に起こる現象です。これらのねじを加工するスレッドミルにはめねじ用とおねじ用があります。シャンクもしくは包装ラベルに「INT」の表示があるものは、めねじ加工用のスレッドミルです。このスレッドミルではおねじを加工できませんのでご注意ください。

なぜ、めねじ用のスレッドミルでおねじが加工できないかというと、メートルねじやユニファイねじでは、JISで規定されるおねじとめねじの基準山形が異なり、右図のように山頂と谷底のバランスが異なるためです。したがって、めねじ用の工具とおねじ用の工具を兼用することはできません。

おねじ加工には、「インデキサブルタイプ マルチポイント」におねじ用インサートをご用意しています。管用ねじは、おねじとめねじの基準山



おねじとめねじ、山の形を比べてみる

山の頂の切り取り高さは？
おねじ $1/8H$ ・めねじ $1/4H$

谷底の切り取り高さは？
おねじ $1/4H$ ・めねじ $1/8H$

どちらも、基準山形のねじ山高さは
 $5/8H$ だがカタチが違う。

形は同じですので、おねじ、めねじ用を共用できます。ただし、ねじの呼びによって使用可能なスレッドミルの外径、インサートのサイズが異なりますので、NCプログラムツールなどでご確認ください。



Q Cマウントのねじを加工したいがタップがない。対応方法は？

A Cマウントねじとは、JISにて規定されている、顕微鏡の射出口に挿入するカメラの取り付け部品のレンズ取り付けねじで、ねじの呼び1-32UNになります。タップは特殊品となりますが、スレッドミルを使用できる環境であれば、「インデキサブルタイプ マルチポイント」で、加工が可能です。ソリッドタイプであれば「ユニファイねじ用 山数32」で対応できます。

加工ねじ長さによって使用可能なスレッドミルが変わりますので、NCプログラムツールでご確認ください。

参考：JIS B 7255：2007 顕微鏡-C マウント

※U5/8 はD マウント、U1 はC マウントと通称で呼ばれることが多い

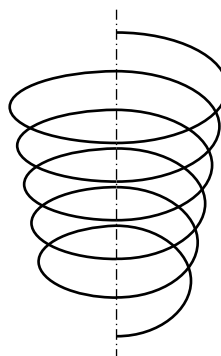
Q 管用テーパねじは、なぜ1ピッチ間を4分割で加工をするのか？

A 管用テーパねじは、ねじ部がテーパ状になっているので、平行ねじとは異なり、本来の工具軌跡はアルキメデスの螺旋になります。

そこで、そのテーパねじを加工するためには、1ピッチ間を4つのブロックに分割し、近似Rでヘリカル切削を行い、管用テーパねじを加工します。

その分割数に関して、当社にて8分割、16分割、32分割でも検証しましたが、4分割との差異が少なく必要十分であったため、NCプログラムツールでは4分割で設定をしています。

多分割の方がより理想的な曲線になると考えられますが、機械側が追従しないケースもありますので、4分割でプログラム作成しています。



アルキメデスの螺旋

中心からの距離が回転角に比例して大きくなっていくような渦巻線のこと。蚊取り線香のように巻きが進んでも巻き幅が変わらない形状のこと。

Q スレッドミルでテーパめねじを加工している。下穴形状は切削タップと同様ストレートの形状で加工が可能か？

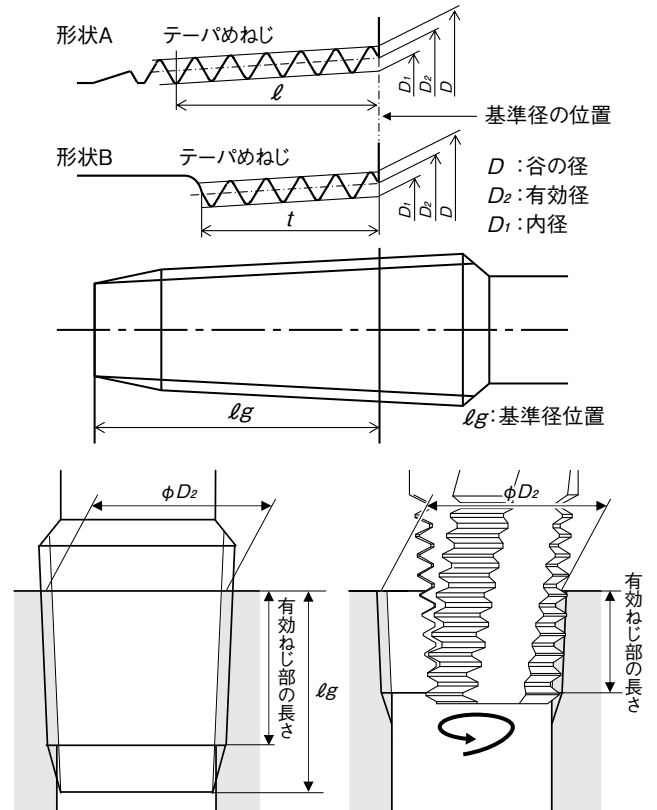
A 切削タップと同じストレートの形状で加工可能です。下穴寸法は、当社総合カタログの下穴寸法表をご確認ください。



Q テーパーねじ規格の基準径位置までの長さが規格より短いテーパめねじを加工したい。スレッドミルで加工が可能か？

A 可能です。JISで規定される代表的なテーパめねじRc（従来JISではPT）は、基準径の位置がねじの口元に設定されています。そして、テーパめねじの形状により、有効ねじ部の最小長さが規定されています。その長さは、不完全ねじがある形状Aでは「 ℓ 」であり、不完全ねじがない形状Bでは「 t 」になります。通常の切削タップを使用する場合、タップの基準径位置までの長さ「 ℓ_g 」まで加工することにより、その有効ねじ部の長さを満たすように設定されています。しかし、加工形状により、テーパめねじの有効ねじ部の長さが極端に短く設定されていることがあります。この場合、一般的なテーパタップでは加工できません。スレッドミルであれば、外径の小さい先端側を使用し、繰り広げることにより規定されているねじ長さより短いテーパめねじを加工することができます。テーパタップの特殊品や修正品を用意しなくても、スレッドミルであれば安定した特殊な長さ

のテーパねじ加工も行うことができます。



Q 管用テーパねじを加工するとき、工具半径補正値にカタログ上の外径の1/2の値を入力したらゲージが合格しない。入力する値が違うのか？

A カタログに記載されている外径は大端径になります。工具半径補正値は、先端径基準になります。工具半径補正値に関しては、スレッドミルのシャンクに印字されているRPRGを参考にしてください。

Q NCプログラムツールは、どのようなNC言語に対応しているか？

A NCプログラムツールは主なNC言語に対応しております。無料でご利用いただけますので、当社ホームページよりご確認ください。

Q 動作確認するにはどうしたらよいか？

A ドライラン（空運転）等でプログラムが正常に動作するかを確認します。正常とはプログラミング通りにスレッドミルが動くかどうかということです。以下の要領で確認をお願いします。

1. プログラムで指定した送り速度と実際の送り速度が一致していることを確認してください。
2. 最初はシングルブロックでパートごとの動作を確認してください。
3. 3軸同時に動くところは、座標軸も同時に動いているかNC画面で確認してください。
4. NC側のエラーが出ないか確認してください。
5. プログラム経路からズレがないか確認してください。
6. 最後にシングルブロックを解除して連続動作を確認してください。



Q 管用テーパめねじを加工する際、ねじゲージが合格するためにはどのくらい工具半径補正値を調整すればよいか、その目安の求め方を知りたい。

A JIS B 0203で規定される管用テーパねじを例にして説明します。

管用テーパめねじの可否を判定するためにはテーパねじプラグゲージを用います。そのゲージの使い方は、ゲージを加工した管用テーパめねじに止まるまでねじ込み、管用テーパめねじの基準径の位置（一般的には管端）がゲージの最大および最小の切欠きの範囲内にあれば、合格したとします。

管用テーパめねじを加工する際には、ゲージを止まるまでねじ込んだ時、あとどれくらいねじ込みたいか、その長さもしくは何回転ゲージをねじ込みたいかがわかれば追加する工具半径補正値を計算できます。

<計算方法>

JIS B 0203で規定される管用テーパねじは、1/16テーパで規定されています。そのため、ねじ込みたい長さがわかれば、その長さを径方向の値に換算できます。

$$\text{長さに対する径の変化量} = X \times \frac{1}{16} \text{ (mm)}$$

工具半径補正値は半径分になりますので、この値の1/2を現状の工具半径補正値に調整すれば、狙いたいねじ精度に設定できます。

$$\begin{aligned} \text{工具半径補正値の調整量} &= X \times \frac{1}{16} \times \frac{1}{2} \\ &= X \times \frac{1}{32} \\ &= \frac{X}{32} \text{ (mm)} \end{aligned}$$

ねじ込みたい長さを32で割った値を最初の設定値からマイナスします。

管用テーパねじのねじのピッチは、25.4mmにつ

いてのねじ山数で表されます。そのため、ねじのピッチは、25.4mmをねじ山数で割ることにより求められます。

$$\text{ねじのピッチ} = \frac{25.4}{\text{ねじ山数}} \text{ (mm)}$$

ねじの表し方

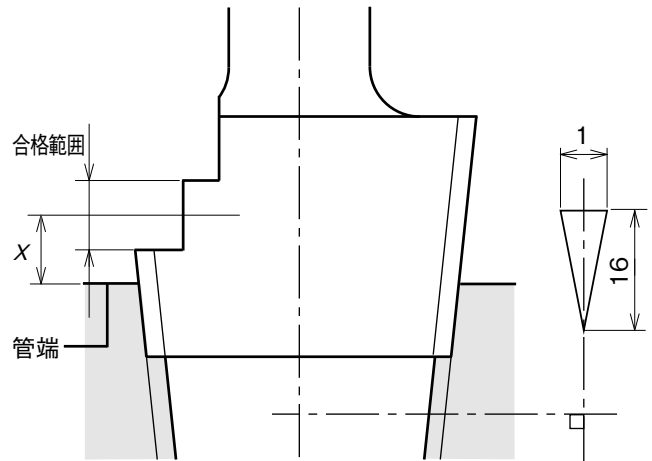
例

Rc 1/2 - 14

ねじの種類を表す記号

ねじの呼び径を表す数字

ピッチ：25.4mmについてのねじ山数（山数）



X：ゲージをねじ込みたい長さ (mm)

ねじの軸線

管用テーパめねじと管用テーパねじプラグゲージ

例

Rc1/2-14でゲージを2回転分ねじ込みたい場合。

$$\begin{aligned} X &= (\text{ねじのピッチ}) \times (\text{ゲージの回転の数}) \\ &= \frac{25.4}{14} \times 2 \div 3.63 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

また、スレッドミル用径補正ツールを使用することで口元の有効径を数値化することができ、工具半径補正値を求めることもできます。実際の加工に際しては、工具のたわみ等が影響し、計算値より深くゲージが沈む場合がありますので、補正は少なめの設定から始めてください。



11 附録 NCプログラムの考え方

11.1 平行めねじ

最初に、代表的なねじ形状の平行めねじ（右ねじ）に示し、それに従い説明します。
 におけるNCプログラムの加工動作について図11.1.1

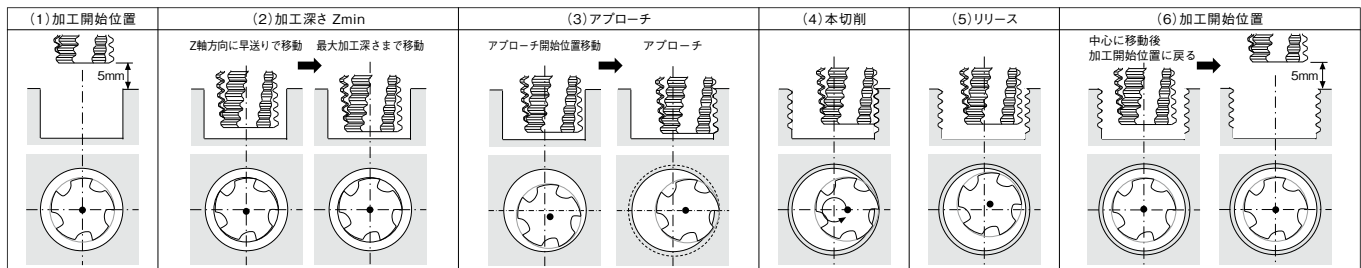


図11.1.1 平行めねじ（右ねじ）における一連の加工の流れ

(1) 加工開始位置

NCプログラムツールで作成される全てのプログラムでは、Z=0(ワーク端面) から+5mmの位置より加工開始するように設定されます(図11.1.2)。

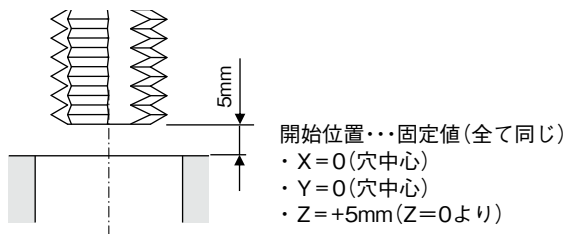


図11.1.2 加工開始位置

(2) 加工深さ (Zmin)

加工深さ (Zmin) は入力したねじ立て長さを確保するため、以下のように設定されます。

スレッドミルは、本切削の前にアプローチの工程があります(図11.1.3)。

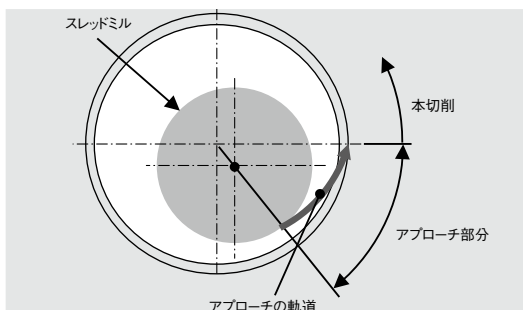


図11.1.3 アプローチの工程

NCプログラムツールでは、アプローチが完了した際、入力したねじ立て長さに対して、1/2ピッチ分長くなるようにZ座標が自動計算により設定されます。これは、入力したねじ立て長さに対して、ねじ長さが不足することを避け、通り穴ではねじが貫通していない状態を生じさせないようにするためです。

まず、スレッドミルは入力したねじ立て長さに一定の長さ (a^*) を加えた位置までZ軸のマイナス方向に移動します(図11.1.4)。

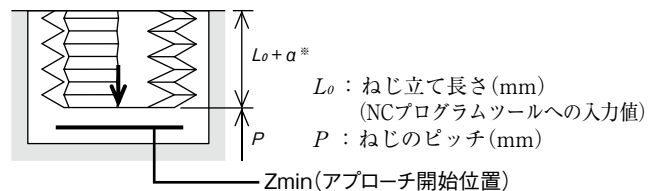


図11.1.4 アプローチ開始位置のZ軸位置

※ a の値

$$a = Za + \left(L_2 - \frac{1}{2} \times P \right)$$

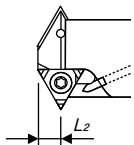
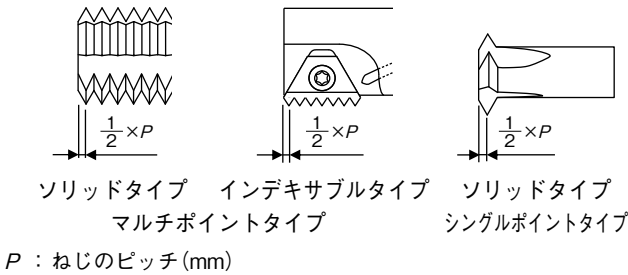
Za : アプローチ時のZ軸移動距離 (mm)

L_2 : 工具先端から第一完全山までの距離 (mm)

P : ねじのピッチ (mm)



各種スレッドミルの先端から第一完全山までの距離 (L_2) は以下の通りです。

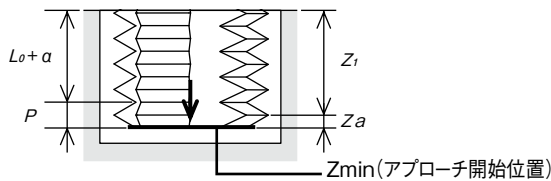


インデキサブルタイプ シングルポイント

インサートサイズ 記号	L_2
2U	5.4
3U	8

図 11.1.5 各種スレッドミルの第一完全山までの距離

そして、さらにねじのピッチ分Z軸のマイナス方向に移動します (図 11.1.4)。この時のスレッドミルのZ軸位置が最下点となり、加工深さ (Z_{min}) になります。



- Z_1 : アプローチ完了位置のZ座標 (mm)
- Z_a : アプローチ時のZ軸移動距離 (mm)
- P : ねじのピッチ (mm)
- L_o : ねじ立て長さ (mm)
- (NCプログラムツールへの入力値)

図 11.1.6 平行めねじ加工時のZ軸アプローチ開始位置

アプローチ開始位置までのZ軸の動きを図 11.1.6に示します。アプローチ時のZ軸移動距離が (Z_a)、(Z_1) がアプローチ完了位置であり、本切削開始位置になります。

アプローチ時のZ軸移動距離 (Z_a) は11.1.5式で求められます。

(3) アプローチ

スレッドミルはアプローチ開始位置から本切削開始位置まで円弧切削をしながら徐々に切込んでいきます。その間をアプローチといいます。

アプローチの動きを設定するためには、アプローチ円弧半径とアプローチ開始位置のX座標とY座標を求める必要があります。

実際のアプローチの動きは、「6.1 工具中心と刃先基準」(P.13) で説明した①工具中心と②刃先基準を合わせて考える必要があります。

① 工具中心

工具中心の場合のアプローチの動きは図 11.1.7に示します。めねじの中心にスレッドミルを配置し、そこから半円の円弧で切込んで行く動きを基本としています。その時のアプローチ円弧半径 (R_{ce}) は11.1.1式で求められます。

$$R_{ce} = \left(\frac{D}{2} - \frac{DC}{2} \right) \times \frac{1}{2} = \frac{D-DC}{4} \dots\dots\dots (11.1.1)$$

- R_{ce} : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)
- D : めねじ呼び径 (mm)
- DC : スレッドミル外径 (mm)

これにより、アプローチの軌跡とその後の本切削の軌跡が正接で繋がり、スムーズに本切削に移行できます。

しかし、めねじの中心から半円の円弧でアプローチを始めると、エアカットの時間が発生し、無駄な加工時間が生じます。そこで、スレッドミルをアプローチ開始位置まで直線移動させます。この直線移動したスレッドミルの刃先の位置と下穴との間にクリアランス量を設定しています。

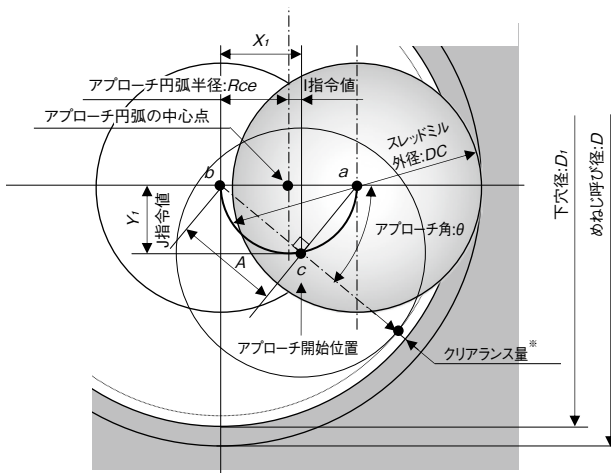
アプローチ開始位置のX座標とY座標を求めるためには、アプローチ開始位置から本切削開始位置への移動に要するアプローチ角 (θ) を求めることが必要です。

まず、めねじの中心点 (b) から、アプローチ開始位置点 (c) までの移動距離 (A) を求めます。その移動距離 (A) は、11.1.2式で求められます。

$$A = \frac{D_i - DC}{2} - (\text{クリアランス量})^* \dots\dots\dots (11.1.2)$$

- A : 点 b, c 間の移動距離 (mm)
- D_i : 下穴径 (mm)
- DC : スレッドミル外径 (mm)

*クリアランス量は0.3mmを基準としていますが、ねじサイズとスレッドミル外径との組み合わせにより小さい場合があります。



※クリアランス量は0.3mmを基準としていますが、ねじサイズとスレッドミル外径との組み合わせにより小さい場合があります。

- a : アプローチ完了位置 (工具中心)
- b : めねじ中心点
- c : アプローチ開始位置座標 (工具中心)

図11.1.7 平行めねじ加工時の工具中心によるアプローチ
 三角形abcはアプローチ円弧の直径 (辺ab) とその円弧上の点 (c) になりますので、直角三角形になります (タレスの定理)。

よってアプローチ角 (θ) は11.1.3式で求められます。

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{A}{2 \times Rce}\right) \dots\dots\dots (11.1.3)$$

- θ : アプローチ角 ($^{\circ}$)
- A : 点b、c間の移動距離 (mm)
- Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

アプローチ角 (θ) を用いることにより、アプローチ開始位置点 (c) のX座標 (X_1) とY座標 (Y_1) を11.1.4式で求めることができます。

$$\begin{aligned} X_1 &= A \times \cos \theta \dots\dots\dots (11.1.4) \\ Y_1 &= -A \times \sin \theta \end{aligned}$$

アプローチ時のZ軸移動距離 (Z_a) は、11.1.3式で求めたアプローチ角 (θ) を用いることで11.1.5式のように求められます。

$$Z_a = P \times \frac{\theta}{360} \dots\dots\dots (11.1.5)$$

- Z_a : アプローチ時のZ軸移動距離 (mm)
- P : ねじのピッチ (mm)
- θ : アプローチ角 ($^{\circ}$)

アプローチ開始位置点 (c) の座標値からアプローチ時のI、J指令値は、次の式で求められます。

$$\begin{aligned} I &= Rce - X_1 \dots\dots\dots (11.1.6) \\ J &= -Y_1 \end{aligned}$$

Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

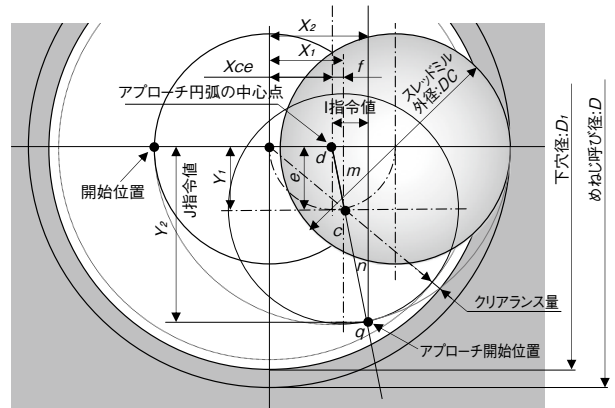
このアプローチ円弧とアプローチ開始位置の計算値により、工具中心でのアプローチのプログラムを作成することができます。

②刃先基準

刃先基準はスレッドミルの外周の軌跡をNCプログラムの座標値で指示をします。

工具中心と指示方法が異なるだけで、工具の動きは同じです。ただし、指示する座標値とNCプログラムは変わってきます。

刃先基準でのアプローチは図11.1.8のようにになります。



- Xce : Rceを小数点3桁に丸めたもの
 [Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)]
- d : (Xce, 0)
- c : (X_1 , Y_1) アプローチ開始位置座標 (工具中心)
- q : (X_2 , Y_2) アプローチ開始位置座標 (刃先基準)

図11.1.8 平行めねじ加工時の刃先基準によるアプローチ



刃先基準のアプローチは、工具中心と同様に、めねじの中心から円弧切削をしながら徐々に切込んでいきます。ただし、座標値としての開始位置はめねじの中心にスレッドミルがある時のスレッドミル外径の最も左側になります。

刃先基準では、この点の円弧軌跡を考えることになります。

刃先基準でのNCプログラム上のアプローチ開始位置点 (q) は、クリアランス量を加味した位置まで直線移動した時、アプローチ円弧とスレッドミル外径が接している位置になります。

スレッドミルの中心位置は、工具中心によるアプローチ開始位置点 (c) と同じですので、刃先基準によるアプローチ開始位置点 (q) は、工具中心のアプローチ円弧の中心点 (d) と点 (c) の延長線上のスレッドミル外周との交点になります。

では、刃先基準でのアプローチ開始位置の座標値の計算をする方法を示します。なお、刃先基準の座標値は工具中心の座標値から相似図形の考え方をを用いて算出しますので、あらかじめ工具中心での座標値を求めておく必要があります。

相似図形の考え方を図11.1.9を用いて説明します。

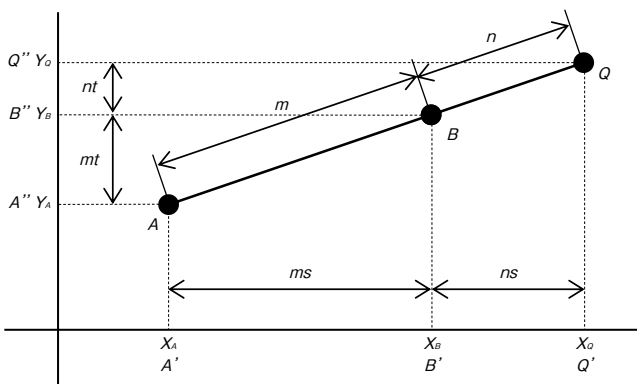


図11.1.9 相似図形の考え方

図11.1.9ではXY平面上の点 (A)、(B)、(Q) は直線上にあります。点 (A)、(B) 座標値から点 (Q) の座標値を求めます。

点 (A) から点 (B) までの距離を (m)、点 (B) から点 (Q) までの距離を (n) とします。

・点 (Q) のX座標 (X_Q)

まず、点 (Q) のX座標を求めます。それぞれの距離の関係は11.1.7式になります。

$$(m+n) : m = (ms+ns) : ms \dots\dots\dots (11.1.7)$$

図11.1.9より (m)、(ms)、(mt)、(ns) はそれぞれ以下の式で求められます。

$$m = \sqrt{ms^2 + mt^2} \dots\dots\dots (11.1.8)$$

$$ms = X_B - X_A \dots\dots\dots (11.1.9)$$

$$mt = Y_B - Y_A \dots\dots\dots (11.1.10)$$

$$ns = X_Q - X_B \dots\dots\dots (11.1.11)$$

($ms + ns$) は11.1.12式となり、それぞれの値を11.1.7式に代入すると、11.1.13式となります。

$$ms+ns = X_Q - X_A \dots\dots\dots (11.1.12)$$

$$(m+n) : m = (X_Q - X_A) : (X_B - X_A) \dots\dots\dots (11.1.13)$$

11.1.13式を展開することで、11.1.14式となりX座標 (X_Q) を求めることができます。

$$\begin{aligned} X_Q &= X_B + \frac{n \times (X_B - X_A)}{m} \\ &= X_B + \frac{n \times (X_B - X_A)}{\sqrt{ms^2 + mt^2}} \\ &= X_B + \frac{n \times (X_B - X_A)}{\sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}} \dots\dots\dots (11.1.14) \end{aligned}$$



・点(Q)のY座標 (Y_Q)

点(Q)のY座標 (Y_Q) についても同様に求めることができます (11.1.15式)。

$$Y_Q = Y_B + \frac{n \times (Y_B - Y_A)}{m}$$

$$= Y_B + \frac{n \times (Y_B - Y_A)}{\sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}} \dots\dots\dots (11.1.15)$$

この相似図形の考え方をを用いて、刃先基準のアプローチ開始位置の座標値を求めることができます。ただし、工具中心で求めたアプローチ開始位置の座標値の符号を間違えないように十分注意する必要があります。

図11.1.8に示した刃先基準のアプローチ開始位置点(q)のX座標 (X_2)、Y座標 (Y_2) を求めるためには11.1.7式の考え方をを用います。

図11.1.8を図11.1.9に当てはめると、図11.1.9における点(A)は点(d)、点(B)は点(c)、点(Q)は点(q)となります。また図11.1.8では、点 d 、 c 間のX方向の距離を(f)、Y方向の距離を(e)とします。これにより、(m)の長さは11.1.16式で求められます。

$$m = \sqrt{f^2 + e^2} \dots\dots\dots (11.1.16)$$

$$f = X_I - X_{ce}$$

$$e = Y_I - 0$$

そして、点 c 、 q 間の距離 (n) はスレッドミルの外径の1/2になりますので、11.1.17式で求められます。

$$n = \frac{DC}{2} \dots\dots\dots (11.1.17)$$

そして、図11.1.9におけるX座標値 (X_A) は (X_{ce})、(X_B) は (X_I)、Y座標値 (Y_A) は0、(Y_B) は (Y_I) となります。

これらの値と11.1.17式で求めた (n) の値を11.1.14式および11.1.15式へ代入することで、X座標 (X_2) は11.1.18式、Y座標 (Y_2) は11.1.19式より求められます。

・X座標 (X_2)

$$(m+n) : m = (X_2 - X_{ce}) : f$$

$$X_2 = X_I + \frac{n \times (X_I - X_{ce})}{m}$$

$$= X_I + \frac{DC}{2} \times \frac{X_I - X_{ce}}{\sqrt{(X_I - X_{ce})^2 + Y_I^2}} \dots\dots\dots (11.1.18)$$

・Y座標 (Y_2)

$$(m+n) : m = Y_2 : e$$

$$Y_2 = Y_I + \frac{n \times Y_I}{m}$$

$$= Y_I + \frac{DC}{2} \times \frac{Y_I}{\sqrt{(X_I - X_{ce})^2 + Y_I^2}} \dots\dots\dots (11.1.19)$$

・Z座標

この時のZ座標は、図11.1.10より、11.1.20式にて求めることができます。

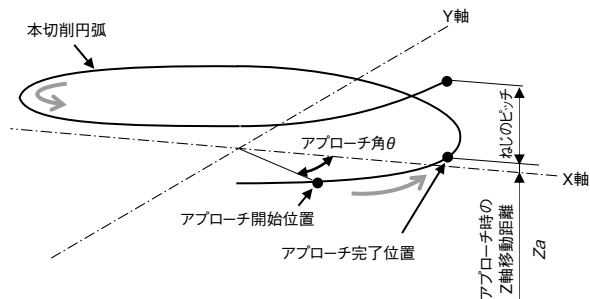


図11.1.10 アプローチと本切削のZ軸の動き

$$Z \text{ 座標} = -(L_0 + P + Z_a) \dots\dots\dots (11.1.20)$$

- P : ねじのピッチ (mm)
- L_0 : ねじ立て長さ (mm)
- (NCプログラムツールへの入力値)
- Z_a : アプローチ時のZ軸移動距離 (mm)
- (11.1.5式による)

図11.1.8より、アプローチ開始位置点(q)からアプローチ時のI、J指令値は次の式で求められます。

$$I = Rce - X_2 \dots\dots\dots (11.1.21)$$

$$J = -Y_2$$

Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)



このようにして、アプローチ開始位置の座標値、アプローチ円弧中心までの距離が求められ、刃先基準でのアプローチのプログラムを作成することができます。

(4) 本切削

アプローチが完了すると本切削になります。本切削はめねじの中心を回転中心として1周(1公転)しつつ、Z軸方向に+1ピッチ分移動します。これにより、めねじを形成することができます(図11.1.10)。

(5) リリース

リリースは、基本的にアプローチと逆の動きをします。そのため、アプローチに対してX軸の線対称になります。

本切削完了位置からリリース時のI、J指令値は次の式で求められます。

・工具中心

$$I = -Rce \quad J = 0 \quad \dots\dots\dots (11.1.22)$$

・刃先基準

$$I = -Rce - \frac{DC}{2} \quad J = 0 \quad \dots\dots\dots (11.1.23)$$

DC：スレッドミル外径 (mm)

Rce：工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

(6) 加工開始位置に戻る

NCプログラムツールで作成される全てのプログラムでは、Z=0(ワーク端面)から+5mmの加工開始位置に戻るよう設定されます(図11.1.11)。

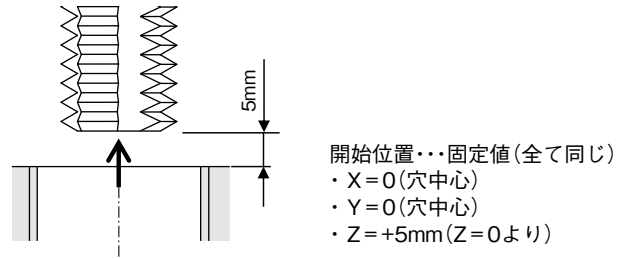


図11.1.11 加工開始位置

(7) レファレンス点への復帰(機械原点復帰)

Z軸を先行してレファレンス点へ復帰させます。これは、スレッドミルがレファレンス点へ復帰する際、ワークや治具との干渉によるトラブルを防ぐためです。

ここまでの、平行めねじの加工プログラム内容になります。



11.2 管用テーパめねじ

本来、管用テーパめねじを加工する場合、スレッドミルの動きは「アルキメデスの螺旋」になります。

「アルキメデスの螺旋」とは、図11.2.1に示すような中心からの距離が回転角に比例して大きくなっていく渦巻線のことをいいます。

管用テーパめねじの加工におけるアプローチ等の計算は、基本的に平行めねじと同じ考え方になります。

プログラムに必要な値は小端径を使って計算されます。ただし、カタログに掲載されている外径(DC)は大端径になりますので小端径を求める必要があります。

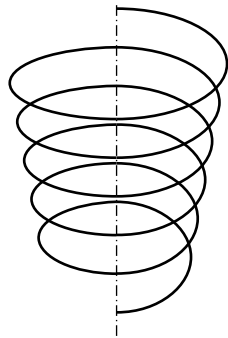


図11.2.1 アルキメデスの螺旋

(1) 小端径の計算方法

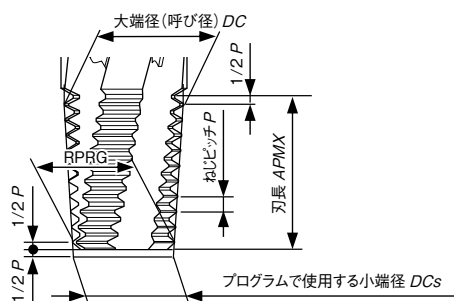


図11.2.2 プログラム上の小端径

$$P = \frac{25.4}{\text{ねじ山数}} \dots\dots\dots (11.2.1)$$

$$\text{刃長 } APMX = P \times \text{刃長間の山数} \dots\dots\dots (11.2.2)$$

$$DCs = DC - \left(\frac{APMX}{16} \right) \dots\dots\dots (11.2.3)$$

DCs: プログラムで使用する小端径 (mm)

DC: 大端径(呼び径) (mm)

P: ねじのピッチ (mm)

APMX: 刃長 (mm)

図11.2.2の小端径(DCs)を求めるための刃長(APMX)は、ねじのピッチ(P)と刃長間の山数を用いて計算します(11.2.1式)(11.2.2式)。

これにより、小端径(DCs)は11.2.3式で求められます。

(DCs)の1/2を工具半径補正值として使用すると、実際の小端径より小さいため、めねじが拡大する恐れがあります。そのため、工具半径補正值には注意が必要です。

NCプログラムツールで計算されるRPRGは、(DCs)に対して、1ピッチ分シャンク側に入った位置での外径で算出されています(図11.2.2)。

(2) 加工深さ(Zmin)の考え方

加工深さ(Zmin)は、平行めねじ加工と同じ考え方です。NCプログラムツールに入力したねじ立て長さ(L₀)を確保するため、アプローチ完了位置のZ軸位置は(L₀+1ピッチ)としています。そして、1ピッチ分本切削が行われることにより、めねじ長さが(L₀)に対して1/2ピッチ分長くなります。それにより入力したねじ立て長さ(L₀)が不足しないようにしています。

よって加工深さ(Zmin)は、アプローチ完了位置のZ座標値(L₀+1ピッチ)にアプローチ時のZ軸移動距離(Z_a)を加えた値になります。

(3) アプローチ

テーパめねじのアプローチは、平行めねじ同様、スレッドミルがアプローチ開始位置から本切削開始位置まで円弧切削しながら徐々に切込んでいきます。

テーパめねじのアプローチ開始位置の座標値の計算を行う際は、工具および下穴とも小端径を用います。

工具の小端径は、11.2.3式で求めた(DCs)になります。そして、下穴は一般的にストレート穴で加工されますが、計算で使用する下穴はテーパ穴と仮定します。その仮想の下穴の小端径はアプローチ完了位置のZ軸位置になります。

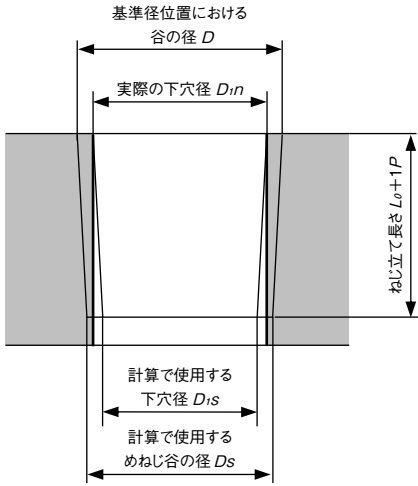


図11.2.3 計算で使用する下穴形状

下穴形状がストレート穴で、その下穴径を (D_{1n})、めねじの基準径位置における谷の径を (D) とします (図11.2.3)。

1/16テーパねじの場合、計算で使用する仮想の下穴径 (D_{1s}) は11.2.4式で求められます。

$$D_{1s} = D_{1n} - \left(\frac{L_0 + P}{16} \right) \dots\dots\dots (11.2.4)$$

D_{1s} : 計算で使用する下穴径 (mm)

D_{1n} : 実際の下穴径 (mm)

L_0 : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

P : ねじのピッチ (mm)

また1/16テーパねじの場合、計算で使用する先端のめねじ谷の径 (D_s) は11.2.5式で求められます。

$$D_s = D - \left(\frac{L_0 + P}{16} \right) \dots\dots\dots (11.2.5)$$

D_s : 計算で使用するめねじ谷の径 (mm)

D : 基準径位置における谷の径 (mm)

L_0 : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

P : ねじのピッチ (mm)

実際のアプローチの動きは、平行めねじと同様、①工具中心と②刃先基準を合わせて考える必要があります。

①工具中心

工具中心の場合のアプローチの動きを図11.2.4に示します。

工具中心のアプローチ円弧半径 (R_{ce})、アプローチ開始位置点 (c) のX座標 (X_i) とY座標 (Y_i) を求める計算式は11.1.1式～11.1.4式と同じですが、(D) および (D_i) はアプローチ完了位置でのめねじ谷の径 (D_s)、計算で使用する下穴径 (D_{1s}) およびスレッドミル小端径 (DC_s) に置き換えることにより計算できます。

工具中心のアプローチ円弧半径 (R_{ce}) は11.2.6式になります。

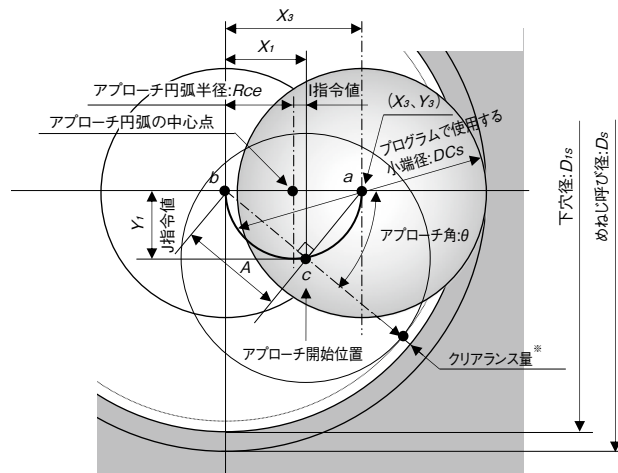
$$R_{ce} = \frac{D_s - DC_s}{4} \dots\dots\dots (11.2.6)$$

R_{ce} : 工具中心のアプローチ円弧半径

そして、工具中心のアプローチ開始位置点 (c) までの移動距離 (A) は11.2.7式となります。

$$A = \frac{D_{1s} - DC_s}{2} - (\text{クリアランス量}) * \dots\dots\dots (11.2.7)$$

A : 点 b 、 c 間の移動距離 (mm)



※クリアランス量は0.3mmを基準としていますが、ねじサイズとスレッドミル外径との組み合わせにより小さい場合があります。

a : (X_s, Y_s) アプローチ完了位置 (工具中心)

b : めねじ中心点

c : (X_i, Y_i) アプローチ開始位置座標 (工具中心)

図11.2.4 テーパーめねじ加工時の工具中心によるアプローチ



三角形 abc はアプローチ円弧の直径(辺 ab)とその円弧上の点(c)になりますので、直角三角形になります(タレスの定理)。

よってアプローチ角(θ)は11.2.8式で求められます。

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{A}{2 \times Rce}\right) \dots\dots\dots (11.2.8)$$

θ : アプローチ角 ($^{\circ}$)

A : 点 b 、 c 間の移動距離 (mm)

Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

アプローチ角(θ)を用いることにより、アプローチ開始位置点(c)のX座標(X_1)とY座標(Y_1)を11.2.9式で求めることができます。

$$\begin{aligned} X_1 &= A \times \cos \theta \\ Y_1 &= -A \times \sin \theta \end{aligned} \dots\dots\dots (11.2.9)$$

アプローチ時のZ軸移動距離(Z_a)は、11.2.8式で求めたアプローチ角(θ)を用いることで11.1.10式のように求められます。

$$Z_a = P \times \frac{\theta}{360} \dots\dots\dots (11.2.10)$$

Z_a : アプローチ時のZ軸移動距離 (mm)

P : ねじのピッチ (mm)

θ : アプローチ角 ($^{\circ}$)

図11.2.4により、工具中心のアプローチ開始位置点(c)からアプローチ時のI、J指令値は、次の式で求められます。

$$\begin{aligned} I &= Rce - X_1 \\ J &= -Y_1 \end{aligned} \dots\dots\dots (11.2.11)$$

Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

工具中心のアプローチ完了位置点(a)のX座標(X_3)とY座標(Y_3)は11.2.12式となります。

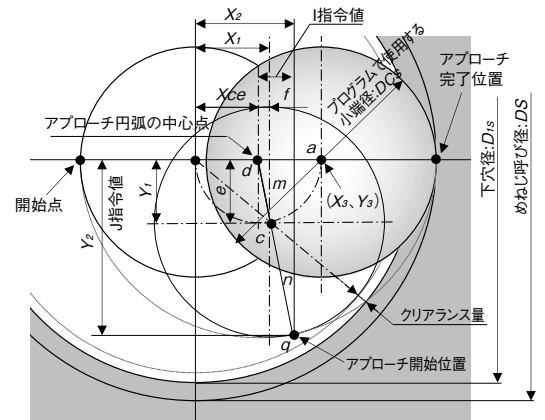
$$\begin{aligned} X_3 &= 2 \times Rce \\ Y_3 &= 0 \end{aligned} \dots\dots\dots (11.2.12)$$

Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

このアプローチ円弧とアプローチ開始位置の計算値により、工具中心でのアプローチのプログラムを作成することができます。

②刃先基準

刃先基準でのアプローチは平行めねじ同様、工具中心と指示方法が異なるだけで、同じ軌跡になり、図11.2.5のようになります。刃先基準でのアプローチ開始位置点(q)のX座標とY座標を求めるためには、平行めねじ同様に工具中心の座標値から相似図形の考え方を uses。



X_{ce} : Rce を小数点3桁に丸めたもの

[Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)]

d : ($X_{ce}, 0$)

c : (X_1, Y_1) アプローチ開始位置座標 (工具中心)

q : (X_2, Y_2) アプローチ開始位置座標 (刃先基準)

図11.2.5 テーパーめねじ加工時の刃先基準によるアプローチ

図11.2.5に示した刃先基準のアプローチ開始位置点(q)のX座標(X_2)、Y座標(Y_2)を求めるためには11.1.7式の考え方を uses。

相似図形の考え方を図11.2.5に当てはめると、図11.1.9における点(A)は点(d)、点(B)は点(c)、点(Q)は点(q)となります。また図11.2.5では、点 d 、 c 間のX方向の距離を(f)、Y方向の距離を(e)とします。これにより、(m)の長さは11.2.13式で求められます。

$$m = \sqrt{f^2 + e^2} \dots\dots\dots (11.2.13)$$

$$f = X_1 - X_{ce}$$

$$e = Y_1 - 0$$



そして、点*c*、*q*の距離 (*n*) はスレッドミルの外径の1/2になりますので、11.2.14式で求められます。

$$n = \frac{DCs}{2} \dots\dots\dots (11.2.14)$$

DCs：プログラムで使用する小端径 (mm)

そして、図11.1.9におけるX座標値 (*X_A*) は (*X_{CE}*)、(*X_B*) は (*X_I*)、Y座標値 (*Y_A*) は0、(*Y_B*) は (*Y_I*) となります。

これらの値と11.2.14式で求めた (*n*) の値を11.1.14式および11.1.15式へ代入することで、X座標 (*X₂*) は11.2.15式、Y座標 (*Y₂*) は11.2.16式より求められます。

・ X座標 (*X₂*)

$$(m+n) : m = (X_2 - X_{ce}) : f$$

$$X_2 = X_1 + \frac{n \times (X_1 - X_{ce})}{m}$$

$$= X_1 + \frac{DCs}{2} \times \frac{X_1 - X_{ce}}{\sqrt{(X_1 - X_{ce})^2 + Y_1^2}} \dots\dots (11.2.15)$$

・ Y座標 (*Y₂*)

$$(m+n) : m = Y_2 : e$$

$$Y_2 = Y_1 + \frac{n \times Y_1}{m}$$

$$= Y_1 + \frac{DCs}{2} \times \frac{Y_1}{\sqrt{(X_1 - X_{ce})^2 + Y_1^2}} \dots\dots (11.2.16)$$

$$Z \text{座標} = -1 \times (L_0 + P + Z_a) \dots\dots\dots (11.2.17)$$

P：ねじのピッチ (mm)

L₀：ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

Z_a：アプローチ時のZ軸移動距離 (mm)
(11.2.10式による)

図11.2.5により、刃先基準のアプローチ開始位置点 (*q*) からアプローチ時のI、J指令値は、次の式で求められます。

$$I = Rce - X_2 \dots\dots\dots (11.2.18)$$

$$J = -Y_2$$

Rce：工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

図11.2.5の刃先基準のアプローチ完了位置の座標値は次のようになります。

$$X \text{座標} = X_3 + \frac{DCs}{2} \dots\dots\dots (11.2.19)$$

$$Y \text{座標} = 0$$

X₃：工具中心のアプローチ完了位置のX座標 (mm)

DCs：プログラムで使用する小端径 (mm)

このようにして、アプローチに関する座標値、アプローチ円弧中心までの距離が求められ、刃先基準でのアプローチのプログラムを作成することができます。

(4) 本切削

アプローチが完了すると平行めねじ同様、本切削を行います。

平行めねじの場合、本切削はめねじの中心を回転中心として1周(1公転)しつつ、Z軸方向に+1ピッチ分移動することによりめねじを形成します。

管用テーパめねじの場合、スレッドミルの動きは「アルキメデスの螺旋」になります。しかし、対応しているNCが少ないため、当社では1周を4分割(1ピッチ間を4分割)し、半径を徐々に大きくすることで「擬似アルキメデスの螺旋」とし、管用テーパめねじを加工します。

その分割数に関して、当社にて8分割、16分割、32分割でも検証しましたが、4分割との差異が少なく、めねじの形状としても問題ないと判断したためNCプログラムツールでは4分割で設定をしています。

ここでは、工具中心での座標値で示します。刃先基準の座標値にするためには、工具中心で求めた座標値に対して、プログラムで使用する小端径(DCs)の1/2を加味することで求められます。

本切削で4分割される各区間の座標値の計算の考え方は全て同じですので、図11.2.6における最初の1/4区間の座標値の計算方法を示します。

1/4区間において、円弧の開始位置での工具中心X座標を(X_3)、完了位置でのY座標を(Y_4)とします。円弧の中心はめねじ中心からずれているため、(X_3)と(Y_4)は違う値になります。(X_3)はアプローチ完了位置の工具中心X座標になります。

(Y_4)は、1公転した時のX座標と(X_3)との差を1/4し、それを(X_3)に足した値になります(11.2.20式)。

(1/4区間本切削完了位置でのX座標は0)

$$Y_4 = X_3 + \frac{1 \text{公転時のX座標の差}}{4} \dots\dots\dots (11.2.20)$$

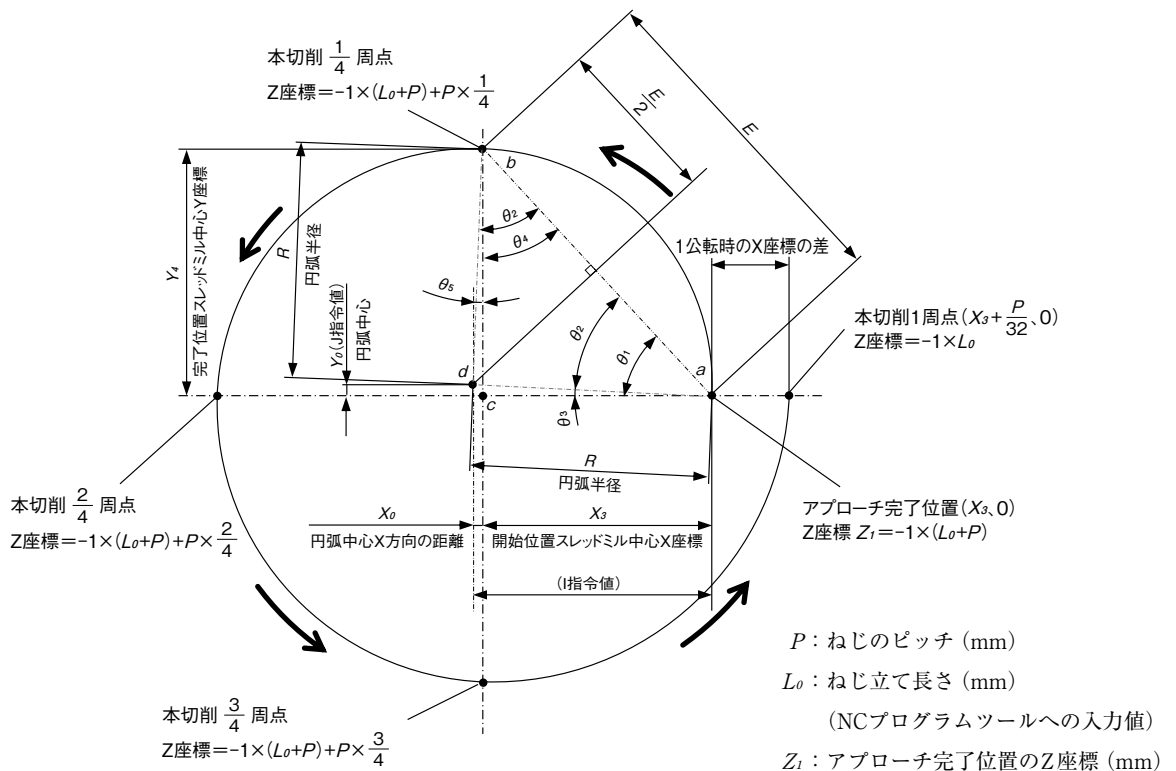


図11.2.6 管用テーパめねじ本切削の軌道



1公転した時のX座標の変化量は、テーパねじの1リード分の径変化量の半分(半径分)になります。

そのため、1/16テーパねじの場合、 Y_4 は次のように求められます。

$$Y_4 = X_3 + \frac{P}{16} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$$

$$= X_3 + \frac{P}{128} \dots\dots\dots (11.2.21)$$

P : ねじのピッチ (mm)

次に角度(θ_1)を求めます。開始位置点(a)と完了位置点(b)を直線で結ぶと、三角形 abc ができます。ここで、辺 ab 及び辺 ac で成される角度を(θ_1)とします。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{Y_4}{X_3} \right) \dots\dots\dots (11.2.22)$$

角度(θ_2)、(θ_3)を求めます。開始位置点(a)と完了位置点(b)および円弧中心(d)を結んだ三角形 abd において、(a)を頂点とする内角を(θ_2)とします。(θ_2)、(θ_3)は次のように求めることができます。

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{E/2}{R} \right) \dots\dots\dots (11.2.23)$$

$$\theta_3 = \theta_1 - \theta_2 \dots\dots\dots (11.2.24)$$

ここで、 E は三平方の定理により、

$$E = \sqrt{(X_3)^2 + (Y_4)^2} \dots\dots\dots (11.2.25)$$

で求められます。

また、円弧半径 R は1/4区間での円弧半径であり、(X_3)と(Y_4)の中央値をとるように設定しています。

$$R = \frac{X_3 + Y_4}{2} \dots\dots\dots (11.2.26)$$

次に、(θ_1)を求めた時と同様に、三角形 abc を作った時、辺 ab および辺 bc で成される角度を(θ_4)とすると、次のように求めることができます。

$$\theta_4 = \tan^{-1} \left(\frac{X_3}{Y_4} \right) \dots\dots\dots (11.2.27)$$

三角形 abd は等しい長さの2辺(R)を持つ二等辺三角形です。このため、点(a)と点(b)における内角は、(θ_2)になります。よって、(θ_5)は次の式で求められます。

$$\theta_5 = \theta_2 - \theta_4 \dots\dots\dots (11.2.28)$$

最後に、1/4区間のめねじ中心から円弧中心までの距離(X_0)、(Y_0)を求めます。これまでに求めた(θ_3)、(θ_5)および円弧半径(R)を用いることにより、次のように求めることができます。

$$X_0 = R \times \sin \theta_5 \dots\dots\dots (11.2.29)$$

$$Y_0 = R \times \sin \theta_3$$

この(X_0)と(Y_0)により、本切削開始位置から見た円弧中心までの距離(X軸方向、Y軸方向)は、次の式で求められます。

$$\text{X軸方向} = X_3 + X_0 \dots\dots\dots (11.2.30)$$

$$\text{Y軸方向} = Y_0$$

これまでの計算を1/4区間ごとに繰り返すことで、NC上の座標値等を算出することができます。

ただし、各座標値は「アルキメデスの螺旋」の区間によっては負の値になりますので、実際計算をする際には、今求めている値がどの区間(象限)のものかを十分注意する必要があります。

Z軸の移動距離は、1公転で1ピッチ移動するので、各1/4区間では1/4ピッチずつ変化します。アプローチ完了位置でのZ座標(Z_i)は、(ねじ立て長さ+1ピッチ)になります。Z軸はマイナス方向への移動距離となり、11.2.31式で求められます。

$$Z_i = -1 \times (L_0 + P) \dots\dots\dots (11.2.31)$$

L_0 : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

P : ねじのピッチ (mm)

本切削が1/4区間進むごとに、この値に1/4ピッチの長さを加えていけばよいことになります。

(5) リリース

リリースは基本的にアプローチと逆の動きをします。しかし、テーパねじは、X座標とY座標の数値が本切削開始位置と本切削完了位置で異なりますので、テーパめねじのリリースは、アプローチのX軸の線対称にはなりません。そのため、リリース完了位置の座標値を計算する必要があります。

リリース完了位置の座標値を計算するには、まず、本切削完了位置、つまり、ねじ立て長さ (L_0) の位置での計算で使用する下穴径 (D_{IS}')、めねじ谷の径 (D_S') をアプローチと同じように求めます。(D_{IS}') は11.2.32式、(D_S') は11.2.33式で求めることができます。

$$D_{IS}' = D_{IN} - \left(\frac{L_0}{16} \right) \dots\dots\dots (11.2.32)$$

$$D_S' = D - \left(\frac{L_0}{16} \right) \dots\dots\dots (11.2.33)$$

D_{IS}' : 計算で使用する下穴径 (mm)

D_{IN} : 実際の下穴径 (mm)

D_S' : 計算で使用するめねじ谷の径 (mm)

D : 基準径位置における谷の径 (mm)

L_0 : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

実際のリリースの動きは、アプローチと同様、①工具中心と②刃先基準を合わせて考えます。

①工具中心

工具中心のリリースの動きを図11.2.7に示します。その時のリリース円弧半径 (Rce') は11.2.34式になります。

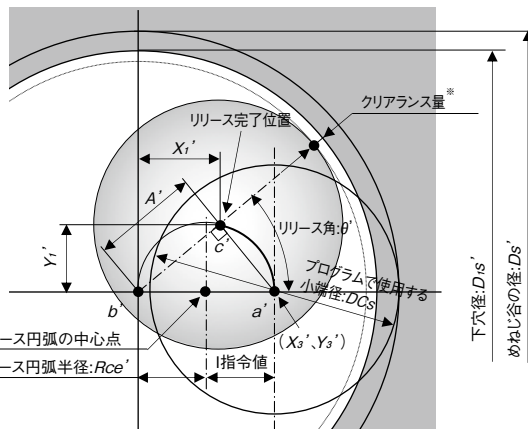
$$Rce' = \frac{D_S' - DCs}{4} \dots\dots\dots (11.2.34)$$

Rce' : 工具中心のリリース円弧半径

D_S' : 計算で使用するめねじ谷の径 (mm)

DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)

これにより、本切削の軌跡とリリースの軌跡が接円で繋がり、スムーズにリリースすることができます。



a' : (X_S' , Y_S') リリース開始位置 (工具中心)

b' : めねじ中心点

c' : (X_I' , Y_I') リリース完了位置座標 (工具中心)

図11.2.7 テーパめねじ加工時の工具中心によるリリース

そして、めねじ中心点 (b') と工具中心のリリース完了位置点 (c') までの距離 (A') は11.2.35式となります。

$$A' = \frac{D_{IS}' - DCs}{2} - (\text{クリアランス量}) \dots\dots (11.2.35)$$

A' : 点 b' 、 c' 間の移動距離 (mm)

D_{IS}' : 計算で使用する下穴径 (mm)

DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)

*クリアランス量は0.3mmを基準としていますが、ねじサイズとスレッドミル外径との組み合わせにより小さい場合があります。

アプローチの時と同様、三角形 $a' b' c'$ は直角三角形になりますので、リリース角 (θ') は11.2.36式で求められます。

$$\theta' = \cos^{-1} \left(\frac{A'}{2 \times Rce'} \right) \dots\dots\dots (11.2.36)$$

θ' : リリース角 ($^\circ$)

A' : 点 b' 、 c' 間の移動距離 (mm)

Rce' : 工具中心のリリース半径 (mm)

リリース角 (θ') を用いることにより、工具中心のリリース完了位置点 (c') のX座標 (X_I') とY座標 (Y_I') を求めることができます。



$$m' = \sqrt{(f')^2 + (e')^2} \quad \dots\dots\dots (11.242)$$

$$f' = X_1' - X_{ce}'$$

$$e' = Y_1' - 0$$

そして、点c'、q'間の距離(n')はスレッドミルの外径の1/2になりますので、11.243式で求められます。

$$n' = \frac{DCs}{2} \quad \dots\dots\dots (11.243)$$

そして、図11.1.9におけるX座標(XA)は(Xce')、XBは(X1')、Y座標値(YA)は0、(YB)は(Y1')となります。これらの値と11.243式で求めた(n')の値を、11.1.14式および11.1.15式へ代入することでX座標(X2')は11.244式、Y座標(Y2')は11.245式で求められます。

・ X座標(X2')

$$(m' + n') : m' = (X_2' - X_{ce}') : f'$$

$$X_2' = X_1' + \frac{n' \times (X_1' - X_{ce}')}{m'} \\ = X_1' + \frac{DCs}{2} \times \frac{X_1' - X_{ce}'}{\sqrt{(X_1' - X_{ce}')^2 + (Y_1')^2}} \quad \dots (11.244)$$

・ Y座標(Y2')

$$(m' + n') : m' = Y_2' : e'$$

$$Y_2' = Y_1' + \frac{n' \times Y_1'}{m'} \\ = Y_1' + \frac{DCs}{2} \times \frac{Y_1'}{\sqrt{(X_1' - X_{ce}')^2 + (Y_1')^2}} \quad \dots (11.245)$$

・ Z座標は、工具中心と同じになります(11.2.39式)。

図11.2.8より、刃先基準のリリース開始位置は本切削完了位置であり、X軸上になります。刃先基準のリリース開始位置のX座標は、11.2.40式で求めた工具中心のリリース開始位置点(a')の座標(X3'、Y3')にプログラムで使用する小端径(DCs)の半径分を加えた座標値になります。Y座標は0になります(11.2.46式)。

$$X \text{ 座標} = \left(X_3 + \frac{P}{32} \right) + \frac{DCs}{2} \quad \dots\dots\dots (11.246)$$

Y座標 = 0

X3 : アプローチ完了位置のX座標(工具中心)

P : ねじのピッチ(mm)

DCs : プログラムで使用する小端径(mm)

刃先基準のリリース開始位置の座標値からリリース時のI、J指令値は、次の式で求められます。

$$I = Rce' - \left\{ \left(X_3 + \frac{P}{32} \right) + \frac{DCs}{2} \right\} \quad \dots\dots\dots (11.247)$$

J = 0

Rce' : 工具中心のアプローチ円弧半径(mm)

X3 : アプローチ完了位置のX座標(工具中心)

P : ねじのピッチ(mm)

DCs : プログラムで使用する小端径(mm)

このリリース完了位置の計算による座標値、リリース円弧中心までの距離により、刃先基準でのリリースのプログラムを作成することができます。

(6) 加工開始位置に戻る

NCプログラムツールで作成される全てのプログラムでは、Z=0(ワーク端面)から+5mmの加工開始位置に戻るように設定されます(図11.2.9)。

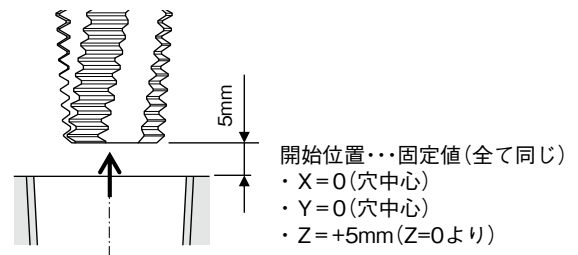


図11.2.9 加工開始位置

(7) レファレンス点への復帰(機械原点復帰)

Z軸を先行してレファレンス点へ復帰させます。これは、スレッドミルがレファレンス点へ復帰する際、ワークや治具との干渉によるトラブルを防ぐためです。

ここまでがスレッドミルによる管用テーパめねじの加工プログラム内容になります。



11.3 平行おねじ

代表的なねじ形状の平行おねじ（右ねじ）におけるNCプログラムの加工動作について説明します。

まず最初に、一連の加工動作を図11.3.1に示します。

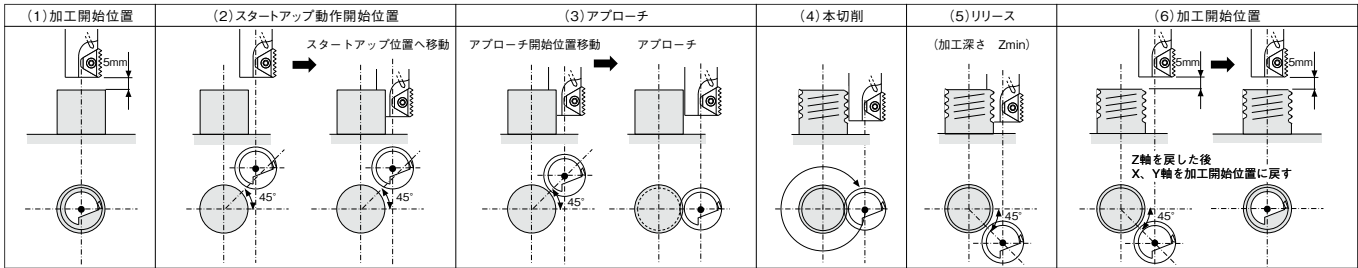
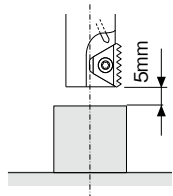


図11.3.1 平行おねじ（右ねじ）における一連の加工の流れ

スレッドミルでの加工は、工具寿命で有利なダウンカットでの加工を推奨しています。そのため右刃のスレッドミルで右ねじのおねじを加工する場合は、めねじと異なり、スレッドミルの動きは、上から下への動きになります。そのため、加工深さZminは、リリースが完了したZ座標になります。

(1) 加工開始位置

NCプログラムツールで作成される全てのプログラムでは、Z=0(ワーク端面) から+5mmの位置より加工開始するように設定されます(図11.3.2)。



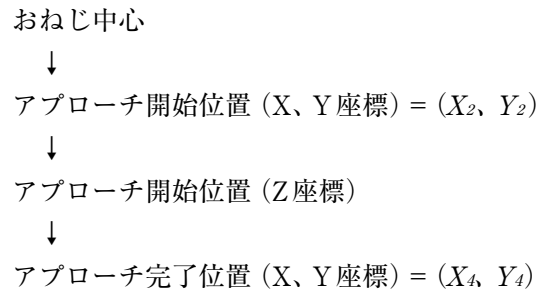
開始位置・・・固定値(全て同じ)
 ・ X=0(穴中心)
 ・ Y=0(穴中心)
 ・ Z=+5mm(Z=0より)

図11.3.2 平行おねじ加工時の加工開始位置

(2) スタートアップ動作開始位置

おねじを加工する場合、刃先基準で作成されたプログラムでのエラーの発生を回避するため、めねじ加工とは異なり、アプローチ開始位置へ移動する前に、スタートアップ動作開始位置を設定する必要があります。これは意図しない工具の動きやエラーの発生を回避するためです。

加工開始位置からアプローチ完了位置までの工具の動きは以下のようになります(図11.3.3)。



(X_1, Y_1): アプローチ開始位置座標 (工具中心)
 (X_2, Y_2): アプローチ開始位置座標 (刃先基準)
 (X_4, Y_4): アプローチ完了位置座標 (刃先基準)

図11.3.3 平行おねじ加工時の刃先基準によるアプローチ開始位置



この動きをさせるため、まずスレッドミルを図11.3.3の位置①に移動させ、次にZ軸の移動をします。その時、次の11.3.1のように工具径補正のNC指令をし、次にZ軸移動のNC指令を考えてしまいます。

G01 G41 X₂ Y₂ D01 (工具径補正のNC指令)
Z軸移動距離の数値 (Z軸移動) … (11.3.1)

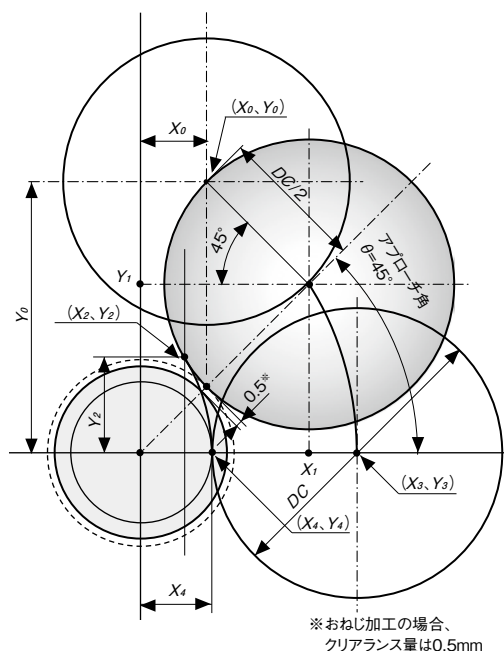
しかし、Z軸移動直前に工具径補正を入れると工具径補正が行われず、スレッドミルは位置②に移動してしまい、次のZ軸移動時に加工ワーク（おねじ）と衝突したり、「円弧半径差過大」エラーが発生し、機械が停止することがあります。

では、なぜこのような動き（エラーの発生）をするかということ、これは、工具径補正（G41）のNC指令をした次に、Z軸方向の指示をしたためです。

工具径補正は必ずNCプログラムの次の動きを先読みし、その動きの法線（接点において接線と直交する直線）方向に工具径補正をします。しかし（11.3.1）の場合、工具径補正のNC指令の次のNC指令がZ軸方向のみの移動指示で、XY平面上では全く動きません。そのため工具径補正が行われず、次の動きへ移行してしまうか、エラーとして表れます。これはNCの種類やバージョンによって異なるようです。

これを回避するため、おねじ中心からアプローチ開始位置へ移動する前に、一旦、別座標を経由するようにします。その座標値がスタートアップ動作開始位置になります。

スタートアップ動作開始位置のX座標（X₀）とY座標（Y₀）は、図11.3.4のように、アプローチ開始位置からX軸に対して45°の方向に、工具径の半径分移動した位置としています。これは座標値の計算がしやすく、アプローチ軌跡に対しても比較的スムーズに繋がられることを考慮した位置になります。



- DC：スレッドミル外径（mm）
 (X₀, Y₀)：スタートアップ動作開始位置座標
 (X₁, Y₁)：アプローチ開始位置座標（工具中心）
 (X₂, Y₂)：アプローチ開始位置座標（刃先基準）
 (X₃, Y₃)：アプローチ完了位置座標（工具中心）
 (X₄, Y₄)：アプローチ完了位置座標（刃先基準）

図11.3.4 平行おねじ加工時のアプローチ完了位置までのX、Y座標

スタートアップ動作開始位置のX座標（X₀）とY座標（Y₀）は、工具中心でのアプローチ開始位置のX座標（X₁）、Y座標（Y₁）を求めれば、簡単に算出することができます（11.3.2式）。

$$X_0 = X_1 - \frac{DC}{2} \times \cos 45^\circ$$

$$Y_0 = Y_1 + \frac{DC}{2} \times \sin 45^\circ$$

…… (11.3.2)

なお、工具中心の座標値であるX座標（X₁）、Y座標（Y₁）の求め方は次項の「(3) アプローチ」(P.57)で示します。

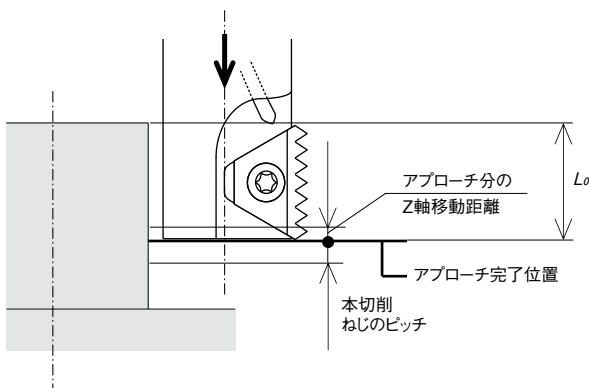


工具中心のプログラムであれば工具径補正を使用しないため、スタートアップ動作開始位置を設定する必要はありませんが、刃先基準のプログラムとの軌跡の整合性を図るため、NCプログラムツールで作成される工具中心のプログラムは同じスタートアップ動作開始位置座標を使用しています。

XY平面でスタートアップ動作開始位置に移動後、アプローチ開始位置のZ座標までマイナス方向に移動します。その後、アプローチ開始位置のX、Y座標へ移動します。

入力したねじ立て長さを確保するために、本切削完了時、Z座標が(ねじ立て長さ+1ピッチ)になるように設定されます。そのため、アプローチ完了位置のZ座標がNCプログラムツールに入力したねじ立て長さ(L_0)になります。

スレッドミルのZ座標のマイナス方向の動きを図11.3.5に示します。



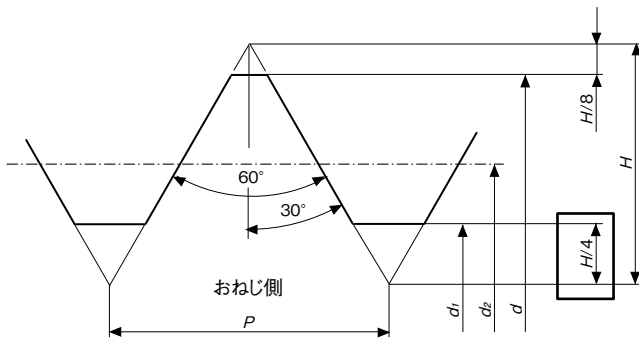
L_0 : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

図11.3.5 平行おねじ加工時のアプローチ完了位置

(3) アプローチ

おねじ加工におけるアプローチを考える上で、おねじ谷の径を設定する必要があります。図11.3.6におねじの山形を示します。



- d : おねじ外径 (呼び径)
- d_2 : おねじ有効径
- d_1 : おねじ谷の径
- H : とがり山の高さ
- P : ピッチ

図11.3.6 メートルおねじの山形

おねじ谷底の切取り高さは、おねじの基準山形では、 $(H/4)$ と規定されています。しかし、「JIS B 0209-1 11.谷底の形状」では $(H/6)$ が望ましいとの記述があるので、NCプログラムツールでは、おねじ谷底の切取り高さを $(H/6)$ として計算しています。

とがり山の高さ (H) は11.3.3式で求められ、おねじ谷の径 (d_1) は11.3.4式で求められます。

$$H = \frac{P}{2} \times \sqrt{3}$$

$$= 0.866025404 \times P \quad \dots\dots (11.3.3)$$

$$d_1 = d - \left(H - \frac{H}{8} - \frac{H}{6} \right) \times 2$$

$$= d - \left(\frac{17}{12} \times H \right) \quad \dots\dots (11.3.4)$$

- d_1 : 計算で使用するおねじ谷の径
- d : おねじ外径 (呼び径)
- H : とがり山の高さ
- P : ねじのピッチ

アプローチの動きを設定するためには、平行めねじと同様、アプローチ円弧とアプローチ開始位置点 (a) のX座標 (X_I) とY座標 (Y_I) を求める必要があります (図11.3.7)。

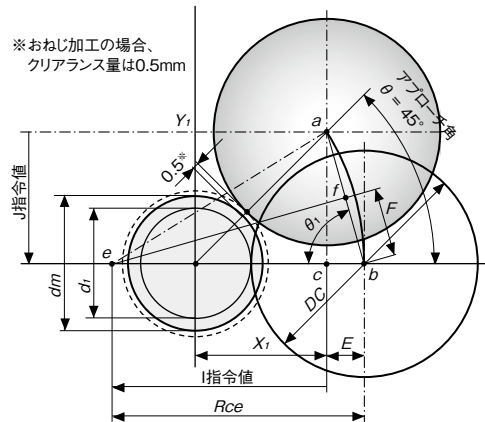
ここでも①工具中心と②刃先基準を合わせて考える必要があります。

①工具中心

工具中心のアプローチ開始位置点 (a) の座標値は、おねじ加工におけるアプローチ角 (θ) を 45° に設定していますので、11.3.5式で簡単に求めることができます。

$$X_I = \left(\frac{dm}{2} + \frac{DC}{2} + 0.5 \right) \times \cos 45^\circ \quad \dots\dots (11.3.5)$$

$$Y_I = \left(\frac{dm}{2} + \frac{DC}{2} + 0.5 \right) \times \sin 45^\circ$$



- R_{ce} : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)
- dm : 素材径 (mm)
- d_1 : 計算で使用するおねじ谷の径 (mm)
- DC : スレッドミル外径 (mm)
- a : アプローチ開始位置 (工具中心)
- b : アプローチ完了位置 (工具中心)
- e : アプローチ円弧中心点

図11.3.7 平行おねじ加工時の工具中心によるアプローチ



次にアプローチにおけるZ軸方向の移動距離を求めます。

平行おねじを右刃のスレッドミルでダウンカットにて加工する場合、Z軸はマイナス方向へ動きながら加工していきます。

そのため、アプローチにおいてもZ軸のマイナス方向への動きとなります(図11.3.8)。

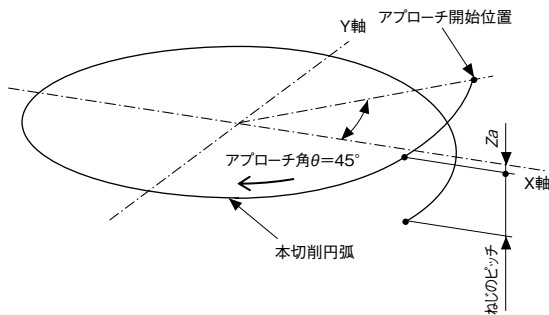


図11.3.8 平行おねじ加工時のアプローチと本切削のZ軸の動き

アプローチのZ軸移動距離 (Z_a) は、アプローチ角 (θ) が 45° のため、11.3.6式で求めることができます。

$$Z_a = P \times \frac{45}{360} = \frac{P}{8} \quad \dots\dots\dots (11.3.6)$$

P : ねじのピッチ

また、アプローチ完了位置におけるZ座標はNCプログラムツールに入力したねじ立て長さとしてしますので、アプローチ開始位置のZ座標は、11.3.7式となります。

$$Z \text{座標} = -1 \times (L_o - Z_a) = -L_o + Z_a \quad \dots\dots\dots (11.3.7)$$

L_o : ねじ立て長さ (mm)
(NCプログラムツールへの入力値)

次に、工具中心のアプローチ円弧半径 (R_{ce}) を求めます。

まず、図11.3.7より直角三角形 abc を考えることにより、(E) の距離は11.3.8式、角度 (θ_1) は11.3.9式で求められます。

$$E = \left(\frac{DC}{2} + \frac{d_1}{2} \right) - X_1 \quad \dots\dots\dots (11.3.8)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{Y_1}{E} \right) \quad \dots\dots\dots (11.3.9)$$

そして (F) の距離を求めます。アプローチ円弧中心 (e) から辺 ab の中点 (f) に線を引くと、直角三角形 bef ができます。辺 bf の長さ (F) は、辺 ab の $1/2$ であるため、(F) の距離は11.3.10式で求められます。

$$F = \left(\frac{E}{\cos \theta_1} \right) \div 2 \quad \dots\dots\dots (11.3.10)$$

求めた (F) の距離と角度 (θ_1) を用いることにより、三角形 bef において、アプローチ円弧半径 (R_{ce}) を11.3.11式で求めることができます。

$$R_{ce} = \frac{F}{\cos \theta_1} \quad \dots\dots\dots (11.3.11)$$

アプローチ開始位置点 (a) の座標 (X_1, Y_1) からアプローチ時のI、J指令値は、次の式で求められます。

$$I = -1 \times (R_{ce} - E) \quad \dots\dots\dots (11.3.12)$$

$$J = -1 \times Y_1$$

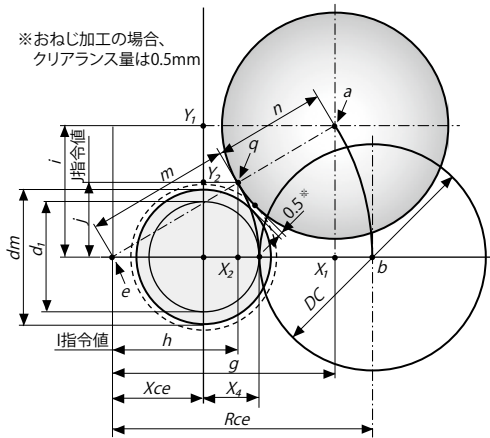
このアプローチ円弧とアプローチ開始位置の計算による座標値により、工具中心でのアプローチのプログラムを作成することができます。

② 刃先基準

刃先基準はめねじ加工と同様、工具中心と指示方法が異なるだけで、工具の動きは同じです。

刃先基準でのアプローチ開始位置の座標値の計算方法を次に示します。基本的にはめねじ加工と同様に相似図形の考え方を用いて求めることができます。

ただし、おねじ加工の場合、めねじ加工と一部の符号が異なる点がありますので注意が必要です。



R_{ce} : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

dm : 素材径 (mm)

d_i : 計算で使用するおねじ谷の径 (mm)

DC : スレッドミル外径 (mm)

図11.3.9 平行おねじ加工時の刃先基準のアプローチ

図11.3.9に刃先基準のアプローチを示します。

- ・アプローチ円弧中心を点 (e)
- ・工具中心のアプローチ開始位置を点 (a)
- ・刃先基準のアプローチ開始位置を点 (q)

とすると、それぞれの座標値は次のようになります。

点 (e) の座標は $(X_{ce}, 0)$ となるため、 (X_{ce}) の値は負の値になり、11.3.13式になります。

$$X_{ce} = \frac{d_i}{2} + \frac{DC}{2} - R_{ce} \quad \dots\dots\dots (11.3.13)$$

点 (a) の座標は (X_1, Y_1) 、点 (q) の座標は (X_2, Y_2) となります。

そして、

- ・点 e、q 間の距離を (m)
- ・点 q、a 間の距離を (n)
- ・(m) を X 軸、Y 軸方向に分解したものを (h)、(j)
- ・($m+n$) を X 軸、Y 軸方向分解したものを (g)、(i)

とします。それぞれの値は次の式で表されます。

$$m = \sqrt{h^2 + j^2}$$

$$= \sqrt{g^2 + i^2} - n \quad \dots\dots\dots (11.3.14)$$

$$n = \frac{DC}{2} \quad \dots\dots\dots (11.3.15)$$

$$m + n = \sqrt{g^2 + i^2} \quad \dots\dots\dots (11.3.16)$$

$$g = X_1 - X_{ce} \quad \dots\dots\dots (11.3.17)$$

$$h = X_2 - X_{ce} \quad \dots\dots\dots (11.3.18)$$

$$i = Y_1 \quad \dots\dots\dots (11.3.19)$$

$$j = Y_2 \quad \dots\dots\dots (11.3.20)$$

相似図形の考え方をを用いることにより、刃先基準のアプローチ開始位置の X 座標 (X_2)、Y 座標 (Y_2) は 11.1.18 式、11.1.19 式を用いることで次の通り求められます。

・ X 座標 (X_2)

$$(m+n) : m = g : h$$

$$X_2 = X_1 - \frac{DC}{2} \times \frac{X_1 - X_{ce}}{\sqrt{(X_1 - X_{ce})^2 + Y_1^2}} \quad \dots (11.3.21)$$

・ Y 座標 (Y_2)

$$(m+n) : m = i : j$$

$$Y_2 = Y_1 - \frac{DC}{2} \times \frac{Y_1}{\sqrt{(X_1 - X_{ce})^2 + Y_1^2}} \quad \dots (11.3.22)$$

アプローチ開始位置点 (q) の座標 (X_2, Y_2) からアプローチ時の I、J 指令値は、次の式で求められます。

$$I = -1 \times (X_2 - X_{ce}) \quad \dots\dots\dots (11.3.23)$$

$$J = -Y_2$$



次にアプローチにおけるZ軸方向の移動距離を求めます。

Z軸方向の移動距離の求め方は工具中心と同じ考え方で求められます(図11.3.8)。

アプローチのZ軸移動距離 (Z_a)

$$Z_a = P \times \frac{45}{360}$$

$$= \frac{P}{8} \quad \dots\dots\dots (11.3.24)$$

P : ねじのピッチ (mm)

アプローチ開始位置のZ座標

$$Z \text{座標} = -1 \times (L_o - Z_a)$$

$$= -L_o + Z_a \quad \dots\dots\dots (11.3.25)$$

L_o : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

このアプローチ開始位置の計算による座標値により、刃先基準でのアプローチのプログラムを作成することができます。

(4) 本切削

平行おねじの本切削は、平行めねじと同様におねじの中心を回転中心として1周(1公転)しつつ、Z軸が1ピッチ分移動します。

右刃のスレッドミルがダウンカットで加工する場合、Z軸の移動方向は平行めねじと異なり、マイナス方向になります。また、公転方向は時計回りとなります。

1周後のXY座標は、アプローチ完了位置の座標値と同じになります。

これにより、おねじを形成することができます(図11.3.8)。

(5) リリース(加工深さ Z_{min})

平行おねじのリリースは平行めねじと同様、アプローチと逆の動きとなり、アプローチに対してX軸の線対称になります。

そのため、リリース完了位置の座標値はアプローチ開始位置の座標値の符号を変えるだけで求められます。リリース円弧中心はアプローチ円弧中心と同じ座標値になります。

本切削完了位置からリリース時のI、J指令値は次の式で求められます。

・工具中心

$$I = -Rce \quad J = 0 \quad \dots\dots\dots (11.3.26)$$

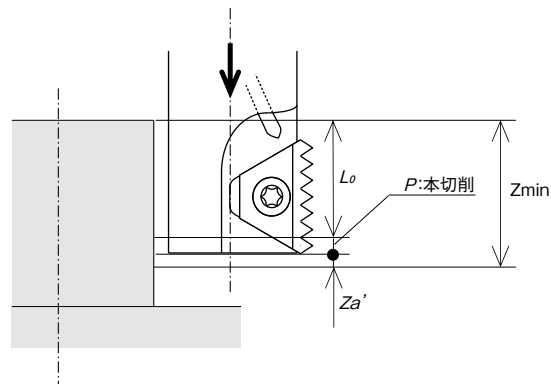
・刃先基準

$$I = -Rce + \frac{DC}{2} \quad J = 0 \quad \dots\dots\dots (11.3.27)$$

DC : スレッドミル外径 (mm)

Rce : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

そして、リリース完了位置のZ座標がおねじ加工における加工深さ (Z_{min}) になり(図11.3.10)、11.3.29式で求めることができます。



Z_{min} : 加工深さ (mm)

L_o : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

P : ねじのピッチ (mm)

Za' : リリース時のZ軸移動距離 (mm)

図11.3.10 平行おねじ加工時のリリース完了位置



$$Za' = P \times \frac{45}{360}$$

$$= \frac{P}{8} \dots\dots\dots (11.3.28)$$

$$Zmin = -1 \times (Lo + P + Za') \dots\dots\dots (11.3.29)$$

Zmin : 加工深さ (mm)

Lo : ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

P : ねじのピッチ (mm)

Za' : リリース時のZ軸移動距離 (mm)

(6) 加工開始位置に戻る

めねじ加工同様、NCプログラムツールで作成される全てのプログラムでは、Z = 0 (ワーク端面) から + 5mmの加工開始位置に戻るよう設定されます。ただし、加工されたおねじに干渉しないようにするため、先にZ軸を戻した後、X、Y軸を戻します (図11.3.11)。

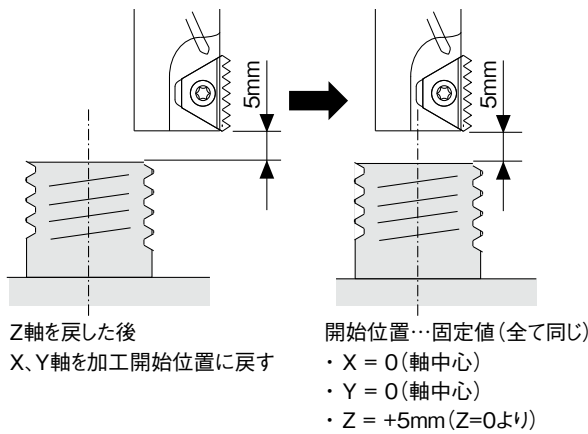


図11.3.11 加工開始位置

(7) レファレンス点への復帰 (機械原点復帰)

Z軸を先行してレファレンス点へ復帰させます。これは、スレッドミルがレファレンス点へ復帰する際、ワークや治具との干渉によるトラブルを防ぐためです。

ここまでの、平行おねじの加工プログラム内容になります。

11.4 管用テーパおねじ

管用テーパおねじを加工する場合のスレッドミルの動きは、管用テーパめねじと同様の「アルキメデスの螺旋」になります。おねじ加工をダウンカットで行う場合、中心からの距離は回転角に比例して大きくなります (図11.4.1)。

管用テーパおねじの加工におけるアプローチ等の計算は、基本的に平行おねじと同じ考え方になります。

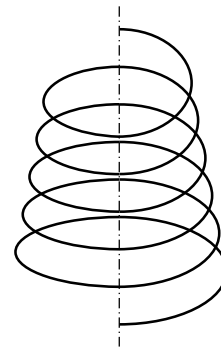


図 11.4.1 管用テーパおねじのアルキメデスの螺旋

(1) 加工開始位置

管用テーパおねじを加工するプログラムは、全てのプログラム同様、Z=0 (ワーク端面) から + 5mmの位置より加工開始するよう設定されます (図11.4.2)。

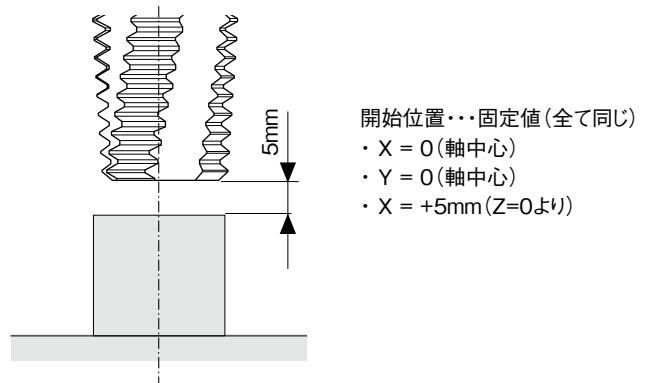


図 11.4.2 テーパおねじ加工時の加工開始位置

プログラムに必要な値を求めるためのスレッドミルの外径は、管用テーパめねじの加工同様、小端径を用いますが、加工工程によっては、大端径 (呼び径) で X座標、Y座標を計算しますので注意が必要です。



(2) スタートアップ動作開始位置

管用テーパおねじを加工する場合も平行おねじを加工する時と同様、刃先基準で作成されたプログラムでのエラーの発生を回避するため、アプローチ開始位置へ移動する前に、スタートアップ動作開始位置を設定する必要があります。

スタートアップ動作開始位置の座標値の計算には、プログラムで使用する小端径(DCs)を用います。(DCs)を求める式は、11.2.3式と同様、11.4.3式で求められます。

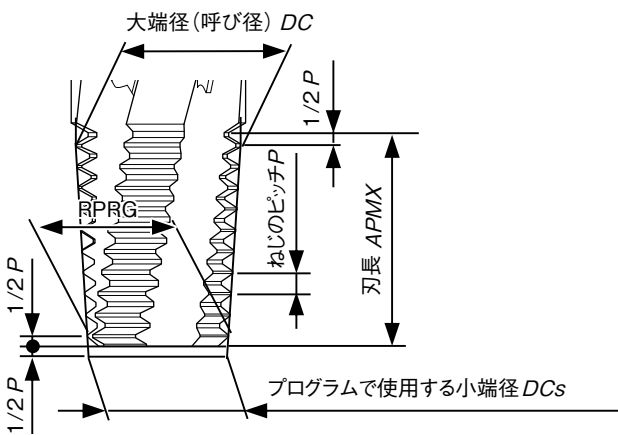


図 11.4.3 プログラム上の小端径

$$P = \frac{25.4}{\text{ねじ山数}} \quad \dots\dots\dots (11.4.1)$$

$$\text{刃長 APMX} = P \times \text{刃長間の山数} \quad \dots\dots\dots (11.4.2)$$

$$DCs = DC - \left(\frac{APMX}{16} \right) \quad \dots\dots\dots (11.4.3)$$

DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)

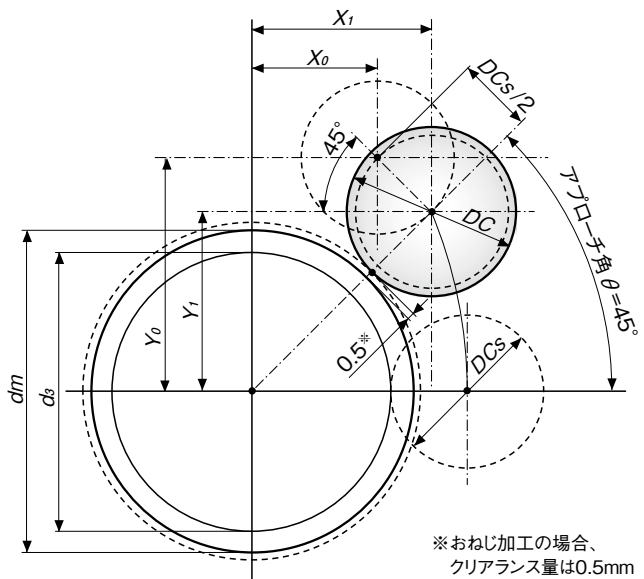
DC : 大端径 (mm)

P : ねじのピッチ

APMX : 刃長 (mm)

スタートアップ動作開始位置のX座標 (X_0) とY座標 (Y_0) は、平行おねじと同様、図11.4.4のように、アプローチ開始位置からX軸に対して45°の方向に(DCs)の半径分移動した位置としています。

スタートアップ動作開始位置のX座標 (X_0) とY座標 (Y_0) は、工具中心でのアプローチ開始位置のX座標 (X_1)、Y座標 (Y_1) を求めれば、簡単に算出することができます (11.4.4式)。



DC : 大端径 (呼び径) (mm)

DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)

dm : 素材径 (mm)

d_s : ねじ立て長さ L_0 位置での谷の径 (mm)

(L_0 はNCプログラムツールへの入力値)

(X_0, Y_0) : スタートアップ動作開始位置座標

(X_1, Y_1) : アプローチ動作開始位置座標 (工具中心)

図 11.4.4 テーパおねじ加工時のスタートアップ動作開始位置

$$X_0 = X_1 - \frac{DCs}{2} \times \cos 45^\circ \quad \dots\dots\dots (11.4.4)$$

$$Y_0 = Y_1 + \frac{DCs}{2} \times \sin 45^\circ$$

なお、工具中心の座標値であるX座標 (X_1)、Y座標 (Y_1) の求め方は次項の「(3) アプローチ」(P.63) で示します。

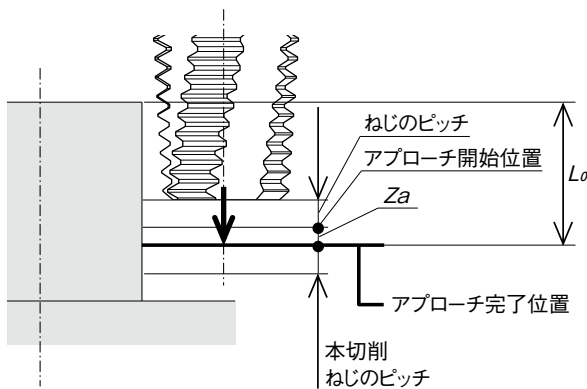
平行おねじと同様、工具中心のプログラムであれば工具径補正を使用しないため、スタートアップ動作開始位置を設定する必要はありませんが、刃先基準のプログラムとの軌跡の整合性を図るため、NCプログラムツールで作成される工具中心のプログラムは同じスタートアップ動作開始位置の座標値を使用しています。



XY平面でスタートアップ動作開始位置に移動後、アプローチ開始位置のZ座標までマイナス方向に移動します。その際、Z軸座標はアプローチ開始位置から1ピッチ手前の座標値を経由し、その後アプローチ開始位置に移動します。

めねじ加工と同様、入力したねじ立て長さを確保するために、本切削完了後、Z座標が(ねじ立て長さ+1ピッチ)になるように設定されます。そのため、アプローチ完了位置のZ座標がNCプログラムツールに入力したねじ立て長さ (L_0) になります。

スレッドミルのZ座標のマイナス方向の動きを図11.4.5に示します。



L_0 : ねじ立て長さ (mm)
(NCプログラムツールへの入力値)
 Z_a : アプローチのZ軸移動距離 (mm)

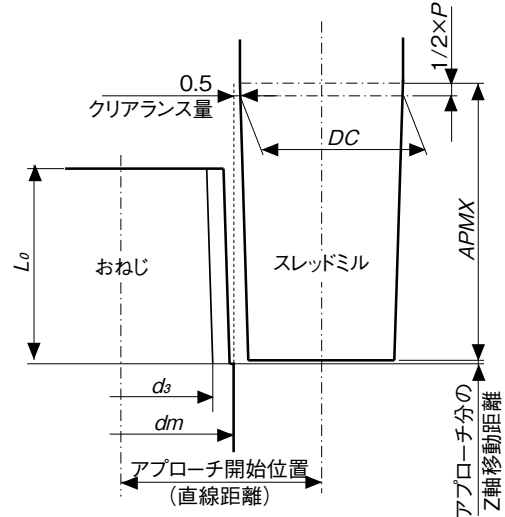
図 11.4.5 テーパーおねじ加工時のZ軸アプローチ完了位置

(3) アプローチ

テーパーおねじのアプローチは、平行おねじ同様、スレッドミルがアプローチ開始位置から本切削加工位置まで円弧切削しながら徐々に切込んでいきます。

素材径 (dm) は、一般的に用いられるストレート形状としています。また、工具径は大端径 (DC) を用います。

これは、図11.4.6のように、スレッドミルがアプローチ開始位置に移動した際、素材との干渉を避けるためです(管用テーパーおねじは管端の方が外径が小さい)。



DC : 大端径(呼び径) (mm)
 $APMX$: 刃長 (mm)
 L_0 : ねじ立て長さ (mm)
(NCプログラムツールへの入力値)
 dm : 素材径 (mm)
 d_s : ねじ立て長さ L_0 位置での谷の径 (mm)
(L_0 はNCプログラムツールへの入力値)

図 11.4.6 テーパーおねじ加工時のアプローチ開始位置におけるスレッドミル位置関係

そして、アプローチの動きを設定するためには、平行おねじと同様、アプローチ円弧とアプローチ開始位置のX座標 (X_I) とY座標 (Y_I) を求める必要があります。ここでも①工具中心と②刃先基準を合わせて考える必要があります。

①工具中心

工具中心のアプローチ開始位置点 (a) の座標値は、スレッドミルの大端径(呼び径) (DC)、素材径 (dm)、クリアランス量0.5mm、アプローチ角 45° を用いて11.4.5式で簡単に求めることができます。

$$X_I = \left(\frac{dm}{2} + \frac{DC}{2} + 0.5 \right) \times \cos 45^\circ \dots\dots\dots (11.4.5)$$

$$Y_I = \left(\frac{dm}{2} + \frac{DC}{2} + 0.5 \right) \times \sin 45^\circ$$



Z座標は、平行おねじと同じ考え方で求められます(図11.3.8)。アプローチにおけるZ軸移動距離を求めます。

アプローチのZ軸移動距離 (Za)

$$Za = P \times \frac{45}{360} \dots\dots\dots (11.4.6)$$

$$= \frac{P}{8}$$

P: ねじのピッチ(mm)

アプローチ開始位置のZ座標

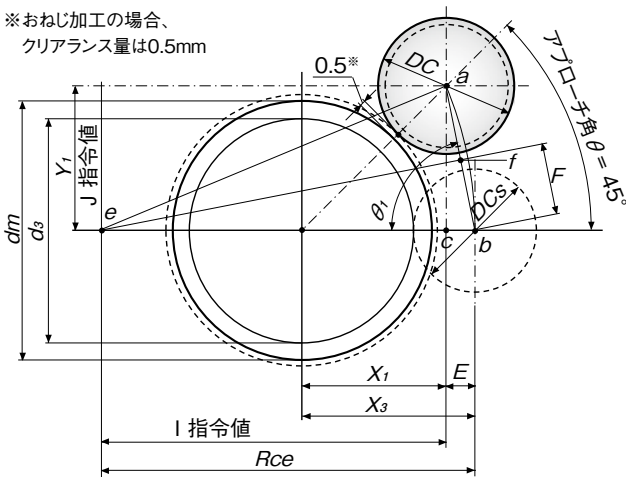
$$Z \text{座標} = -1 \times (L_0 - Za) \dots\dots\dots (11.4.7)$$

$$= -L_0 + Za$$

L₀: ねじ立て長さ (mm)

(NCプログラムツールへの入力値)

※おねじ加工の場合、
クリアランス量は0.5mm



Rce: 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)

dm: 素材径 (mm)

d₃: ねじ立て長さL₀位置での谷の径 (mm)

(L₀はNCプログラムツールへの入力値)

DC: 大端径 (呼び径) (mm)

DCs: プログラムで使用する小端径 (mm)

図 11.4.7 テーパーおねじ加工時の工具中心によるアプローチ

次に、工具中心のアプローチ円弧半径 (Rce) を求めます。平行おねじと同様に、図11.4.7の直角三角形 abc を用います。

ねじ立て長さ (L₀) 位置での谷の径 (d₃) は11.4.8式となるため、(E) の距離は11.4.9式、角度 (θ₁) は11.4.10式で求められます。

$$d_3 = d_1 + \frac{L_0 - \ell}{16} \dots\dots\dots (11.4.8)$$

d₃: ねじ立て長さL₀位置での谷の径 (mm)

L₀: ねじ立て長さ (NCプログラムツールへの入力値) (mm)

d₁: 基準径位置のおねじ谷の径 (mm)

ℓ: おねじ管端から基準径位置までの長さ (mm)

(JISでは記号aで示されています)

$$E = \left(\frac{DCs}{2} + \frac{d_3}{2} \right) - X_1 \dots\dots\dots (11.4.9)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{Y_1}{E} \right) \dots\dots\dots (11.4.10)$$

そして、(F) の距離は11.4.11式により求め、角度 (θ₁) を用いることによりアプローチ円弧半径 (Rce) を11.4.12式で求めることができます。

$$F = \left(\frac{E}{\cos \theta_1} \right) \div 2 \dots\dots\dots (11.4.11)$$

$$Rce = \frac{F}{\cos \theta_1} \dots\dots\dots (11.4.12)$$

アプローチ完了位置のX座標 (X₃) は、11.4.13式で求められます。

$$X_3 = \frac{d_3}{2} + \frac{DCs}{2} \dots\dots\dots (11.4.13)$$

X₃: アプローチ完了位置X座標 (mm)

d₃: ねじ立て長さL₀位置での谷の径 (mm)

(L₀はNCプログラムツールへの入力値)

DCs: プログラムで使用する小端径 (mm)

アプローチ開始位置点 (a) の座標 (X₁, Y₁) からアプローチ時のI, J指令値は、次の式で求められます。

$$I = -1 \times (Rce - E) \dots\dots\dots (11.4.14)$$

$$J = -1 \times Y_1$$

このアプローチ円弧、アプローチ開始位置、アプローチ完了位置の計算による座標値により、工具中心でのアプローチのプログラムを作成することができます。

②刃先基準

刃先基準は他の加工と同様、工具中心と指示方法が異なるだけで、工具の動きは同じです。

刃先基準でのアプローチ開始位置の座標値の計算方法を示します。基本的には、相似図形の考え方を採用することができます。

管用テーパおねじ加工の場合、基本的に平行おねじ加工と同じ計算式となりますが、プログラムで使用する工具径が小端径 (DCs) となる点に注意が必要です。

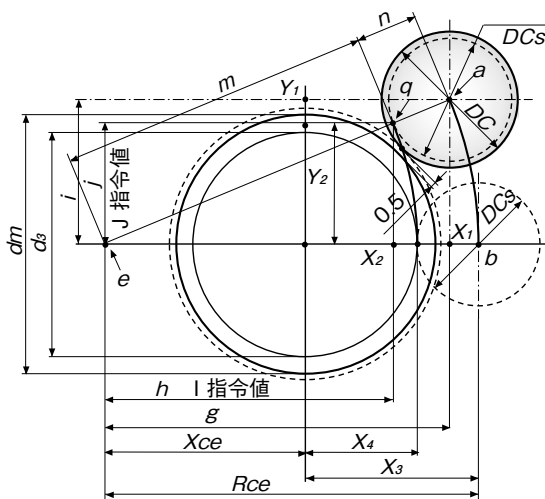
図11.4.8に刃先基準のアプローチを示します。

- ・アプローチ円弧中心を点 (e)
- ・工具中心のアプローチ開始位置を点 (a)
- ・刃先基準のアプローチ開始位置を点 (q)

とすると、それぞれの座標値は次のようになります。

点 (e) の座標は $(X_{ce}, 0)$ となるため、 (X_{ce}) の値は負の値になり、11.4.15式になります。

$$X_{ce} = \frac{d_3}{2} + \frac{DCs}{2} - R_{ce} \dots\dots\dots (11.4.15)$$



- R_{ce} : 工具中心のアプローチ円弧半径 (mm)
- dm : 素材径 (mm)
- d_3 : ねじ立て長さ L_0 位置での谷の径 (mm)
(L_0 は NC プログラム ツール への 入力 値)
- DC : 大端径 (呼び径) (mm)
- DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)

図 11.4.8 テーパおねじ加工時の刃先基準によるアプローチ

点 (a) の座標は (X_1, Y_1) 、点 (q) の座標は (X_2, Y_2) となります。

そして平行おねじ同様、

- ・点 e、q 間の距離を (m)
 - ・点 q、a 間の距離を (n)
 - ・(m) を X 軸、Y 軸方向に分解したものを (h)、(j)
 - ・(m + n) を X 軸、Y 軸方向分解したものを (g)、(i)
- とします。それぞれの値は次の式で表されます。

$$m = \sqrt{h^2 + j^2} \\ = \sqrt{g^2 + i^2} - n \dots\dots\dots (11.4.16)$$

$$n = \frac{DCs}{2} \dots\dots\dots (11.4.17)$$

$$m + n = \sqrt{g^2 + i^2} \dots\dots\dots (11.4.18)$$

$$g = X_1 - X_{ce} \dots\dots\dots (11.4.19)$$

$$h = X_2 - X_{ce} \dots\dots\dots (11.4.20)$$

$$i = Y_1 \dots\dots\dots (11.4.21)$$

$$j = Y_2 \dots\dots\dots (11.4.22)$$

相似図形の考え方を採用することにより、刃先基準のアプローチ開始位置点 (q) の X 座標 (X_2) 、Y 座標 (Y_2) は 11.1.18 式、11.1.19 式を採用することで次の通り求められます。

- ・ X 座標 (X_2)

$$(m + n) : m = g : h \\ X_2 = X_1 - \frac{DCs}{2} \times \frac{X_1 - X_{ce}}{\sqrt{(X_1 - X_{ce})^2 + Y_1^2}} \dots\dots (11.4.23)$$

- ・ Y 座標 (Y_2)

$$(m + n) : m = i : j \\ Y_2 = Y_1 - \frac{DCs}{2} \times \frac{Y_1}{\sqrt{(X_1 - X_{ce})^2 + Y_1^2}} \dots\dots (11.4.24)$$



刃先基準のアプローチ完了位置のX座標 (X_4) は、
11.4.25式で求められます。

$$X_4 = \frac{d_3}{2} \dots\dots\dots (11.4.25)$$

X_4 : アプローチ完了位置X座標 (mm)
 d_3 : ねじ立て長さ L_0 位置での谷の径 (mm)
 (L_0 はNCプログラムツールへの入力値)

刃先基準のアプローチ開始位置点 (q) の座標 (X_2 、 Y_2) からアプローチ時のI、J指令値は、次の式で求められます。

$$\begin{aligned} I &= -1 \times (X_2 - X_{ce}) \\ J &= -Y_2 \end{aligned} \dots\dots\dots (11.4.26)$$

X_{ce} : 11.4.15式による

Z座標は、平行おねじと同じ考え方で求められます (図11.3.8)。アプローチにおけるZ軸移動距離を求めます。

アプローチのZ軸移動距離 (Z_a)

$$\begin{aligned} Z_a &= P \times \frac{45}{360} \\ &= \frac{P}{8} \end{aligned} \dots\dots\dots (11.4.27)$$

P : ねじのピッチ (mm)

アプローチ開始位置のZ座標

$$\begin{aligned} Z \text{座標} &= -1 \times (L_0 - Z_a) \\ &= -L_0 + Z_a \end{aligned} \dots\dots\dots (11.4.28)$$

L_0 : ねじ立て長さ (mm)
 (NCプログラムツールへの入力値)

このアプローチ開始位置の計算による座標値により、刃先基準でのアプローチのプログラムを作成することができます。

(4) 本切削

アプローチが完了すると平行おねじ同様、本切削を行います。

管用テーパおねじを加工する場合、管用テーパめねじを加工するのと同様、スレッドミルの動きは「アルキメデスの螺旋」となり、1周を4分割 (1ピッチ間を4分割) し、半径を徐々に大きくすることで「擬似アルキメデスの螺旋」とし、管用テーパおねじを加工します。

右刃のスレッドミルでダウンカットで加工する場合、テーパめねじの本切削の公転方向は反時計回りになりますが、テーパおねじの場合は時計回りになります。

公転方向が異なるものの、座標値の計算方法は管用テーパめねじと同様になりますので、詳細は「11.2管用テーパめねじ (4) 本切削」(P.49) を参照してください。

・座標値の計算

ここでは、工具中心での座標値で示します。刃先基準の座標値にするためには、工具中心で求めた座標値に対して、プログラムで使用する小端径 (DC_s) の1/2を加味することで求められます。

また、本切削の各区間における座標値の計算の考え方は同じですので、最初の1/4区間における座標値の計算方法を示します。 (X_3) は工具中心でのアプローチ完了位置であり、本切削開始位置のX座標になります。 (Y_5) は工具中心での本切削最初の1/4区間の完了位置のY座標になります。



・座標値の計算式 (工具中心)

X_3 : 本切削開始位置のX座標

(工具中心のアプローチ完了位置のX座標)

Y_5 : 本切削最初の1/4区間の完了位置のY座標

$$Y_5 = -1 \times \left(X_3 + \frac{1 \text{公転時のX座標の差}}{4} \right)$$

$$= -1 \times \left(X_3 + \frac{P}{128} \right) \dots\dots\dots (11.429)$$

P : ねじのピッチ (mm)

円弧半径 R : X_3 と Y_5 の中央値

$$R = \frac{X_3 + Y_5}{2} \dots\dots\dots (11.430)$$

$$E = \sqrt{(X_3)^2 + (Y_5)^2} \dots\dots\dots (11.431)$$

おねじ中心からの円弧中心までの距離

$$X_a = R \times \sin \theta_5 \dots\dots\dots (11.432)$$

$$Y_a = R \times \sin \theta_3 \dots\dots\dots (11.433)$$

X_a : X軸方向の距離 (mm)

Y_a : Y軸方向の距離 (mm)

必要な角度の計算式

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{Y_5}{X_3} \right) \dots\dots\dots (11.434)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{E/2}{R} \right) \dots\dots\dots (11.435)$$

$$\theta_3 = \theta_1 - \theta_2 \dots\dots\dots (11.436)$$

$$\theta_4 = \tan^{-1} \left(\frac{X_3}{Y_5} \right) \dots\dots\dots (11.437)$$

$$\theta_5 = \theta_2 - \theta_4 \dots\dots\dots (11.438)$$

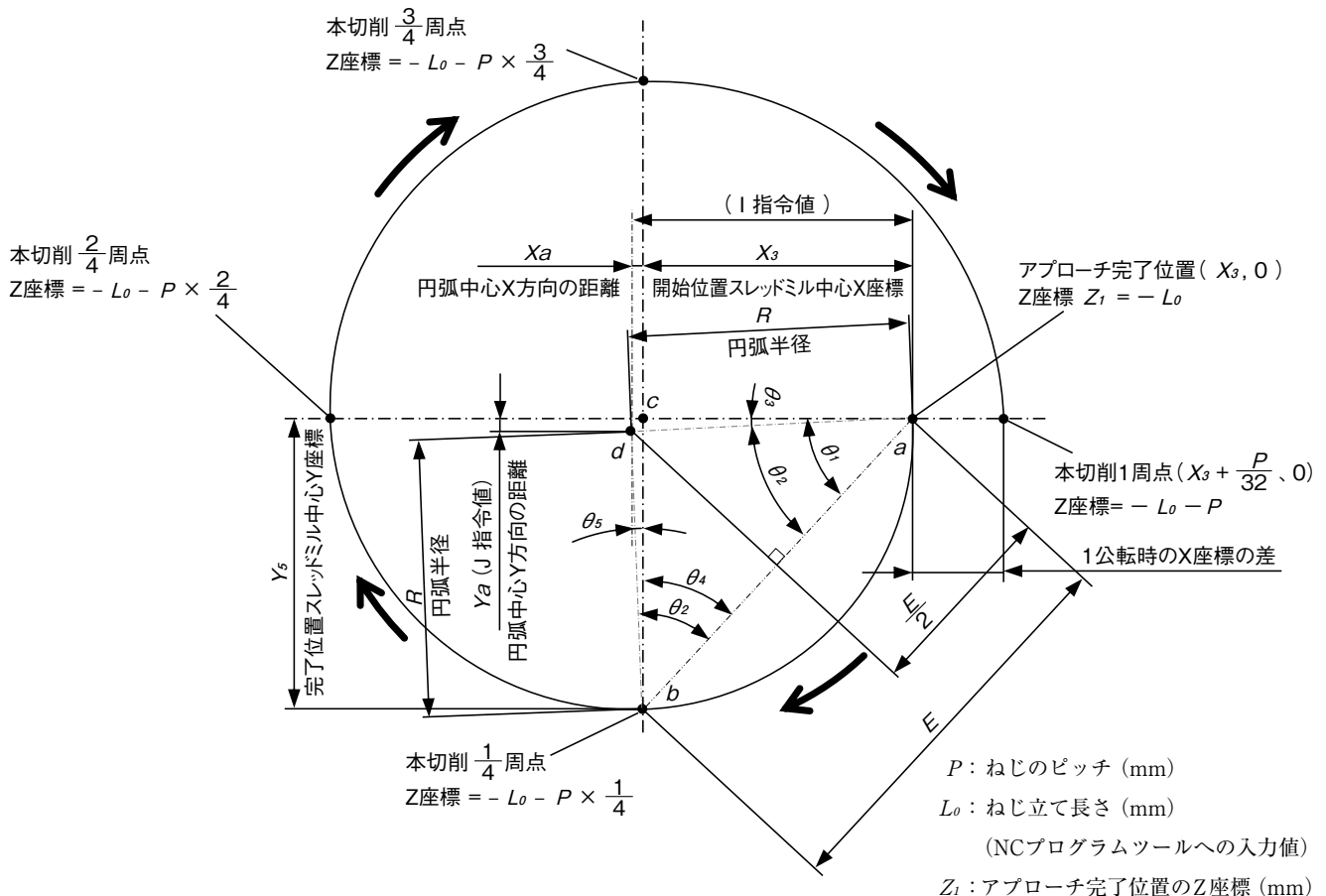


図 11.4.9 テーパーおねじ本切削の軌道



本切削開始位置から見た円弧中心までの距離

$$X \text{軸方向} = X_s + X_a \cdots \cdots \cdots (11.4.39)$$

$$Y \text{軸方向} = Y_a \cdots \cdots \cdots (11.4.40)$$

Z軸の移動距離は、1公転で1ピッチ移動するので、各1/4区間では1/4ピッチずつ変化します。

アプローチ完了位置でのZ座標はねじ立て長さ (L_0) ですので、本切削完了位置のZ座標は、ねじ立て長さ ($L_0 + 1$ ピッチ) になります。

$$Z \text{座標} = -1 \times (L_0 + P) \cdots \cdots \cdots (11.4.41)$$

- L_0 : ねじ立て長さ (mm)
- (NCプログラムツールへの入力値)
- P : ねじのピッチ (mm)

本切削での1/4区間ごとのZ座標は、本切削開始位置のZ座標に1/4ピッチずつマイナスしていけばよいことになります。

(5) リリース

管用テーパおねじ加工のリリースは、管用テーパめねじ加工とは異なり、工具中心のリリース完了位置点 (a') の座標値はアプローチ開始位置点 (a) とX軸の線対称になります (図11.4.10)。

これは、管用テーパめねじ加工では計算で用いる下穴径がテーパ穴であるのに対して、管用おねじ加工の計算で用いる素材径がストレート形状のため、素材径、スレッドミル大端径 (呼び径)、クリアランス量の値をいずれもアプローチ開始位置点 (a) と同じとしているためです。

① 工具中心

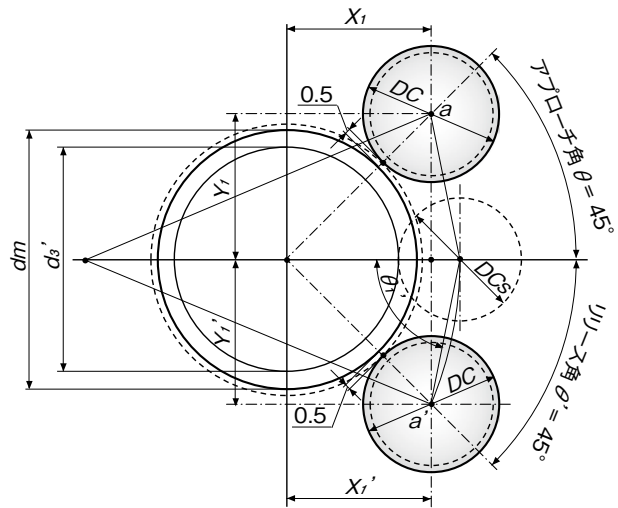
図11.4.10の通り、工具中心でのリリース完了位置点 (a') の座標値は、アプローチ開始位置点 (a) のY座標の符号を変えるだけで求められます。

$$X_{I'} = \left(\frac{dm}{2} + \frac{DC}{2} + 0.5 \right) \times \cos 45^\circ$$

$$= X_I \cdots \cdots \cdots (11.4.42)$$

$$Y_{I'} = -1 \times \left(\frac{dm}{2} + \frac{DC}{2} + 0.5 \right) \times \sin 45^\circ$$

$$= -Y_I \cdots \cdots \cdots (11.4.43)$$

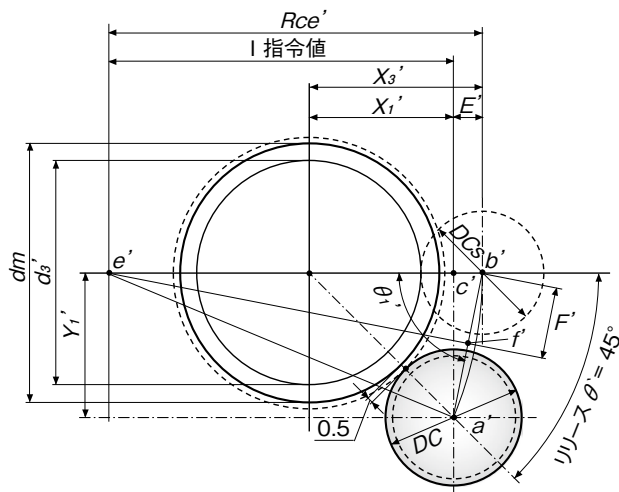


- (X_I, Y_I) : アプローチ開始位置の座標 (工具中心)
- $(X_{I'}, Y_{I'})$: リリース完了位置の座標 (工具中心)
- DC : 大端径 (呼び径) (mm)
- DC_s : プログラムで使用する小端径 (mm)
- dm : 素材径 (mm)
- d_s' : リリース開始位置での谷の径 (mm)
- θ : アプローチ角 ($^\circ$)
- θ' : リリース角 ($^\circ$)

図 11.4.10 テーパおねじ加工時の工具中心によるアプローチとリリースの位置関係



しかし、リリース時のI、J指令値は、あらためて求める必要があります。これは本切削開始位置と本切削完了位置で座標の数値が異なるためです(図11.4.11)。



- Rce': 工具中心のリリース円弧半径 (mm)
- dm : 素材径 (mm)
- d3' : リリース開始位置での谷の径 (mm)
→ ねじ立て長さL₀+P位置での谷の径
(L₀はNCプログラムツールへの入力値)
- DC : 大端径(呼び径) (mm)
- DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)

図 11.4.11 テーバおねじ加工時の工具中心によるリリース

工具中心でのリリース開始位置点(b')のX座標(X₃')は11.4.44式、おねじ谷の径(d₃')は11.4.45式で求められます。

$$X_3' = \frac{d_3'}{2} + \frac{DCs}{2} \dots\dots\dots (11.4.44)$$

$$d_3' = d_1 + \frac{L_0 + P - \ell}{16} \dots\dots\dots (11.4.45)$$

- X₃' : リリース開始位置X座標 (mm)
- DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)
- d₃' : リリース開始位置での谷の径 (mm)
→ ねじ立て長さL₀+P位置での谷の径
- L₀ : ねじ立て長さ (mm)
(NCプログラムツールへの入力値)
- d₁ : 基準径位置のおねじ谷の径 (mm)
- ℓ : おねじ管端から基準径位置までの長さ (mm)
(JISでは記号aで示されています)

$$E' = \left(\frac{DCs}{2} + \frac{d_3'}{2} \right) - X_1' \dots\dots\dots (11.4.46)$$

リリース円弧半径(Rce')は、角度(θ_i')を11.4.47式、(F')の距離に11.4.48式を用い、11.4.49式で求めることができます。

$$\theta_i' = \tan^{-1} \left(\frac{Y_1'}{E'} \right) \dots\dots\dots (11.4.47)$$

$$F' = \left(\frac{E'}{\cos \theta_i'} \right) \div 2 \dots\dots\dots (11.4.48)$$

$$Rce' = \frac{F'}{\cos \theta_i'} \dots\dots\dots (11.4.49)$$

工具中心のリリース開始位置点(b')からリリース時のI、J指令値は、本切削完了位置のY座標が0になるため、J指令値は0になり、11.4.50式になります。

$$\begin{aligned} I &= -1 \times Rce' \\ J &= 0 \end{aligned} \dots\dots\dots (11.4.50)$$

そして、リリース完了位置のZ座標は、リリース時のZ軸移動距離(Za')が11.4.51式となりますので、11.4.52式で求めることができます。このZ座標がおねじ加工における加工深さ(Zmin)となります。

$$\begin{aligned} Za' &= P \times \frac{45}{360} \\ &= \frac{P}{8} \end{aligned} \dots\dots\dots (11.4.51)$$

$$Zmin = -1 \times (L_0 + P + Za') \dots\dots\dots (11.4.52)$$

- Zmin : 加工深さ (mm)
- L₀ : ねじ立て長さ (mm)
(NCプログラムツールへの入力値)
- P : ねじのピッチ (mm)
- Za' : リリース時のZ軸移動距離 (mm)

このリリース円弧、リリース開始位置、リリース完了位置の計算による座標値により、工具中心でのリリースのプログラムを作成することができます。



②刃先基準

刃先基準では、工具中心と指示方法が異なるだけで、工具の動きは同じです。工具中心の場合、ストレート形状の素材径を基準にクリアランス量を設定し、アプローチ開始位置点 (a) とリリース完了位置点 (a') の座標値を決めています。このため、リリース完了位置点 (a') はアプローチ開始位置点 (a) とX軸の線対称になります。それに対して刃先基準では、アプローチおよびリリース円弧の形状によって座標値が決まります。刃先基準のアプローチ完了位置の座標値(本切削開始位置)とリリース開始位置の座標値(本切削完了位置)は異なりますので、リリース円弧はアプローチ円弧と異なる形状になります。このため、リリース完了位置点 (q') はアプローチ開始位置点 (q) とX軸の線対称にはなりません。

刃先基準のリリース完了位置点 (q') の座標値を求めるには、アプローチ開始位置の座標値を求めるのと同じ相似図形の考え方を uses。

図11.4.12に刃先基準によるリリースを示します。

- ・リリース円弧中心を点 (e')
- ・工具中心のリリース完了位置を点 (a')
- ・刃先基準のリリース完了位置を点 (q')

とすると、それぞれの座標値は次のようになります。

点 (e') の座標 : (Xce' , 0)
(Xce') の値は負の値 (11.4.53式)

$$Xce' = \frac{d_3'}{2} + \frac{DCs}{2} - Rce' \dots\dots\dots (11.4.53)$$

点 (a') の座標 : (X1' , Y1')

点 (q') の座標 (X2' , Y2') を求めるために必要な数値は次のようになります。

平行おねじ同様、

- ・点 e'、q' 間の距離を (m')
- ・点 q'、a' 間の距離を (n')
- ・(m') をX軸、Y軸方向に分解したものを (h')、(j')

・(m' + n') をX軸、Y軸方向分解したものを (g')、(i') とします。それぞれの値は次の式で表されます。

$$m' = \sqrt{(h')^2 + (j')^2}$$

$$= \sqrt{(g')^2 + (i')^2} - n' \dots\dots\dots (11.4.54)$$

$$n' = \frac{DCs}{2} \dots\dots\dots (11.4.55)$$

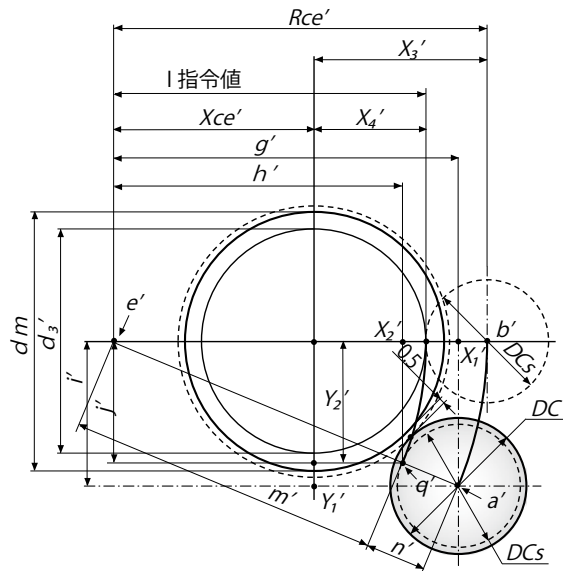
$$m' + n' = \sqrt{(g')^2 + (i')^2} \dots\dots\dots (11.4.56)$$

$$g' = X1' - Xce' \dots\dots\dots (11.4.57)$$

$$h' = X2' - Xce' \dots\dots\dots (11.4.58)$$

$$i' = Y1' \dots\dots\dots (11.4.59)$$

$$j' = Y2' \dots\dots\dots (11.4.60)$$



- (X1' , Y1') : リリース完了位置の座標 (工具中心)
- (X2' , Y2') : リリース完了位置の座標 (刃先基準)
- (X3' , 0) : リリース開始位置の座標 (工具中心)
- (X4' , 0) : リリース開始位置の座標 (刃先基準)
- Rce' : 工具中心リリース円弧半径 (mm)
- DC : 大端径 (呼び径) (mm)
- DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)
- dm : 素材径 (mm)
- d3' : リリース開始位置での谷の径 (mm)
- ねじ立て長さLo + P位置での谷の径 (LoはNCプログラムツールへの入力値)

図 11.4.12 テーバおねじ加工時の刃先基準によるリリース



刃先基準のリリース完了位置点 (q') のX座標 (X_2')、Y座標 (Y_2') は11.4.61式、11.4.62式を用いることで求められます。

・ X座標 (X_2')

$$(m' + n') : m' = g' : h'$$

$$X_2' = X_1' - \frac{DCs}{2} \times \frac{X_1' - X_{ce'}}{\sqrt{(X_1' - X_{ce'})^2 + (Y_1')^2}} \dots\dots\dots (11.4.61)$$

・ Y座標 (Y_2')

$$(m' + n') : m' = i' : j'$$

$$Y_2' = Y_1' - \frac{DCs}{2} \times \frac{Y_1'}{\sqrt{(X_1' - X_{ce'})^2 + (Y_1')^2}} \dots\dots\dots (11.4.62)$$

刃先基準のリリース開始位置からリリース時のI、J指令値は、次の式で求められます。

$$I = -1 \times \left(R_{ce'} - \frac{DCs}{2} \right) \dots\dots\dots (11.4.63)$$

$$J = 0$$

$R_{ce'}$: 工具中心リリース円弧半径 (mm)
 DCs : プログラムで使用する小端径 (mm)

そして、リリース時のZ軸移動距離 (Za') は11.4.64式となり、リリース完了位置のZ座標は11.4.65式で求めることができます。このZ座標がおねじ加工における加工深さ ($Zmin$) となります。

$$Za' = P \times \frac{45}{360} = \frac{P}{8} \dots\dots\dots (11.4.64)$$

$$Zmin = -1 \times (L_o + P + Za') \dots\dots\dots (11.4.65)$$

$Zmin$: 加工深さ (mm)
 L_o : ねじ立て長さ (mm)
 (NCプログラムツールへの入力値)
 P : ねじのピッチ (mm)
 Za' : リリース時のZ軸移動距離 (mm)

このリリース円弧、リリース開始位置、リリース完了位置の計算による座標値により、刃先基準でのリリースのプログラムを作成することができます。

(6) 加工開始位置に戻る

めねじ加工同様、NCプログラムツールで作成される全てのプログラムでは、Z=0(ワーク端面) から+5mmの加工開始位置に戻るよう設定されます。ただし、加工されたおねじに干渉しないようにするため、先にZ軸を戻した後、X、Y軸を戻します(図11.4.13)。

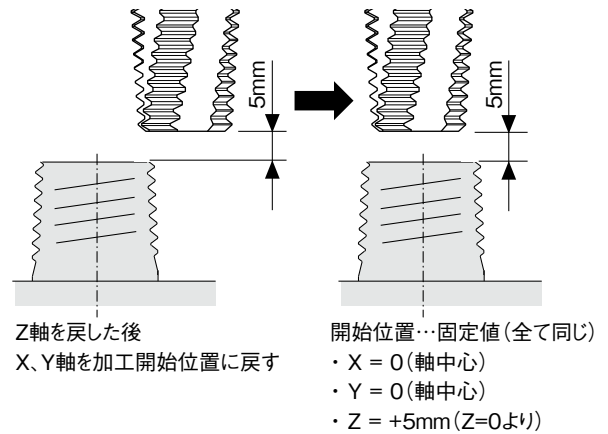


図 11.4.13 テーパーおねじ加工時の加工開始位置

(7) レファレンス点への復帰(機械原点復帰)

Z軸を先行してレファレンス点へ復帰させます。これは、スレッドミルがレファレンス点へ復帰する際、ワークや治具との干渉によるトラブルを防ぐためです。

ここまでの、管用テーパおねじの加工プログラム内容になります。

代表的なねじ形状のNCプログラムの考え方を

- 「11.1 平行めねじ」(P.39)
- 「11.2 管用テーパめねじ」(P.45)
- 「11.3 平行おねじ」(P.54)
- 「11.4 管用テーパおねじ」(P.61)

にて解説しました。これらにより、各種ねじ形状の加工プログラムを作成することができます。



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。特にケースからの取り出し時や機械への装着時には、保護手袋等を使用して下さい。
- ・ 重量の重い工具を扱う時は、落下によるけがの危険があります。適切な運搬機具やチェーンブロック等を使用し、安全靴を着用して下さい。
- ・ 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。
- ・ 工具の保持が不十分ですと破損、飛散を招きけがをする危険があります。ホルダ等は、工具および加工内容に見合ったものを使用して下さい。工具はホルダにしっかりと固定し、振れを抑えるようにして下さい。インデキサブル工具では、チップや部品が確実にクランプされている事も確認して下さい。
- ・ 加工物の保持が不十分ですと、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。

加工する時の注意

- ・ 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。また、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、高温の切りくずが飛散し、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めがね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切削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、傷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。
- ・ 用途に応じ切削油剤を選定して下さい。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。加工物を素手で触らないで下さい。
- ・ 加工物に生じたバリ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。
- ・ 工具を再研削すると粉塵が発生します。粉塵は健康を害する危険があるので、必ず防塵マスク、吸塵機等の粉塵対策をして下さい。

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。その他の詳細につきましては、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 © 2022 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-33.web(DN)
23.12

オーエスジー株式会社