

# UGステンレス用ドリル

UG Drills for Stainless Steel

## キーワード

(UGステンレス用ドリル)、オーステナイト系ステンレス鋼、  
高速・高能率加工、強ねじれ角、刃先形状、(UGコーティング)

工具製造所技術一部

関口 徹

## 1. はじめに

近年の機械加工では高速・高能率化の要求がますます強くなっている。この要求に対してドリルでは、コーティングに代表される表面処理技術の開発、粉末ハイスに代表される材料技術の開発、剛性の高い形状の探求などを行い高速・高能率加工を実現してきた。またこれらの技術の発達は同時に工具寿命の延長をも可能にするものである。

しかし、いくつかの用途では高速・高能率化が実現されていない分野がある。ステンレス鋼の穴あけ加工もその一つであり、特にオーステナイト系ステンレス鋼は難削材として知られている。一方、ステンレス鋼は耐食性、耐熱性、非磁性など工業材料としての優れた性質から需要が増えている。このような背景からステンレス鋼に最適なドリルとしてUGステンレス用ドリルを商品化したので紹介する。

## 2. オーステナイト系ステンレス鋼の穴あけ加工

オーステナイト系ステンレス鋼の穴あけ加工の高能率化が遅れていたのは次のような特性があるためである。

### ・熱伝導率が低い

熱伝導率が一般鋼の約1/4であり、切削による発熱が加工物や切りくずに伝わらず刃先に集中しやすいため刃先の硬さが低下する。

### ・加工硬化しやすい

加工硬化は刃先から被削材に与えられた切削力によって被削材の刃先に近い部分が硬化する現象であり、加工硬化が生じると常に硬化した部分を切

削することになる。

### ・展延性が高い

展延性が高いということは軟らかさと粘さを持っていることになる。このことは切りくずが分断しにくく長く伸びるため切りくず処理性が劣る。

特に穴加工では、閉鎖された空間で切削と切りくずの排出を行うため、切削による熱が発散しにくいことや長く伸びた切りくずがドリル溝に詰まることなど不利な条件が揃っている。このため従来は切削熱が上がらないように切削速度を遅くしたり、切りくずの排出のためステップ送りを行うなど加工能率を低下させざるを得ないという問題があった。

## 3. UGステンレス用ドリルの特長

UGステンレス用ドリルは、このような厳しい条件の中で高能率加工を可能にしたドリルである。

図1にUGステンレス用ドリルの外観を、表1に標準寸法表を示す。UGステンレス用ドリルは直径3mm～13mmの範囲で、全長、溝長はJIS B 4301の1形(ISO235のジョバーレングス)を採用している。

### 3.1 UGステンレス用ドリルの形状

図1に示すように外観上の特徴としては、ねじれ角が強いことである。ドリルの切れ刃のすくい角に相当するねじれ角を強くすることですくい角を大きくし切れ味を向上させている。また切れ刃を中凹形状にすることでラジアルレーキを強くし外周コーナでの切れ味を向上させている。

一方、切りくず排出については、心厚を小さくし溝幅比を大きくすることで、チップポケットを大きくし排出性を向上させている。また、排出性に優れた

表1 標準寸法表

直径	全長	溝長	直径	全長	溝長	直径	全長	溝長
3.0	61	33	6.5	101	63	10.0	133	87
3.1	65	36	6.6	101	63	10.1	133	87
3.2	65	36	6.7	101	63	10.2	133	87
3.3	65	36	6.8	109	69	10.3	133	87
3.4	70	39	6.9	109	69	10.4	133	87
3.5	70	39	7.0	109	69	10.5	133	87
3.6	70	39	7.1	109	69	10.6	133	87
3.7	70	39	7.2	109	69	10.7	142	94
3.8	75	43	7.3	109	69	10.8	142	94
3.9	75	43	7.4	109	69	10.9	142	94
4.0	75	43	7.5	109	69	11.0	142	94
4.1	75	43	7.6	117	75	11.1	142	94
4.2	75	43	7.7	117	75	11.2	142	94
4.3	80	47	7.8	117	75	11.3	142	94
4.4	80	47	7.9	117	75	11.4	142	94
4.5	80	47	8.0	117	75	11.5	142	94
4.6	80	47	8.1	117	75	11.6	142	94
4.7	80	47	8.2	117	75	11.7	142	94
4.8	86	52	8.3	117	75	11.8	142	94
4.9	86	52	8.4	117	75	11.9	151	101
5.0	86	52	8.5	117	75	12.0	151	101
5.1	86	52	8.6	125	81	12.1	151	101
5.2	86	52	8.7	125	81	12.2	151	101
5.3	86	52	8.8	125	81	12.3	151	101
5.4	93	57	8.9	125	81	12.4	151	101
5.5	93	57	9.0	125	81	12.5	151	101
5.6	93	57	9.1	125	81	12.6	151	101
5.7	93	57	9.2	125	81	12.7	151	101
5.8	93	57	9.3	125	81	12.8	151	101
5.9	93	57	9.4	125	81	12.9	151	101
6.0	93	57	9.5	125	81	13.0	151	101
6.1	101	63	9.6	133	87			
6.2	101	63	9.7	133	87			
6.3	101	63	9.8	133	87			
6.4	101	63	9.9	133	87			

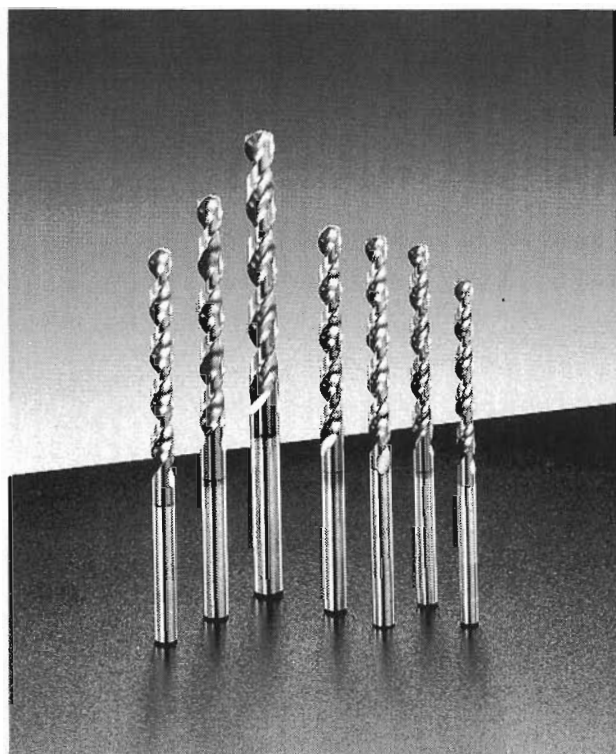


図1 UGステンレス用ドリルの外観

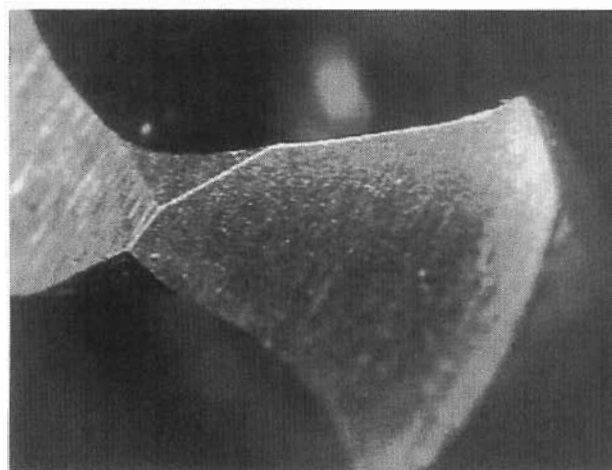
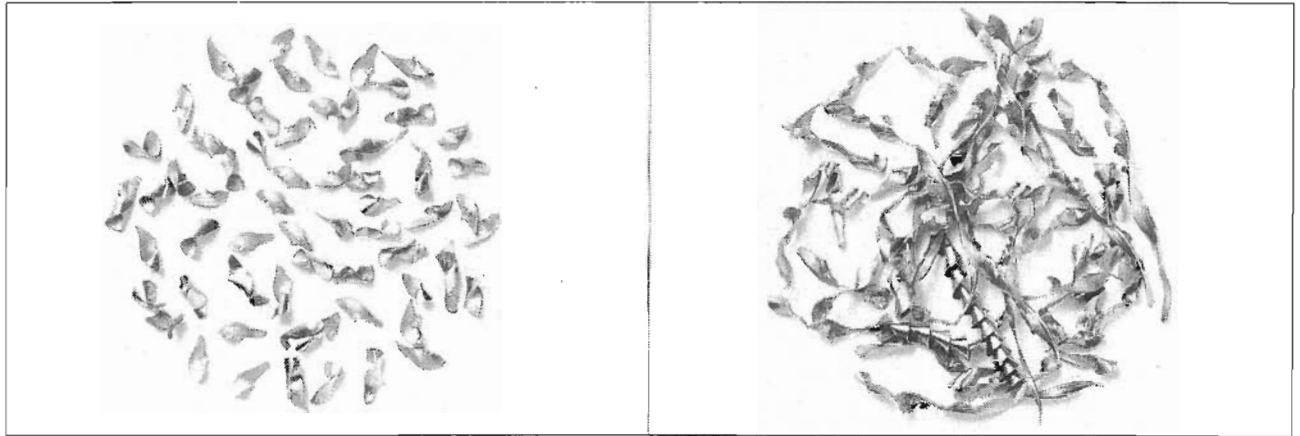


図2 UGステンレス用ドリルの刃先形状(PAT.P.)

形状の切りくずを形成するため先端角と切れ刃形状にも工夫を施した。図2にUGステンレス用ドリルの刃先形状(PAT.P.)を示す。先端角は135°とし標準ドリルの118°よりも大きくすることで切りくずの厚さが厚くなるようにした。また、切れ刃の形状を中凹形状にしたことで切りくずのカール半径が小さくなり分断しやすい形状になる。図3にUGステンレス用ドリルと他社ステンレス用ドリルの切りくず形状の違いを示す。他社ステンレス用ドリルの切



UGステンレス用ドリル

他社ステンレス用ドリル

図3 切りくず形状

膜種	耐摩耗性 (硬さの評価)	靱性 (欠けにくさの評価)	耐熱性 (高温硬さの評価)
UG	柔らかい 1,000HV 2,000 3,000 硬い	欠けやすい 欠けにくい	柔らかい 1,000HV 2,000 3,000 硬い
TiN			
TiAlN			

図4 コーティング膜の特性

りくずが長くよじれた形状なのに対し、UGステンレス用ドリルの切りくずは小さく分断された扇形であり排出性に優れている。

### 3.2 UG ステンレス用ドリルのコーティング

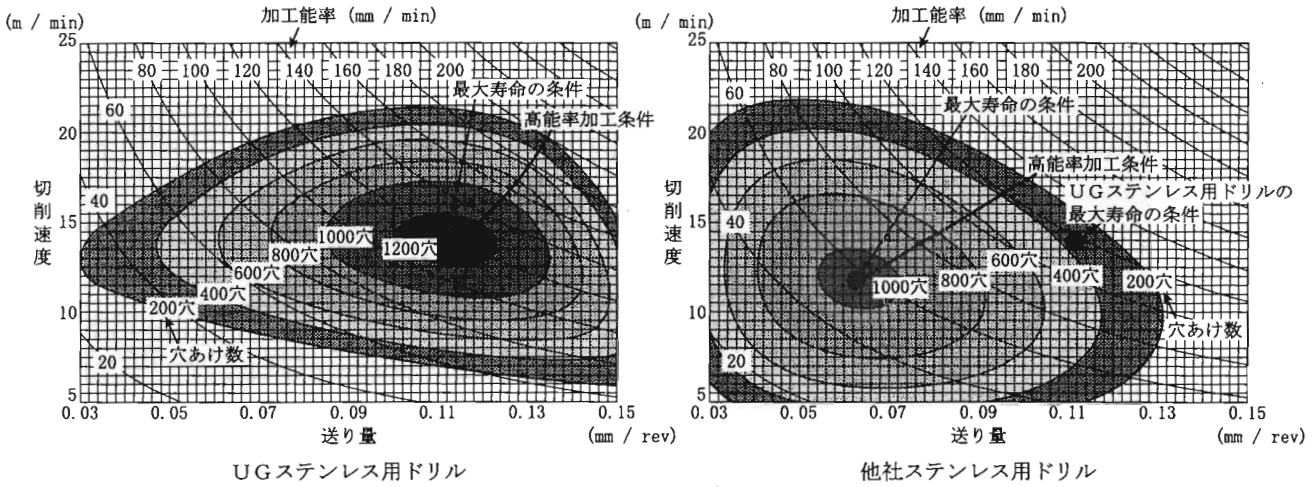
オーステナイト系ステンレス鋼は、前述のとおり熱伝導率が低い、加工硬化しやすいことなどから、UGステンレス用ドリルでは耐熱性と耐摩耗性に優れたTiCN系複合多層コーティングのUGコーティングを採用した。UGコーティングとその他のコーティングの特性を図4に示す。

UGコーティングとは、密着性に優れたTiNを第一層に置き耐熱性に重点を置いてCとNのバランスを取った当社独自のTiCN系の複合超多層コーティングである。耐摩耗性の指標である被膜硬さは2,300~2,800HVとTiNより硬く、ステンレス鋼の加工で最

も要求される高温硬さについては、550℃の高温下でも硬度低下は見られずに優れている。また、耐摩耗性、耐熱性が高いにもかかわらず、これらと相反する靱性においてもTiNとほぼ同じレベルを示している。このようにUGコーティングはTiNやTiAlNに比べ、耐摩耗性、靱性、耐熱性のいずれの特性にも優れている。

### 4. UG ステンレス用ドリルの加工事例

図5にドリル径4.2mm、被削材オーステナイト系ステンレスSUS304、穴深さ13mm止まり穴でのUGステンレス用ドリルと他社ステンレス用ドリルの等寿命線図を示す。等寿命線図とはいくつかの切削条件で寿命テストを行い、その結果からNACHI独自の解析方法で実験式を求め縦軸に切削速度、横軸に送り量を取り一定の寿命になる切削条件の範囲を地図の



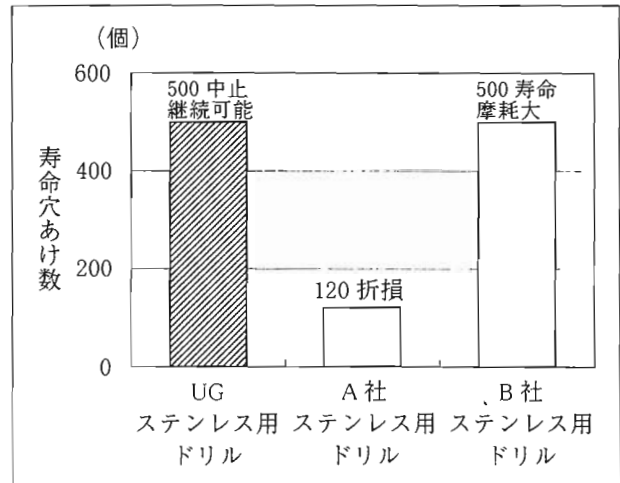
ドリル径：4.2mm 被削材：SUS304(176HB) 穴深さ：13mm 止まり穴 切削油剤：水溶性

	推定最大寿命			
	穴あけ数 個	切削速度 m/min	送り量 mm/rev	加工能率 mm/min
UGステンレス用ドリル	1253	14	0.112	119
他社ステンレス用ドリル	1031	12.5	0.062	59

図5 等寿命線図

等高線のように表示したものである。穴あけ数が最も大きくなる最大寿命での切削条件は等高線の中心での条件になる。また図5で表す高能率加工条件の曲線は各々の寿命で最も加工能率を高くすることができる切削条件を示している。

最大寿命での加工能率を比較すると他社ステンレス用ドリルでは59mm/minなのに対し、UGステンレス用ドリルでは119mm/minであり2倍の加工能率が得られる。UGステンレス用ドリルの最大寿命は1253穴であるが、同一条件での他社ステンレス用ドリルの寿命は322穴であり、UGステンレス用ドリルは4倍の長寿命である。一方、各々のドリルで得られる最大寿命で比較した場合でも他社ステンレス用ドリルでは1031穴であるのに対し、UGステンレス用ドリルでは1253穴であり1.2倍の長寿命が得られる。図6にUGステンレス用ドリルと他社ステンレス用ドリルの寿命比較を示す。A社は120穴で折損したのに対し、UGステンレス用ドリルとB社は500穴の加工が可能であった。500穴加工後の刃先の損傷状況を比較してみると図7に示すように摩耗量に大きな差がありUGステンレス用ドリルが優れていることが判る。

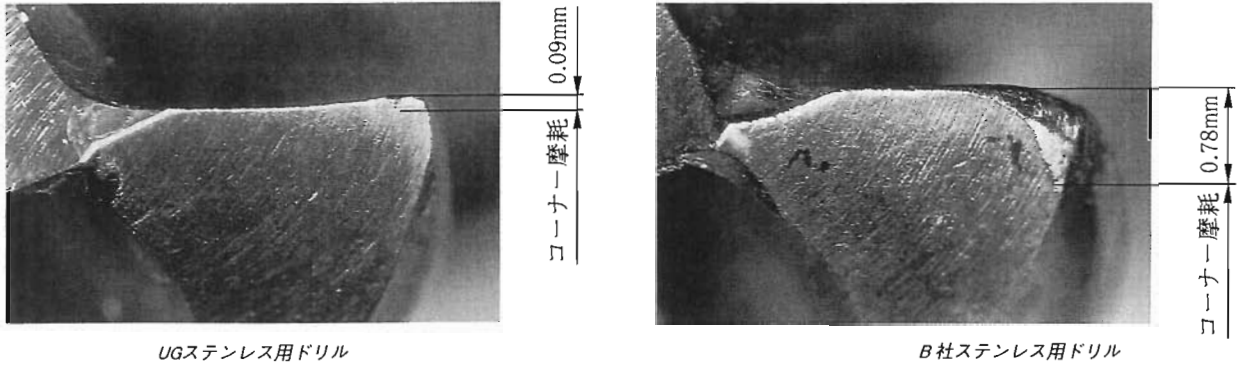


ドリル径：6mm 被削材：SUS304(176HB) 穴深さ：20mm 通り穴  
切削速度：20m/min 送り量：0.15mm/rev 切削油剤：水溶性

図6 寿命比較

## 5. UGステンレス用ドリルの使用上の留意点

ステンレス鋼にもいろいろな種類がある。表2にJISで規定されているステンレス鋼の種類を示す。この中でSUS304、SUS316に代表されるオーステナイト系は使用頻度が高く加工しにくい材料であり、フェライト系、マルテンサイト系は被削性が良い。UGステンレス用ドリルの基準切削条件を表3に示す。ここで注意していただきたいのは、同じSUS304で



UGステンレス用ドリル

B社ステンレス用ドリル

ドリル径：6mm 被削材：SUS304(176HB) 穴深さ：20mm 通り穴  
 切削速度：20m/min 送り量：0.15mm/rev 切削油剤：水溶性

図7 500穴加工後の刃先の損傷状況

表2 ステンレス鋼の種類

種類の記号	分類	種類の記号	分類	種類の記号	分類	
SUS201	オーステナイト系	SUS316Ti	オーステナイト系	SUS429	フェライト系	
SUS202		SUS316J1		SUS430		
SUS301		SUS316J1L		SUS430LX		
SUS301L		SUS317		SUS430J1L		
SUS301J1		SUS317L		SUS434		
SUS302		SUS317LN		SUS436L		
SUS302B		SUS317J1		SUS436J1L		
SUS304		SUS317J2		SUS444		
SUS304L		SUS317J3L		SUS447J1		
SUS304N1		SUS317J4L		SUSXM27		
SUS304N2		SUS317J5L				
SUS304LN		SUS321		SUS403		マルテンサイト系
SUS304J1		SUS347		SUS410		
SUS304J2		SUSXM15J1		SUS410S		
SUS305		SUS329J1				SUS420J1
SUS309S		SUS329J3L				SUS420J2
SUS310S		SUS329J4L		オーステナイト・フェライト系		SUS429J1
SUS316			SUS440A			
SUS316L	SUS405	フェライト系				
SUS316N	SUS410L		SUS630	析出硬化系		
SUS316LN			SUS631			

JIS G 4304 より

表3 UG ステンレス用ドリル基準切削条件

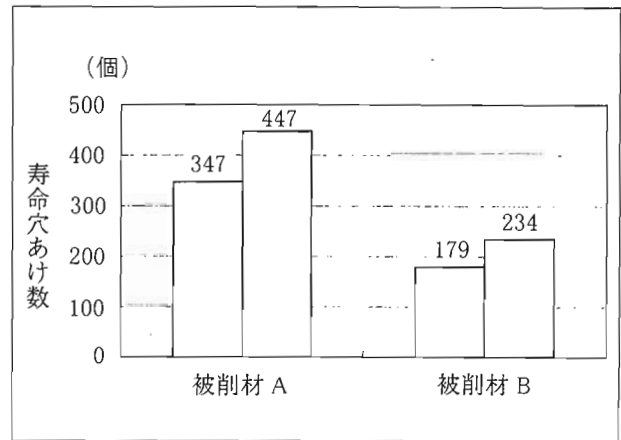
被削材	オーステナイト系 SUS304,316		マルテンサイト系 SUS420,440		フェライト系 SUS405,430		析出硬化系 SUS630,631	
	回転数 (min <sup>-1</sup> )	送り速度 (mm/min)	回転数 (min <sup>-1</sup> )	送り速度 (mm/min)	回転数 (min <sup>-1</sup> )	送り速度 (mm/min)	回転数 (min <sup>-1</sup> )	送り速度 (mm/min)
3	1590~2120	120~160	2120~2650	160~200	2650~3180	200~240	1270~1590	100~120
4	1190~1590	120~160	1590~1990	160~200	1990~2390	200~240	960~1190	100~120
5	960~1270	120~160	1270~1590	160~200	1590~1910	200~240	760~960	100~120
6	800~1060	120~160	1060~1330	160~200	1330~1590	200~240	640~800	100~120
7	680~910	120~160	910~1140	160~200	1140~1360	200~240	550~680	100~120
8	600~800	120~160	800~1000	160~200	1000~1190	200~240	480~600	100~120
9	530~710	120~160	710~880	160~200	880~1060	200~240	420~530	100~120
10	480~640	120~160	640~800	160~200	800~960	200~240	380~480	100~120
11	430~580	120~160	580~720	160~200	720~870	200~240	350~430	100~120
12	400~530	120~160	530~660	160~200	660~800	200~240	320~400	100~120
13	370~490	120~160	490~610	160~200	610~730	200~240	290~370	100~120

- 1.水溶性切削油剤を十分に給油した場合の値です。
- 2.穴深さが直径の3倍を超える深穴加工ではステップフィードを行ってください。
- 3.圧延面や黒皮に穴あけをする場合は切削速度と送り速度を20%下げてください。

あっても製造ロットなどによって被削性が異なることである。図8にその例を示す。同じ加工条件であっても寿命穴あけ数に2倍の差があり被削材Bの方が被削性が悪いことがわかる。被削性を見極めることは重要なことであり、同一材種であっても表3に示した切削条件を参考に切削速度を調整する必要がある。

## 6. おわりに

今回紹介したUGステンレス用ドリルにより難削材であるオーステナイト系ステンレス鋼の穴あけ加工の高能率化を達成することができた。今後もこのように高能率化が遅れている様々な用途に向けて、その用途に特化したドリルの開発を行っていきたい。



ドリル径：6mm 切削速度：20m/min 送り量：0.15mm/rev

穴深さ：20mm 通り穴 切削油剤：水溶性

被削材：SUS304 (被削材 A：167HB, 被削材 B：173HB)

図8 被削材のロット違いによる寿命比較