

— FILETAGE AVEC WALTER PROTOTYP

**Précis, sûr,
économique**



2 Index

4 Introduction

8 Descriptif de la gamme

- 9 Taraudage coupant
- 12 Taraudage par déformation
- 13 Fraisage de filets

14 Informations sur les produits

- 14 Taraudage coupant
- 28 Taraudage par déformation
- 34 Fraisage de filets

40 Sélection d'outils

- 40 Taraudage coupant
- 44 Taraudage par déformation
- 46 Fraisage de filets

48 Informations techniques

- 48 Généralités
- 74 Taraudage coupant
- 94 Taraudage par déformation
- 101 Fraisage de filets
- 112 Annexe

Index alphabétique

Page	Page	Page	Page
Angles et caractéristiques Taraudage coupant 81	Maîtrise des copeaux Taraudage coupant 90	Programmation de l'avance Taraudage coupant 87	Réglage du couple Taraudage coupant, par déformation 118 – 119
Avant-trou Fraisage de filets 114 – 115 Généralités 70 Taraudage coupant 114 – 115 Taraudage par déformation 71, 96 – 97, 116	Modifications Fraisage de filets 109 Taraudage coupant 88 – 89 Taraudage par déformation 98	Protodyn® Eco LM 12, 30	Répartition de coupe Fraisage de filets 104 – 105
Classification des outils 8	Nomenclature 8	Protodyn® Eco Plus 28	Revêtements 52 – 55 Taraudage par déformation 55
Comparaisons de données géométriques Taraudage coupant 82 – 83	Paradur® Eco CI 10, 18	Protodyn® UGV 33	Rprg. (rayon de programmation) Fraisage de filets 108
Comparatif des procédés 48 – 49	Paradur® Eco Plus 9, 14 – 15	Protodyn® Plus 29	Sections de copeaux Taraudage coupant 77 – 78
Correction de l'avance Fraisage de filets 103	Paradur® UGV 11, 27	Protodyn® S Eco Inox 12, 31	Tableau de correspondances des duretés 117
Diamètre de pré-perçage Fraisage de filets 114 – 115 Généralités 70 Taraudage coupant 114 – 115 Taraudage par déformation 70 – 71, 96 – 97, 116	Paradur® HT 10, 19	Protodyn® S Eco Plus 12, 28	TMC 13, 34 – 35
Dispositif de serrage 64	Paradur® Synchrospeed 9, 16 – 17	Protodyn® S UGV 12, 33	TMD 13, 38 – 39
Distorsion de profil 106	Paradur® Ti Plus 11, 24 – 25	Protodyn® S Plus 12, 29	TME 13
Durcissement des périphéries 72	Paradur® X-pert M 10, 22 – 23	Protodyn® S Synchrospeed 12, 32	TMG 13, 35
Efforts de coupe Taraudage coupant 86 – 87	Paradur® X-pert P 10, 20 – 21	Prototex® Eco HT 9, 14 – 15	TMO 13, 36 – 37
Formation d'arêtes rapportées 93	Particularités du taraudage coupant 84 – 85	Prototex® UGV 11, 26	TMO HRC 13, 37
Formes d'entrée Taraudage coupant 76	Plages de tolérance 50	Prototex® Synchrospeed 9, 16 – 17	Types de bases Taraudage coupant 74 -75
Formules 112	Principes opérationnels Fraisage de filets 101 – 105 Taraudage par déformation 94 – 95	Prototex® TiNi Plus 11, 24 – 25	Usage à sec Fraisage de filets 59, 63
Graissage en quantités minimales 62 – 63	Problèmes et solutions Fraisage de filets 110 – 111 Taraudage coupant 90 – 92 Taraudage par déformation 99 – 100	Recoupe Taraudage coupant 86, 91	Usinage synchrone 68 – 69
	Processus de coupe Taraudage coupant 79 – 80	Recoupe axiale Taraudage coupant 87, 91	Walter GPS 5, 102 – 103, 107 – 108, 111
	Programmation CNC Fraisage de filets 107 – 108	Refroidissement et lubrification 56 – 57 Fraisage de filets 59 Taraudage coupant 58 Taraudage par déformation 60 – 61	

Technique, tendances et innovations dans la réalisation de filetages

Il existe plusieurs méthodes pour créer un filetage. Ce manuel se concentre sur le **taraudage coupant**, le **taraudage par déformation** et le **fraisage de filets** au moyen d'outils Walter Prototyp. Il présente en outre des informations techniques générales sur ces procédés.

Le **taraudage coupant** reste encore le procédé le plus usité pour la réalisation de filetages internes. Lorsque nous avons développé nos outils, nous avons pensé avant tout à la sécurité, à la qualité et aux coûts de fabrication par filetage. Nous avons fait de gros efforts dans le

secteur de la macro/microgéométrie et sur les revêtements, afin de garantir un haut niveau de sécurité d'usinage même dans les conditions les moins favorables. Les coûts par filetage peuvent être fortement réduits en utilisant nos outils haute performance de la série Eco et Synchrospeed. Nos outils en carbure monobloc permettent d'abaisser encore davantage les coûts par filetage. Notre gamme UGV pose ici de nouveaux jalons – même pour les matériaux acier. Ces outils sont le meilleur choix dans la production de masse, par exemple dans l'industrie automobile ou la visserie.

Le **taraudage par déformation** est un procédé de réalisation de filetages internes qui s'est beaucoup développé au cours des 20 dernières années. Si auparavant on avait besoin de beaucoup d'huile de refroidissement pour utiliser ces outils, aujourd'hui l'évolution ciblée de la technique de géométrie des lobes et des revêtements permet de tarauder par déformation tous les matériaux déformables (y compris les aciers inoxydables) sur chaque centre d'usinage avec une émulsion de 5 %. L'utilisation de l'émulsion a même permis d'améliorer la résistance statique et surtout dynamique des filetages ainsi formés.

Le carbure est présent depuis longtemps dans le taraudage par déformation. Actuellement, notre gamme Protodyn® UGV nous permet d'obtenir des valeurs inégalées.

Le **taraudage par déformation** est souvent la méthode la plus économique pour réaliser un filetage interne. Mais il faut pour cela que ce procédé soit compatible avec la pièce.

Pour ce qui est de la sécurité du process et de la qualité du filetage, le **fraisage de filets** est incontestablement le meilleur procédé. À côté des procédés de fraisage classiques, le **fraisage orbital de filets** s'est récemment fait un nom dans ce domaine. Il est ainsi pour la première fois possible de réaliser de manière parfaitement fiable et sûre des filetages internes très profonds (ex. $3 \times D_N$) et de très petits (ex. M1,6) même dans des matériaux complexes.

Un dernier conseil pour terminer : pour choisir le procédé optimal, utilisez notre nouveau logiciel **Walter GPS**, successeur du CCS. Il vous permet de comparer directement tous les procédés de fabrication et ainsi de choisir l'option la plus économique.



WALTER
PROTOTYP

Processus de production avec Walter Prototyp

Il est de nos jours presque impossible de répercuter directement par une augmentation du prix à la pièce la hausse des coûts de fabrication. Cela vaut pour les biens de consommation comme pour les biens d'équipement. Les entreprises qui réussissent compensent ce manque à gagner par une forte augmentation de la productivité au niveau de la fabrication.

En tant que fabricant d'outils de précision pour l'usinage, nous sommes en mesure d'aider les entreprises dans ce sens, comme le démontre le schéma ci-dessous. Certes, les coûts des outils ne représentent qu'environ 3 % des coûts d'usinage, mais la durée d'usinage, avec 30 % de coûts d'usinage, pèse fortement dans la balance.

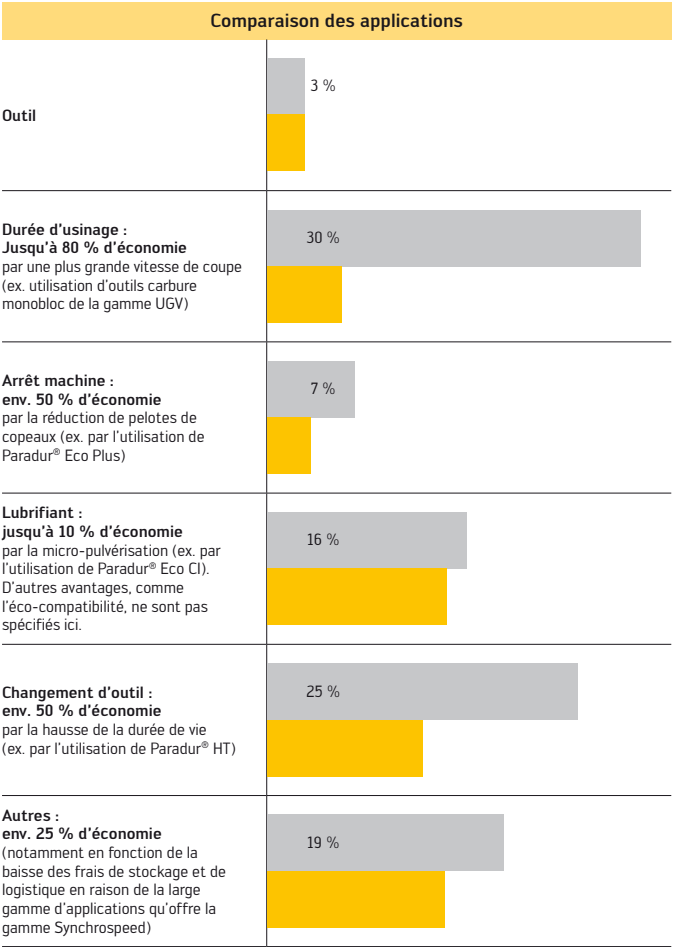
En d'autres termes, les outils d'usinage performants de Walter Prototyp permettent de réduire fortement les coûts d'usinage. Une augmentation des paramètres de coupe offre des économies énormes. Dans la mesure où le prix des outils a un impact presque négligeable sur les coûts d'usinage globaux, les outils de la marque Walter Prototyp ne peuvent pas être évalués au niveau du prix de l'outil lui-même mais sur la forte augmentation de productivité et donc sur le potentiel d'économies pour nos clients.

Partant de ce principe, chez Walter Prototyp nous avons introduit dans notre gamme d'outils l'usinage UGV (usinage à grande vitesse) avec des outils en carbure monobloc. Il est ainsi possible, pour des aciers faiblement alliés, d'atteindre des vitesses de coupe de 50 m/min. C'est incroyable dans le secteur du filetage ! Pour les clients particulièrement exigeants, dont l'objectif est d'optimiser la productivité, Walter Prototyp propose des outils conçus pour l'usinage synchrone en plus de sa gamme UGV.

La micro-pulvérisation (MQL) est un facteur supplémentaire de baisse des coûts d'usinage, comme l'indique le graphique ci-contre. Walter Prototyp offre également à ses clients des revêtements spécialement adaptés.

En résumé, la part des seuls coûts d'outils ne représente certes que 3 % des coûts de fabrication réels, mais le choix de l'outil est décisif pour les 97 % restants.






Demandez à nos experts de vous présenter le potentiel d'économies que peuvent offrir les outils Walter Prototyp pour votre activité.



Jusqu'à
45 %
d'économies
totales

avant
avec Walter Prototyp

Walter Prototyp Outils de filetage –
Nomenclature/Classification des outils

Taraudage coupant*		
		
Prototex® Taraud avec entrée Gun	Paradur®... Taraud à goujures hélicoïdales à droite	Paradur®... Taraud à goujures droites
Taraudage par déformation		Fraisage de filets**
		
Protodyn®... Taraud par déformation sans rainures de lubrification	Protodyn® S ... Taraud par déformation avec rainures de lubrification	TM ... TM = Thread Mill...

*** Exception taraudage coupant :**





- Paradur® N avec forme d'entrée D et Paradur® Combi : outils hélicoïdaux de création de filetages débouchants
- Paradur® HT, Paradur® GG et Paradur® Engine : outils à goujures droites pour filetages de trous borgnes (dans les matériaux à bonnes propriétés de fractionnement des copeaux)
- Tarauds NPT/NPTF : outils hélicoïdaux à droite pour l'usinage de trous borgnes et de filetages débouchants

**** Exception fraisage de filets :**

- TME (Thread Mill External) : outil de fabrication de filetages extérieurs

Tarauds pour
applications universelles

Groupe de matériaux à usiner







Description du type	Page du manuel	Usinage	Profondeur de filetage	P	M	K	N	S	H	O
				Acier	Acier inoxydable	Fonte	Métaux non ferreux	Matériaux réfractaires et difficilement usinables	Matériaux durs	Autres
 Prototex® Eco HT – application universelle – pour usinage sous lubrifiant et micro-pulvérisation	14 + 15	DL	3,5 x D _N	●●	●●	●●	●●	●		●
 Paradur® Eco Plus – application universelle – pour usinage avec lubrification et micro-pulvérisation – successeur de Paradur® Eco HT	14 + 15	GL	3 x D _N	●●	●●	●●	●	●		●
 Prototex® Synchrospeed – usinage synchrone – application universelle – tolérance de queue h6	16 + 17	DL	3,0 x D _N	●●	●●	●●	●●	●●		●
 Paradur® Synchrospeed – usinage synchrone – application universelle – tolérance de queue h6	16 + 17	GL	2,5 x D _N	●●	●●	●●	●	●		●

GL = usinage de trous borgnes
DL = usinage de trous débouchants





●● application principale
● autre application

Tarauds pour applications spéciales

Groupe de matériaux à usiner

Description du type	Page du manuel	Usinage	Profondeur de filetage	P	M	K	N	S	H	O
				Acier	Acier inoxydable	Fonte	Métaux non ferreux	Matériaux réfractaires et difficilement usinables	Matériaux durs	Autres
 Paradur® Eco CI – pour matériaux à copeaux courts – pour usinage avec lubrification et micro-pulvérisation	18	GL + DL	3 x D _N			●●	●●			●●
 Paradur® HT – pour les aciers de dureté moyenne à élevée et les matériaux à copeaux courts – lubrification interne indispensable	19	GL	3,5 x D _N	●●		●●	●			●
 Prototex® X-pert P – pour les matériaux de dureté faible à moyenne	20 + 21	DL	3 x D _N	●●			●			●
 Paradur® X-pert P – pour les matériaux de dureté faible à moyenne	20 + 21	GL	3,5 x D _N	●●			●			●
 Prototex® X-pert M – pour les aciers inoxydables et à haute résistance	22 + 23	DL	3 x D _N	●	●●					
 Paradur® X-pert M – pour les aciers inoxydables et à haute résistance	22 + 23	GL	2,5 x D _N	●	●●					







Groupe de matériaux à usiner

Description du type	Page du manuel	Usinage	Profondeur de filetage	P	M	K	N	S	H	O
				Acier	Acier inoxydable	Fonte	Métaux non ferreux	Matériaux réfractaires et difficilement usinables	Matériaux durs	Autres
 Prototex® TiNi Plus – pour l'usinage d'alliages Ni et Ti à haute résistance avec émulsion	24 + 25	DL	2 x D _N					●●		
 Paradur® Ti Plus – pour l'usinage d'alliages Ti à haute résistance avec émulsion	24 + 25	GL	2 x D _N					●●		
 Prototex® UGV – pour les aciers résistants et à haute résistance – tolérance de queue h6 – lubrification interne indispensable – carbure monobloc	26	DL	2 x D _N	●●		●●				
 Paradur® UGV – pour les aciers résistants et à haute résistance jusqu'à 55 HRC – tolérance de queue h6 – lubrification interne indispensable – carbure monobloc	27	GL	2 x D _N	●●		●●			●●	

GL = usinage de trous borgnes
 DL = usinage de trous débouchants







●● application principale
 ● autre application

Tarauds travaillant par déformation

Description du type	Page du manuel	Usinage	Profondeur de filetage	Groupe de matériaux à usiner						
				P	M	K	N	S	H	O
 Protodyn® S Eco Plus* – pour application universelle – performances supérieures à Protodyn® S Plus – pour usinage avec lubrification et sous micro-pulvérisation	28	GL + DL	3,5 x D _N	●●	●●		●●	●		
 Protodyn® S Plus* – pour application universelle	29	GL + DL	3,5 x D _N	●●	●●		●●	●		
 Protodyn® Eco LM – pour les matériaux tendres avec tendance au collage à froid	30	GL + DL	2 x D _N	●			●●	●●		
 Protodyn® S Eco Inox* – spécialement conçu pour les aciers inoxydables avec émulsion	31	GL + DL	3,5 x D _N	●	●●		●	●		
 Protodyn® S Synchropeed* – pour application universelle – usinage synchrone – tolérance de queue h6	32	GL + DL	3,5 x D _N	●●	●●		●●	●		
 Protodyn® S UGV* – pour des vitesses de déformation élevées – tolérance de queue h6 – carbure monobloc	33	GL	3,5 x D _N	●●	●		●●	●		

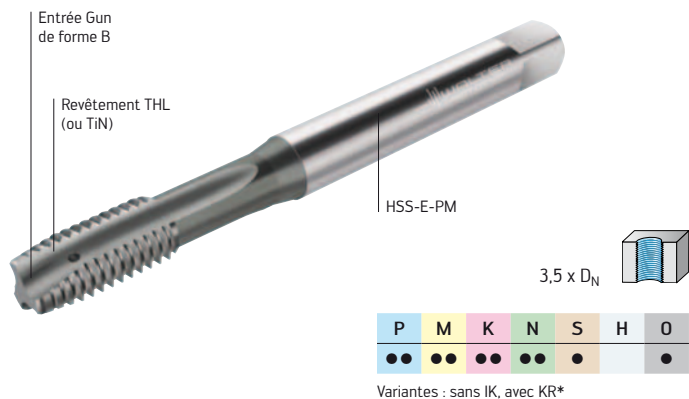
* Version avec rainures de lubrification, identifiée par la lettre S

Fraises à fileter

Description du type	Page du manuel	Usinage	Profondeur de filetage	Groupe de matériaux à usiner						
				P	M	K	N	S	H	O
 Fraise à fileter TMC – avec chanfrein pour application universelle	34 + 35	GL + DL	2 x D _N	●●	●●	●●	●●	●●		●
 Fraise à fileter TMG – sans chanfrein – pour application universelle	35	GL + DL	1,5 x D _N 2 x D _N	●●	●●	●●	●●	●●		●
 Fraise à fileter orbitale TMO – pour des filetages profonds de petits diamètres dans des applications universelles	36 + 37	GL + DL	2 x D _N 3 x D _N	●●	●●	●●	●●	●●		●
 Fraise à fileter orbitale TMO HRC – pour des filetages profonds de petits diamètres dans des matériaux durs jusqu'à 65 HRC	37	GL + DL	2 x D _N	●●					●●	●
 Fraise à percer-fileter TMD – pour l'usinage de l'aluminium et de la fonte grise	38 + 39	GL + DL	2 x D _N			●●	●●			
 Fraise à fileter TME 20 – pour les filetages extérieurs	–	Filetage extérieur	2 x D _N	●●	●●	●●	●●	●●		●

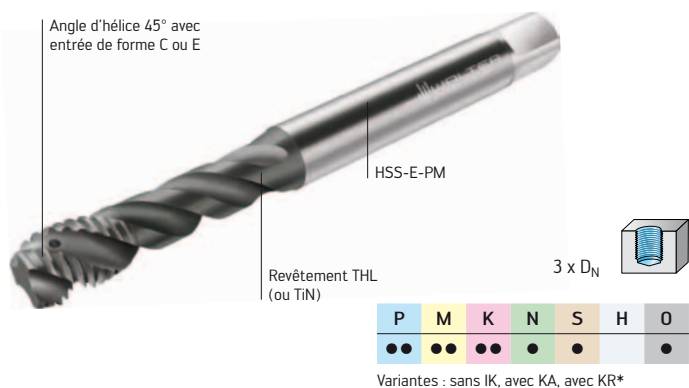
GL = usinage de trous borgnes
DL = usinage de filetages débouchants●● application principale
● autre application

Le polyvalent High Tech



Prototex® Eco HT

Type : E2021342



Paradur® Eco Plus

Type : EP2051312

L'outil

- taraud universel hautes performances
- Le revêtement extra-dur THL minimise la formation d'arêtes rapportées et garantit une grande durée de vie

Prototex® Eco HT :

- L'entrée Gun spéciale de forme B garantit une grande sécurité d'usinage

Paradur® Eco Plus :

- Risque plus faible d'écaillage grâce à la partie de guidage chanfreinée
- Filetage quasi jusqu'au fond du trou grâce pour la variante à entrée de forme E

L'application

- Utilisation avec matériaux à copeaux courts et longs entre env. 200 N/mm² et env. 1300 N/mm² de résistance mécanique
- Convient à l'usinage synchrone et à une utilisation dans les mandrins de compensation de longueur

Vos avantages

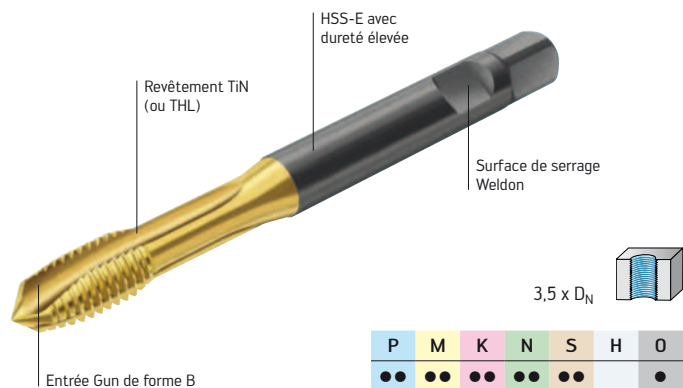
- Réduction de la variété des outils à utiliser grâce à un plus large champ d'application
- Hausse de la productivité grâce à des vitesses de coupe accrues et une longue durée de vie
- Géométrie spéciale pour une grande sécurité des process, même dans des matériaux tendres
- Usinage sous micro-pulvérisation possible

* IK = alimentation en lubrifiant interne

KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale

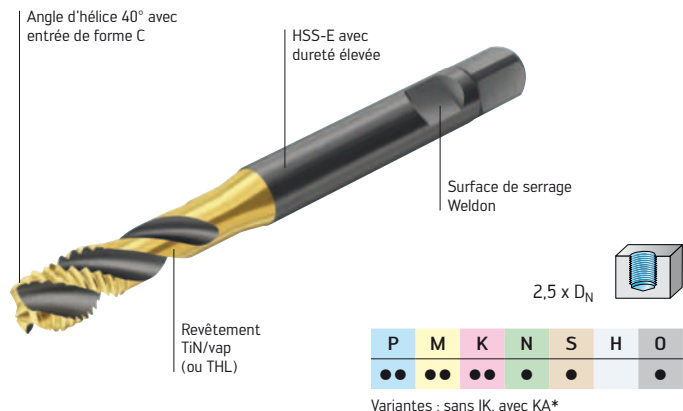
KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

Résistance à l'usure, utilisation universelle



Prototex® Synchrospeed

Type : S2021305



Paradur® Synchrospeed

Type : S2051305

L'outil

- Détalonnage des flancs important et partie coupante courte pour des vitesses de coupe élevées
- Tolérance de queue h6 (ex. pour une utilisation dans les mandrins de frettage)
- Diamètre de queue adapté aux mandrins de frettage standards

Particularités du

Paradur® Synchrospeed :

- Variante avec revêtement TiN/vap : Goujures vaporisées pour une parfaite formation des copeaux et un transport des copeaux optimal ; revêtement TiN pour une plus grande résistance à l'usure
- Lubrification interne avec sortie axiale dans la gamme standard

Conseil pratique :

L'utilisation de mandrins de serrage avec compensation minimale (ex. Prototex C) est généralement recommandée pour l'usinage synchrone (avantage : augmentation de la durée de vie et de la sécurité d'usinage).

L'application

- Utilisation sur machines-outils à broches synchronisées (ne convient pas pour les mandrins de compensation de longueur ou appareils de découpe)
- Utilisation universelle avec tous les matériaux à copeaux courts et longs

Prototex® Synchrospeed :

- Jusqu'à env. 1400 N/mm²

Paradur® Synchrospeed

- Jusqu'à env. 1300 N/mm²

Vos avantages

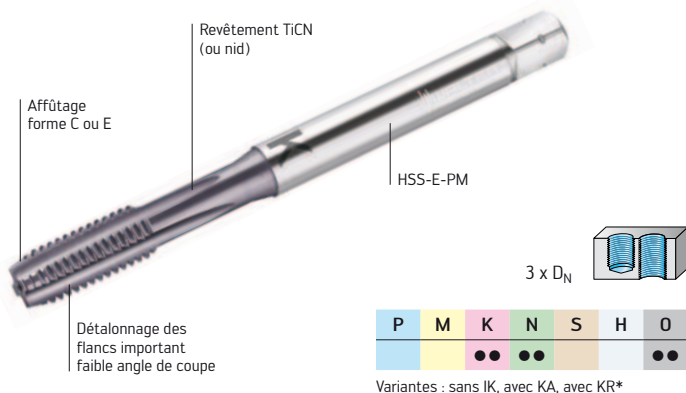
- Hausse de la productivité grâce à des vitesses de coupe accrues et une longue durée de vie
- Baisse des coûts d'outils grâce à une utilisation universelle dans les matériaux à copeaux courts et longs
- Excellent état de surface du filet grâce à des arêtes de coupe très tranchantes
- Recoupe exclue grâce à l'usinage synchrone

* IK = alimentation en lubrifiant interne

KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale

KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

Vitesse très élevée avec les matériaux à copeaux courts



Paradur® Eco CI

Type : E2031416

L'outil

- Traitement de surface Xtra-treat innovant visant à optimiser le comportement à l'usure lors de l'usinage de matériaux abrasifs à copeaux courts
- L'augmentation du nombre de goujures réduit l'effort exercé sur les arêtes de coupe et crée des copeaux courts
- Plage de tolérance 6HX pour une durée de vie maximale
- Versions à sorties de lubrifiant axiales ou radiales pour une évacuation des copeaux optimale dans les filetages profonds borgnes et débouchants

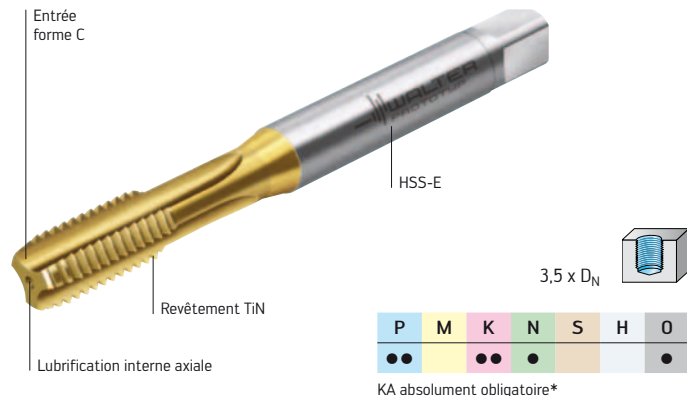
L'application

- Filetages borgnes et débouchants dans les matériaux à copeaux courts
- ISO K : essentiellement pour les matériaux GJL (FG) ; pour les matériaux GJS (FGS) jusqu'à maximum $2 \times D_N$ de profondeur de filetage ; fonte vermiculaire (comme GJV450)
- ISO N : alliages à base de magnésium ainsi qu'alliages AlSi abrasifs (Si : >12 %)

Vos avantages

- Moindres coûts de fabrication par filetage grâce aux vitesses de coupe élevées et à de longues durées de vie
- Comportement à l'usure homogène, d'où une sécurité d'usinage absolue
- Réduction des coûts d'outils étant donné qu'il peut être utilisé pour les filetages borgnes et débouchants
- Usinage sous micro-pulvérisation possible

Temps de cycle court, fractionnement optimal des copeaux



Paradur® HT

Type : 2031115

L'outil

- La géométrie de coupe crée des copeaux courts même dans les matériaux à copeaux longs
- La lubrification interne axiale et les goujures droites permettent une évacuation optimale des copeaux coupés courts
- Augmentation des flancs détalonnés pour des vitesses de coupe plus élevées
- Versions longues avec goujures rallongées dans la gamme standard

L'application

- Filetage borgne dans les matériaux à copeaux courts et longs
- ISO P : matériaux acier d'une résistance mécanique 600 – 1400 N/mm²,
- ISO K : fonte grise (FGS)
- ISO N : alliages AlSi > 12 % de Si, alliages Cu et alliages Mg

Vos avantages

- Plus grande vitesse de coupe et durée de vie plus longue par rapport aux tarauds de filetage borgne conventionnels
- Pas de bouchage, donc moins d'arrêts machine
- Excellente sécurité d'usinage même pour les filetages profonds
- Gamme standard avec grandes dimensions

– Domaines d'utilisation typiques :

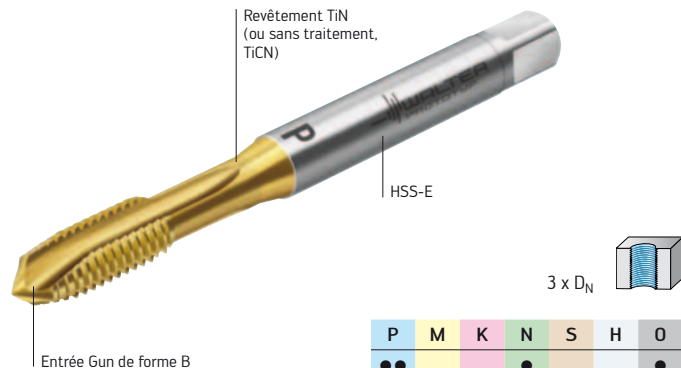
- Industrie automobile (arbre à cames, vilebrequin, bielle)
- Grands filetages (construction mécanique générale, arbres de transmission, carters, etc.)

* IK = alimentation en lubrifiant interne

KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale

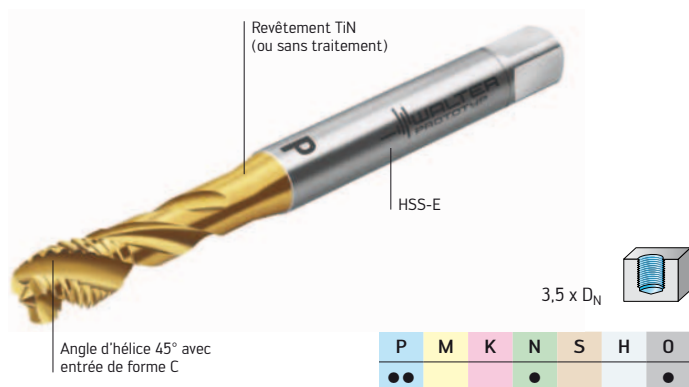
KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

Large gamme, forte rentabilité



Prototex® X-pert P

Type : P2031005



Paradur® X-pert P

Type : P2051905

L'outil

- Moindre angle de dépouille sur flancs d'où pas de recoupe dans les matériaux tendres

Prototex® X-pert P

- Variantes à nombre réduit de goujures dans la gamme standard

Paradur® X-pert P

- Longues goujures pour les filetages profonds
- Partie de guidage chanfreinée évitant l'écaillage

L'application

Prototex® X-pert P

- ISO P :
 - Variante avec 3 goujures : < 1000 N/mm² de résistance mécanique
 - Variante avec 2 goujures : < 700 N/mm² de résistance mécanique (jusqu'à la dimension M6)
- ISO N : alliages AlSi avec 0,5 à 12 % de Si
- Version avec nombre de goujures réduit idéalement adaptée, de par une meilleure formation des copeaux, aux matériaux tendres à copeaux longs (optimum pour l'usinage d'aciers de construction tendres, comme le St37)

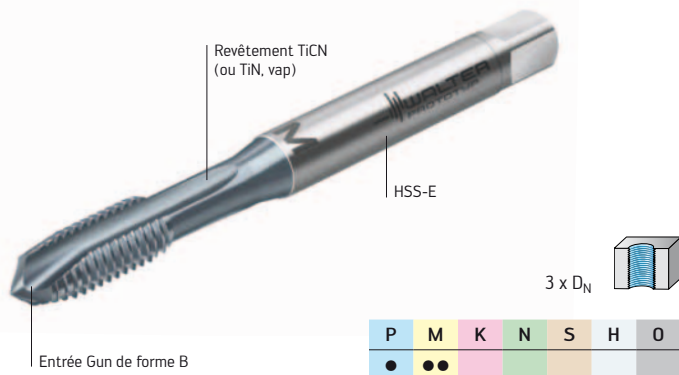
Paradur® X-pert P

- ISO P : acier < 1000 N/mm², de préférence dans les matériaux à copeaux longs
- ISO N : alliages AlSi avec 0,5 à 12 % de Si

Vos avantages

- Économique pour les tailles de lot petites et moyennes
- Grande flexibilité et temps de livraison courts, avec gamme standard complète (variété des profils de filetages, dimensions et tolérances en stock)
- Filetage avec excellent état de surface par un grand angle de coupe

Usinage sûr dans l'acier inoxydable



Prototex® X-pert M

Type : M2021306

L'outil

- Un avant-trou plus haut garantit un filetage à la cote et assure l'ébavurage dans le filetage – ce qui est important surtout pour l'usinage de matériaux inoxydables
- Augmentation de l'angle de dépouille sur flancs pour l'usinage de matériaux ayant tendance à coincer

Particularités du Paradur® X-pert M :

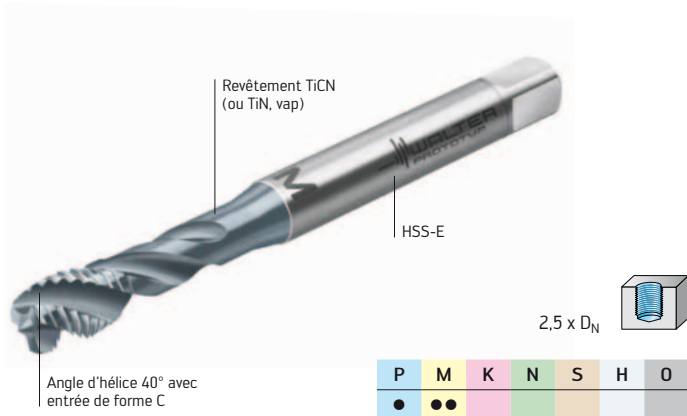
- Partie de guidage chanfreinée pour éviter l'écaillage

L'application

- ISO M : aciers inoxydables de 350 à 1200 N/mm²
- ISO P : très bien adapté pour les aciers de 700 à 1200 N/mm²

Vos avantages

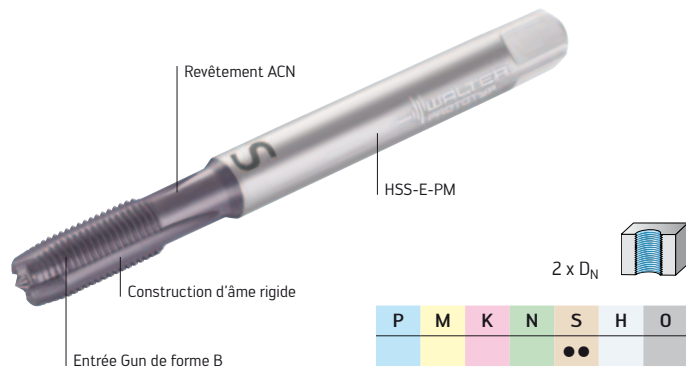
- Grande sécurité d'usinage dans les matériaux à copeaux longs et ayant tendance à coincer
- Économique pour les tailles de lot petites et moyennes
- Grande flexibilité et temps de livraison courts, avec gamme standard complète (variété des profils de filetages, dimensions et tolérances en stock)
- Moindre variété d'outils de par l'utilisation dans les matériaux ISO M et ISO P



Paradur® X-pert M

Type : M2051306

Solide dans le titane à haute résistance



Prototex® TiNi Plus

Type : 2021763



Paradur® Ti Plus

Type : 2041663

L'outil

- Géométrie spécialement conçue pour l'usinage de matériaux ISO S avec **émulsion**
- Très grand angle de dépouille sur flancs pour diminuer les matériaux ayant tendance à coincer
- Le faible angle de coupe permet d'usiner des matériaux durs
- Revêtement ACN résistant à l'usure, sans titane réduit la formation d'arêtes rapportées

L'application

- Applications dans les secteurs aéronautique et aérospatial et les techniques médicales
- Spécialement conçus pour les alliages de titane haute résistance et ayant tendance à coincer d'une résistance mécanique comprise entre 700 et 1400 N/mm²

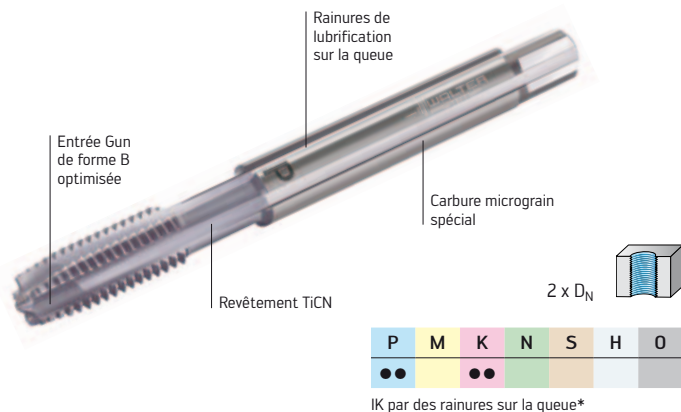
Prototex® TiNi Plus

- Également utilisable dans les alliages de nickel

Vos avantages

- Dans certains cas, possibilité d'usiner avec émulsion et non avec huile
- Grande sécurité d'usinage par une grande stabilité d'outils
- Longues durées de vie grâce à un revêtement extra-dur innovant et des arêtes de coupe solides
- Excellente qualité du filetage

Longues durées de vie, vitesses très élevées



Prototex® UGV

Type : 8021006

L'outil

- Carbure monobloc spécial présentant une grande résistance à l'usure et une ténacité élevée
- Longue durée de vie grâce au nombre de goujures élevé
- Tolérance de queue h6 (ex. pour une utilisation dans les mandrins de fretage)

L'application

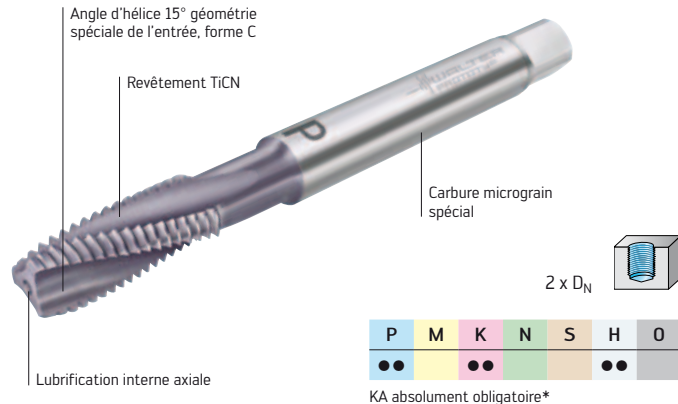
- ISO P : Aciers d'env. 700 à 1400 N/mm² de résistance mécanique
- ISO K : principalement matériaux GJS (FGS)
- Fabrication en grande série avec pour objectif des coûts par filetage minimaux
- Production de masse avec l'accent mis sur la hausse de la productivité

Vos avantages

- Coûts de fabrication minimaux et productivité maximale par une vitesse de coupe jusqu'à 3 fois supérieure aux tarauds HSS-E
- Utilisation optimale de la machine par des durées de vie longues

Conditions préalables :

- Lubrification interne
- Conditions d'utilisation stables
- Centres d'usinage et lignes de transfert modernes
- Pour les outils en carbure, l'usinage synchrone et l'utilisation de mandrins de serrage à compensation minimale (ex. Prototex C) sont généralement recommandés (cela augmente la durée de vie et la sécurité du process)



Paradur® UGV

Type : 8041056

L'outil

- Géométrie spéciale de l'entrée et réduction de l'angle d'hélice pour des copeaux coupés courts même dans les matériaux à copeaux longs
- Tolérance de queue h6 (ex. pour une utilisation dans les mandrins de fretage)

L'application

- ISO P/H : matériaux acier entre env. 700 N/mm² et 55 HRC
- ISO K : matériaux en fonte comme : GGG40, GJV450, ADI800
- Fabrication en grande série avec pour objectif la minimisation des coûts par filetage
- Production de masse avec l'accent mis sur la hausse de la productivité

Vos avantages

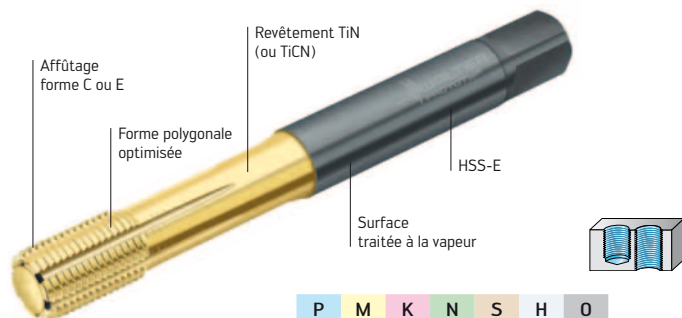
- Coûts de fabrication plus faibles et productivité maximale par une vitesse de coupe jusqu'à 3 fois supérieure aux tarauds HSS-E
- Diminution des changements d'outils, d'où utilisation optimale de la machine grâce à des durées de vie plus longues
- Sécurité de process élevée grâce à un fractionnement parfait des copeaux

Conditions préalables :

Voir Prototex® UGV page 26

* IK = alimentation en lubrifiant interne
KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale
KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

Le taraud par déformation High Tech



	P	M	K	N	S	H	O	
Protodyn® S Eco Plus	●●	●●	●	●●	●	●	●	3,5 x D _N
Variantes : sans IK, avec KR*								
Protodyn® Eco Plus	●●	●	●	●●	●	●	●	3 x D _N
Variantes : sans IK, avec KA*								

Protodyn® S Eco Plus

Type : EP2061745

L'outil

- Nouveau revêtement TiN et traitement vapeur supplémentaire pour des durées de vie maximales sans soudures à froid
- Géométrie innovante d'entrée assurant une meilleure pénétration et un bon comportement à l'usure.
- Traitement spécial de surface et forme polygonale optimisée augmentent les durées de vie grâce à des frictions réduites (important pour la micro-pulvérisation)
- Versions avec lubrification interne radiale pour les profondeurs de filetage importantes dans la gamme standard

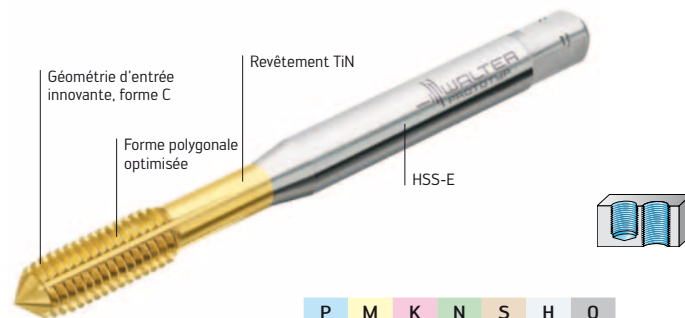
L'application

- Taraud par déformation universel hautes performances à utiliser dans tous les matériaux déformables jusqu'à env. 1200 N/mm²
- Variante avec revêtement TiCN spécialement pour l'usinage des aciers au carbone et des alliages d'aluminium abrasifs

Vos avantages

- moins de changements d'outils, utilisation optimale de la machine et hausse de la productivité, grâce à des vitesses de déformation élevées et à des durées de vie longues
- Baisse des coûts de lubrification grâce à la possibilité de travailler avec micro-pulvérisation
- Performances supérieures à Protodyn® S Plus

Faibles coûts d'outils, bonnes performances



	P	M	K	N	S	H	O	
Protodyn® S Plus	●●	●●	●	●●	●	●	●	3,5 x D _N
Protodyn® Plus	●●	●	●	●●	●	●	●	3 x D _N

Protodyn® S Plus

Type : DP2061705

L'outil

- Géométrie d'entrée innovante pour un meilleur comportement d'entrée et un comportement à l'usure régulier
- Forme polygonale optimisée permettant de réduire la friction et d'augmenter la durée de vie

L'application

- Utilisation universelle dans tous les matériaux déformables jusqu'à env. 1200 N/mm²

Vos avantages

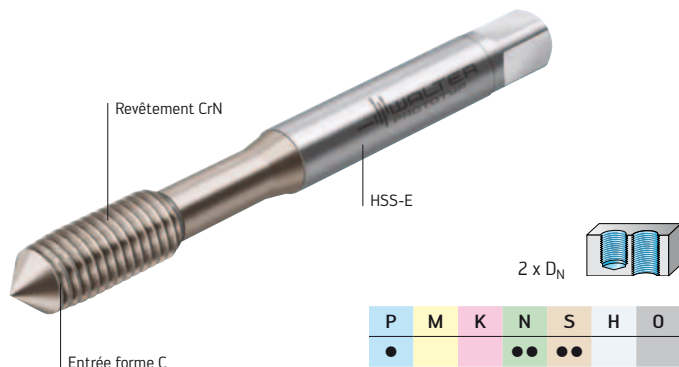
- Coût à l'achat réduit (et performances réduites) par rapport à Protodyn® S Eco Plus
- Réduction de la diversité d'outils, puisque possibilité d'utilisation universelle pour un large éventail de matériaux

* IK = alimentation en lubrifiant interne

KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale

KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

Solution solide pour matériaux tendres



Protodyn® Eco LM

Type : E2061604

L'outil

- Revêtement CrN sans titane

Remarque :

Pour les filetages > 2 x D_N , il est recommandé de meuler les rainures de lubrification dans la partie filetée, ce qui est faisable rapidement par modification.

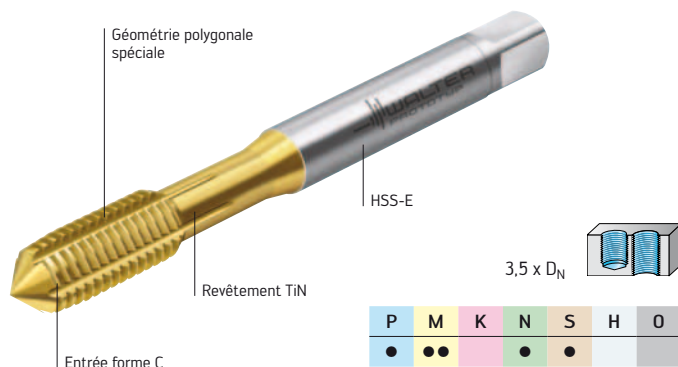
L'application

- Pour les matériaux tendres à copeaux longs avec tendance au collage à froid
- d'env. 200 à 700 N/mm² de résistance mécanique
- ISO N : alliages AlSi jusqu'à 12 % de Si et alliages de cuivre à copeaux longs
- ISO S: alliages Ti jusqu'à env. 1100 N/mm² (avec utilisation d'huile heavy duty)
- Résistant dans des conditions de lubrification moyennement bonnes, dans lesquelles le TiN ou TiCN ont une tendance au collage
- Convient à la micro-pulvérisation

Vos avantages

- Augmentation de la sécurité d'usinage et des durées de vie par la minimisation de la tendance à la formation d'arêtes rapportées
- Usinage d'alliages d'aluminium de corroyage et de fonderie possible avec **émulsion** à la place de l'huile

Le spécialiste de l'usinage des matériaux inoxydables



Protodyn® S Eco Inox

Type : E2061305

L'outil

- La géométrie polygonale spéciale permet d'usiner des aciers inoxydables avec **émulsion**

L'application

- Usinage d'aciers inoxydables sous émulsion

Remarque :

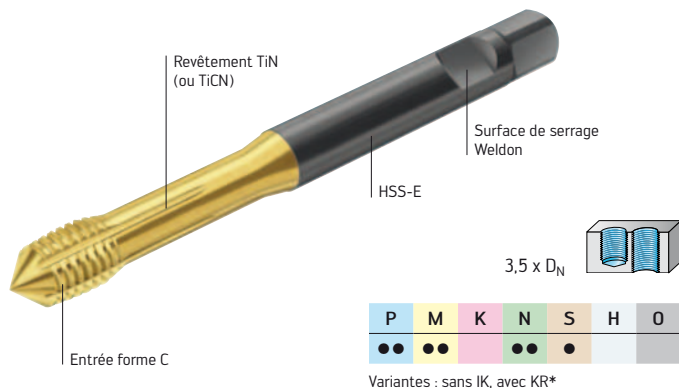
Avec les tarauds conventionnels, les aciers inoxydables ne peuvent être usinés que sous huile. Les centres d'usinage utilisent toutefois, en général, l'émulsion. Pour le taraudage par déformation, les machines devraient être arrêtées pour remplir manuellement le filetage d'huile. Outre la durée de travail accrue, il existe le risque que l'émulsion "tourne" à cause de l'apport d'huile.

- Utilisable dans tous les matériaux déformables, mais performance inférieure aux tarauds par déformation à usage universel

Vos avantages

- Réduction de la durée d'usinage pour les matériaux inoxydables, car le processus d'usinage ne nécessite aucune intervention manuelle
- Pas de changement de la nature de l'émulsion, car pas d'ajout d'huile étrangère

Synchrone, utilisation universelle



Protodyn® S Synchrospeed

Type : S2061305

L'outil

- Courte partie filetée réduisant la friction et pour des vitesses de formage élevées
- Variantes avec lubrification interne radiale pour les profondeurs de filetage importantes dans la gamme standard
- Tolérance de queue h6 (ex. pour une utilisation dans les mandrins de fretage)

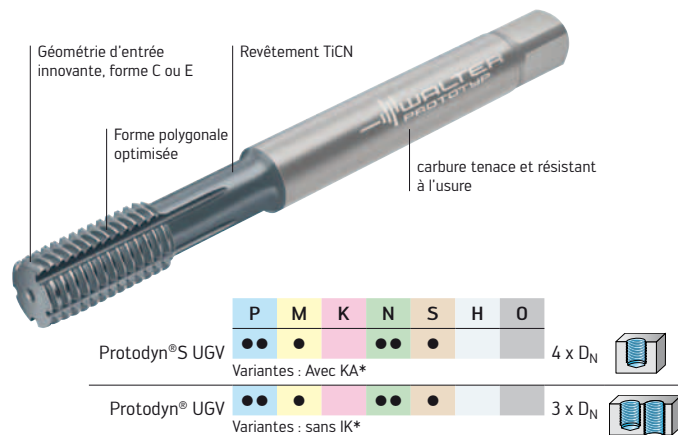
L'application

- Utilisation sur les machines-outils avec broche synchrone ; ne convient pas pour les mandrins à compensation ou les appareils à tarauder
- Utilisation universelle dans presque tous les matériaux déformables jusqu'à env. 1200 N/mm²
- Convient à la micro-pulvérisation
- L'utilisation de mandrins de serrage à compensation minimale (ex. Prototflex C) est généralement recommandée (avantage : augmentation de la durée de vie et de la sécurité d'usinage)

Vos avantages

- Hausse de la productivité, grâce à des vitesses de déformation élevées
- Réduction des coûts de stockage grâce à une utilisation universelle
- Utilisation possible de mandrins de serrage simples, robustes sans mécanisme de compensation

Longues durées de vie, vitesses très élevées



Protodyn® S UGV

Type : HP8061716

L'outil

- Forme polygonale optimisée permettant de réduire la friction et d'augmenter la durée de vie
- Géométrie de l'entrée inédite pour une usure homogène
- Tolérance de queue h6 (ex. pour une utilisation dans les mandrins de fretage)

Protodyn® S UGV :

- Rainures de lubrification et alimentation en lubrifiant axiale pour des filetages borgnes profonds, jusqu'à 4 x D_N

L'application

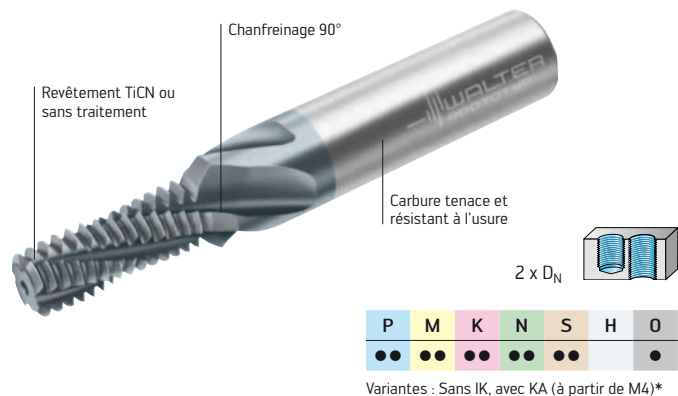
- ISO P : acier jusqu'à 1200 N/mm² de résistance mécanique
- ISO M : matériaux inoxydables jusqu'à 1000 N/mm² de résistance mécanique (de préférence sous huile)
- ISO N : alliages AlSi jusqu'à 12 % de Si et alliages Ni de moins de 900 N/mm² de résistance mécanique

Vos avantages

- Productivité optimale grâce à des vitesses de déformation accrues
- Moins de changements d'outils grâce à des durées de vie très élevées
- Rapport prix-performances attractif dans la fabrication en grande série
- Utilisation optimale de la profondeur de perçage, car l'outil est sans pointe

* IK = alimentation en lubrifiant interne
 KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale
 KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

Universel avec une partie chanfreinante



Fraise à fileter en carbure monobloc TMC – Thread Mill Countersink Type : H5055016



L'outil

- Fraise à fileter en carbure monobloc avec chanfrein
- Précision de cylindricité < 10 µm pour une excellente qualité du filetage et des durées de vie longues

L'application

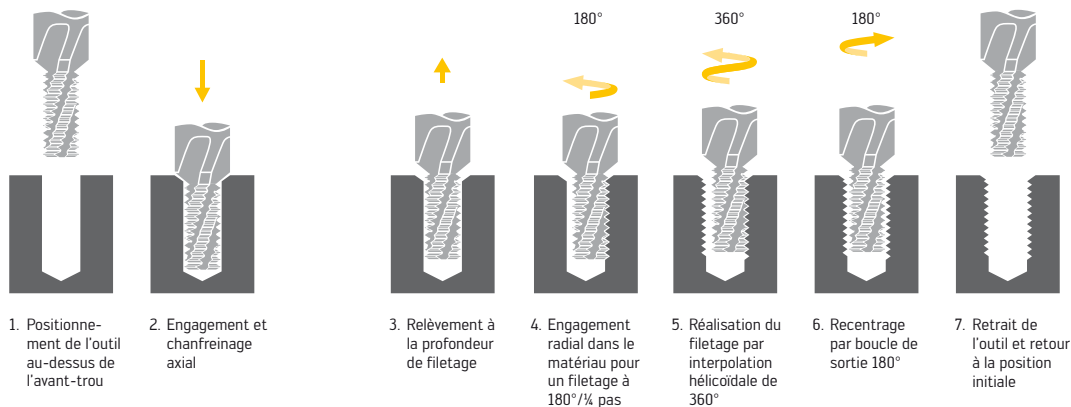
- Application universelle dans un large éventail de matériaux jusqu'à env. 1500 N/mm² de résistance mécanique ou 48 HRC

Vos avantages

- Durée de vie longue et valeurs de coupe élevées grâce à un meilleur substrat
- Très bon niveau sonore de fonctionnement et coupe douce par une géométrie optimisée

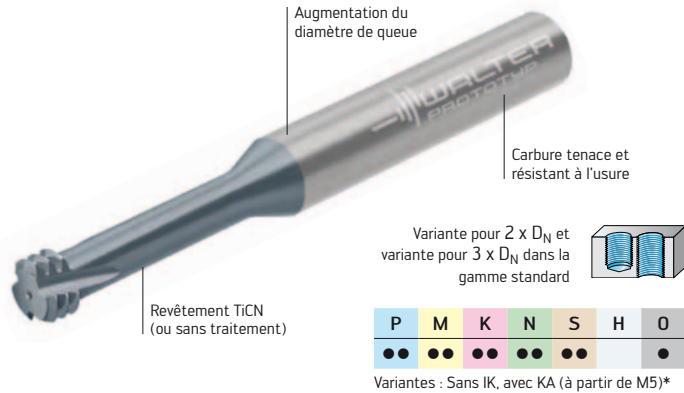
La stratégie:

Fraisage de filets TMC



* IK = alimentation en lubrifiant interne
KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale
KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

Excellente sécurité d'usage même pour les filetages profonds



Fraise à fileter TMO – Thread Mill Orbital

Type : H5087016

L'outil

- Arête de coupe courte, faible angle d'hélice et angle de coupe positif pour une réduction des forces de coupe et une coupe douce
- Grand diamètre de queue pour une utilisation sans vibration dans le cas de longueurs de sorties plus élevées
- structure de base stable avec une construction d'âme rigide

L'application

- Application universelle dans un large éventail de matériaux jusqu'à env. 1500 N/mm² de résistance mécanique ou 48 HRC
- Excellentes propriétés d'usage même avec les matériaux à haute résistance et ayant tendance à coincer (ex. aciers inoxydables et alliages Ti à haute résistance)

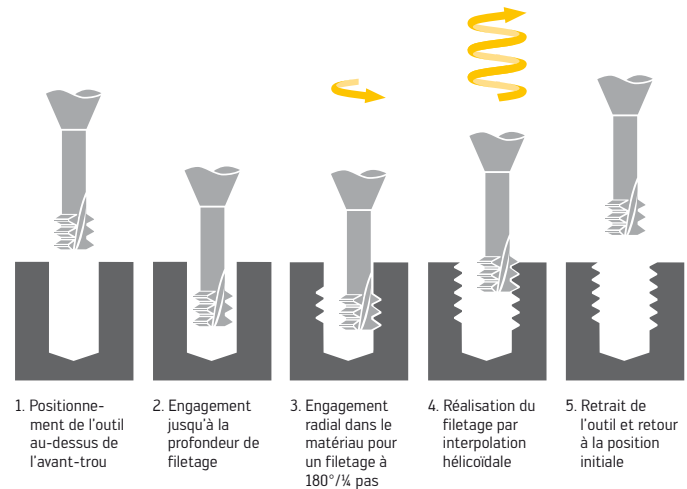
Vos avantages

- Durée de vie élevée par une stratégie de fraisage innovante
- Filetages de petits diamètres et profonds (ex. M1,6, 3 x D_N de profondeur) de manière fiable
- Utilisation avantageuse là où les outils conventionnels arrivent à leurs limites
 - Usinage de matériaux difficiles à usiner comme l'inconel
 - Réalisation de filetages profonds
 - La solution, quand une répartition radiale de coupes (multiple) serait nécessaire en raison d'un filetage conique pour les fraises à fileter conventionnelles



La stratégie:

Fraisage de filets orbital TMO

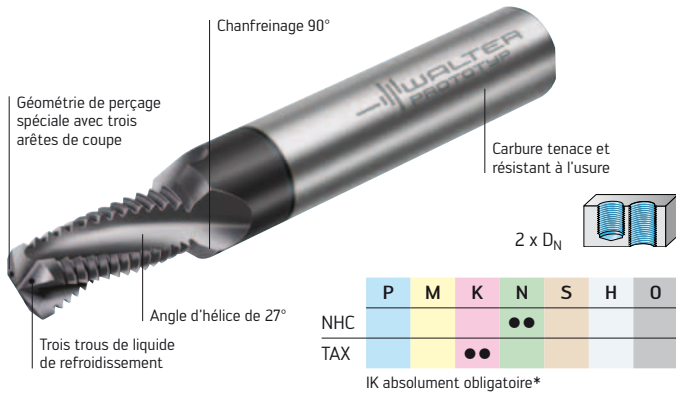


* IK = alimentation en lubrifiant interne

KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale

KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

Percer, chanfreiner et fileter en une seule opération



Fraise à percer-fileter au carbure monobloc TMD – Thread Mill Drill Type : H5075018

L'outil

- Fraise à percer-fileter en carbure monobloc
- Longueur de coupe et chanfreinage ajustés sur 2 x D_N de profondeur de filetage
- Revêtement TAX pour matériaux ISO K
- Revêtement NHC pour matériaux ISO N

L'application

- ISO K : Les matériaux en fonte comme GG25 (les matériaux FG5 ne peuvent être usinés que dans ces cas exceptionnels. L'usinage de ces matériaux peut en partie être rendu possible avec un outil spécial à deux arêtes de coupe.)
- ISO N : aluminium de fonderie d'une teneur jusqu'à 7 % de Si ; alliage Mg et Cu à copeaux courts
- usinage direct d'avant-trous de fonderie

Vos avantages

- Rentabilité accrue pour moins de 8 filetages de même type par pièce, par rapport aux outils conventionnels**
- Gains de productivité grâce au raccourcissement des temps d'usinage de près de 50 %
- Économie de place dans le magasin outils
- Positionnement exact de l'avant-trou et du filetage

Conseil pratique :

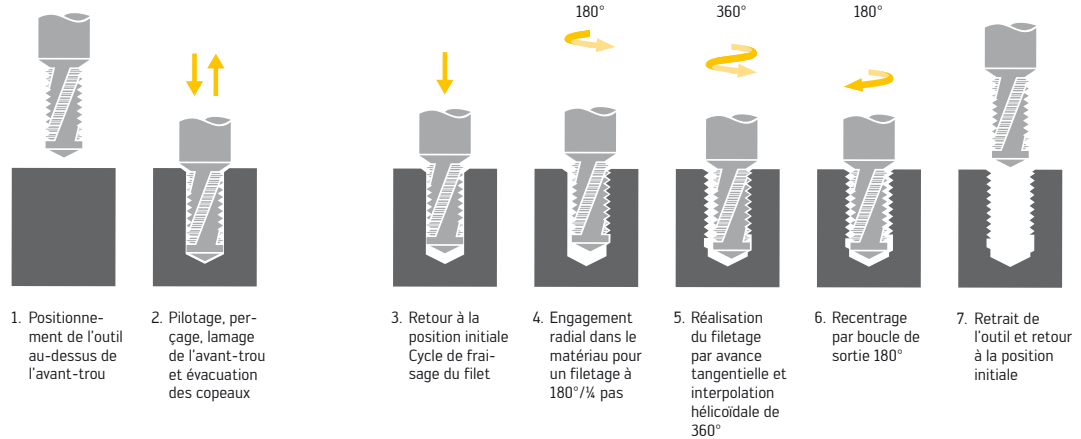
L'utilisation du TMD est aussi intéressante quand un seul filetage présente d'autres spécifications que les autres filetages de la pièce.

Exemple : 13 filetages par pièce. 12 de M8, 1 filetage M6. Au lieu d'utiliser un foret pour avant-trous et un outil de filetage, ce filetage peut être réalisé de façon économique avec TMD.

** Les avantages peuvent varier en fonction du temps de copeau à copeau

La stratégie:

Fraises à percer-fileter TMD avec chanfrein

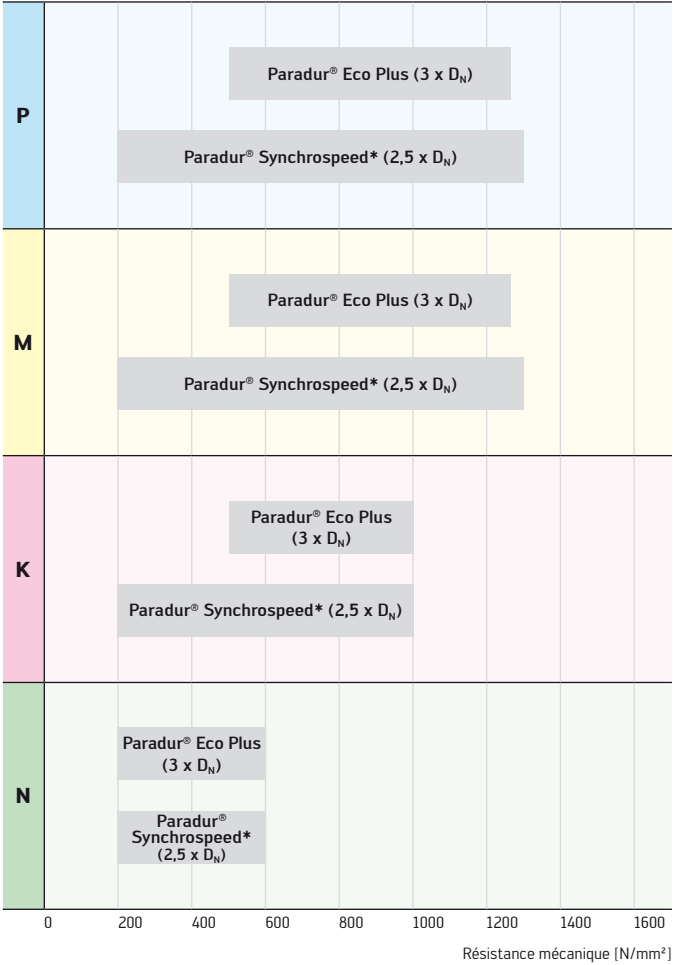


* IK = alimentation en lubrifiant interne

KA = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant axiale

KR = alimentation en lubrifiant interne avec sortie de lubrifiant radiale

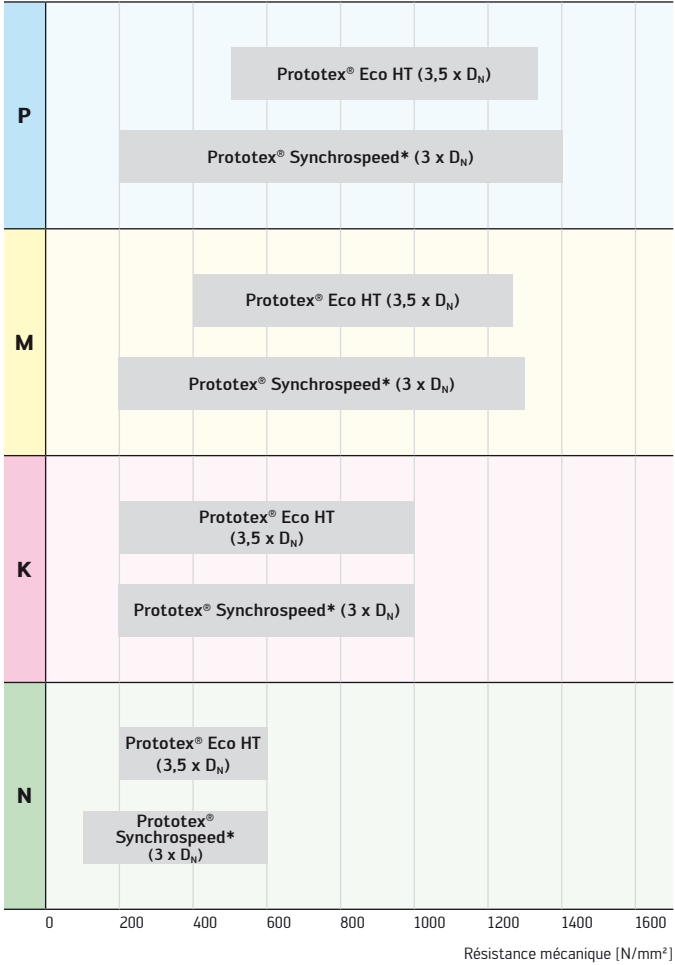
Taraud pour filetages borgnes universel



■ Matériau de coupe HSS-E ou HSS-E-PM

* uniquement pour l'usinage synchrone

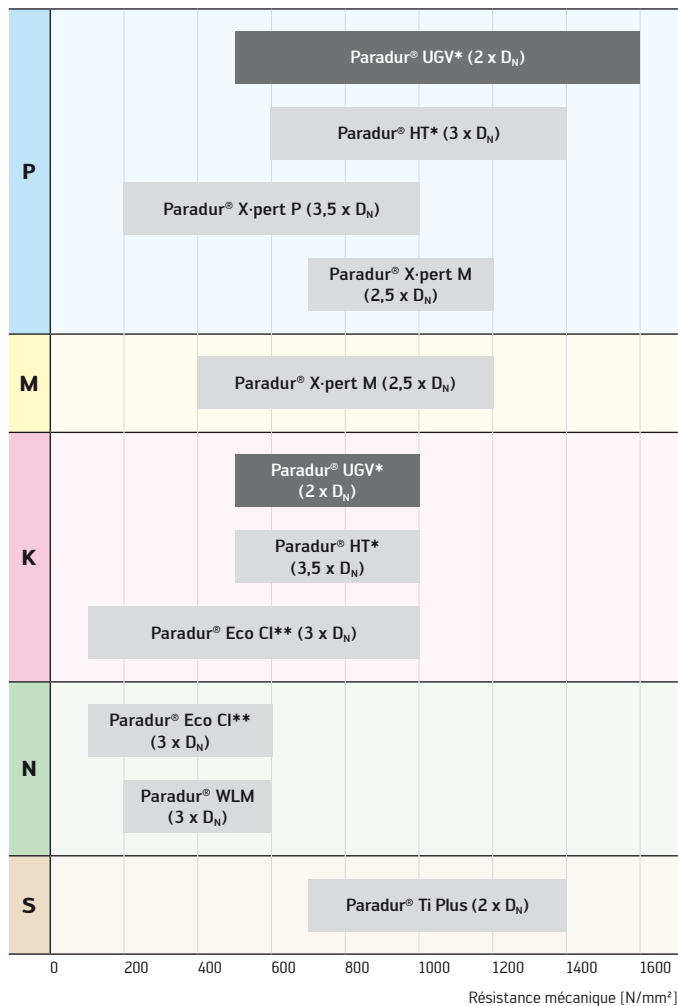
Taraud pour filetage débouchant universel



■ Matériau de coupe HSS-E ou HSS-E-PM

* uniquement pour l'usinage synchrone

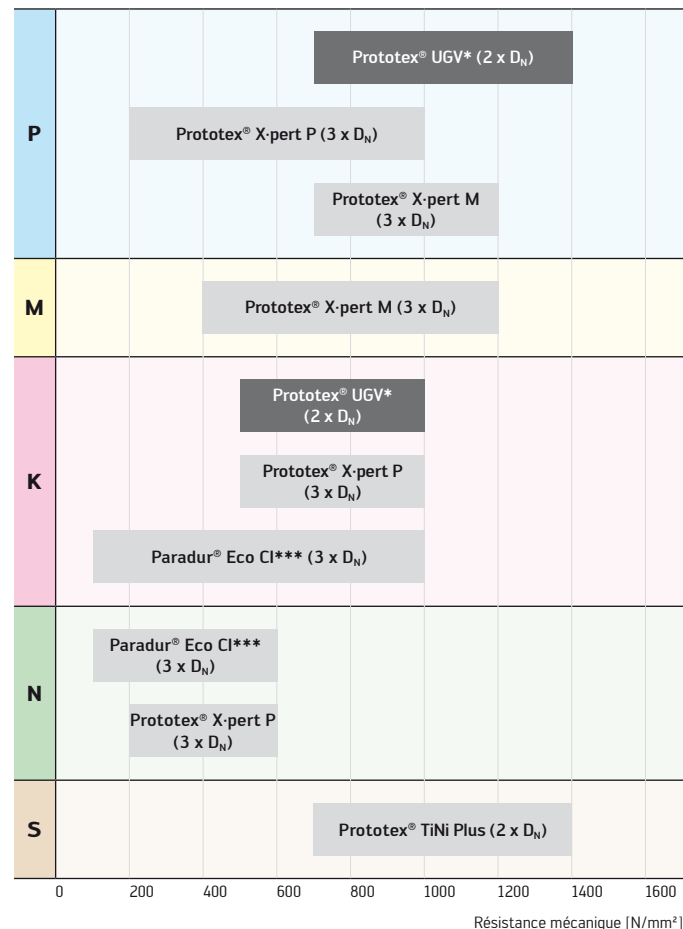
Taraud pour filetages borgnes pour applications spéciales



■ Matériau de coupe carbure monobloc
 ■ Matériau de coupe HSS-E ou HSS-E-PM

* Lubrification interne indispensable
 ** uniquement pour les matériaux à copeaux courts ; Lubrification interne recommandée

Taraud pour filetages débouchants pour applications spéciales









■ Matériau de coupe carbure monobloc
 ■ Matériau de coupe HSS-E ou HSS-E-PM

* Lubrification interne indispensable
 *** uniquement pour les matériaux à copeaux courts

Tarauds travaillant par déformation






- Application principale
- autre application

●● Application principale ● autre application		Profondeur de filetage				2,0 x D _N	3,5 x D _N					
		Type				Protodyn® Eco LM	Protodyn® S Plus	Protodyn® S Eco Plus	Protodyn® S Eco Inox*	Protodyn® S Synchrospeed	Protodyn® S UGV	
		Informations sur les produits : Page				30	29	28	31	32	33	
Groupe de matériaux	Principaux groupes de matériaux				Dureté Brinell HB	Résistance mécanique R _m N/mm²						
	Matière à usiner											
P	Acier non allié et faiblement allié	recuit (traité)	210	700	●●	●●	●●	●	●●	●		
		Acier de décolletage	220	750	●●	●●	●●	●	●●	●		
		traité	300	1010		●●	●●	●	●●	●●		
		traité	380	1280		●	●	●	●	●●		
		traité	430	1480								
	Acier fortement allié et acier à outils fortement allié	recuit	200	670		●●	●●	●	●●	●		
		trempé et revenu	300	1010		●●	●●	●	●●	●●		
		trempé et revenu	400	1360								
	Acier inoxydable	ferritique/martensitique, recuit	200	670		●●	●●	●●	●●	●●		
		martensitique, traité	330	1110		●●	●●	●●	●●	●●		
M	Acier inoxydable	austénitique, duplex	230	780		●●	●●	●●	●●	●●		
		austénitique, trempé (PH)	300	1010		●	●	●	●	●		
K	Fonte grise		245	–								
	Fonte nodulaire	ferritique, perlitique	365	–								
	Fonte GV (CGI)		200	–								
N	Alliages d'aluminium de corroyage	non durcissables par vieillissement	30	–	●●	●●	●●	●	●●	●●		
		trepables, durcis par vieillissement	100	340	●●	●●	●●	●	●●	●●		
	Alliages d'aluminium de fonderie	≤ 12 % Si	90	310	●●	●●	●●	●	●●	●●		
		> 12 % Si	130	450								
	Alliages de magnésium		70	250								
	Cuivre et alliages de cuivre (bronze/laiton)	non allié, cuivre électrolytique	100	340	●●	●	●	●	●	●		
		Laiton, bronze, laiton rouge	90	310								
		Alliages Cu, à copeaux courts	110	380								
à haute résistance, Ampco		300	1010									
S	Alliages réfractaires	Base Fe	280	940								
		Base Ni ou Co	250	840		●●	●●	●	●●	●●		
		Base Ni ou Co	350	1080								
	Alliages de titane	Titane pur	200	670	●●							
		Alliages α et β, trempés	375	1260	●●							
		Alliages β	410	1400	●●							
	Alliages de tungstène		300	1010								
	Alliages de molybdène		300	1010								

Fraises à fileter

- Application principale
- autre application

Profondeur de filetage	1,5 x D _N 2,0 x D _N	2,0 x D _N			2,0 x D _N 3,0 x D _N
Type	TMG	TMC	TMO HRC	TMD	TMO
Informations sur les produits : Page	35	34	37	38	36

Groupe de matériaux	Principaux groupes de matériaux		Dureté Brinell HB		Résistance mécanique R _m N/mm ²					
	Matière à usiner									
P	Acier non allié et faiblement allié	recuit (traité)	210		700	●●	●●			●●
		Acier de décolletage	220		750	●●	●●			●●
		traité	300		1010	●●	●●			●●
		traité	380		1280	●●	●●			●●
		traité	430		1480	●●	●●	●●		●●
	Acier fortement allié et acier à outils fortement allié	recuit	200		670	●●	●●			●●
		trempé et revenu	300		1010	●●	●●			●●
		trempé et revenu	400		1360	●●	●●	●●		●●
	Acier inoxydable	ferritique/martensitique, recuit	200		670	●●	●●			●●
martensitique, traité		330		1110	●●	●●	●		●●	
M	Acier inoxydable	austénitique, Duplex	230		780	●●	●●			●●
		austénitique, trempé (PH)	300		1010	●●	●●			●●
K	Fonte grise		245		-	●●	●●		●●	●●
	Fonte nodulaire	ferritique, perlitique	365		-	●●	●●		●●	●●
	Fonte GV (CGI)		200		-	●●	●●		●●	●●
N	Alliages d'aluminium de corroyage	non durcissables par vieillissement	30		-	●●	●●		●●	●●
		trempeables, durcis par vieillissement	100		340	●●	●●		●●	●●
	Alliages d'aluminium de fonderie	≤ 12 % Si	90		310	●●	●●		●●	●●
		> 12 % Si	130		450	●●	●●		●●	●●
	Alliages de magnésium		70		250	●●	●●		●●	●●
	Cuivre et alliages de cuivre (bronze/laiton)	non allié, cuivre électrolytique	100		340	●●	●●		●●	●●
		Laiton, bronze, laiton rouge	90		310	●●	●●		●●	●●
		Alliages Cu, à copeaux courts	110		380	●●	●●		●●	●●
à haute résistance, Ampco		300		1010	●●	●●		●●	●●	
S	Alliages réfractaires	Base Fe	280		940	●●	●●			●●
		Base Ni ou Co	250		840	●●	●●			●●
		Base Ni ou Co	350		1080	●●	●●			●●
	Alliages de titane	Titane pur	200		670	●●	●●			●●
		Alliages α et β, trempés	375		1260	●●	●●			●●
		Alliages β	410		1400	●●	●●			●●
	Alliages de tungstène		300		1010	●●	●●	●		●●
	Alliages de molybdène		300		1010	●●	●●	●		●●
H	Acier trempé		50 HRC		-			●●		
			55 HRC		-			●●		
			60 HRC		-			●●		

Comparaison des procédés de réalisation de filetages

	Avantages		Inconvénients	
Taraudage coupant	<ul style="list-style-type: none">- Pas d'exigences particulières pour la machine- Il est possible de travailler presque tous les matériaux usinables		<ul style="list-style-type: none">- L'évacuation des copeaux est souvent un défi et détermine la diversité des outils ainsi que des modifications spéciales (surtout pour les filetages borgnes profonds dans les matériaux à copeaux longs)- Baisse de stabilité de l'outil à cause des goujures ; augmentation du risque de casse	<ul style="list-style-type: none">- Risque d'avoir un filetage rebut en cas de casse de l'outil- Le process peut réagir sensiblement aux modifications conditionnées par la charge des propriétés du matériau de la pièce- Augmentation du risque d'arrêt machine à cause de la formation de pelotes de copeaux
Taraudage par déformation	<ul style="list-style-type: none">- Grande sécurité d'usinage<ul style="list-style-type: none">• Pas de copeaux donc pas de problème d'évacuation : Il est possible de réaliser des filetages même profonds de manière fiable• Moindre risque de casse grâce à la stabilité de l'outil- Grande qualité du filetage<ul style="list-style-type: none">• Plus grande résistance statique et dynamique du filetage grâce à l'écrouissage à froid• Très bon état de surface du filet avec moins de rugosité	<ul style="list-style-type: none">- Durée de vie plus longue par rapport au taraudage coupant- Les outils sont très polyvalents- Filetages borgnes et débouchants avec un seul outil	<ul style="list-style-type: none">- Risque d'éjection de l'outil en cas de casse- Domaine d'application limité en raison de l'allongement à la rupture, résistance mécanique et pas du filetage	<ul style="list-style-type: none">- Faible tolérance de l'avant-trou augmentant les coûts de fabrication ; nécessité de comparer la rentabilité avec celle du taraudage coupant- Pas autorisé dans l'industrie agro-alimentaire, les techniques médicales et l'industrie aéronautique
Fraisage de filets	<ul style="list-style-type: none">- Grande flexibilité<ul style="list-style-type: none">• Utilisation universelle des outils dans les matériaux les plus divers• Un seul outils pour les filetages borgnes et débouchants• Différentes mesures de filetage (avec le même pas) réalisables avec un outil• Différentes plages de tolérances possibles avec un outil• Filetage simple et multiple ainsi que filetage à droite et à gauche réalisables avec un outil	<ul style="list-style-type: none">- Grande sécurité d'usinage<ul style="list-style-type: none">• Pas de risque de formation de pelote de copeaux• Pas de filetage rebuté en cas de casse de l'outil• Couple moindre même avec les grandes dimensions• Entrées et sorties obliques réalisables sans difficulté• Usinage de pièces fines possible grâce à de faibles pressions de coupe- Moindre charge sur la broche grâce à un mouvement régulier- Très bon état de surface du filet	<ul style="list-style-type: none">- Coûts d'outils élevés par rapport au taraudage coupant et au taraudage par déformation HSS-E- Machine 3D-CNC absolument indispensable- Programmation importante	<ul style="list-style-type: none">- Dans la fabrication de masse, le fraisage de filets est souvent moins avantageux en termes de rentabilité que le taraudage coupant et le taraudage par déformation

	Sécurité d'usinage	Vitesse d'usinage	Polyvalence/flexibilité	Durée de vie	Coûts d'outils	Profondeur de filetage	Tailles de lot typiques
Taraudage	-	+	-	-	-	+	faibles à très élevées
Taraudage par déformation	+	+	+	++	+	++	faibles à très élevées
Fraisage de filets	++	-	++	+	+	-	faibles à moyennes

- Référence
+ Au-dessus de la référence
++ Très au-dessus de la référence

Plages de tolérances du taraudage coupant et du taraudage par déformation

La plage de tolérance du filetage intérieur réalisé ne dépend pas seulement des cotes de l'outil, mais aussi du matériau et des conditions d'usinage. Dans certains cas, il peut être judicieux de choisir des cotes différentes de la norme. Cette tolérance est indiquée par le X suivant la classe de tolérance (ex. 6HX au lieu de 6H). Il faut prendre en compte que ces plages X diffèrent d'un fabricant à l'autre car elles se basent exclusivement sur des normes usine.

Les tarauds conçus pour les matériaux tenaces sont produits chez Walter Prototyp en plage X, afin de contrecarrer les propriétés de rétreint des matériaux. Chez Walter Prototyp, cela signifie pour les tarauds, une augmentation de cote d'une demie plage de tolérance. La gamme X-pert M conçue pour les aciers inoxydables est ainsi proposée en plage X. Les tarauds pour alliages titane et nickel à haute résistance sont cotés dans la plage X pour la même raison.

Pour l'usinage de matériaux abrasifs tels que la fonte grise et si la recoupe des filets ne constitue pas de problème, il est également judicieux de fabriquer les outils selon la tolérance de la plage X. La tolérance dans la plage X augmente la durée de vie – car il faut plus de temps afin que l'usure de l'outil empêche le vissage du tampon de contrôle côté bon. C'est pour cette raison, par exemple, qu'est produit dans cette plage le taraud Paradur® Eco Cl.

Les tarauds par déformation sont exclusivement fabriqués dans la plage X, car avec le taraudage par déformation, le matériau revient davantage que pour le taraudage coupant. Les plages X de taraud par déformation diffèrent de celles des tarauds coupants, mais cela n'a aucun impact sur la tolérance de l'écrou réalisé – comme le montre le tableau ci-dessous.

La classe de tolérance de l'outil (ex. 4H) correspond à la plage de tolérance de l'écrou pour lequel l'outil a été paramétré. Le tableau ci-dessous indique également que ces outils permettent d'obtenir d'autres plages de tolérance.

L'épaisseur des revêtements appliqués ultérieurement sur le filet doit être compensée par une surcote du taraud. Cette surcote se calcule au moyen de la formule suivante :

A = T x f avec $f = \frac{2}{\sin \frac{\alpha}{2}}$

A représente la surcote à déterminer, T l'épaisseur de couche du revêtement à appliquer et α l'angle de flanc.

Exemple :
Filetage métrique, épaisseur galvanique d'épaisseur 25 μ m

Avec un angle de flanc de 60°, on obtient :

$f = \frac{2}{\sin \frac{60^\circ}{2}} = \frac{2}{0,5} = 4$

d'où







A = 0,025 mm x 4 = 0,1 mm







Si vous souhaitez réaliser un assemblage vissé normalement, choisir un outil de la classe de tolérance 6H + 0,1.

Remarque :
Pour le fraisage de filets, il est possible d'obtenir les plages de tolérance voulues avec un outil car elles peuvent être fixées par programmation.

Classe de tolérance d'outil		Gamme de tolérance réalisable du filet femelle		Gamme de tolérance réalisable du filet femelle			Application technique
Désignation DIN pour le taraud	Norme usine pour un taraud coupant et un taraud par déformation						
ISO1/4H	4HX	4H	5H	–	–	–	Assemblage vissé avec peu de jeu
ISO2/6H	6HX	4G	5G	6H	–	–	Assemblage vissé normal
ISO3/6G	6GX	–	–	6G	7H	8H	Assemblage vissé avec beaucoup de jeu
7G	7GX	–	–	–	7G	8G	En prévention d'une déformation en cas de traitement à chaud

Revêtements et traitements de surface

	sans traitement	vap	nid (nit + vap)	TiN	TiCN	THL
Domaines d'application principaux	<ul style="list-style-type: none"> Trous borgnes très profonds dans les aciers tendres Utilisation en cas de problème d'évacuation des copeaux 	<ul style="list-style-type: none"> Essentiellement pour les matériaux inoxydables Dans les matériaux tendres, tenaces avec risque de soudures froides Pour des filetages borgnes très profonds 	<ul style="list-style-type: none"> Trous débouchants : acier jusqu'à 1200 N/mm², travail de la fonte et de l'aluminium ; Trous borgnes : matériaux à copeaux courts uniquement (fonte grise, alliage AlSi > 7 % Si, C70) ; acier à forte teneur en perlite ; Pas pour les matériaux inoxydables, ayant tendance à gripper 	<ul style="list-style-type: none"> Aciers faiblement alliés Matériaux inoxydables Convient pour les alliages Ni 	<ul style="list-style-type: none"> Aciers alliés et non alliés Matériaux abrasifs comme la fonte grise, AlSi (> 5 % Si), alliage Cu-Bronze. Couche universelle pour GFR jusqu'à 48 HRC Convient pour les alliages Ni 	<ul style="list-style-type: none"> Aciers en général, et surtout les aciers inoxydables Trous borgnes très profonds Usinage sous micro-pulvérisation GJS (FGS)
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> Moindre v_c/durée de vie par rapport aux outils avec revêtement Copeaux resserrés 	<ul style="list-style-type: none"> Améliore l'adhérence du lubrifiant et réduit la formation d'arêtes rapportées Moindre v_c/durée de vie par rapport aux outils avec revêtement Amélioration de l'évacuation des copeaux 	<ul style="list-style-type: none"> Durée de vie plus longue grâce à une surface plus dure Fragilité croissante nidamisé = nitruré + traitement vapeur 	<ul style="list-style-type: none"> Couche universelle Convient à de nombreux matériaux Ne convient pas aux alliages 	<ul style="list-style-type: none"> Résistant au matériaux abrasifs Bien adapté aux outils en carbure monobloc Ne convient pas aux alliages Ti 	<ul style="list-style-type: none"> Meilleure formation des copeaux que le TiN et le TiCN Tendance à la formation d'arêtes rapportées dans les matériaux contenant du manganèse
Optique						

	CrN	NHC	DLC	ACN	TAX	Diamant
Domaines d'application principaux	<ul style="list-style-type: none"> Taraudage coupant d'alliages Al et Cu. Taraudage par déformation d'alliages Ti. Usinage d'aciers ayant tendance au collage à froid 	<ul style="list-style-type: none"> Métaux non-ferreux (alliages Cu, laiton, bronze, Ti) Alliages AlSi avec jusqu'à 12 % de Si 	<ul style="list-style-type: none"> Pour les alliages Al ayant tendance au collage à froid 	<ul style="list-style-type: none"> Alliages Ti Alliages Ni 	<ul style="list-style-type: none"> Application universelle pour le fraisage de filets Également pour les aciers trempés et l'usinage UGV 	<ul style="list-style-type: none"> Matériaux abrasifs comme alliage AlSi. > 12 %
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> Réduit la formation d'arêtes rapportées 	<ul style="list-style-type: none"> Réduit la formation d'arêtes rapportées Résistant au matériaux abrasifs Arêtes de coupe tranchantes possibles, car couche fine 	<ul style="list-style-type: none"> Possibilité parfois d'augmenter considérablement les durées de vie 	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'affinité avec les alliages de titane, car couche sans titane 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance à la chaleur élevée Couche universelle 	<ul style="list-style-type: none"> Résistant au matériaux abrasifs
Optique						

Revêtements et traitements de surface

Matériau	Résistance mécanique faible à moyenne								Résistance mécanique faible à élevée		Résistance mécanique moyenne à élevée		Résistance mécanique moyenne à très élevée
	P	X	X	X					X		X	X	X
	M		X	X					X		X	X	X
	K		X	X					X		X	X	X
	N	X	X	X	X	X		X	X		X		
	S				X					X			
	H										X		X
Traitement de surface	sans traitement	vap	TiN	CrN	NHC		DLC	Diamant	nid	ACN	TiCN	THL	TAX
Taraudage	X	X	X	X			X		X	X	X	X	
Taraudage par déformation			X	X			X				X		
Fraisage de filets					X		X	X		X	X		X
Fraise à percer-fileter					X								X

Choix de revêtements pour le taraudage par déformation

Matériau	TiN	TiCN
Fer doux magnétique	●●	●
Acier de construction	●●	●
Acier au carbone	●	●●
Acier allié	●●	●
Acier traité	●●	●
Acier inoxydable	●	●●
austénitique	●	●●
ferritique/martensitique, duplex	●	●●
résistant aux températures élevées	●	●●
Al/Mg non allié	●●	●
Al, allié Si < 0,5 %	●	●●
Al, allié Si < 0,5 % ... 10%	●	●●
Al, allié Si > 10 %	●	●●

●● Recommandation ● Application possible

Refroidissement et lubrification

Dans ce contexte, on parle bien sûr de « liquide de refroidissement », bien que pour le taraudage, et particulièrement le taraudage par déformation, la lubrification soit beaucoup plus importante que le refroidissement. Nous faisons une différence entre les méthodes suivantes d'alimentation en lubrifiant :

- Alimentation en lubrifiant extérieure
- Alimentation en lubrifiant extérieure par des sorties parallèles sur le mandrin
- Alimentation en lubrifiant « interne » via des goujures sur la queue
- Lubrification interne
(Innere Kühlmittelzufuhr = **IK**)
avec lubrification à sortie axiale
(Kühlmittelaustritt axial = **KA**)
- Lubrification interne
avec lubrification à sortie radiale
(Kühlmittelaustritt radial = **KR**)

L'alimentation en lubrifiant extérieure est la méthode la plus répandue et donne de bons résultats la plupart du temps. Lors de l'usinage vertical de filetages borgnes, l'avant-trou se remplit de liquide de refroidissement (sauf dans le cas des très petits diamètres de perçage), ce qui est un avantage pour l'usinage de filets.

Pour les filetages débouchants, l'avant-trou ne peut certes pas se remplir, car les copeaux du taraudage coupant sont évacués dans le sens de l'avance mais le taraudage par déformation ne produit pas de copeaux et le liquide de refroidissement peut progresser jusqu'à l'entrée même quand le filetage est profond. Le jet de liquide doit être autant que possible parallèle à l'axe de l'outil.

L'alimentation extérieure devient problématique lors de l'usinage de filetages profonds avec une broche horizontale. Le liquide de refroidissement ne peut alors pas toujours atteindre l'arête de coupe. Dans le cas du taraudage coupant de trous borgnes, l'évacuation des copeaux entrave l'alimentation en lubrifiant.

L'alimentation parallèle à l'axe par des goujures de refroidissement sur la queue offre des avantages considérables, car le liquide de refroidissement arrive toujours à l'arête de coupe quelle que soit la longueur de l'outil. Il ne faut généralement pas oublier qu'avec l'augmentation de la fréquence de rotation, le lubrifiant est projeté radialement quand sa pression est trop faible.

L'alimentation en lubrifiant interne garantit que le liquide de refroidissement arrive toujours à l'arête de coupe. Cela assure en permanence un refroidissement et une lubrification optimaux de l'arête de coupe. Cela contribue en outre au transport des copeaux le cas échéant.

Groupe de matériaux	Matériau	Taraudage coupant	Taraudage par déformation	Fraisage de filets
P	Acier	Émulsion 5 %	Émulsion 5 – 10 %	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
	Acier 850 – 1200 N/mm ²	Émulsion 5 – 10 %	Émulsion 10 % ou huile (Protofluid)	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
	Acier 1200 – 1400 N/mm ²	Émulsion 10 % ou huile (Protofluid)	Émulsion 10 % ou huile (Protofluid ou Hardcut 525)	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
	Acier 1400 – 1600 N/mm ² correspond à 44 – 49 HRC	Huile (Protofluid ou Hardcut 525)	Le taraudage par déformation n'est en principe pas possible	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
M	Acier inoxydable	Émulsion 5 – 10 % ou huile (Protofluid)	Huile (Protofluid) [émulsion 5-10 % possible uniquement avec des outils spéciaux (Protodyn® S Eco Plus)]	Émulsion
K	Fonte grise FG	Émulsion 5 %	Le taraudage par déformation est impossible	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
	Fonte à graphite sphéroidal FGS	Émulsion 5 %	Émulsion 10 %	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
N	Aluminium jusqu'à 12 % Si max.	Émulsion 5 – 10 %	Émulsion 5 – 15 %	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
	Aluminium au-dessus de 12 % Si	Émulsion 5 – 10 %	Émulsion 5 – 10 % Formage judicieux uniquement dans des cas exceptionnels	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
	Magnésium	Huile (Protofluid)	Le taraudage par déformation à température ambiante n'est pas possible	Sec
	Cuivre	Émulsion 5 – 10 %	Émulsion 5 – 10 %	Émulsion/micro-pulvérisation/soufflage d'air
S	Alliages de titane	Émulsion 10 % ou huile (Protofluid ou Hardcut 525)	Huile (Hardcut 525)	Émulsion
	Alliages de nickel	Émulsion 10 % ou huile (Protofluid ou Hardcut 525)	Huile (Protofluid ou Hardcut 525)	Émulsion
H	Acier >49 HRC	Huile (Hardcut 525) uniquement possible avec des outils au carbure	Le taraudage par déformation est impossible	Sec/micro-pulvérisation
O	Matières plastiques	Émulsion 5 %	Le taraudage par déformation ne donne pas de filetages dans la limite des tolérances	Émulsion/micro-pulvérisation

Refroidissement et lubrification – Taraudage coupant

Dans le **taraudage coupant de trous borgnes**, nous distinguons deux situations :

Situation 1 : copeaux courts

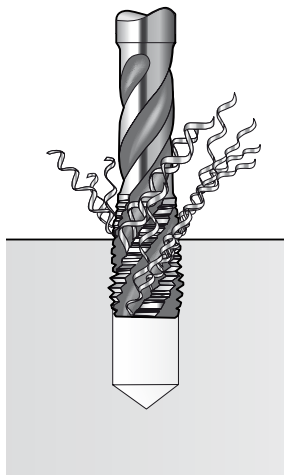
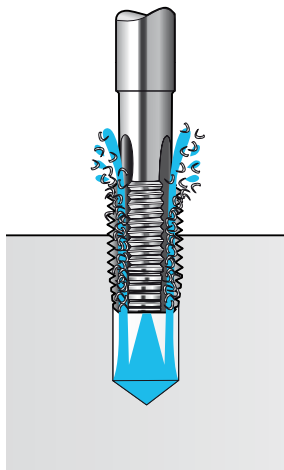
On obtient les meilleurs résultats en termes de performances et de sécurité du process, lorsque les copeaux peuvent être coupés courts. Ces copeaux courts peuvent alors être évacués du filetage sans difficulté par le lubrifiant. Les tarauds à goujures droites sont ceux qui permettent le mieux d'obtenir une coupe courte des copeaux (ex. Paradr® HT). L'alimentation KA est recommandée pour les taraudages de trous borgnes.

Remarque :

Lors de l'usinage de filetages borgnes dans des matériaux à copeaux courts sans IK, les copeaux s'accumulent au fond du trou. Si l'écart de sécurité défini est trop faible, l'outil vient buter sur les copeaux et peut casser.

Situation 2 : copeaux longs (il n'est généralement pas possible d'obtenir des copeaux courts)

Pour les aciers de moins de 1000 N/mm² ou pour les aciers inoxydables et autres matériaux très tenaces, il ne suffit généralement pas de casser les copeaux courts. Dans ces situations, les copeaux doivent être enlevés par des outils à hélice. Si une lubrification interne est présente, le lubrifiant contribue au transport des copeaux. Dans certains cas, il est possible de travailler avec des tarauds à hélice, ce qui augmente la durée de vie.



Refroidissement et lubrification – Fraisage de filets

Le **fraisage de filets** exige généralement un usinage sous lubrifiant mais il ne doit être utilisé que s'il est possible d'assurer un refroidissement homogène. Sinon, les chocs thermiques générés favorisent la formation de microfissures, qui à leur tour provoquent de l'écaillage et réduisent donc la durée de vie de l'outil. Avec l'usinage sous lubrifiant dont l'alimentation est externe, il n'est souvent pas possible d'assurer un refroidissement homogène. L'usinage à sec sous air comprimé est généralement possible pour le fraisage de filets, mais cela a des effets négatifs sur la durée de vie de l'outil.

Pour l'usinage de trous borgnes, il est généralement recommandé d'utiliser un outil à sortie de lubrifiant axiale. Le principe de l'émulsion est alors optimal. Comme l'outil baigne entièrement dans le lubrifiant, il n'y a pas de choc thermique. En outre, le jet de lubrifiant contribue à l'évacuation des copeaux et donc à la sécurité du process. Il est aussi possible ici d'utiliser l'air comprimé ou la micro-pulvérisation avec une alimentation interne, mais cela s'accompagne d'une réduction de la durée de vie de l'outil. L'usinage de filetages borgnes avec une émulsion à alimentation externe n'est pas conseillé car dans certains cas, les copeaux s'accumulent dans l'avant-trou, ce qui a des effets négatifs sur la durée de vie de l'outil. L'utilisation d'un apport externe de lubrifiant accroît le risque de choc thermiques.

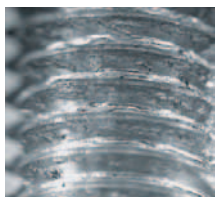
Pour usiner des filetages débouchants, il est recommandé d'utiliser un apport externe d'émulsion, de micro-pulvérisation ou d'air comprimé. L'usinage sous lubrifiant peut ici parfois poser des difficultés car une alimentation en lubrifiant extérieure ne peut pas toujours garantir un refroidissement homogène de l'outil. Pour les petits diamètres de filetage en particulier, il existe le risque que le lubrifiant externe ne puisse pas pénétrer entièrement dans le trou étroit. Il est donc impossible d'assurer un refroidissement homogène de l'outil.

Remarque :

Un manque de refroidissement pose moins de problèmes pour le fraisage de filets qu'un refroidissement sporadique.

Refroidissement et lubrification – Taraudage par déformation

Le refroidissement, et surtout la lubrification, sont très importants pour le taraudage par déformation. Une lubrification insuffisante abaisse considérablement la qualité de surface du filetage, comme le montrent ces clichés :

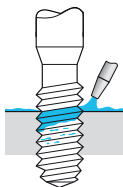


Surface lamellaire due à une lubrification insuffisante ;
Mesure corrective : rainures de lubrification

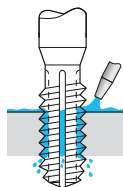


Surface lisse grâce à une excellente lubrification

On distingue deux grands types d'outils : **les tarauds par déformation avec rainures de lubrification et les tarauds par déformation sans rainures de lubrification**. Les différents domaines d'application sont détaillés ci-dessous.



Sans rainures de lubrification



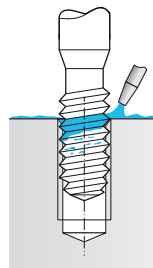
Avec rainures de lubrification

Le domaine d'utilisation des outils sans rainures de lubrification se limite à :

- Percée de tôles
- Filetages débouchants jusqu'à $1,5 \times D_N$ (car le lubrifiant ne peut pas s'accumuler dans l'avant-trou)
- Filetages borgnes en usinage vertical (KA recommandée pour les trous très profonds)

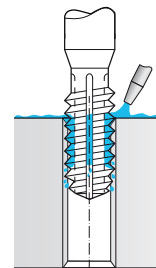
Les rainures de lubrification assurent une lubrification homogène même dans la partie basse des filetages profonds. C'est pourquoi les tarauds par déformation dotés de rainures de lubrification peuvent être utilisés partout. Avec des rainures de lubrification, les filetages débouchants verticaux jusqu'à env. $3,5 \times D_N$ peuvent être réalisés même sans IK.

À la conception de l'outil, il faut distinguer quatre situations :



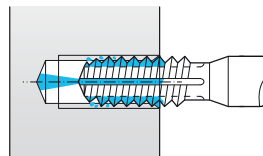
Usinage vertical de trou borgne

Rainures de lubrification et alimentation en lubrifiant interne ne sont pas obligatoires ; une alimentation externe en lubrifiant suffit (KA recommandée pour les filetages très profonds).



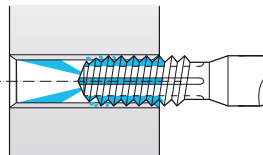
Usinage vertical de trou débouchant (> $1,5 \times D_N$)

Rainures de lubrification indispensables ; la lubrification interne ne suffit pas. Les rainures de lubrification permettent au lubrifiant provenant d'une alimentation externe d'arriver aux arêtes de coupe (KR recommandée pour les filetages très profonds).



Usinage horizontal de trou borgne

Rainures de lubrification et alimentation en lubrifiant interne nécessaires. Sortie axiale du lubrifiant suffisante.



Usinage horizontal de trou débouchant

Rainures de lubrification nécessaires. Alimentation interne en lubrifiant avec sortie radiale recommandée.

Micro-pulvérisation

Les lubrifiants servent dans la fabrication avec copeaux en vue de réduire l'usure de l'outil, d'évacuer la chaleur de la pièce à usiner et de la machine et de favoriser le fractionnement et l'évacuation des copeaux. En outre, la pièce à usiner, l'outil et les dispositifs sont débarrassés des restes de copeaux. Tout cela mis ensemble, ce sont des conditions importantes pour une production efficace, rentable et sans pannes.

Les coûts d'achat, d'entretien et de mise au rebut des lubrifiants augmentent toutefois sans cesse. Il faut aussi tenir compte du fait que les lubrifiants ne sont pas très écologiques et présentent certains risques pour la santé des opérateurs. Comme nous l'avons vu à la page 7, les coûts de lubrifiant représentent environ 16 % des coûts de fabrication. La réduction de la consommation de lubrifiants présente donc un fort intérêt économique et écologique pour les entreprises visant à assurer leur pérennité.

C'est justement ce que permet la micro-pulvérisation (MMS). Avec la micro-pulvérisation, de l'air comprimé est ajouté à une faible quantité de lubrifiant haute performance. Malgré un faible dosage de lubrifiant (env. 5-50 ml/h.), il est possible d'éviter la formation d'arêtes rapportées avec les matériaux adhérents. La micro-pulvérisation permet également d'abaisser la température de process car elle génère moins de frictions.

Dans les cas les plus simples, le lubrifiant arrive de l'extérieur. Cette méthode peut venir équiper de façon économique les machines existantes, mais elle trouve ses limites avec les filetages à partir d'une profondeur de 1,5 x D_N. L'alimentation en lubrifiant via la broche est avantageuse et doit être prise en compte lors de l'achat de nouvelles machines.

Les contraintes sur les outils, modifiées par la micro-pulvérisation, doivent être prises en considération à la conception. Les outils doivent ainsi être par exemple positionnés de sorte que l'usinage génère aussi peu de chaleur que possible – les angles de coupe faibles voire négatifs sont donc à éviter. De même, la géométrie doit être déterminée de manière à obtenir une évacuation sûre des copeaux même sans l'aide de lubrifiant. Le revêtement surtout prend un rôle prépondérant dans l'usinage avec micro-pulvérisation, car la couche de carbone assure une grande partie de la lubrification. Le revêtement sert alors à diminuer les frottements et à l'isolation thermique de l'outil.

Avec des profondeurs de filetage > 1,5 x D_N, une lubrification interne à sorties radiales est indispensable pour la micro-pulvérisation. Les canaux de lubrifiants dans l'outil doivent être positionnés de manière à éviter la séparation du mélange air-huile.

Pour la micro-pulvérisation, Walter Prototyp recommande le revêtement THL spécialement conçu pour les tarauds. Ce revêtement est disponible pour les outils Paradur® Eco Plus (successeur de Paradur® Eco HT), Prototex® Eco HT ainsi que Paradur® et Prototex® Synchrospeed. Le revêtement THL est doté d'une couche auto-lubrifiante qui offre de très bons rapports de friction lors de la micro-pulvérisation et évite les arêtes rapportées. Au fil du cycle de vie de l'outil, la couche est lissée en continu.

Les gammes de produits de taraudage par déformation Protodyn® Eco Plus, Eco LM et Synchrospeed sont bien adaptées à la micro-pulvérisation.

Vos avantages grâce à l'usinage sous micro-pulvérisation avec les outils Walter Prototyp :

- Baisse des coûts de fabrication et augmentation de la compétitivité
- Réduction des coûts de lubrifiant, d'entretien et de traitement
- Réduction des coûts énergétiques
- Prévention des risques sanitaires pour les employés
- Souvent pas d'impacts sur les performances, par rapport à l'usinage sous lubrifiant
- Les pièces à fond creux ne se remplissent pas de lubrifiant de refroidissement
- Réduction des opérations de nettoyage de pièces

Remarque :
À la différence du taraudage coupant et du taraudage par déformation, l'usinage à sec est généralement possible pour le fraisage de filets, mais cela a des effets négatifs sur la durée de vie de l'outil. Si vous travaillez à sec, il est recommandé d'utiliser un système de soufflage d'air pour aider à l'évacuation des copeaux. Pour le fraisage de filets, la micro-pulvérisation est souvent préférable à l'usinage sous lubrifiant car l'outil n'est pas soumis à des chocs thermiques.

Matériaux adaptés à l'usinage sous micro-pulvérisation	Matériaux inadaptés à l'usinage sous micro-pulvérisation
<ul style="list-style-type: none">– Aciers non alliés ou faiblement alliés et fonte aciée < 1000 N/mm²– Fonte grise– Laiton– Alliages AlSi– Alliages de cuivre	<ul style="list-style-type: none">– Aciers fortement alliés haute résistance– Alliages Ti et Ni– Aciers inoxydables

Remarques :
– Pour le fraisage de filets, il est aussi possible d'usiner des matériaux trempés et haute résistance sous micro-pulvérisation.
– Dans la pratique, il peut arriver que les descriptions susmentionnées ne soient pas valides.

Dispositif de serrage

Les mandrins de filetage, aussi appelés porte-outils, sont le lien entre la broche et l'outil.

Fonctions du porte-outil pour le taraudage coupant et le taraudage par déformation :

- Transmission du couple
- Le cas échéant, compensation axiale et/ou radiale des différences entre la position de la broche et la position théorique de l'outil

Fonctions du porte-outil pour le fraisage de filets :

- Transmission du couple
- Minimisation de la déportation de l'outil (le mandrin doit être rigide en raison des forces radiales)
- Amortissement des vibrations

Fonctions générales :

- Transfert du lubrifiant de refroidissement de la broche à l'outil
- Protection du palier de broche en cas de casse de l'outil
- Protection de l'outil contre la casse (dans une certaine mesure seulement)

Pour ce qui est de l'interaction entre broche et avance, il est décisif pour le taraudage coupant et le taraudage par déformation de savoir si (et à quelle précision) le régime de la broche et la vitesse d'avance sont ajustées l'une à l'autre (synchronisées).

Remarque :

Tous les mandrins de taraudage courants peuvent être utilisés pour le fraisage de filets. Il existe des mandrins spéciaux pour le taraudage coupant et le taraudage par déformation, décrit ci-après.

Types de porte-outils pour le taraudage coupant et le taraudage par déformation

Attachement à changement rapide avec compensation axiale

Avantages :

- Utilisation sur les machines synchrones et non synchrones
- Compensation des divergences de positions axiales et radiales
- Robustesse

Inconvénients :

- Technique plus lourde que pour les mandrins rigides
- Pas de protection contre la recoupe des filets, car doit s'auto-guider

Les attachements à changement rapide sont proposés dans la gamme standard de Walter.



Mandrins synchrones avec compensation minimale

Avantages :

- Compensation des forces axiales et donc forte augmentation de la durée de vie
- Combinaison des avantages des mandrins rigides et de ceux des mandrins de compensation de longueur

Inconvénients :

- Cher à l'achat par rapport aux mandrins rigides
- Utilisation uniquement sur les machines-outils synchrones

Les mandrins synchrones avec compensation minimale sont proposés dans la gamme standard de Walter.



Types de porte-outils pour le taraudage coupant et le taraudage par déformation

Appareil à tarauder

Avantages :

- Utilisation sur les machines synchrones et non synchrones
- Préservation de la broche, car le changement de sens de rotation est opéré par le mandrin
- Temps de cycle très courts, car la broche ne doit pas être accélérée ou ralentie ; donc intéressant pour la production de masse

Inconvénients :

- Technique lourde
- Coûts de réparation élevés
- Assistance de couple nécessaire
- Coûts élevés à l'achat



Mandrin de frettage, mandrin rigide pour pince de serrage, mandrin Weldon (v.l.n.r)

Avantages :

- Version simple, économique et robuste
- Mandrin de frettage : Très haute précision de cylindricité

Inconvénients :

- Utilisation uniquement sur les machines synchrones
- Les différences de pas minimales génèrent des efforts axiaux qui agissent sur les flancs de l'outil et qui réduisent la durée de vie



Les mandrins de frettage, les mandrins pour pince de serrage et les mandrins Weldon sont proposés dans la gamme standard de Walter.

Usinage synchrone pour le taraudage coupant et le taraudage par déformation

Pour réduire les temps de process lors du taraudage, l'on travaille de plus en plus à des vitesses de rotation et des vitesses de coupe (UGV = High Speed Cutting) supérieures. L'usinage synchrone est recommandé spécialement pour les vitesses de coupe élevées.

Le taraudage synchrone nécessite une machine, qui synchronise le mouvement de rotation de la broche principale et le mouvement d'avance. L'outil de filetage n'est pas dirigé de par sa géométrie, il est commandé par l'avance et le régime de broche de la machine. De nos jours, la plupart des centres d'usinage sont équipés pour l'usinage synchrone.

En principe, tous les tarauds coupants et les tarauds par déformation peuvent être utilisés. Walter Prototyp offre toutefois des outils spécialement conçus pour l'usinage synchrone, désignés sous l'appellation Synchrospeed. Cette famille d'outils se distingue par un angle de dépouille sur flancs extrêmement élevé et une partie fileté extra courte. Les outils de la famille Synchrospeed ne fonctionnent qu'en mode synchrone. Nous proposons aussi les outils de la famille Eco, qui offrent de très bons résultats d'usinage synchrone et conventionnel.

Les tarauds synchrones peuvent être fixés à la fois à l'aide de mandrins Weldon usuels et de mandrins à pince (si possible avec entraînement carré). Les deux dispositifs de serrage ont l'inconvénient de ne pas pouvoir compenser les forces axiales générées.

Une meilleure alternative est le mandrin de taraudage Protoflex C avec compensation minimum. Le Protoflex C est un mandrin de taraudage pour centres d'usinage avec commande synchrone. Il garantit une compensation minimum parfaitement définie et est adapté à la géométrie des outils Synchrospeed.

Quelle est la particularité du Protoflex C ?

Contrairement aux mandrins de taraudage synchrones conventionnels, Protoflex C se base sur un élément flexible ("Flexor") fabriqué avec précision, présentant une dureté élastique élevée, qui compense les écarts de position du domaine du micron, à la fois dans le plan radial et le plan axial. Le microcompensateur breveté est fabriqué à partir d'un alliage spécialement développé pour la NASA et se distingue par une longue durée de vie et l'absence d'entretien. Les mandrins synchrones d'usage dans le commerce utilisent à cette fin des pièces en matière plastique, qui perdent leur flexibilité avec le temps. La microcompensation n'est plus garantie.

Les forces de pression exercées sur les flancs du taraud sont nettement réduites en cas d'utilisation du mandrin de taraudage Protoflex C, d'où les avantages suivants :

- Grande sécurité du process grâce à un moindre risque de casse – notamment pour les petites dimensions
- Durée de vie accrue des outils de taraudage grâce à un frottement réduit
- Meilleure qualité de surface des flancs de filet

Pour le client, l'utilisation du mandrin de taraudage Protoflex C offre une productivité maximale et une réduction des coûts d'outils, et ce tant pour le taraudage coupant que pour le taraudage par déformation.



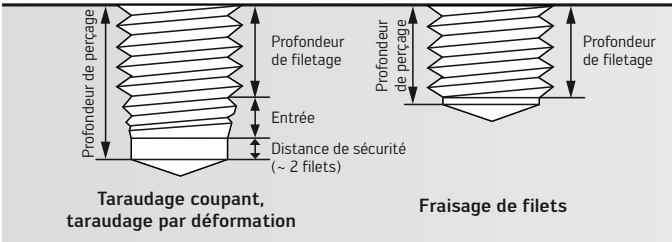
Mandrin de taraudage synchrone Protoflex C

Flexor avec compensation minimum

Remarques concernant l'avant-trou

Profondeur de l'avant-trou

Profondeur de perçage ≥ profondeur de filetage utile (+ longueur de l'entrée) + distance de sécurité



Remarque :

La pointe éventuellement présente de l'outil de filetage doit être prise en compte lors du calcul de la profondeur voulue pour l'avant-trou. Il faut faire la distinction entre pointe pleine et demie pointe. En comparaison avec les deux types de tarauds, les fraises à fileter

ne possèdent ni entrée, ni pointe, ce qui permet de fileter presque jusqu'au fond du trou. Le processus de fraisage exclut toute recoupe des filets, c'est pourquoi aucun écart de sécurité axial n'est nécessaire.

Diamètre de l'avant-trou pour le taraudage coupant et le fraisage

Formule générale :

Diamètre de perçage = diamètre nominal – pas

Exemple dimension M10

Diamètre de perçage = 10,0 mm – 1,5 mm = **8,5 mm**

Diamètre de l'avant-trou pour le taraudage par déformation

Formule générale :

Diamètre de perçage = diamètre nominal – f x pas

– Tolérance 6H : f = 0,45

– Tolérance 6G : f = 0,42

Exemple dimension M10

Diamètre de perçage = 10,0 mm – 0,45 x 1,5 mm = 9,325 mm = **9,33 mm**

Remarques particulières concernant le taraudage par déformation

Remarque :

Le diamètre recommandé de l'avant-trou est indiqué sur la queue des tarauds par déformation Walter Prototyp.



Lors du choix de l'outil d'alésage, il faut aussi prendre en compte les tolérances admises indiquées dans le tableau ci-dessous pour l'avant-trou, afin de garantir un process sûr et une bonne durée de vie.

Pas du filetage	Tolérance de diamètre de pré-perçage
≤ 0,3 mm	± 0,01 mm
> 0,3 mm à < 0,5 mm	± 0,02 mm
≥ 0,5 mm à < 1 mm	± 0,03 mm
≥ 1 mm	± 0,05 mm

En raison de ces tolérances, plus strictes que celles appliquées au taraudage coupant, le taraudage par déformation n'est pas toujours plus économique que le taraudage coupant.

Conseil pratique :

Lors du taraudage par déformation, le diamètre du noyau du filetage apparaît pendant le processus de formage et dépend donc du comportement au fluage du matériau. À l'inverse, le diamètre du noyau pour le taraudage coupant et le fraisage est déjà déterminé par

l'avant-trou. Le contrôle du diamètre du noyau du filetage après taraudage par déformation est donc indispensable. Les tolérances de diamètre de noyau de filetage femelle sont indiqués à la page 116.

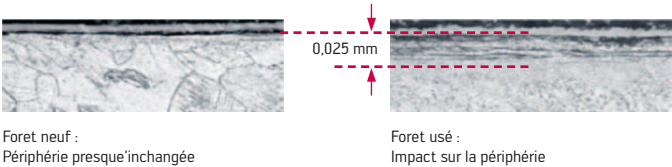
Remarque :

La gamme de produits de Walter Titex se base sur le diamètre de pré-perçage pour le taraudage coupant et le taraudage par déformation.

Durcissement des périphéries

La réalisation de filetages est souvent considérée comme un processus autonome. Il n'en est rien, car l'opération de perçage qui le précède a une influence considérable sur le filetage.

Lors du perçage de l'avant-trou, la périphérie du matériau de la pièce à usiner subit des effets mécaniques et thermiques. Les deux clichés suivants montrent les modifications de structure qui en résultent :



Foret neuf :
Périphérie presque inchangée

Foret usé :
Impact sur la périphérie

La dureté de la périphérie est, avec un foret usé, beaucoup plus élevée qu'avec un foret neuf. Même des paramètres de coupe plus élevés au perçage entraînent un durcissement de la périphérie. Bien que ce durcissement apparaisse à très faible distance de la surface d'alésage, il en résulte une réduction importante de la durée de vie de l'outil de filetage (voir l'exemple ci-dessous).

Récapitulatif :

- La durée de vie de l'outil de filetage diminue avec le durcissement de la périphérie.
- La dureté de la périphérie augmente en même temps que l'usure de l'outil de perçage et lorsque les paramètres de coupe sont élevés ou les arêtes de coupe arrondies.

Exemple : Matériau C70, diamètre de perçage 8,5 mm, profondeur de perçage 24,5 mm

	Foret usé	Foret neuf
Dureté de périphérie	450 HV	280 HV
Largeur de périphérie	0,065 mm	≈ 0
Durée de vie du taraud	70 filetages	> 350 filetages

Conseil pratique :

En cas de problèmes de durée de vie, prendre en considération non seulement le processus de réalisation du filetage, mais aussi le processus de perçage précédent ainsi que l'outil de perçage lui-même !



Types de bases

Trou borgne

Matériaux à copeaux courts

Les tarauds à goujures droites n'évacuent pas le copeau. C'est pourquoi ils ne peuvent être utilisés que pour les matériaux à copeaux courts ou pour les taraudages courts.

Remarque :

Sans lubrification interne, les copeaux s'accumulent au fond du trou. Si l'écart de sécurité défini est trop faible, l'outil bute sur les copeaux et peut casser.

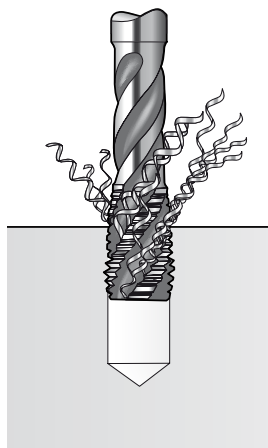
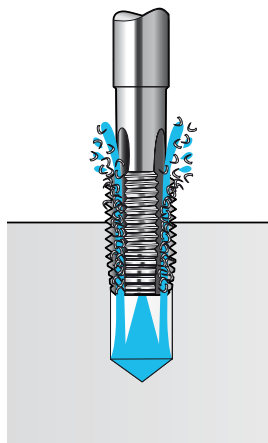
Si le taraud est doté d'une alimentation en lubrifiant axiale, des filetages profonds sont possibles même avec des outils à goujures droites, car les copeaux sont évacués dans la direction inverse à l'avance. Il faut toutefois que les copeaux soient coupés courts (ex. : Paradur® HT, profondeur de filetage jusqu'à $3,5 \times D_N$).

Par rapport aux outils hélicoïdaux, les tarauds à goujures droites ont une durée de vie plus longue.

Certains outils à goujures droites peuvent être utilisés également pour les trous débouchants dans les matériaux ayant de bonnes propriétés de fractionnement de copeaux (ex. Paradur® Eco CI).

Matériaux à copeaux longs

Les tarauds avec hélice à droite poussent le copeau en direction de la queue. Plus le matériau à usiner est tenace ou à copeaux longs et plus le filetage est profond, plus l'angle d'hélice doit être élevé.

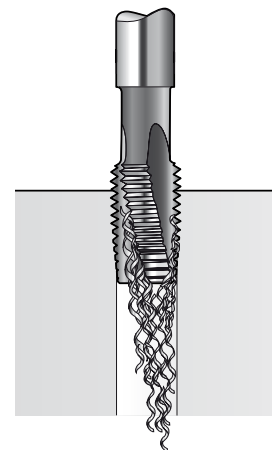
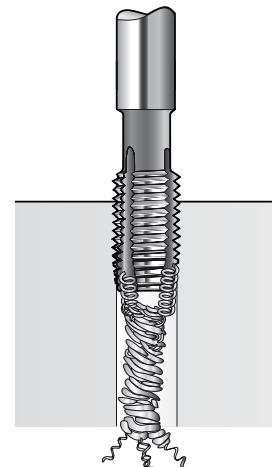


Trou débouchant

Matériaux à copeaux longs

Les tarauds à entrée Gun entraînent le copeau vers l'avant dans le sens de l'avance.

Ils sont le meilleur choix pour réaliser des filetages débouchants dans les matériaux à copeaux longs.



Tarauds avec hélice à gauche

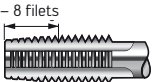

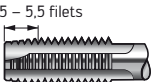

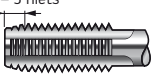


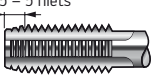


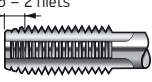





(comme les tarauds à entrée Gun) entraînent le copeau vers l'avant dans le sens de l'avance.

Les outils avec hélice à gauche sont à utiliser quand il est impossible d'assurer une évacuation des copeaux avec une entrée Gun. Exemple d'outil : Paradur® N de type 20411 et 20461

Formes d'entrées sur le modèle de la norme DIN 2197

Remarques :

- Les entrées longues augmentent la durée de vie
- Les entrées longues réduisent la sollicitation des arêtes de coupe, ce qui est particulièrement important pour les matériaux plus tenaces
- Les entrées courtes permettent de réaliser des filetages presque jusqu'au fond du trou
- Les entrées longues augmentent le couple nécessaire

Forme	Nombre de filets dans l'entrée	Version et application	
A		Rainures droites	Matériaux à copeaux courts  Filetage débouchant court dans les matériaux à copeaux courts et moyens
B		Rainures droites avec entrée Gun	Matériaux à copeaux courts et moyens 
C		Hélice à droite	Matériaux à copeaux courts et moyens 
		Rainures droites	Matériaux à copeaux courts 
D		Hélice à gauche	Matériaux à copeaux longs 
		Rainures droites	Matériaux à copeaux courts 
E		Hélice à droite	Sortie de filetage courte dans les matériaux à copeaux moyens et longs 
		Rainures droites	Sortie de filetage courte dans les matériaux à copeaux courts 
F		Hélice à droite	Sortie de filetage très courte dans les matériaux à copeaux moyens et longs 
		Rainures droites	Sortie de filetage très courte dans les matériaux à copeaux courts 

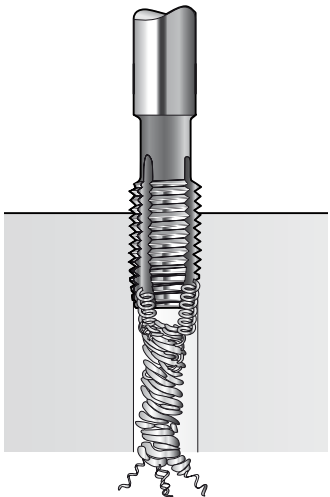
Sections de copeaux

Des formes d'entrées longues sont surtout utilisées pour le filetage débouchant.

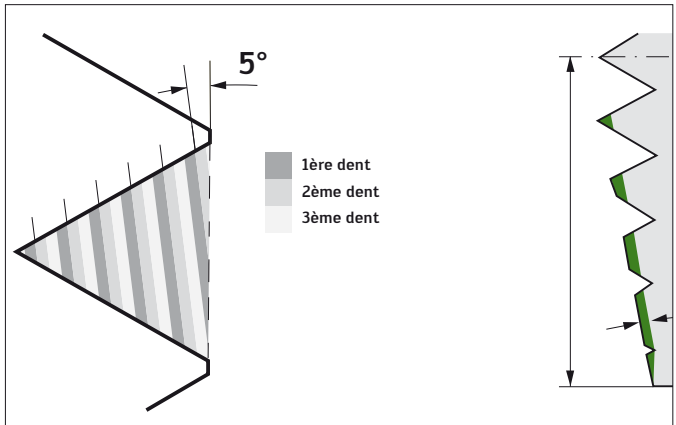
Une entrée longue

(ex. forme B) génère :

- Augmentation de la durée de vie
- Couple important
- Petite section de copeau
- Faible sollicitation des dents d'attaque



Forme B

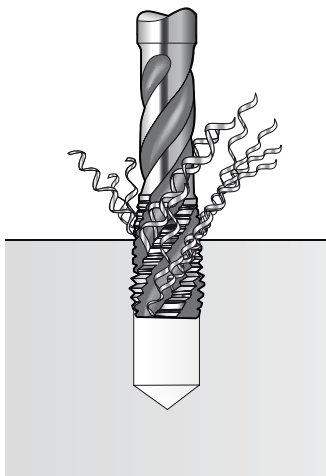


Sections de copeaux

Pour les filetages borgnes sont surtout utilisées les formes d'entrées courtes, ce qui ne s'explique pas seulement par le fait que le filetage doit souvent atteindre le fond du trou.

Le cisaillement du copeau pose un certain problème pour les filetages borgnes. Lorsque le copeau devient trop fin, il se replie au changement de sens et ne peut plus être sectionné. Le copeau est écrasé entre la pièce et la face de dépouille de l'entrée. Cela peut provoquer la casse de l'outil, c'est pourquoi les entrées longues des formes A, B et D, qui génèrent des copeaux fins, ne conviennent pas au filetage borgne.

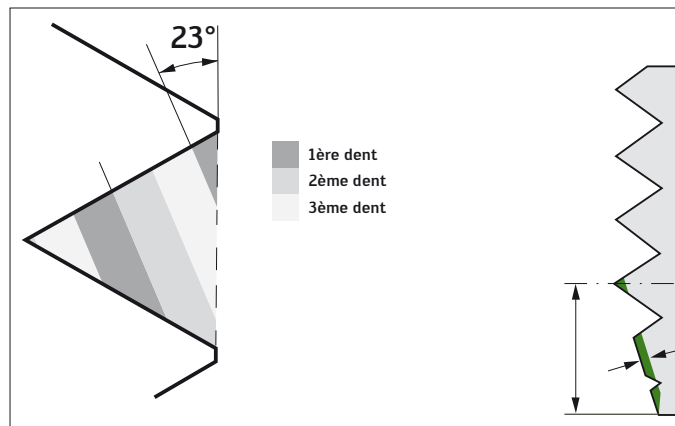
L'avantage des entrées courtes est qu'elles créent un nombre moins élevé de copeaux. Cela favorise l'évacuation des copeaux car leur section est plus élevée.



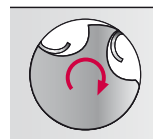
Une entrée courte (ex. forme E) génère :

- Couple faible
- Grande section de copeau
- Grande sollicitation des dents d'attaque
- Durée de vie réduite
- Évacuation des copeaux optimale

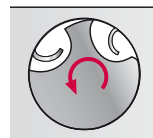
Forme E



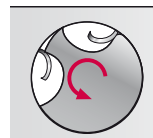
Processus de réalisation d'un filetage borgne



Le taraud est encore en action et s'immobilise. Au moment de l'arrêt, tous les tranchants de l'entrée sont encore en prise.



L'inversion du mouvement est déjà intervenue. Les copeaux générés restent en place. À ce moment le couple à l'inversion est proche de zéro.



Les copeaux touchent le dos de la dent coupante suivante. Dans ce cas, le couple inverse augmente brusquement. Le copeau doit maintenant être cisailé. Étant donné que l'entrée du taraud possède un angle de dépouille et que, de surcroît, l'entrée conique sort de façon axiale lors du mouvement inverse du taraud, le copeau ne peut inévitablement plus être saisi directement par sa racine. C'est pourquoi une certaine rigidité (épaisseur) du copeau est nécessaire.



Le copeau a été cisailé et le couple inverse n'est plus que dû au frottement entre l'élément de guidage et le filet taraudé.

Remarque :

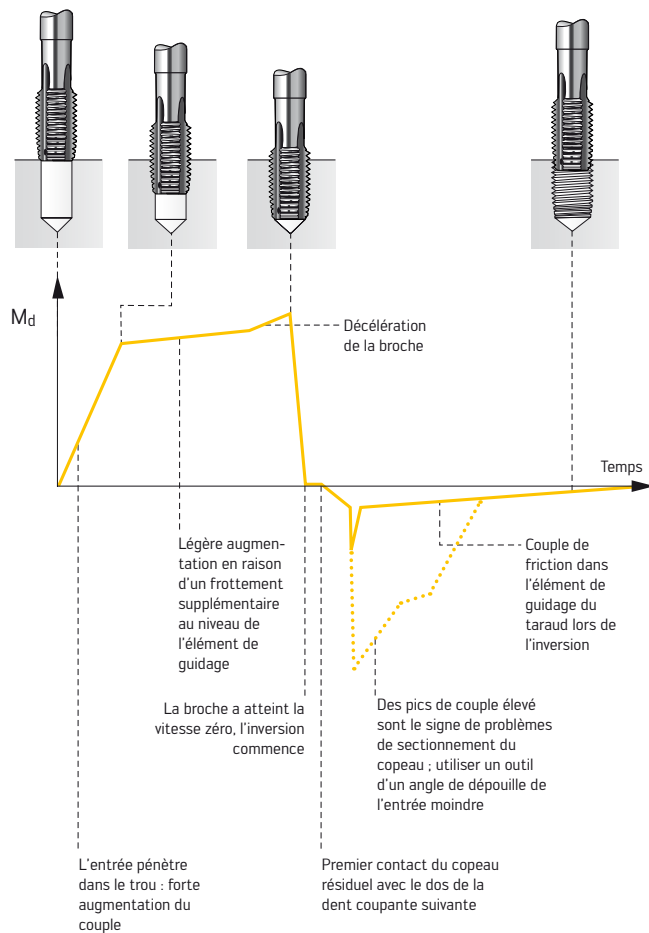
Les tarauds pour filetage débouchant ne peuvent pas être utilisés pour l'usinage de trous borgnes, car ils présentent un angle de dépouille d'entrée important. Le copeau ne peut alors pas toujours être sectionné et se coince entre l'entrée et le filetage. Ceci peut entraîner un écaillage au niveau de

l'entrée et, dans un cas extrême, la rupture du taraud.

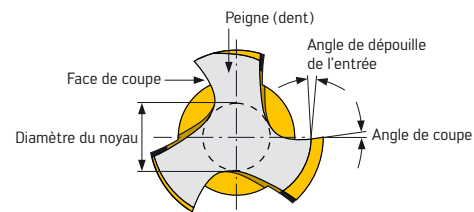
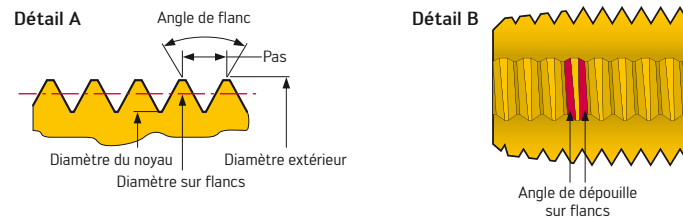
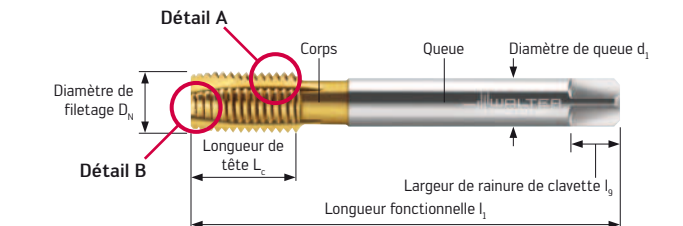
L'angle de dépouille de l'entrée des tarauds pour trous borgnes est donc toujours plus faible que celui des tarauds pour filetage débouchant, car les tarauds pour trous borgnes doivent sectionner le copeau lors de l'inversion.

Processus de réalisation d'un filetage borgne

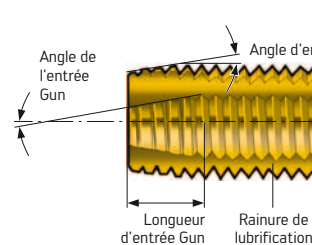
Courbe du couple de taraudage lors de la réalisation de filetages borgnes



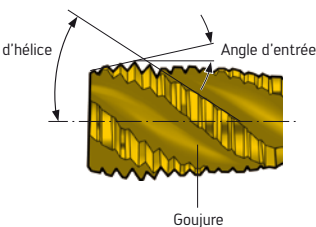
Angles et caractéristiques au taraud



Taraud pour trou débouchant avec entrée Gun



Taraud pour trou borgne avec hélice à droite

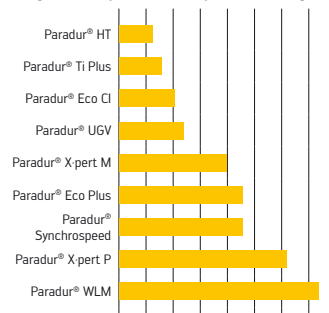


Comparaison des données géométriques

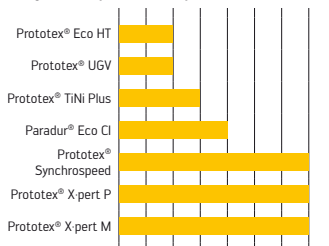
Un angle de coupe plus faible :

- augmente la stabilité des arêtes de coupe (avec les grands angles de coupe peuvent se produire des écaillages dans la zone de l'entrée)
- produit généralement des copeaux plus facilement gérables
- crée des surfaces de moins bonne qualité sur la pièce
- augmente les efforts de coupe, ou le couple de coupe
- est nécessaire pour usiner les matériaux durs
- augmente la tendance au rétreint du matériau à usiner, c'est-à-dire que le taraud se dégage moins et crée alors des filetages plus serrés

Angle de coupe des outils pour trou borgne



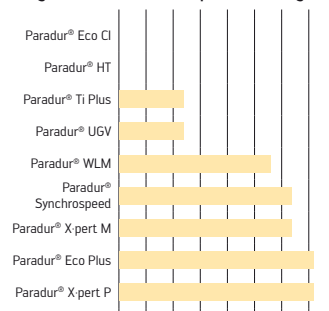
Angle de coupe des outils pour trou débouchant



Un grand angle d'hélice :

- favorise l'évacuation des copeaux
- diminue la stabilité de l'outil et limite donc sa résistance au couple
- diminue la stabilité des dents
- réduit la durée de vie

Angle d'hélice des outils pour trou borgne



Angle de dépouille sur flancs :

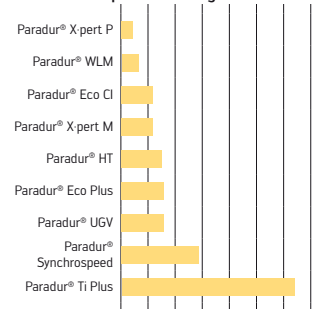
L'angle de dépouille sur flancs doit être déterminé en fonction du matériau à usiner. Les matériaux à résistance mécanique élevée et ceux ayant tendance à coincer nécessitent un plus grand angle de dépouille sur flancs. Avec un plus grand angle de dépouille, les propriétés de guidage de l'outil se détériorent, ce qui peut entraîner des recoupes de filets en cas d'utilisation de mandrins de compensation de longueur dans les matériaux tendres.

Conseil pratique :

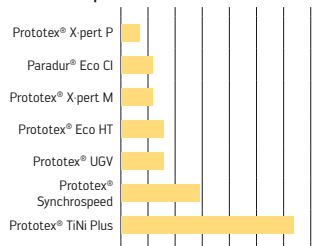
Contrôle de l'angle de dépouille des flancs

Un taraud devrait pouvoir être vissé dans le filetage préalablement taraudé, sans recouper. Si cela n'est pas possible, il faut choisir un type d'outil avec un angle de dépouille sur flancs supérieur.

Angle de dépouille sur flancs des outils pour trou borgne



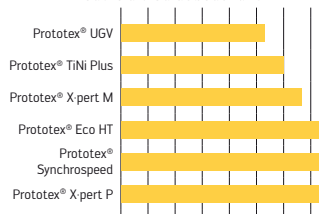
Angle de coupe des outils pour trou débouchant



Angle de l'entrée Gun :

L'angle d'entrée Gun est limité par la longueur d'entrée et le nombre de goujures, car un angle élevé d'entrée Gun diminue la largeur de dent dans la première passe de l'entrée. Cela impose une baisse de stabilité de la coupe (le risque d'écaillage dans la zone de l'entrée augmente). Un angle important d'entrée Gun favorise cependant l'évacuation des copeaux dans la direction de l'avance. Quand les angles d'entrée Gun sont trop faibles, l'évacuation des copeaux peut poser des difficultés. Les outils à hélice gauche peuvent alors être utiles.

Angle d'entrée Gun des outils à trou débouchant



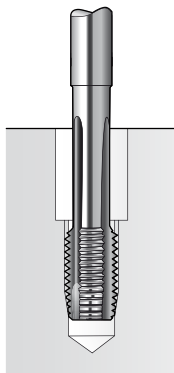
Angle de dépouille de l'entrée :

Les tarauds pour filetage débouchant ont un angle de dépouille de l'entrée 3 fois plus grand que les tarauds pour trous borgnes. Voir la raison page 80.

Particularités du taraudage coupant

Filetages borgnes profonds

- Si possible, utiliser des tarauds à goujure droite avec alimentation en lubrifiant axiale ou tarauds à angle d'hélice important pour trous borgnes avec face de coupe non traitée ou vaporisée :
 - Paradrur® HT (à goujures droites)
 - Paradrur® Synchrospeed avec revêtement Tin/vap (hélice)
- Pour les aciers inoxydables et généralement en guise de solution, nous recommandons le taraudage par déformation ; pour le taraudage coupant d'aciers inoxydables, les tarauds hélicoïdaux sont absolument nécessaires :
 - Taraudage par déformation : Protodyn® S Eco Inox
 - Taraudage coupant : Paradrur® X-pert M



Sortie de filetage inclinée

- Utiliser un taraud avec un élément de guidage aussi long que possible et une rigidité maximale (ex. Prototex® X-pert P, Prototex® X-pert M)
 - Des inclinaisons jusqu'à 30° ne posent quasiment pas de problème
- Alternative : Fraisage de filets



Filetage avec avant-trou beaucoup plus profond que la profondeur de taraudage

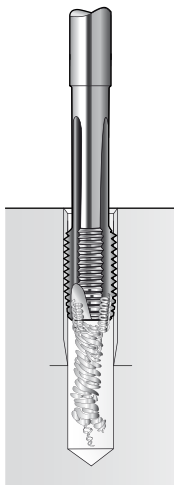
- Utiliser un taraud pour filetage débouchant avec entrée Gun modifiée :
 - Réduire le détalonnage d'entrée à la valeur d'un taraud pour trous borgnes
 - Raccourcir la longueur d'entrée à env. 3 filets

Avantage : Durée de vie plus longue que les tarauds pour trous borgnes à angle d'hélice important

Inconvénient : Les copeaux restent dans le trou

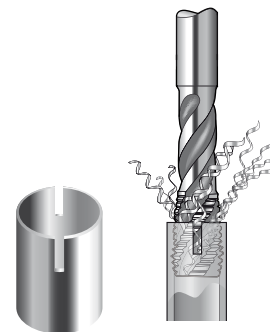
- pour les matériaux à copeaux courts comme le GG25, des outils à goujures droites peuvent être utilisés sans entrée Gun :

- Paradrur® Eco CI
- Il est bien sûr possible d'utiliser des tarauds pour trous borgnes à angle d'hélice élevé pour cet type d'usinage



Filetage interrompu

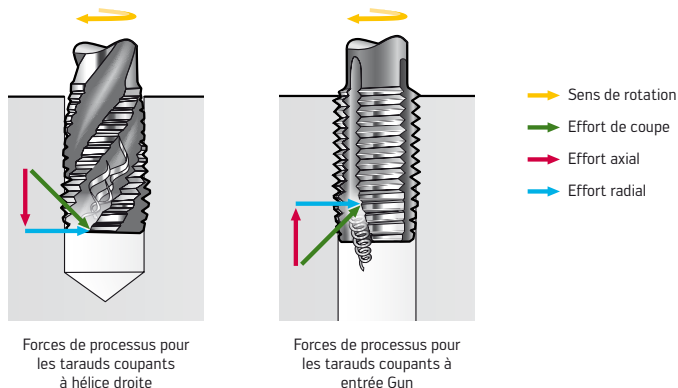
- Les filetages rainurés doivent être usinés avec des outils à angle d'hélice élevé :
 - Paradrur® X-pert M
 - Paradrur® X-pert P
 - Paradrur® Eco Plus



Efforts de coupe pour le taraudage coupant

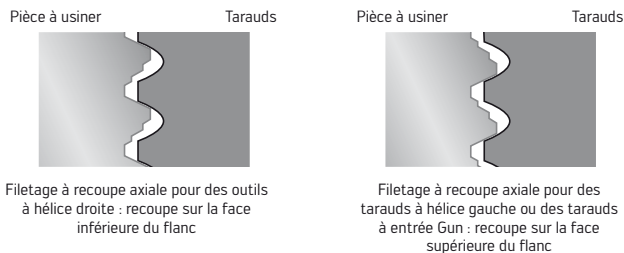
Lors du taraudage apparaissent des efforts axiaux conditionnés par l'outil. Les tarauds à hélice droite subissent un effort axial dans le sens de l'avance.

Pour le taraudage coupant avec entrée Gun, cet effort agit dans le sens inverse de l'avance.



L'utilisation de mandrins de compensation de longueur peut avoir pour effet que ces efforts axiaux entraînent des filetages trop grands – on parle alors de recoupe axiale. Celle-ci est favorisée par

l'utilisation d'outils à angle d'hélice élevé avec un important angle de dépouille sur flancs dans les matériaux tendres ou un traitement inapproprié des arêtes de coupe.

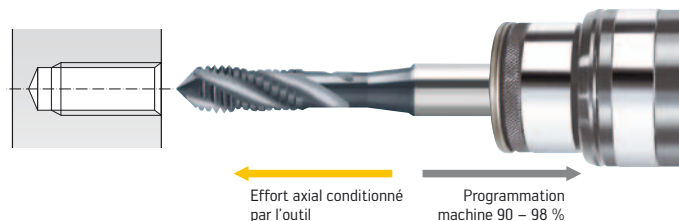


Pour plus d'informations sur la recoupe et ses mesures correctives, voir page 91 (Problèmes et solutions Taraudage coupant).

Programmation de l'avance pour l'utilisation de mandrins de compensation de longueur

En cas d'utilisation de mandrins de taraudage à compensation de longueur, il faut prendre en compte les efforts axiaux conditionnés par l'outil qui apparaissent lors de l'usinage.

Avec les **tarauds hélicoïdaux pour trous borgnes**, l'effort axial apparaît dans le sens de l'avance. Cette force doit être contrée par une programmation négative.

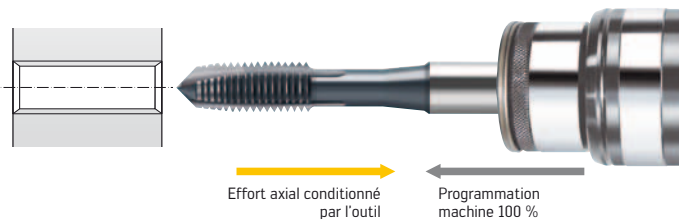


Les valeurs d'avance usuelles pour cette situation sont comprises entre 90 et 98 % de l'avance théorique. L'avance théorique est calculée au moyen de la formule suivante :

$$v_f = n \times p$$

n = fréquence de rotation ; p = pas du filetage

Pour les **outils à hélice gauche**, ou pour les **tarauds à entrée gun**, les rapports sont inversés – les efforts axiaux s'opèrent dans le sens inverse de l'avance.



Il est ici recommandé de programmer l'avance théorique.

Modifications

	Chanfrein négatif (chanfrein Secur)	Entrée raccourcie	Réduction de l'angle d'hélice dans l'entrée	Filetage chanfreiné	Face de coupe non traité
Formation des copeaux	Les copeaux sont coupés plus étroitement, copeaux plus courts	Les copeaux sont coupés plus étroitement, moins de copeaux	Les copeaux sont roulés plus étroitement, copeaux plus courts	Pas de modification	Les copeaux sont roulés plus étroitement, copeaux plus courts
Durée de vie			sans revêtement : avec revêtement :		
Qualité du filetage			sans revêtement : avec revêtement :		
Épaisseur copeau					
Couple					
Exemple d'application	Prévention de la formation de pelotes de copeaux dans les aciers de construction comme St52, C45, etc.	Filetage presque jusqu'au fond du trou, meilleure maîtrise des copeaux	Optimisation de la formation des copeaux dans les aciers et l'aluminium	Problèmes d'écaillage ou formation d'arêtes rapportées dans l'élément de guidage	Optimisation de la formation de copeaux dans les aciers, usinage de vilebrequin
Outils standard avec la modification correspondante	Paradur® Secur Paradur® UGV Prototex® UGV	Tous les outils avec la forme d'entrée E/F	Paradur® Ni 10 Paradur® UGV	Paradur® Eco Plus Paradur® X-pert M Paradur® Synchrospeed	Tous les outils sans revêtement et Paradur® Synchrospeed (TiN-vap)



hausse



pas de modification



baisse



forte baisse

Problèmes et solutions

Maîtrise des copeaux :

La maîtrise des copeaux est un sujet central dans le filetage de trous borgnes, en particulier pour les trous borgnes profonds dans les matériaux tenaces, à copeaux longs. Les problèmes de maîtrise des copeaux sont dus aux pelotes de copeaux, à des pics de couple accidentels, à des écaillages de dents dans l'élément de guidage et/ou à une casse totale.

Mesure corrective :

Pour optimiser la maîtrise des copeaux, il est possible de modifier les tarauds standards* ou d'utiliser une fabrication spéciale :

- Limage d'une réduction de l'angle d'hélice pour obtenir des copeaux courts
- Réduction de l'angle de coupe pour obtenir des copeaux plus courts et plus ramassés
- Pour les outils à faible angle d'hélice ou à goujures droites, les mesures susmentionnées peuvent être combinées et complétées par une alimentation axiale en lubrifiant, ce qui contribue à évacuer les copeaux courts. Pour la production de masse en particulier, c'est là une méthode éprouvée pour augmenter la sécurité d'usinage et la productivité
- Limage de la face de coupe, ou réduction de l'angle d'hélice sans revêtement ; ce qui crée des copeaux facilement maîtrisables
- Remplacer les revêtements TiN/TiCN par du THL, car le THL offre de meilleures propriétés de formation des copeaux ; utiliser des outils non traités ou vaporisés au lieu d'outils revêtus
- Raccourcir l'entrée (modification du taraud) – les copeaux sont moins nombreux et plus épais
- Réduire le nombre de goujures (reconstruction), l'épaisseur de copeaux et la stabilité de l'outil augmentent

De manière générale :

Plus le matériau est résistant et moins l'allongement à la rupture de la pièce est élevé, plus les copeaux sont simples à maîtriser. La maîtrise des copeaux est la plus difficile pour les aciers de construction tendres, les aciers faiblement alliés et les aciers inoxydables de faible résistance mécanique.

Plus les mesures susmentionnées ont d'effet sur la formation des copeaux, plus la qualité de la surface du filet se dégrade. C'est pourquoi ces mesures doivent impérativement être ajustées en fonction des besoins du client.

- Utiliser un outil à chanfrein négatif (ex. Paradr® Secur)
- Taraudage par déformation ou fraisage de filets : les matériaux posant des problèmes de contrôle des copeaux pour le taraudage de trous borgnes peuvent souvent être usinés sans difficulté grâce à la déformation. Si le taraudage par déformation n'est pas admis, le fraisage de filets peut être envisagé comme solution. Ces processus impliquent des copeaux courts.



Exemple d'écaillages dus à des problèmes de maîtrise des copeaux

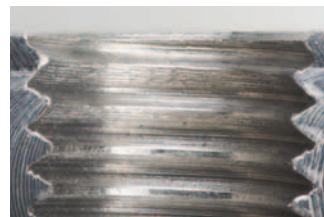
Recoupe :

La géométrie des tarauds est configurée pour des applications spécifiques. S'ils sont mal utilisés, les tarauds peuvent produire des filetages trop grands – on parle alors de recoupe.

Remarque :

La recoupe de filets est largement évitée avec le taraudage par déformation, le fraisage de filets et le taraudage coupant synchrone.

La recoupe se produit le plus souvent avec les tarauds pour trous borgnes à angle d'hélice important. L'effort axial dû à l'angle d'hélice dans le sens de l'avance peut tirer le taraud plus vite dans le trou que son pas effectif – on parle ici d'effet de tire-bouchon et de **recoupe axiale**. Les tarauds pour trous débouchants subissent des efforts axiaux dus à la géométrie dans le sens inverse à l'avance, ce qui peut aussi provoquer une **recoupe axiale**. Celle-ci est favorisée par l'utilisation de tarauds avec un important angle de dépouille sur flancs dans les matériaux tendres ou un traitement inapproprié des arêtes de coupe.



Filetage borgne à coupe axiale

Les tarauds générant des recoupes de filets pour les raisons susmentionnées produisent systématiquement des filetages trop grands. Il peut se produire une recoupe sporadique quand des efforts radiaux agissent d'un seul côté sur l'outil en raison d'un bourrage de copeaux ou d'une formation d'arêtes rapportées – on parle alors de **recoupe radiale**.

Mesure corrective :

- Usinage synchrone
- Utiliser des outils adaptés au matériau
- Choisir le revêtement adéquat (pour éviter la recoupe radiale)
- Optimiser la maîtrise des copeaux (pour éviter la recoupe radiale)
- Utiliser un taraud de faible angle d'hélice
- Utiliser un taraud avec un traitement spécial
 - Paradr® X-pert P ; Paradr® Eco Plus
 - Prototex® X-pert P ; Prototex® Eco HT
- Fraisage de filets
- Taraudage par déformation



Filetage débouchant à coupe axiale

* Les modifications sont détaillées et clairement illustrées aux pages 88 – 89.

Problèmes et solutions

État de surface du filet :

L'état de surface du filet est déterminé par :

- le procédé de fabrication : coupe, déformation, fraisage
- l'usure de l'outil
- la géométrie
- le revêtement
- la matière à usiner
- le lubrifiant et sa disponibilité dans la zone opérationnelle de l'outil

Remarque :

Pour le taraudage coupant et le taraudage par déformation, il existe peu de possibilités d'influer sur l'état de surface au moyen des valeurs de coupe. À l'inverse, le fraisage de filets permet de choisir indépendamment les vitesses de coupe et d'avance.

Optimisation de l'état de surface du filet lors du taraudage coupant :

- Remplacer le taraudage coupant par le taraudage par déformation ou le fraisage de filets
- Augmenter l'angle de coupe
- Faibles épaisseurs de copeaux résultant d'une entrée longue ou d'un nombre de goujures élevé (pour les tarauds pour trous borgnes, la formation des copeaux se dégrade dans ce cas)
- Les revêtements TiN et TiCN génèrent en principe les meilleurs états de surfaces dans l'acier (pour l'al, ce sont les outils non revêtus ou les couches de CrN et DLC)



Taraud avec revêtement TiCN en AISI7



Taraud avec revêtement DLC en AISI7

- Enrichir l'émulsion ou usiner sous huile plutôt que sous émulsion
- Amener le lubrifiant de refroidissement directement dans la zone opérationnelle
- Remplacer l'outil plus tôt

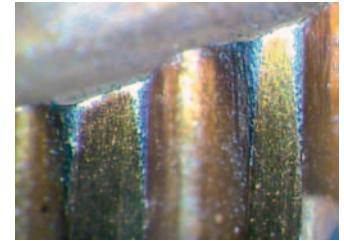
Certaines des mesures proposées permettent certes d'améliorer la qualité de surface, mais elles s'accompagnent d'une dégradation du contrôle des copeaux – ce qui est surtout problématique pour les trous borgnes profonds. Une fois encore, il faut choisir un compromis en tenant compte des besoins du client.

Usure :

Une dureté élevée assure une forte résistance à l'usure et donc une durée de vie élevée. Mais une augmentation de la dureté entraîne généralement une baisse de la ténacité.

Pour les petites dimensions et les outils à angle d'hélice élevé, la ténacité doit être élevée, car sinon il peut se produire des casses totales.

Pour les tarauds par déformation, les outils à goujures droites et à faible angle d'hélice et pour l'usinage de matériaux abrasifs de moindre résistance mécanique, la dureté de l'outil peut généralement être augmentée sans problème.

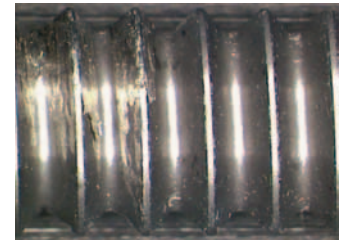


Exemple d'usure abrasive

Formation d'arêtes rapportées sur l'outil :

En fonction du matériau à usiner, des revêtements et des traitements de surface spéciaux sont recommandés pour résoudre les problèmes :

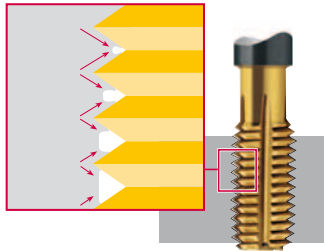
- Al et alliages Al : sans revêtement, CrN, DLC, WC/C
- Aciers tendres et aciers inoxydables : vap
- Aciers de construction doux : CrN



Exemple de formation d'arêtes rapportées

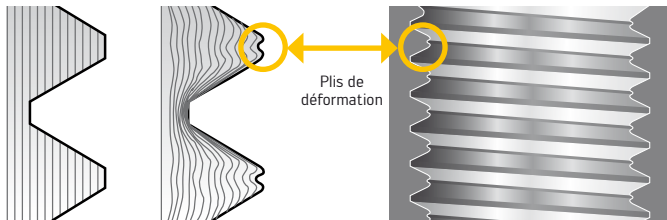
Principes opérationnels

Le taraudage par déformation est un procédé de réalisation de filetages femelles sans copeaux par déformation à froid. Le matériau est amené en forme par roulage intérieur. Cela crée le profil du filetage filetage resserré. Les goujures nécessaires pour le taraudage coupant n'ont pas lieu ici, ce qui augmente la stabilité de l'outil.



Grâce à l'écroutissage à froid et aux fibres non sectionnées (voir la figure en bas à droite), la résistance à la traction sous charge statique et la résistance sous charge dynamique continue augmentent

fortement. En face, des fibres sectionnées, comme dans le cas du taraudage coupant et du fraisage de filets (voir la figure en bas à gauche).



Il faut tenir compte du fait qu'il apparaît toujours un pli dans la zone du peigne lors du filetage par déformation. C'est la raison pour laquelle le taraudage par déformation n'est pas autorisé dans tous les secteurs. Les restrictions sont spécifiées ci-contre.

- Industrie agro-alimentaire et techniques médicales (nucléation dans la zone du pli)
- Vissage automatique de pièce (possibilité de coincement de la vis dans le pli de déformation)
- Aéronautique

Le taraudage par déformation est prédestiné à la fabrication en masse – par exemple pour l'industrie automobile. La réalisation sans copeaux de filetages et la grande stabilité des outils due au profil polygonale fermé offrent une très grande sécurité de process. En outre, par rapport au taraudage coupant, il est souvent possible d'atteindre des valeurs de coupe plus élevées et des durées de vie plus longues. Le taraudage par déformation nécessite un couple 30 % plus élevé que le taraudage coupant.

Remarque :

Dans le cas du taraudage par déformation, la tolérance pour l'avant-trou est plus stricte que pour le taraudage coupant et le fraisage de filets. C'est la raison pour laquelle le taraudage par déformation n'est pas toujours l'alternative la plus économique. Il faut impérativement choisir le mode d'usinage au cas par cas. Les formules de calculs des avant-trous nécessaires sont fournies aux pages 70 – 71.

Les différentes formes d'entrées sont utiles étant donnée la diversité des cas d'usinage :

- Forme D, 3,5 – 5,5 filets : Filetage débouchant
- Forme C, 2 – 3,5 filets : Filetages borgnes et débouchants
- Forme C, 1,5 – 2 filets : Filetage borgne

Env. 65 % de tous les matériaux utilisables dans l'industrie sont déformables. Les limites sont indiquées ci-dessous :

- Matériaux cassants d'un allongement à la rupture inférieur à 7 %, par exemple :
 - La fonte grise FG
 - Alliages Si de teneur en Si > 12 %
 - Alliages Cu-Zn à copeaux courts
 - Matériaux thermodurcissables
- Pas du filetage > 3 mm (la déformation est particulièrement économique pour des pas ≤ 1,5 mm)
- Résistance mécanique > 1200 – 1400 N/mm²

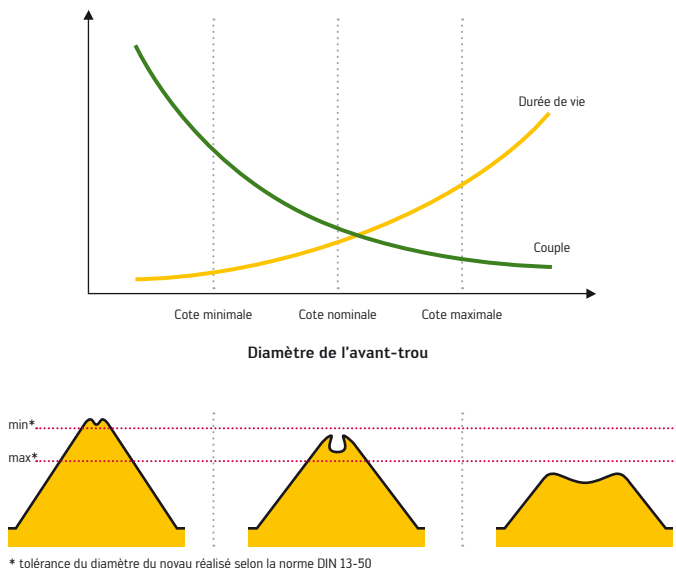
Les matériaux typiques pour le taraudage par déformation sont :

- Acier
- Acier inoxydable
- Alliages de cuivre tendres
- Alliages d'aluminium de corroyage

Influence du diamètre de pré-perçage

Le diamètre pré-percé de l'avant-trou est un facteur important pour le processus de formation du filetage. D'une part, il influe sur le couple nécessaire et la

durée de vie du taraud, d'autre part sur la formation du filetage. Ces facteurs sont illustrés dans le graphique.



Exemple : M16 x 1,5-6H, 42CrMo4 ; Rm = 1100 N/mm²

Ø de pré-perçage : 15,22 mm
→ Ø de noyau : 14,37 mm



Ø de pré-perçage : 15,3 mm
→ Ø de noyau : 14,51 mm



Ø de pré-perçage : 15,34 mm
→ Ø de noyau : 14,62 mm



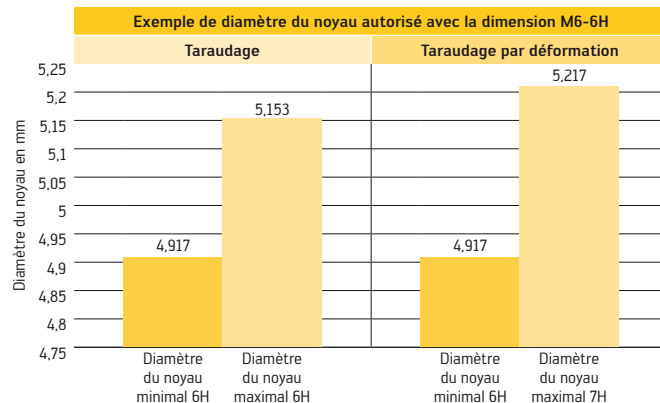
Remarque :

Dépendance entre diamètre de pré-perçage et diamètre du noyau de filetage :

Si l'avant-trou augmente de 0,04 mm, le diamètre du noyau de filetage (après déformation) augmente d'au moins 0,08 mm – donc d'au moins un facteur 2.

Les filetages par déformation admettent des diamètres de noyau plus importants que le taraudage coupant selon la norme DIN 13-50. Un filetage par déformation de la classe de tolérance 6H impose certes un diamètre minimal du noyau de filetage

de la classe de tolérance 6H, mais le diamètre maximal de noyau de filetage est soumis à la classe de tolérance 7H. Ceci est illustré dans un exemple dans le diagramme ci-dessous.



Conseil pratique :

Il est judicieux d'optimiser le diamètre de pré-perçage en particulier dans la production de masse. À ce sujet :

Le diamètre de pré-perçage doit être aussi grand que possible et aussi petit que nécessaire.


Plus le diamètre de pré-perçage est grand, plus :

- la durée de vie de l'outil est élevée
- le processus de déformation est simple et sûr
- le couple nécessaire est faible

Il faut aussi veiller à conserver les dimensions prescrites pour le filetage !

Les diamètres de pré-perçage recommandés peuvent être consultés dans le tableau de la page 116.

Modifications

	Représentation graphique	Conséquence	Effet secondaire
Entrée forme D		Durée de vie plus longue	Temps de cycle légèrement plus élevé
Entrée forme E		Filetage presque jusqu'au fond du trou et temps de cycle légèrement plus court	Baisse de la durée de vie
Sorties radiales de lubrifiant		Amélioration des conditions de refroidissement et de lubrification (pour les filetages profonds et les matériaux exigeants)	Coûts d'outils élevés
Rainures de lubrification sur la queue		Amélioration des conditions de refroidissement et de lubrification (mais pas autant que les sorties radiales de lubrifiant)	–
Augmentation de la longueur totale		Usinage possible de points difficiles d'accès	–
Revêtements et traitements de surface		Ajustement du revêtement aux spécificités de l'application	Coûts d'outils éventuellement élevés

Problèmes et solutions

En principe, le taraudage par déformation est un process extrêmement fiable. Les avantages du taraudage par déformation sont surtout visibles avec les trous borgnes profonds dans des matériaux tendres ou tenaces, présentant souvent des problèmes d'évacuation des copeaux avec le taraudage coupant. C'est pourquoi le taraudage par déformation doit être considéré comme une réelle solution. Les matériaux générant le plus souvent des problèmes de copeaux – comme St52, 16MnCr5, C15 – sont particulièrement bien adaptés à la déformation.

Le taraudage par déformation est également judicieux quand un excellent état de surface est nécessaire. Les profondeurs de rugosité des filetages par déformation sont généralement beaucoup plus faibles que celles des filetages coupés.

Malgré ces avantages, résultant de la réalisation sans copeaux de filetages, il faut prendre en compte certains points pour garantir la sécurité du process de taraudage par déformation :

- Le diamètre de pré-perçage est soumis à une tolérance plus stricte qu'avec le taraudage coupant (ex. pour M6 ± 0,05 mm)
- Il ne doit pas rester de copeaux de perçage dans l'avant-trou ; ceci est possible en utilisant un foret hélicoïdal à lubrification interne, ou un taraud par déformation avec sortie axiale de lubrifiant ; enfin, le taraud par déformation doit être placé au-dessus de l'avant-trou peu avant la déformation
- Le couple nécessaire est plus élevé pour le taraudage par déformation que pour le taraudage coupant ; il faut alors augmenter la valeur de réglage de mandrin

- le lubrifiant et son alimentation doivent être observés avec plus d'attention lors de la déformation ; un bref fonctionnement à sec a de plus fortes conséquences que pour le taraudage coupant. À cela s'ajoute le fait que les pressions de surface plus élevées s'appliquent sur les arêtes de déformation et que les rainures de lubrification pour la déformation ont des sections moins importantes que pour le taraudage coupant. Les rainures de lubrification étant plus petites, le taraud par déformation est plus stable, ce qui est nécessaire puisque le couple est plus élevé. De grandes rainures de lubrification entraîneraient une fragilisation des arêtes de déformation à cause des efforts élevés. Des informations pour assurer un refroidissement et une lubrification corrects sont fournies à la page 60.
- La valeur de friction diminue pour chaque revêtement quand la température augmente ; cela peut autoriser des vitesses de formage et des durées de vie plus élevées
- Les constructeurs automobiles exigent souvent le respect d'une certaine capacité de levage pour le filetage ; les outils standard ne le permettent pas toujours de manière fiable

Remarque :
Walter Prototyp est en mesure de répondre de manière fiable aux exigences de ces constructeurs grâce à des profils spéciaux.

Problèmes et solutions

Limites du taraudage par déformation :

Il est difficile de fournir des limites claires pour la déformation, car il existe toujours des exceptions où ces limites peuvent être vaincues – ou ne sont pas atteintes.

– Résistance mécanique

En fonction du matériau et des conditions de lubrification, la limite est d'environ 1200 N/mm². Il existe cependant certains cas où il a été possible de former correctement de l'acier inoxydable avec des tarauds HSS-E ainsi que de l'inconel 718, réputé difficile à usiner, avec un taraud par déformation au carbure monobloc. Ces deux matériaux ont une résistance mécanique d'env. 1450 N/mm².

– Allongement à la rupture

En général, on suppose une valeur minimale d'allongement à la rupture de 7 %. Nous connaissons également des cas dans lesquels par exemple de la FGS-70 a été formée avec environ 2 % d'allongement à la rupture. Naturellement, de minuscules fissures ont été constatées dans les flancs, que l'utilisateur a acceptées. Dans de tels cas, il ne faut pas partir du principe qu'il y a une augmentation de la résistance mécanique des filets.

– Pas et profil de filetage

Avec des pas supérieurs à 3 à 4 mm, les limites de résistances mécaniques susmentionnées doivent être corrigées à la baisse. Les types de filetage à flancs abrupts (ex. 30° pour les filetages trapézoïdaux) sont à étudier dans certaines situations.

– au cas par cas teneur en Si

Les alliages AISi peuvent être déformés quand leur teneur en silicium ne dépasse pas 10 %. Ici encore, il existe des

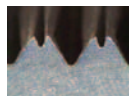
cas où la teneur en Si s'élevait à 12 – 13 %. Il faut alors pouvoir accepter une baisse de qualité de surface et de résistance à la déchirure du filetage.

– Plis de déformation

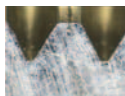
Les plis inévitables qui se forment sur le peigne du filetage peuvent devenir un problème quand les vis sont vissées de manière automatique. Les premiers filets s'insèrent parfois dans les plis. On évite aussi d'utiliser les filetages par déformation pour les composant destinés à l'industrie alimentaire et les techniques médicales car il est impossible de palier de façon fiable par lavage les impuretés des plis de déformation.

Remarque :

Walter Prototyp est en mesure de créer des outils spéciaux permettant d'éliminer les plis de déformation dans certaines conditions. Il existe des cas où des clients ont accepté le taraudage par déformation malgré leurs réticences premières.



Profil de filetage avec taraud standard



Profil de filetage avec taraud spécial

– Industrie aéronautique

Le taraudage par déformation n'est pas autorisé dans l'industrie aéronautique. Les modifications de structure qui apparaissent lors du filetage par déformation ou le soudage sont ici évitées.

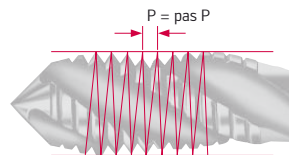
Principes opérationnels

Principaux aspects du fraisage de filets :

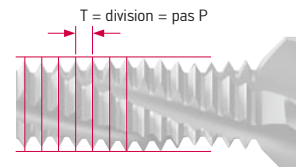
- La machine-outil à commande 3D-CNC est nécessaire (présente presque partout aujourd'hui)
- Le fraisage de filets conventionnel est possible jusqu'à env. $2,5 \times D_N$ de profondeur, le fraisage de filets orbital jusqu'à env. $3 \times D_N$ de profondeur

- Coûts d'outils plus élevés par rapport au taraudage coupant
- Pour les filetages de faible pas et de grande dimension, le fraisage de filets est souvent plus rapide que le taraudage coupant et le taraudage par déformation

Contrairement au taraudage coupant et au taraudage par déformation, le pas est créé par la commande CNC pour le fraisage de filets.



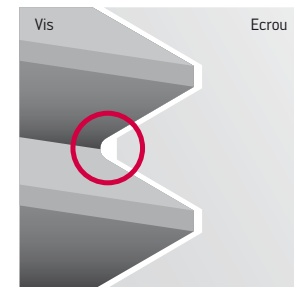
Taraudage coupant : Le pas du filetage P est créé par le taraud coupant/à déformation.



Fraisage de filets : Le pas du filetage P est créé par la commande CNC (programme circulaire).

En théorie, une fraise à fileté femelle peut aussi être utilisée pour un filetage mâle. Le filetage ainsi réalisé ne répond toutefois pas à la norme, car le filetage extérieur est arrondi pour minimiser les entailles dans le noyau et le diamètre extérieur est alors trop petit.

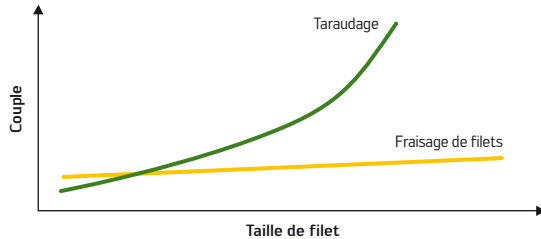
Comme la bague de gabarit de filetage contrôle le filetage sur le diamètre de flancs, les dimensions prescrites sont tenues.



Principes opérationnels

Avec l'augmentation du filetage, le couple nécessaire pour le fraisage de filets s'accroît modérément, contrairement au taraudage coupant et au taraudage par

déformation. Il est alors possible de réaliser de grands filetages sur des machines de moindre puissance d'entraînement.



Le fraisage de filets est un processus d'usinage extrêmement sûr. Il génère en principe des copeaux courts, ce qui ne pose pas de problème d'évacua-

tion des copeaux. Il ne nécessite en outre pas de mandrins de serrage spéciaux – presque tous les mandrins usuels sont utilisables pour le fraisage de filets.

Il faut distinguer deux grands processus de fraisage :



Fraisage en opposition

(pour un filetage à droite de haut en bas)
Le fraisage en opposition est préféré pour l'usinage de matériaux trempés pour éviter la formation de filetages coniques.



Fraisage en avalant

(pour un filetage à droite de bas en haut)
Le fraisage en avalant augmente la durée de vie et prévient les marques de broutage, mais il favorise la conicité des filetages.

Remarque :

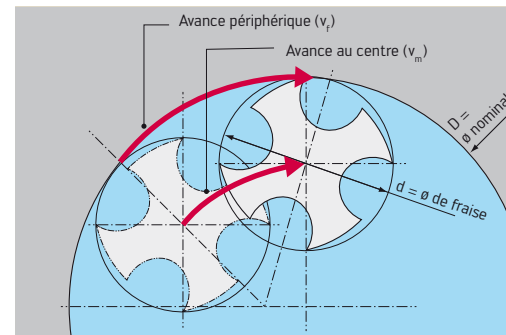
Walter GPS détermine automatiquement le bon process en fonction de la situation d'usinage et prend en compte les détails spécifiques à l'outil et au process lui-même.

Correction de l'avance

Dans la mesure où le fraisage de filets a lieu sur chanfrein, et que l'arête de coupe parcourt donc un plus grand chemin que le centre de l'outil, il faut faire la différence entre avance périphérique et avance au centre d'outil. Comme l'avance de l'outil se rapporte toujours à l'avance du centre de l'outil, l'avance de la fraise doit être réduite.

Remarque :

Les rapports sont exactement inverses pour le fraisage de filetage de goujons.



Walter GPS effectue cette réduction automatiquement lors de la création du programme CNC. Certaines commandes CNC diminuent également automatiquement l'avance pour la même raison. La réduction de l'avance sur le chanfrein doit alors être désactivée par un ordre G dans le programme CNC. Il est possible de déterminer si la machine corrige automatiquement l'avance en effectuant une comparaison entre le temps de cycle calculé par GPS et le temps de cycle réel.

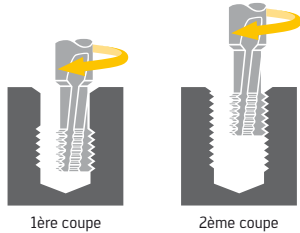
Conseil pratique :

Pour déterminer si la machine-outil corrige automatiquement l'avance, il est possible de tester le programme à vide au démarrage. Un comparatif du temps de cycle réel avec celui déterminé par Walter GPS indique si l'avance doit être adaptée dans le programme CNC.

Principes opérationnels

Pour réduire les forces radiales agissant sur l'outil, il est possible de répartir les coupes :

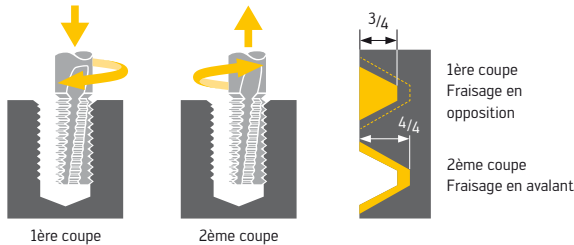
Répartition de coupe axiale



Remarque :

En cas de répartition de coupe axiale, tenir compte du fait que la fraise à fileter est toujours décalée d'un multiple du pas.

Répartition radiale de coupes



Avantages :

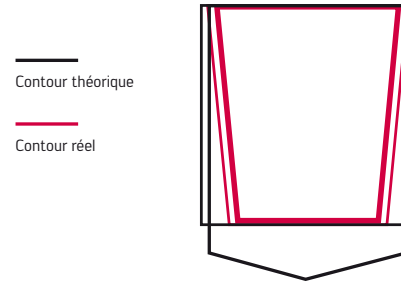
- Réalisation possible de plus grandes profondeurs de filetage
- Réduction du risque de casse de l'outil
- Fraisage de filets possible même avec un serrage relativement instable
- Prévention des filetages coniques

Inconvénients :

- Usure d'outil plus élevée
- Temps de fabrication plus long

En raison des efforts de coupe il est normal qu'une fraise à fileter se déporte moins sur la queue que l'arête de coupe avant. Cela produit des filetages coniques. Avec une fraise conventionnelle et pour

l'usinage des aciers, il faut donc escompter une conicité d'environ 1/1000 mm par mm de profondeur de filetage. Ceci est dû aux efforts radiaux agissant sur la fraise à fileter.



Pour contrer cette loi physique, la géométrie des fraises à fileter est déjà d'une forme légèrement conique. Quand les conditions d'usinage sont difficiles, il peut toutefois s'avérer nécessaire de s'aider de l'une des mesures suivantes :

- Répartition radiale (multiple) de coupes
- Réaliser toutes les coupes radiales en opposition
- Effectuer une coupe à vide à la fin du process sans augmenter la profondeur de passe

Remarque :

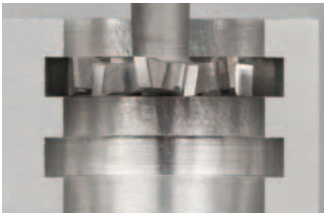
Il est également possible d'utiliser une fraise à fileter orbitale (TMO), capable de réaliser un filetage cylindrique jusqu'au fond du trou.

Les mesures susmentionnées augmentent certes le temps de cycle, mais elles sont parfois indispensables s'il est impossible de garantir autrement la perfection du filetage.

En particulier pour les filetages à faible tolérance et les matériaux difficiles à travailler (ex. inconel), cette conicité peut poser des problèmes pour respecter les cotes prescrites.

Distorsion de profil

En raison du fraisage diagonal dans l'angle du pas, le profil de filetage de l'outil est transmis avec une distorsion



Pas de pas – pas de distorsion

sur la pièce. Cette distorsion est illustré ci-dessous par une exemple.



Pas P = 12 – distorsion

Remarque :
Plus le diamètre de fraise s'approche du diamètre nominal du filetage, plus le pas du filetage est élevé, et plus la distorsion du profil est marquée.

Pour réaliser un filetage à la cote, il convient d'appliquer les règles suivantes :

Filetage métrique :
Diamètre de fraise $\leq \frac{2}{3} \times$ diamètre nominal de filetage

Filetage métrique à pas fin :
Diamètre de fraise $\leq \frac{3}{4} \times$ diamètre nominal de filetage

Exemple de distorsion pour un filetage M18 x 1,5

Diamètre de fraise à fileter en mm	Décalage de flanc dû à une distorsion de profil en mm
16	0,0386
14	0,0167

Les petites fraises à fileter permettent en théorie de réaliser la taille de filetage que l'on veut. Le durée de vie diminue cependant avec l'augmentation de la

taille de filetage. La stabilité de l'outil et la longueur de l'arête de coupe sont également des facteurs limitants.

Remarque :
Les filetages spéciaux et les filetages à faible angle de flancs demandent une vérification de faisabilité en raison de la distorsion de profil.

Programmation CNC

Programmation CNC avec Walter GPS
Il est généralement recommandé de créer le programme CNC avec Walter GPS. Ceci est très utile car GPS, à la différence des cycles machine prédéfinis, tient compte de la stabilité de l'outil et prévoit une répartition radiale de coupe ou une réduction des valeurs de coupe en cas de surcharge de l'outil.

Remarque :
Il est judicieux d'effectuer une répartition radiale de coupe en conservant l'avance par dent, au lieu de choisir une coupe et de soustraire l'avance par dent. Quand l'avance par dent est trop faible, l'arête de coupe, plaque s'use de manière excessive.

Walter GPS permet même à des utilisateurs inexpérimentés de créer de manière simple et sûre un programme de fraisage de filets pour 7 commandes différentes. La manipulation a été grandement simplifiée par rapport au CCS précédent. En outre, la stratégie la plus économique de réalisation de filetages est automatiquement proposée.

Chaque ligne de programme offre une option de commentaire, de sorte que les mouvements de la machine sont toujours compréhensibles (différentes langues au choix). Ci-dessous se trouve un exemple de programme CNC pour le fraisage d'un filetage femelle sur une commande conformément à la norme DIN 66025.

Comment	Code
Tool radius presetting	;Tol. 6H: R=Rprg'-0.045 mm
Tool call in	O1 M6 T
Selection of working plane	O2 G90 G17
Spindle on	O3 S5640 M3
2 mm above workpiece surface on centerline of thread	O4 G00 X0.000 Y0.000 Z2.000
Start incremental programming	O5 G91
Move to required depth on centerline of the predrilled hole	O6 G00 Z-17.375
Set approach path for entry loop	O7 G41 G01 X0.000 Y3.750 F1450
Move to the contour starting point	O8 G03 X0.000 Y-8.750 Z0.375 I0.000 J-4.375 F176
Thread milling	O9 G03 X0.000 Y0.000 Z1.500 I0.000 J5.000 F363
Move out of the contour	O10 G03 X0.000 Y8.750 Z0.375 I0.000 J4.375
Reset to centerline	O11 G40 G01 X0.000 Y-3.750
Retract from thread	O12 G00 Z15.125
Start absolute programming	O13 G90

Programmation CNC

Le rayon de programmation « Rprg. »

Le rayon de programmation – abréviation Rprg. – est un facteur important pour les opérations. Le Rprg. est calculé sur la base du diamètre de flancs de la fraise et permet de réaliser immédiatement un filetage à la cote. Il n'est plus nécessaire de toucher à la valeur de correction. Le Rprg. peut être lu sur la queue de l'outil et doit être entré dans le tableau d'outil de la commande CNC lors de l'équipement de la machine et de la création du programme CNC.

Le Rprg. est défini de manière à atteindre la plus faible valeur de tolérance calculée lors de son utilisation dans le programme CNC. Si on crée un programme CNC avec GPS, il s'affiche une cote de correction avec laquelle le centre de tolérance de la tolérance de filetage choisie peut être atteint. La cote de correction doit être retirée du Rprg., puis le Rprg. ainsi corrigé doit être entré dans la commande CNC.



Lors du fonctionnement de l'outil, les arêtes de coupe s'usent, l'outil se déporte davantage et les filetages deviennent trop étroits. La réduction du Rprg. peut compenser cette usure – des filetages à la cote sont alors réalisés. Des pas de correction à hauteur de 0,01 mm sont recommandés. Pour les petits outils, une correction du Rprg. est moins souvent possible que pour les grands outils, car les forces radiales augmentent et par conséquent le risque de casse de l'outil également. Si les outils doivent être réaffûtés, il est donc conseillé de remplacer l'outil au bout de 80 % de la durée de vie maximale.

Modifications

Représentation graphique	Modification	Effet
	Lamage et surfaçage	Lamage et surfaçage dans un seul outil
	Goujures de refroidissement sur la queue	Refroidissement ciblé sans baisse de section de l'outil dans la zone de coupe
	Sorties radiales de lubrifiant	Refroidissement ciblé pour les filetages débouchants
	Filets retirés	Réduction des efforts de coupe mais durée d'usinage plus longue, d'où nécessité de deux passages
	Coupe d'ébavurage	Élimination du filet incomplet sur l'entrée de filetage sans opération supplémentaire
	Premier profil de filetage rallongé sur la face avant	Chanfreinage de l'avant-trou
	Affûtage d'un col	Permet une répartition axiale de coupe – utile pour les filetages profonds

Problèmes et solutions

Problème							
		Marques de broutage	Faible durée de vie	Écaillage des arêtes de coupe	Filetage conique	Casse d'outil	Respect des cotes
Valeurs de coupe/stratégie/réglages	f _z en [mm/dent]	+	+	🔍	-	-	
	v _c en [m/min]	-	-	🔍		🔍	
	Programmation			🔍		🔍	🔍
	Avancée	✓	✓				
	Inversion				✓		✓
	Répartition de coupe	✓		✓	✓	✓	✓
	Rayon de programmation [Rprg.]						-
	Refroidissement		+	+			
Pièce à usiner	Serrage	🔍	+	+	🔍	🔍	🔍
	Diamètre de pré-perçage	🔍	+	🔍	🔍	🔍	+
	Évacuation des copeaux		+	+		🔍	
Outil	Stabilité/Géométrie	🔍	+	+	🔍	🔍	+
	Longueur en porte-à-faux	-	-	-	-	-	-
	Angle d'hélice	+			+		
	Revêtement		🔍				
	Précision de cylindricité	🔍	🔍	🔍		🔍	🔍

Légende :
🔍 à contrôler - à réduire + à améliorer/augmenter ✓ à privilégier

TMO – Spécialiste des tâches complexes :

Les outils de la famille TMO offrent souvent des solutions à certains problèmes. Par exemple pour la réalisation de filetages profonds, l'usinage de matériaux trempés quand les fraises conventionnelles créent des filetages coniques. Pour plus d'informations à ce sujet, voir les pages 36 et 102 – 105.

Filetages coniques :

Explications et solutions pour ce problème aux pages 102 – 105.

Remarque :

L'utilisation d'outils de la gamme TMO est une très bonne alternative technique pour réaliser des filetages cylindriques.

Refroidissement et lubrification :

Les problèmes provoqués par le refroidissement et la lubrification et les mesures correctives correspondantes sont décrits à la page 59.

Usinage de matériaux durs :

- N'utiliser que des outils adaptés à l'usinage de matériaux durs (TMO HRC et fraise de filetage Hart 10)
- Usiner en opposition dans la mesure du possible (voir la recommandation Walter GPS)
- Choisir le plus grand diamètre de pré-perçage autorisé
- En cas de problème de cylindricité, effectuer un cycle à vide ou utiliser des outils de la gamme TMO HRC
- Ne pas utiliser de lubrifiant de refroidissement, utiliser le soufflage d'air ou la micro-pulvérisation pour pousser les copeaux à l'extérieur

Formules

Vitesse de rotation

$$n \text{ [min}^{-1}] \quad n = \frac{v_c \times 1000}{d_1 \times \pi} \quad [\text{min}^{-1}]$$

Vitesse de coupe

$$v_c \text{ [m/min]} \quad v_c = \frac{d_1 \times \pi \times n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

Vitesse d'avance

$$v_f \text{ [mm/min]} \quad v_f = p \times n \quad [\text{mm/min}]$$



Diamètre de noyau, taraudage coupant et fraisage de filets

M Filetage ISO métrique

Abréviation selon la norme DIN 13	Diamètre du noyau avec filetage femelle (mm)		Ø foret (mm)
	6H min.	6H max.	
M 2	1,567	1,679	1,60
M 2,5	2,013	2,138	2,05
M 3	2,459	2,599	2,50
M 4	3,242	3,422	3,30
M 5	4,134	4,334	4,20
M 6	4,917	5,153	5,00
M 8	6,647	6,912	6,80
M 10	8,376	8,676	8,50
M 12	10,106	10,441	10,20
M 14	11,835	12,210	12,00
M 16	13,835	14,210	14,00
M 18	15,294	15,744	15,50
M 20	17,294	17,744	17,50
M 24	20,752	21,252	21,00
M 27	23,752	24,252	24,00
M 30	26,211	26,771	26,50
M 36	31,670	32,270	32,00
M 42	37,129	37,799	37,50

MF Filetage fin ISO métrique

Abréviation selon la norme DIN 13	Diamètre du noyau avec filetage femelle (mm)		Ø foret (mm)
	6H min.	6H max.	
M 6 x 0,75	5,188	5,378	5,25
M 8 x 1	6,917	7,153	7,00
M 10 x 1	8,917	9,153	9,00
M 10 x 1,25	8,647	8,912	8,75
M 12 x 1	10,917	11,153	11,00
M 12 x 1,25	10,647	10,912	10,75
M 12 x 1,5	10,376	10,676	10,50
M 14 x 1,5	12,376	12,676	12,50
M 16 x 1,5	14,376	14,676	14,50
M 18 x 1,5	16,376	16,676	16,50
M 20 x 1,5	18,376	18,676	18,50
M 22 x 1,5	20,376	20,676	20,50

UNC Filetage "Unified Coarse"

Abréviation selon ASME B 1.1	Diamètre du noyau avec filetage femelle (mm)		Ø foret (mm)
	2B min.	2B max.	
N° 2-56	1,694	1,872	1,85
N° 4-40	2,156	2,385	2,35
N° 6-32	2,642	2,896	2,85
N° 8-32	3,302	3,531	3,50
N° 10-24	3,683	3,962	3,90
$\frac{1}{4}$ -20	4,976	5,268	5,10
$\frac{5}{16}$ -18	6,411	6,734	6,60
$\frac{3}{8}$ -16	7,805	8,164	8,00
$\frac{1}{2}$ -13	10,584	11,013	10,80
$\frac{5}{8}$ -11	13,376	13,868	13,50
$\frac{3}{4}$ -10	16,299	16,833	16,50

UNF Filetage "Unified Fine"

Abréviation selon ASME B 1.1	Diamètre du noyau avec filetage femelle (mm)		Ø foret (mm)
	2B min.	2B max.	
N° 4-48	2,271	2,459	2,40
N° 6-40	2,819	3,023	2,95
N° 8-36	3,404	3,607	3,50
N° 10-32	3,962	4,166	4,10
$\frac{1}{4}$ -28	5,367	5,580	5,50
$\frac{5}{16}$ -24	6,792	7,038	6,90
$\frac{3}{8}$ -24	8,379	8,626	8,50
$\frac{1}{2}$ -20	11,326	11,618	11,50
$\frac{5}{8}$ -18	14,348	14,671	14,50

G Filetage de tuyauterie

Abréviation selon la norme EN DIN 228	Diamètre du noyau avec filetage femelle (mm)		Ø foret (mm)
	min	max	
G $\frac{1}{8}$	8,566	8,848	8,80
G $\frac{1}{4}$	11,445	11,890	11,80
G $\frac{3}{8}$	14,950	15,395	15,25
G $\frac{1}{2}$	18,632	19,173	19,00
G $\frac{5}{8}$	20,588	21,129	21,00
G $\frac{3}{4}$	24,118	24,659	24,50
G 1	30,292	30,932	30,75

Diamètre du noyau de taraudage par déformation

M Filetage ISO métrique, tolérance 6H

Abréviation selon la norme DIN 13	Diamètre de noyau, filetage femelle selon la norme DIN 13 - 50 (mm) 6H min. 7H max		Ø pré-perçage (mm)
M 1,6	1,221	-	1,45
M 2	1,567	1,707	1,82
M 2,5	2,013	2,173	2,30
M 3	2,459	2,639	2,80
M 3,5	2,850	3,050	3,25
M 4	3,242	3,466	3,70
M 5	4,134	4,384	4,65
M 6	4,917	5,217	5,55
M 8	6,647	6,982	7,40
M 10	8,376	8,751	9,30
M 12	10,106	10,106	11,20
M 14	11,835	12,310	13,10
M 16	13,835	14,310	15,10

MF Filetage fin ISO métrique, tolérance 6H

Abréviation selon la norme DIN 13	Diamètre de noyau, filetage femelle selon la norme DIN 13 - 50 (mm) 6H min. 7H max		Ø pré-perçage (mm)
M 6 x 0,75	5,188	5,424	5,65
M 8 x 1	6,917	7,217	7,55
M 10 x 1	8,917	9,217	9,55
M 12 x 1	10,917	11,217	11,55
M 12 x 1,5	10,376	10,751	11,30
M 14 x 1,5	12,376	12,751	13,30
M 16 x 1,5	14,376	14,751	15,30

Tableau de correspondances des duretés

Résistance mécanique Rm en N/mm²	Dureté Brinell HB	Dureté Rockwell HRC	Dureté Vickers HV	PSI
150	50		50	22
200	60		60	29
250	80		80	37
300	90		95	43
350	100		110	50
400	120		125	58
450	130		140	66
500	150		155	73
550	165		170	79
600	175		185	85
650	190		200	92
700	200		220	98
750	215		235	105
800	230	22	250	112
850	250	25	265	120
900	270	27	280	128
950	280	29	295	135
1000	300	31	310	143
1050	310	33	325	150
1100	320	34	340	158
1150	340	36	360	164
1200	350	38	375	170
1250	370	40	390	177
1300	380	41	405	185
1350	400	43	420	192
1400	410	44	435	200
1450	430	45	450	207
1500	440	46	465	214
1550	450	48	480	221
1600	470	49	495	228
		51	530	247
		53	560	265
		55	595	283
		57	635	
		59	680	
		61	720	
		63	770	
		64	800	
		65	830	
		66	870	
		67	900	
		68	940	
		69	980	

Réglage du couple de mandrins de taraudage coupant

Valeurs indicatives pour le réglage du couple de mandrins de taraudage coupant

Type de filetage	Dimension [mm]	Pas [mm]	Valeur de réglage de couple de taraudage coupant [Nm]	Couple de casse de taraud [Nm]	Valeur de réglage de couple de taraudage par déformation [Nm]
M, MF	1	≤ 0,25	0,03*	0,03	0,07*
M, MF	1,2	≤ 0,25	0,07*	0,07	0,12
M, MF	1,4	≤ 0,3	0,1*	0,1	0,16
M, MF	1,6	≤ 0,35	0,15*	0,15	0,25
M, MF	1,8	≤ 0,35	0,24*	0,24	0,3
M, MF	2	≤ 0,4	0,3*	0,3	0,4
M, MF	2,5	≤ 0,45	0,5	0,6	0,6
M, MF	3	≤ 0,5	0,7	1	1
M, MF	3,5	≤ 0,6	1,2	1,6	1,5
M, MF	4	≤ 0,7	1,7	2,3	2,4
M, MF	5	≤ 0,8	3	5	4
M, MF	6	≤ 1,0	5,5	8,1	8
M, MF	8	≤ 1,25	12	20	17
M, MF	10	≤ 1,5	20	41	30
M, MF	12	≤ 1,75	35	70	50
M, MF	14	≤ 2,0	50	130	75
M, MF	16	≤ 2,0	60	160	85
M, MF	18	≤ 2,5	100	260	150
M, MF	20	≤ 2,5	110	390	160
M, MF	22	≤ 2,5	125	450	170
M, MF	24	≤ 3,0	190	550	260
M, MF	27	≤ 3,0	220	850	290
M, MF	30	≤ 3,5	320	1100	430
M, MF	33	≤ 3,5	350	1600	470
M, MF	36	≤ 4,0	460	2300	650
M, MF	39	≤ 4,0	500		
M, MF	42	≤ 4,5	700		
M, MF	45	≤ 4,5	750		
M, MF	48	≤ 5,0	900		
M, MF	52	≤ 5,0	1000		
M, MF	56	≤ 5,5	1300		

Base du tableau ci-dessus : Matériau 42CrMo4, résistance mécanique 1000 N/mm², profondeur de filetage 1,5 x D_N. Le tableau de calcul permet d'appliquer les valeurs à d'autres matériaux.

Avec les dimensions repérées par *, le couple nécessaire pour réaliser un filetage de profondeur 1,5 x D_N augment le couple de casse de l'outil. Mesure corrective : Fabrication du filetage en plusieurs opérations.

Calcule pour d'autres matériaux

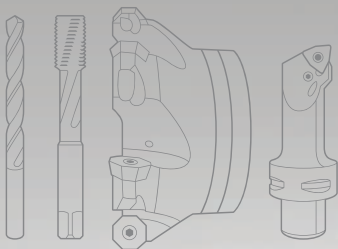
Matériau	Facteur
Acier tendre	0,7
Acier 1200 N/mm²	1,2
Acier 1600 N/mm²	1,4
Acier inoxydable	1,3
FG/FGS	0,6
Aluminium/cuivre	0,4
Alliages Ti	1,1
Alliages Ni	1,4

Le tableau sert au réglage de couple de mandrins de taraudage coupant, s'ils sont réglables. Un réglage de couple trop élevé génère un risque de casse de l'outil. S'il est trop bas, l'outil peut se coincer pendant l'opération – la machine continue elle de tourner. Si la compensation de pression ne suffit pas, l'outil est détruit et la machine peut subir des dommages.

Walter AG

Derendinger Straße 53, 72072 Tübingen
Postfach 2049, 72010 Tübingen
Allemagne

www.walter-tools.com



Walter France

Soultz-sous-Forêts, France
+33 (0) 3 88 80 20 00, service.fr@walter-tools.com

Walter Benelux N.V./S.A.

Zaventem, Belgique
(B) +32 (02) 7258500
(NL) +31 (0) 900 26585-22
service.benelux@walter-tools.com

Walter (Schweiz) AG

Solothurn, Suisse
+41 (0) 32 617 40 72, service.ch@walter-tools.com