

Obrábění otvorů

prof. Ing. Marek SADÍLEK, Ph.D.



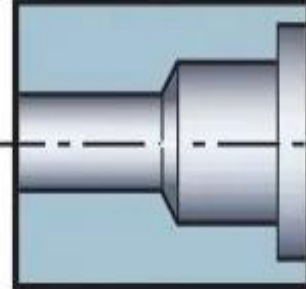
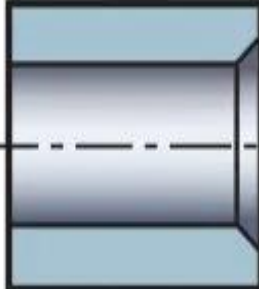
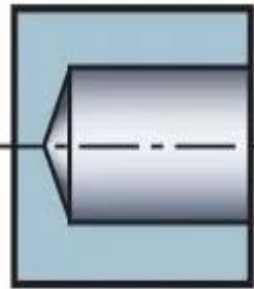
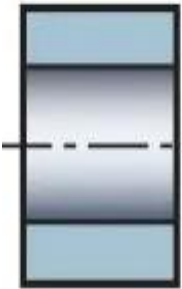
Obrábění otvorů

Průchozí

Slepé

Se zkosenou hranou

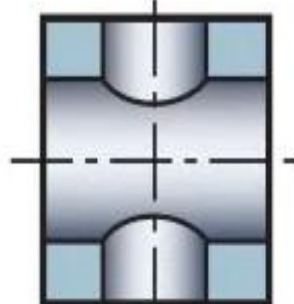
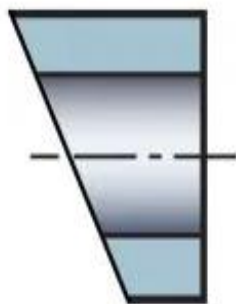
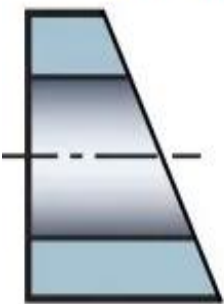
Stupňovité (s více průměry)



Se sklonem na vstupu

Se sklonem na výstupu

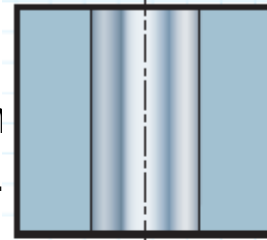
Křížící se díry



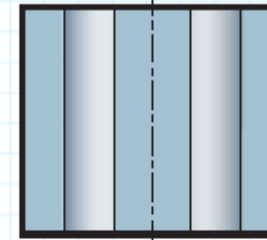
Obrábění otvorů

1. Středění/navrtávání
2. Vrtání (s monolitními šroubovými vrtáky, vrtáky s výměnnými hlavicemi a vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami).
3. Vyvrtávání
4. Vystružování

Drilling



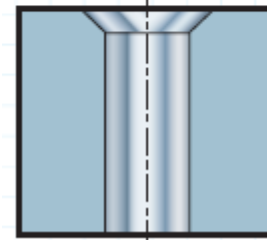
Trepanning



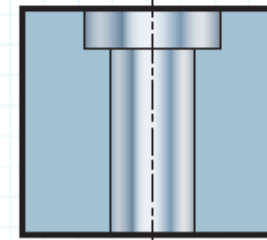
Drilling is classified into four common methods:

- Drilling
- Trepanning
- Chamfer drilling
- Step drilling

Chamfer drilling



Step drilling





Obrábění – otvorů - odkazy



Literatura

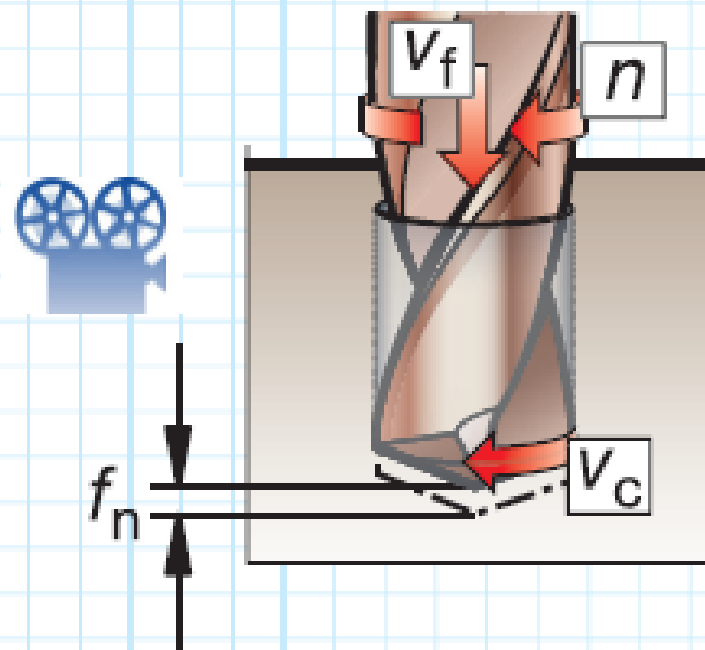
- Viz. Sandvik pdf – z elearningu
- SECO_Obrábění otvorů.pdf

- Výroba vrtáků české firmy Stimzet:
– https://www.youtube.com/watch?v=aK_k_rO1gXw&feature=youtu.be

- Tepelné upínání rotačních nástrojů:
– <https://www.youtube.com/watch?v=6d85SHyPHAo&list=PL0BE941E8AF9401B0&index=1>

Řezná rychlost / Cutting speed

Cutting speed



n = spindle speed (rpm)

v_c = cutting speed (m/min)

f_n = feed per revolution (mm/r)

v_f = penetration rate (mm/min)

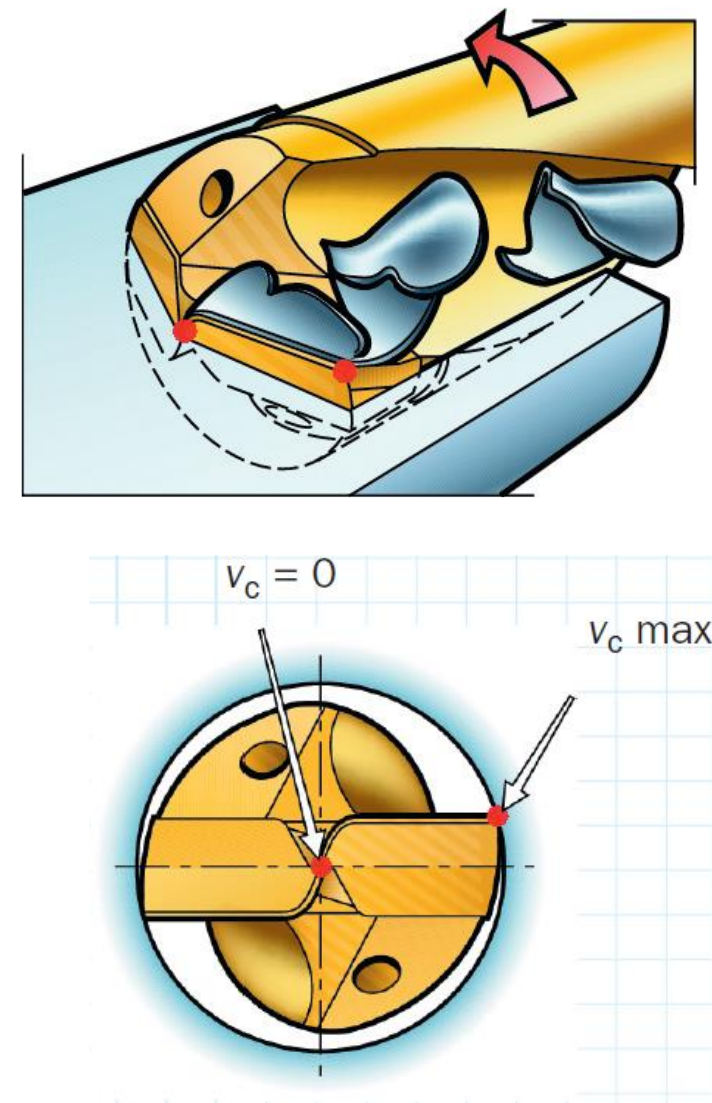
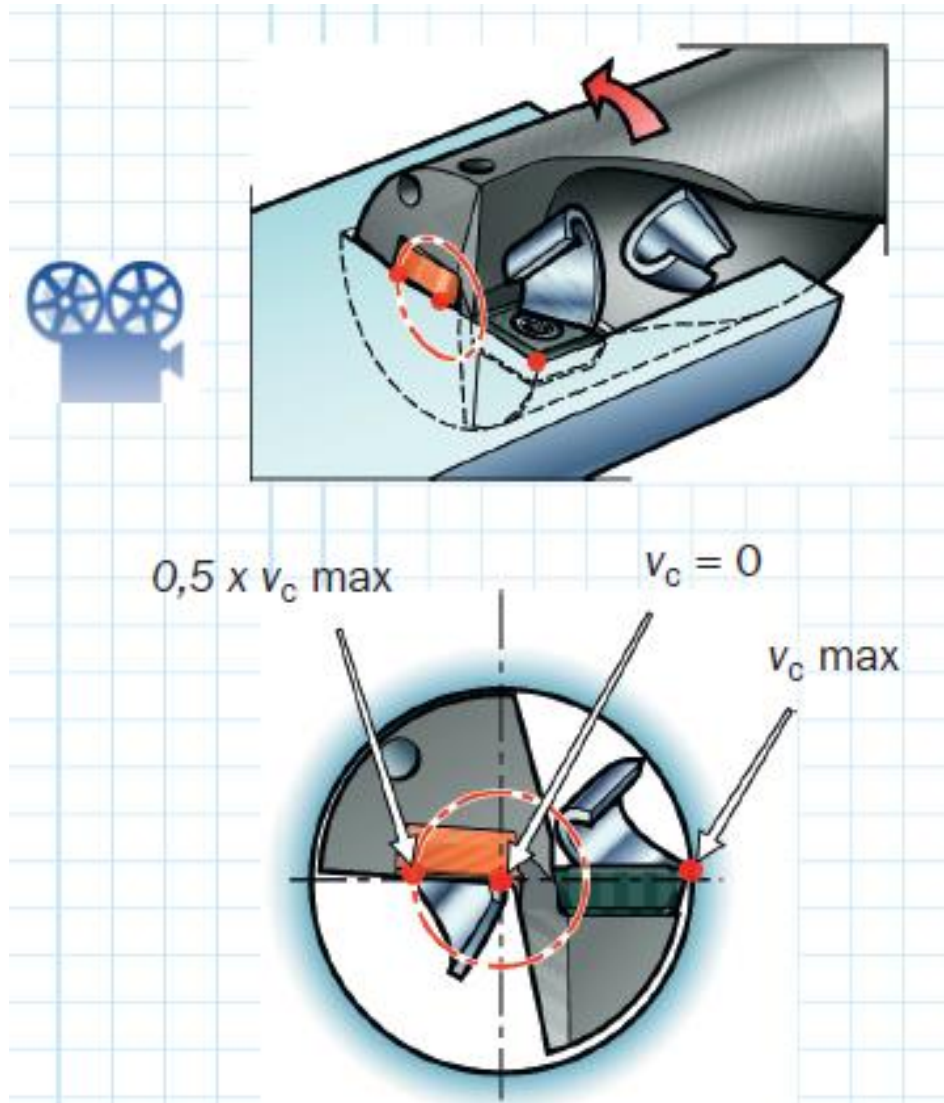
D_c = drill diameter (mm)

$$v_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Productivity in drilling is strongly related to the penetration rate, v_f .

$$v_f = f_n \times n \text{ mm/min}$$

Cutting speeds for indexable drills and for solid and brazed carbide drills

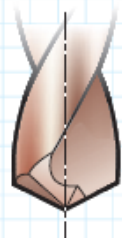


Approximate calculation of power consumption

CoroDrill® 880



CoroDrill® Delta-C



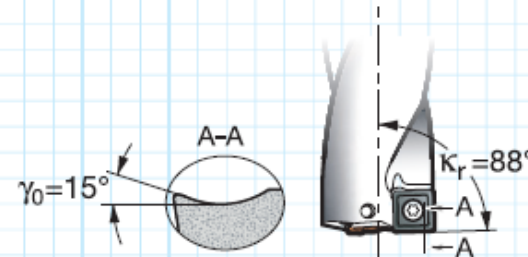
- n = spindle speed (rpm)
- v_c = cutting speed (m/min)
- f_n = feed per revolution (mm/rev)
- v_f = penetration rate (mm/min)
- D_c = drill diameter (mm)
- f_z = feed per edge (mm)
- k_{c1} = specific cutting force (N/mm²)
- P_c = power consumption (kW)
- F_f = feed force (N)
- M_c = torque (Nm)

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times D_c \times k_{c1}}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

ISO	CMC No.	Material	Specific cutting force	Hardness	m_c	Me
			k_{c1}	Brinell		
			N/mm ²	HB		Cu
P		Steel Unalloyed				
	01.1	C = 0.1–0.25%	1500	125	0.25	
	01.2	C = 0.25–0.55%	1600	150	0.25	
	01.3	C = 0.55–0.80%	1700	170	0.25	
	01.4	High carbon steel, annealed	1800	210	0.25	
	01.5	Hardened and tempered	2000	300	0.25	
		Low alloyed (alloying elements ≤ 5%)				
	02.1	Non-hardened	1700	175	0.25	
	02.2	Hardened and tempered	1900	300	0.25	
		High alloyed (alloying elements > 5%)				

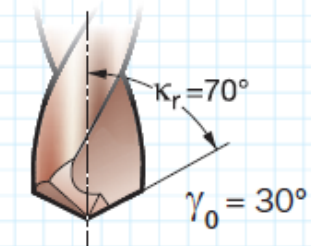
For information about the k_c value, see page H16.

CoroDrill® 880



$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times D_c \times k_c}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

CoroDrill® Delta-C

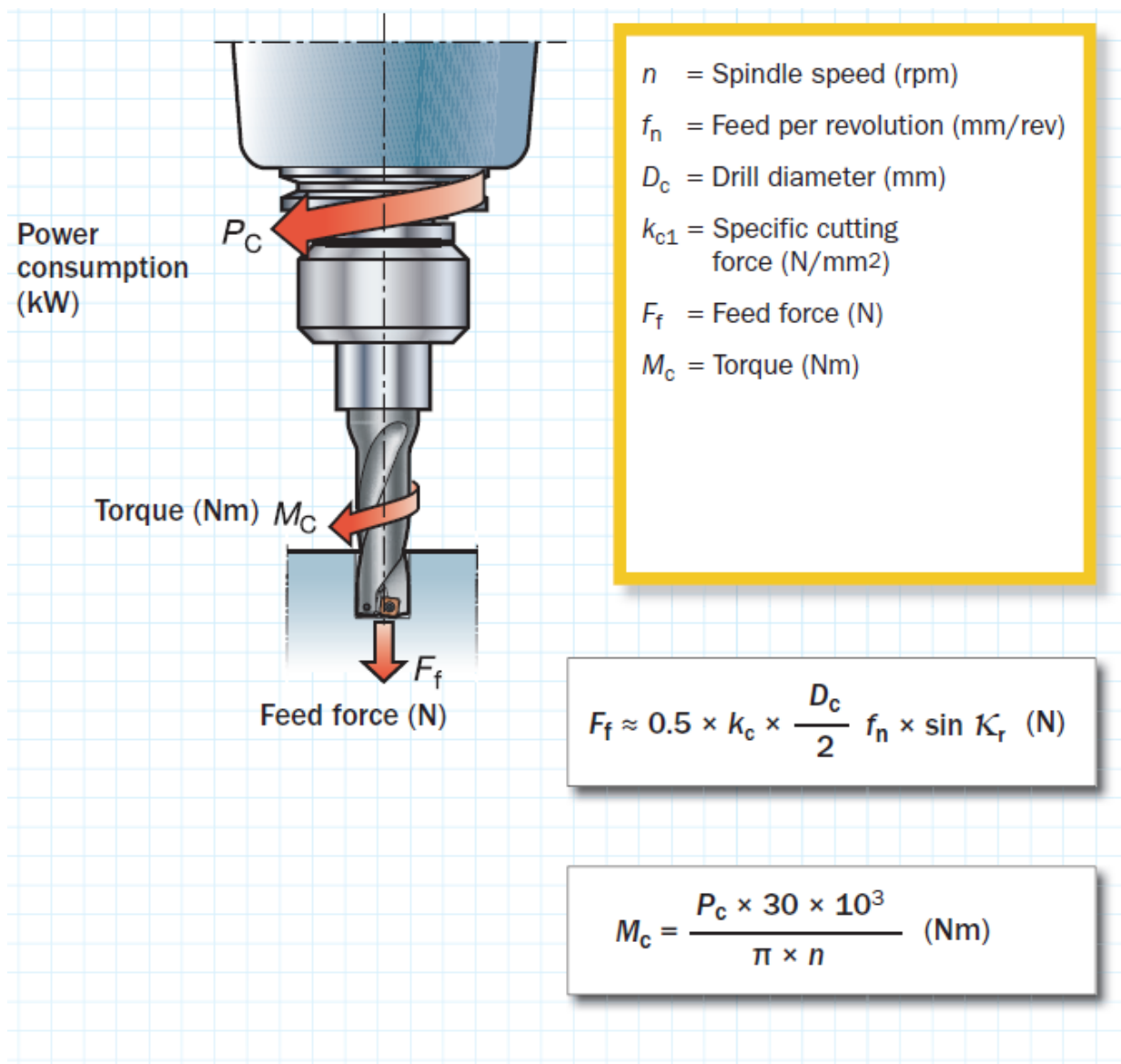


$$k_c = k_{c1} \times (f_z \times \sin \kappa_r)^{-m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

ISO	CMC No.	Material	Specific cutting force	Hardness	m_c	Me
			k_{c1}	Brinell		
			N/mm ²	HB		Cu
P		Steel Unalloyed				
	01.1	C = 0.1–0.25%	1500	125	0.25	
	01.2	C = 0.25–0.55%	1600	150	0.25	
	01.3	C = 0.55–0.80%	1700	170	0.25	
	01.4	High carbon steel, annealed	1800	210	0.25	
	01.5	Hardened and tempered	2000	300	0.25	
		Low alloyed (alloying elements ≤ 5%)				
	02.1	Non-hardened	1700	175	0.25	
	02.2	Hardened and tempered	1900	300	0.25	
		High alloyed (alloying elements > 5%)				

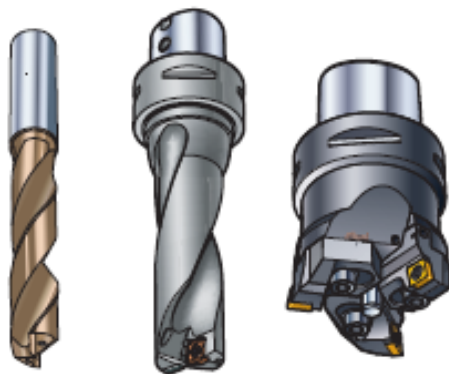
For information about the k_c value, see page H16.

Calculation of torque and feed force



Different ways to make a hole

Drilling and boring



Advantages

- Simple standard tools.
- Relatively flexible.

Disadvantages

- Two tools, adaptors and basic holders.
- Requires two tool positions.

Step drilling



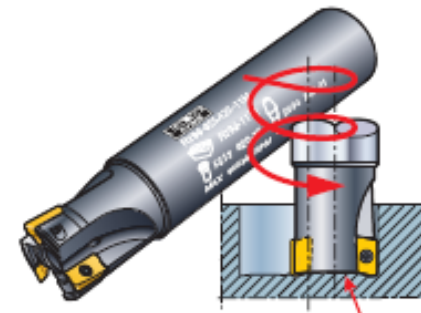
Advantages

- Simple Tailor Made tools.
- Fastest way to make a hole.

Disadvantages

- Requires more power and stability.
- Less flexibility.

Milling, helical interpolation



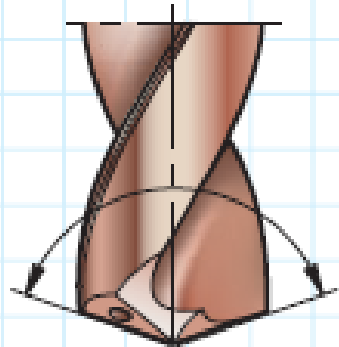
Advantages

- Simple standard tools.
- Very flexible.
- Low cutting forces.

Disadvantages

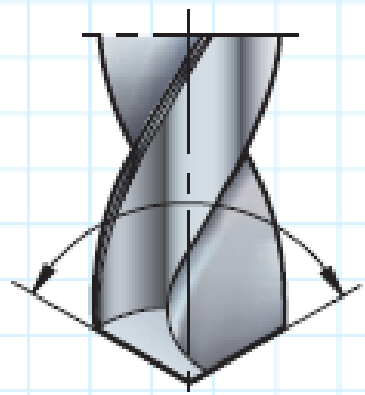
- Longer cycle times.

Solid carbide drill

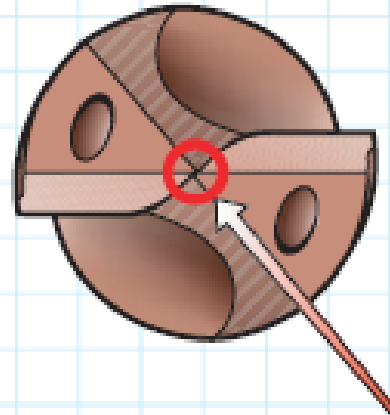


140° point angle

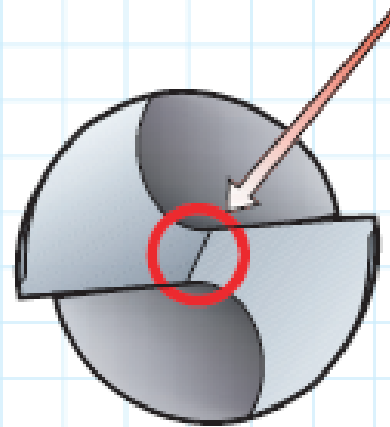
HSS drill



118° point angle

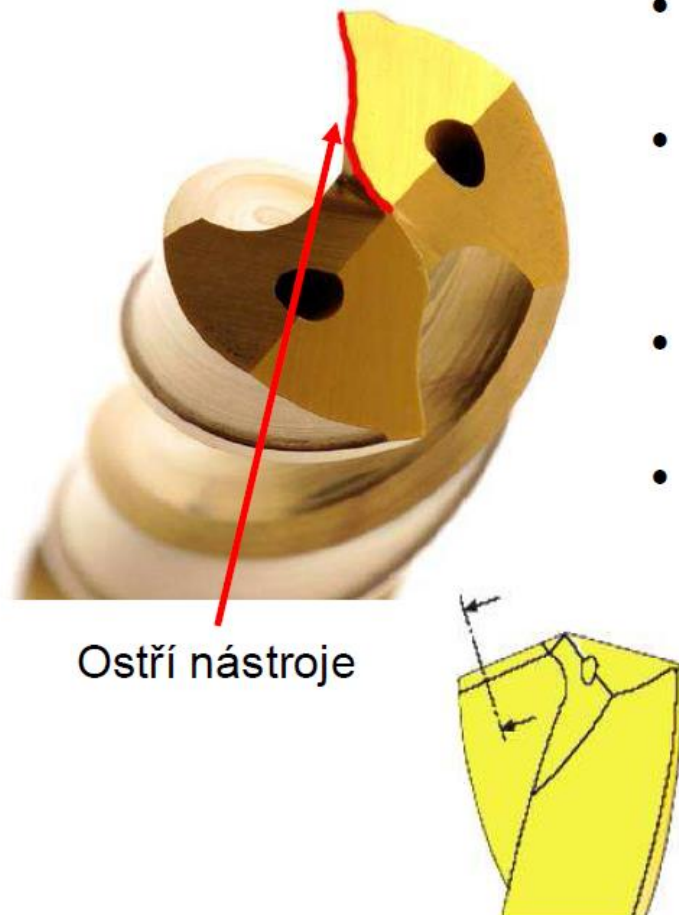


Chisel edge



- Chisel edge is practically eliminated with the solid carbide drill.
- The axial cutting force is reduced considerably, because the chisel edge is eliminated on solid carbide drills.
- This results in better centering features and cuts chips close to the centre of the drill point. This eliminates the need for a centre drill.

Úprava ostří nástroje



- Silně ovlivňuje řezné síly.
- Stejná geometrie ostří je použita po celé jeho délce.
- Úhel : 25°
- Velikost :

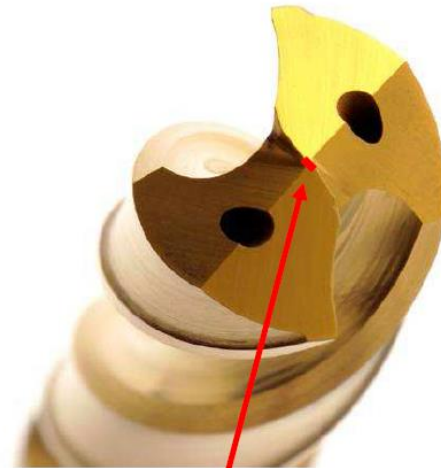
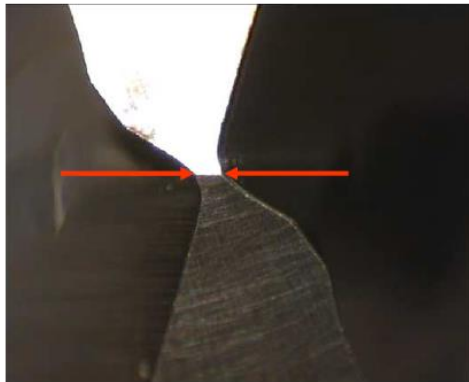
Materiál	Průměr < 10 mm	Průměr > 10 mm
Litina	0.05	0.1
Nerez	0.02	0.02
Ocel	0.05	0.1



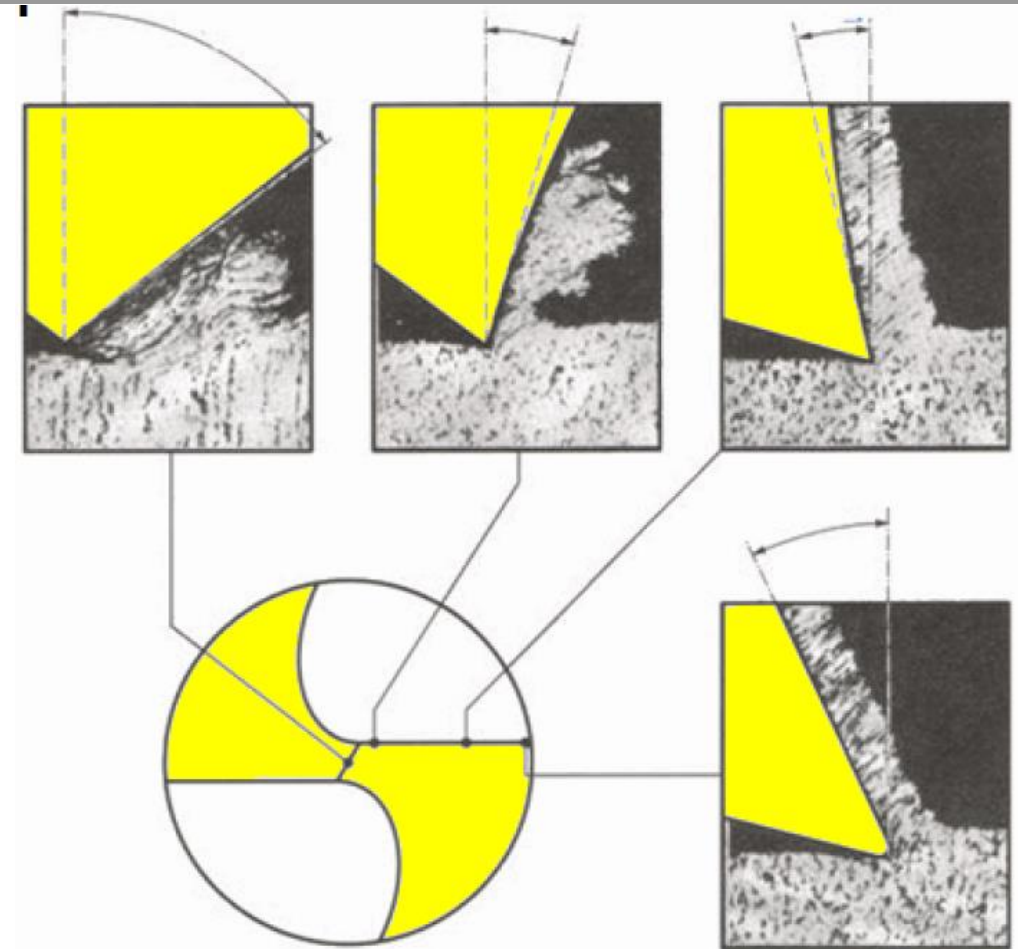
Literatura Prezentace Seco Tools AB. 2012, s.27/146.

Příčné ostří

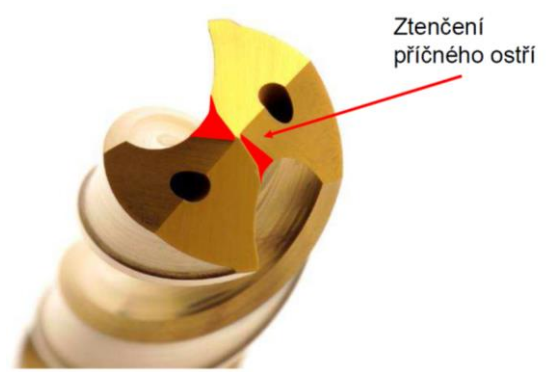
- Příčné ostří je přechodová část spojující obě hlavní ostří nástroje, která se nepodílí na řezu
- Vyvolává vysoké posuvové síly
- Běžná velikost je 0,05 - 0,4 mm



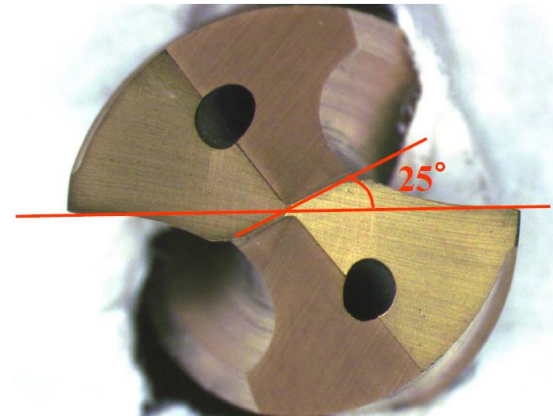
Příčné ostří



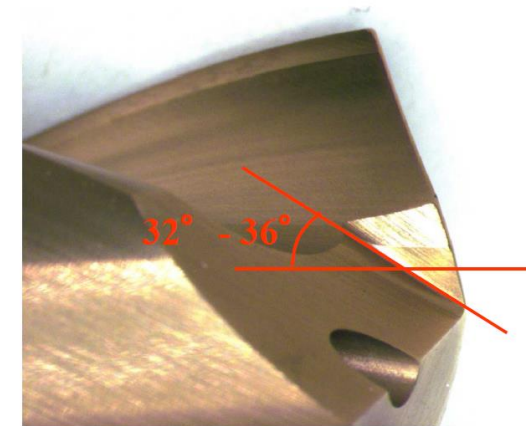
Konstrukční úpravy ostří



Radiální úprava příčného ostří

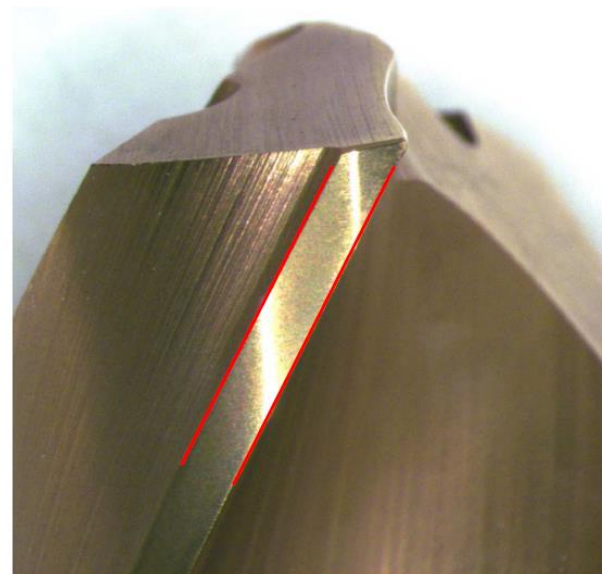


Axiální úprava příčného ostří



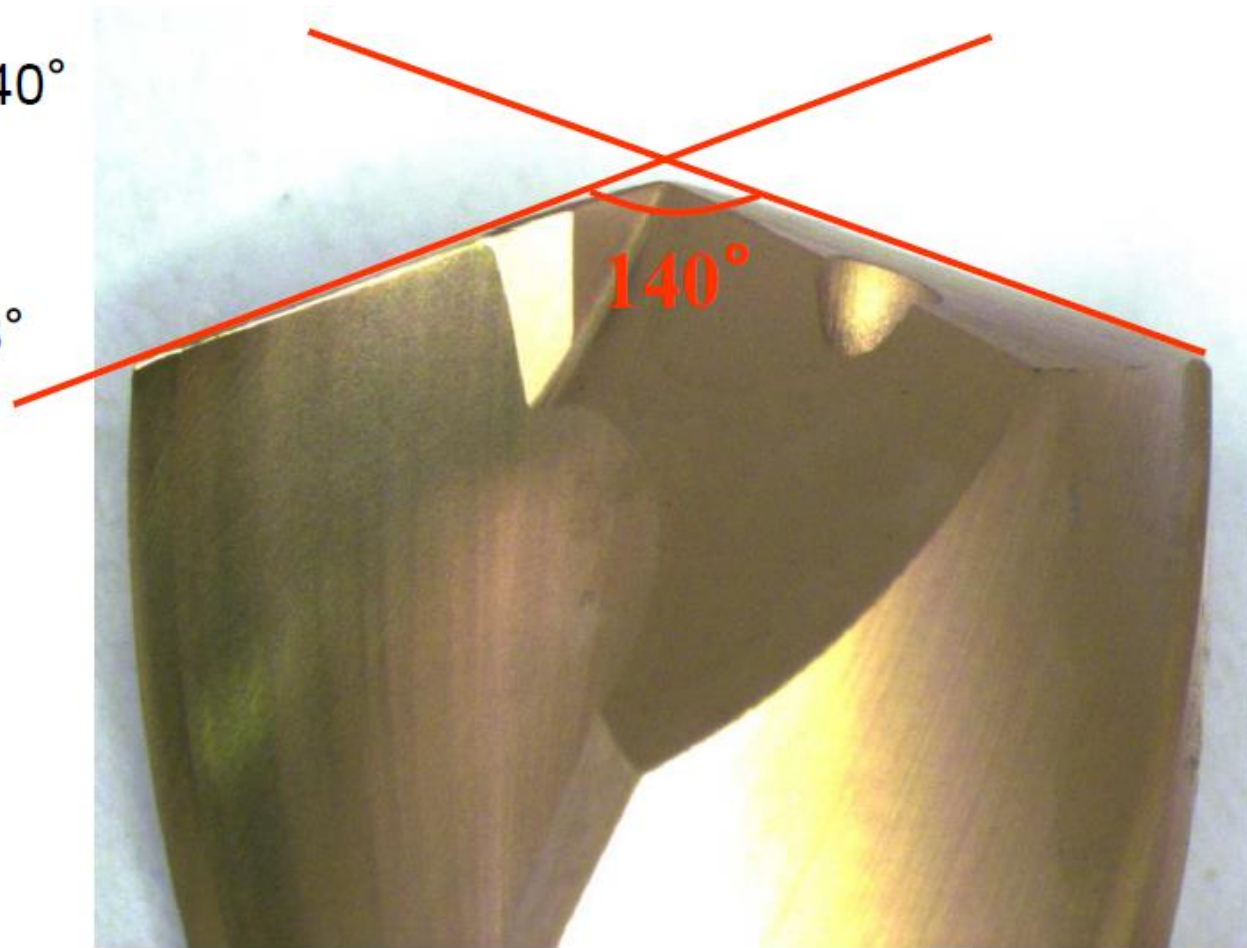
Fazetka

- Válcová část se stabilizačním (vodícím) efektem
- Axiální odlehčení (zpětný kužel)
 - 0,24 - 1,0 mm/100mm
- Šířka fazetky závisí na materiálu obrobku, průměru vrtáku & jeho určení (aplikaci)
 - 0,1 - 1,0 mm
 - úzké fazetky se používají pro
 - žáruvzdorné materiály
 - duplexní nerezové oceli
 - deformačně zpevňující materiály



Konstrukční úpravy ostří – vrcholový úhel

- Běžný vrcholový úhel = 140°
 - Lepší utváření třísky
 - Snazší odvod třísky
- Malý vrcholový úhel = 118°
 - Lepší středící efekt
 - Větší šířka třísek



Konstrukční úpravy ostří

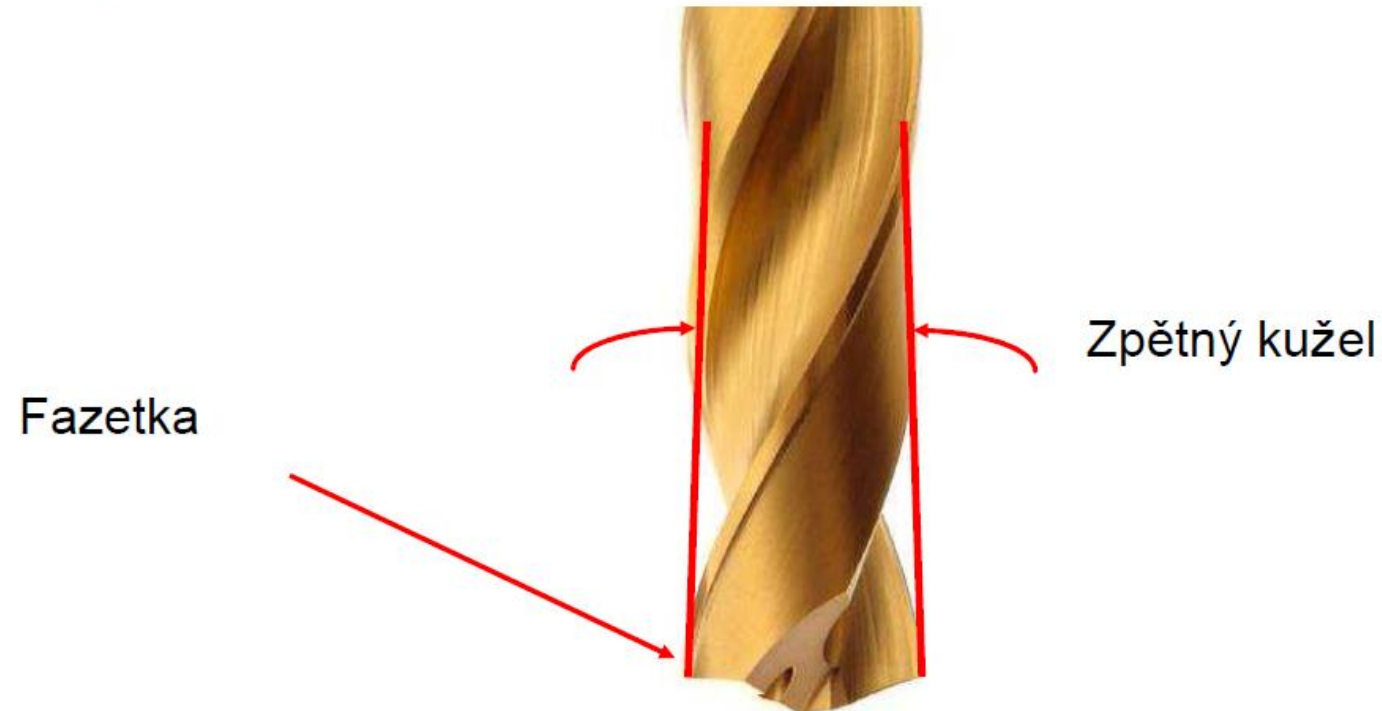
Úhel šroubovice (čelní úhel řezu)

- Standardní = 30°
 - Umožňuje zvýšení rezných dat, neboť generuje nižší rezné síly (vyšší hodnoty úběru materiálu)
 - Dobrý odvod třísek
- Snížený úhel šroubovice
 - Zvýšená tuhost
 - Zlepšená přesnost vrtání
 - Snížený čelní úhel řezu, a tedy zvýšení rezných sil



Konstrukční úpravy ostří

Zpětný kužel (axiální odlehčení)

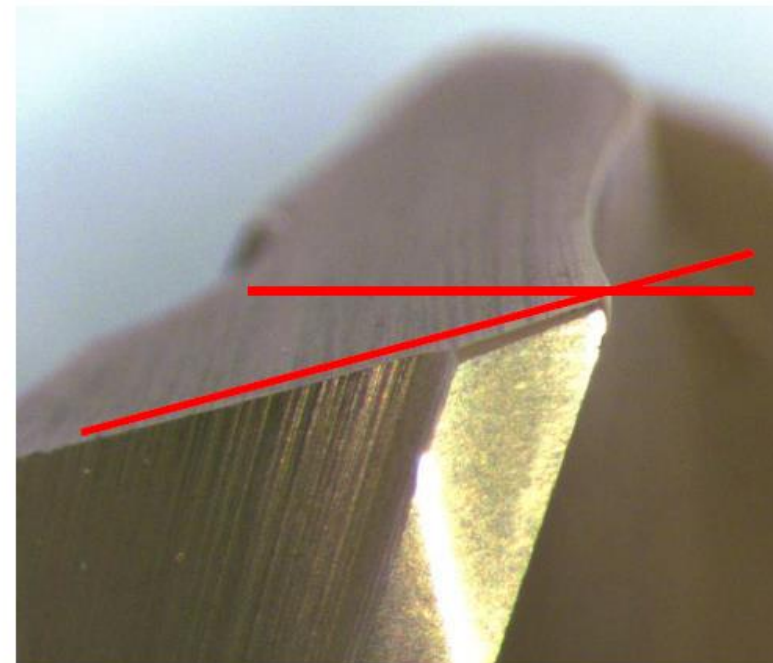


- Zabraňuje zadírání vrtáku v díře
 - 0.24 – 1.0 mm / 100 mm délky na \varnothing (typický příklad)
- Obzvláště důležitý pro měkké a houževnaté materiály, superslitiny a titan.

Konstrukční úpravy ostří

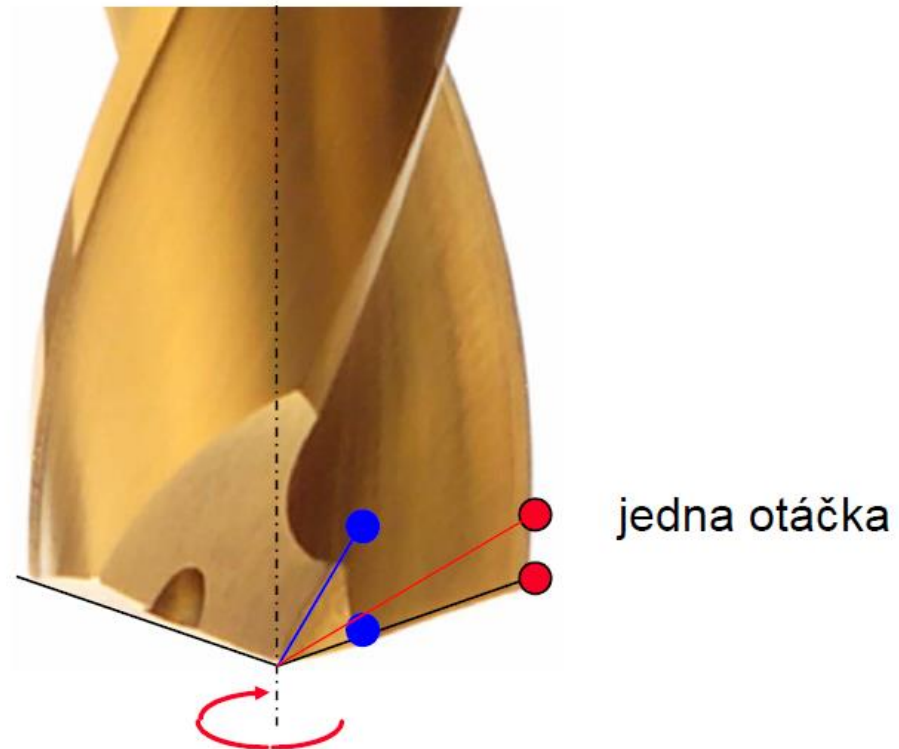
Úhel hřbetu (čelní podbroušení)

- Malý = pevnější ostří
- Velký = nižší řezné síly a vyšší posuvy
- Běžně $\sim 10^\circ$
- Větší úhel se používá u materiálů, které vyžadují ostrý a pozitivní břit
 - Hliník
 - Žárovzdorné materiály
 - Duplexní nerezové oceli
 - Deformačně zpevňující materiály



Konstrukční úpravy ostří

Úhel kuželového odlehčení čela

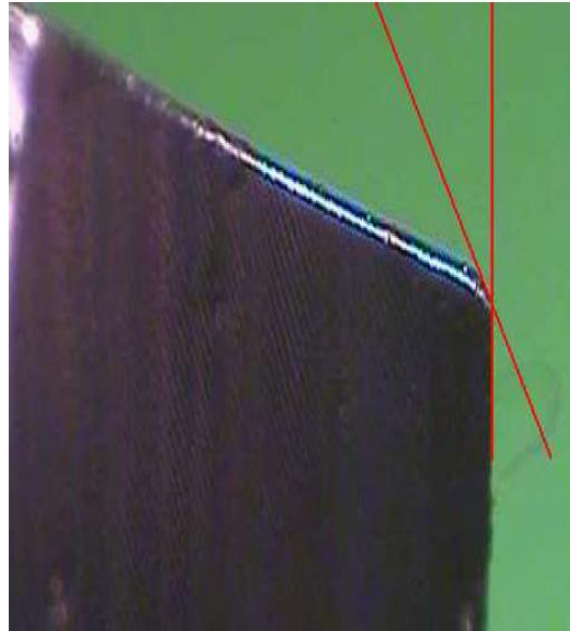
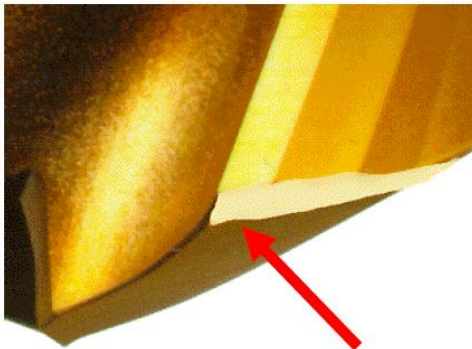


- Z důvodu relativně velkého vystředění v ose vrtáku je úhel odlehčení ve středu nástroje větší než na jeho obvodu.

Konstrukční úpravy ostří

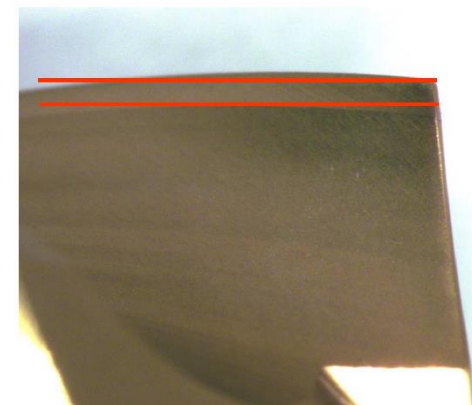
Sražení rohu

- Zvýšení pevnosti ostří
 - Zvýšení posuvu
- Litina
 - Zamezení vylamování

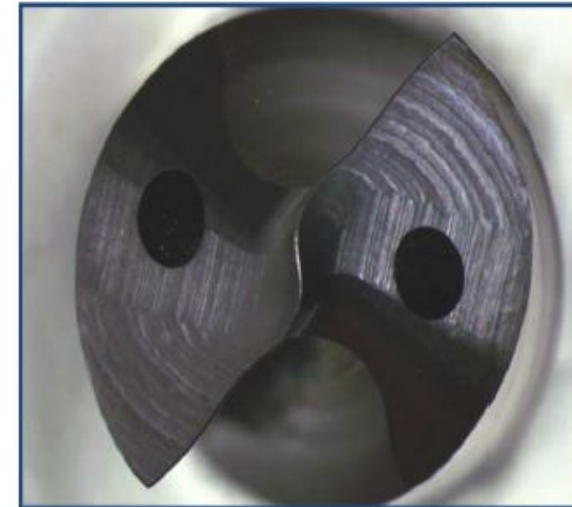
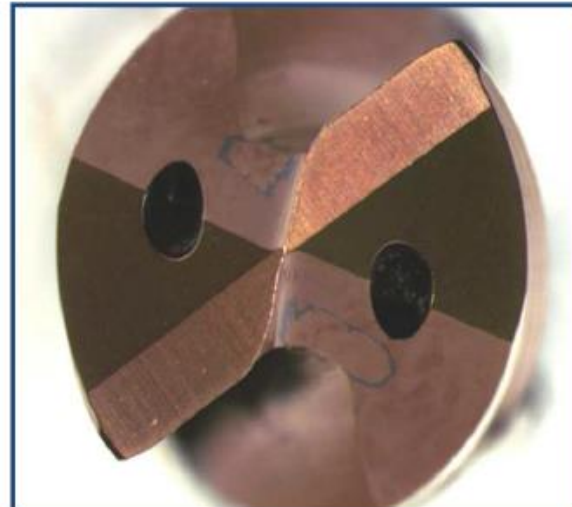
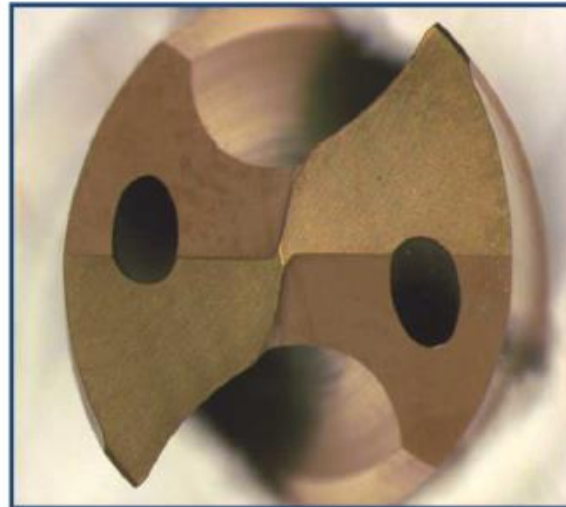


Negativní sražení na fazetkách

- ochrana fazetek a rohů



Konstrukční úpravy ostří – čelní geometrie



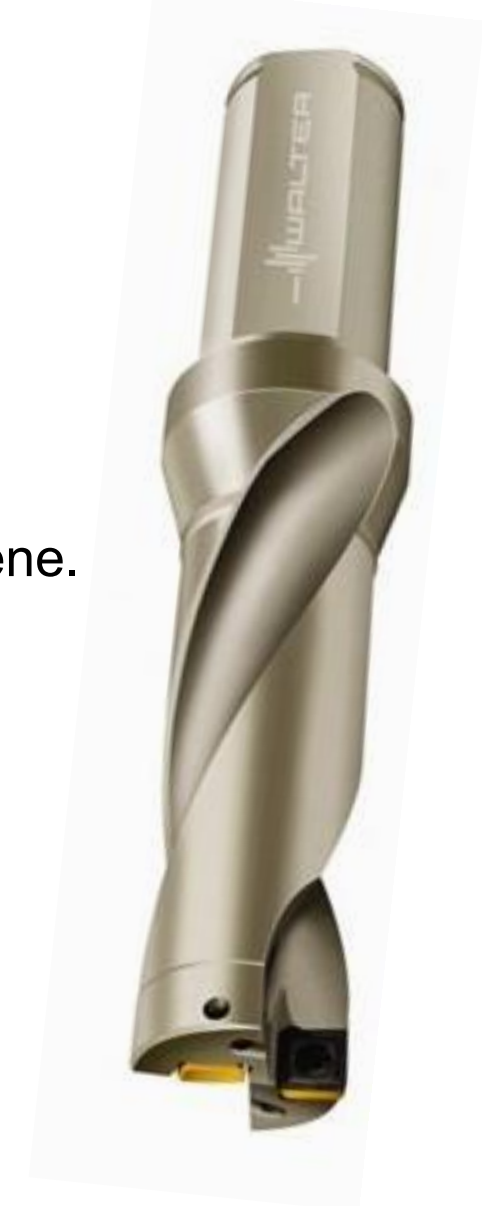
Možná kritéria hodnocení:

- Řezné síly
- Kvalita díry
- Poloha díry
- Životnost nástroje

Určujícími parametry pro tyto faktory jsou velikost úpravy břitu a celková geometrie vrtáku.

Vrtáky s VBD

- Možnost výběru třídy karbidu a geometrie.
- Destičky lze běžně otáčet či měnit přímo na stroji.
- Pouze větší průměry.
- Přednostní užití jako hrubovací nástroj.
- Běžný maximální poměr $L/D = 5/1$.
- Lze užit pro rotační i stacionární aplikace.
- Vysoké hodnoty úběru materiálu vyžadují dostatečný výkon a otáčky vřetene.
- Konstrukce stroje a upnutí musí být co nejtěžší.
- Nutností je dostatečný průtok a tlak chladicí kapaliny.
- Nutnost zakrytování pro zabezpečení ochrany zdraví.



Indexable insert drills

The basic drill



- The most economical way to produce a hole.
- For all workpiece materials.
- Standard, Tailor Made and special drills available.
- A versatile tool that can do more than just drilling.

Cylindrical shank



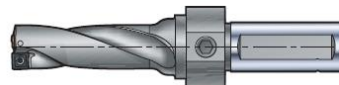
Coromant Capto® coupling



Cylindrical with flat



P-shank



Whistle Notch

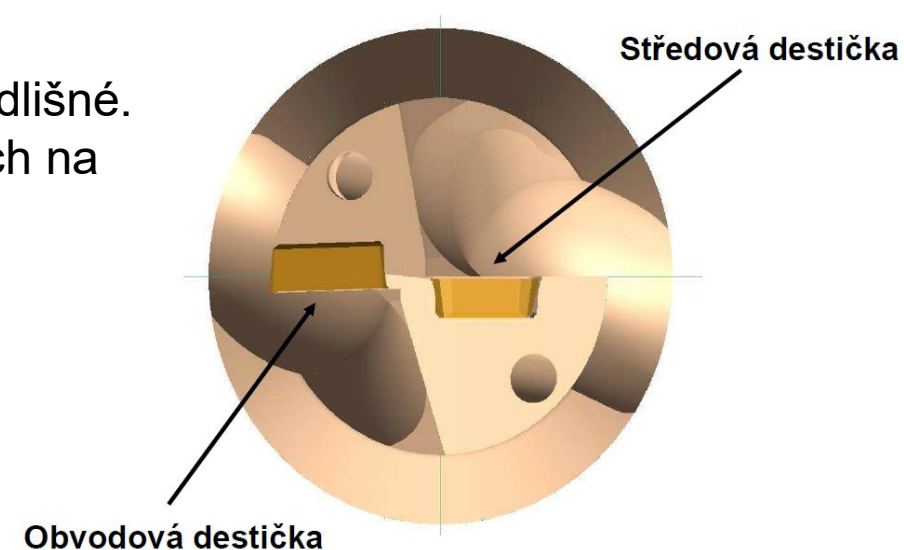


Other modular systems



Vrtáky s VBD

- Nejsou samostředící.
- Řezné podmínky pro středové a obvodové destičky jsou naprosto odlišné. Síly řezání na obvodové destičce jsou zcela odlišné od sil působících na destičku středovou.
- Destičky jsou umístěné asymetricky.
- Obvodová destička odebírá více materiálu.



Obvodové destičky



Příklad geometrie pro materiály tvořící krátké třísky.

Vyšší řezné rychlosti
• otěruvzdorné třídy

Chování materiálu
• různé utvařeče třísek

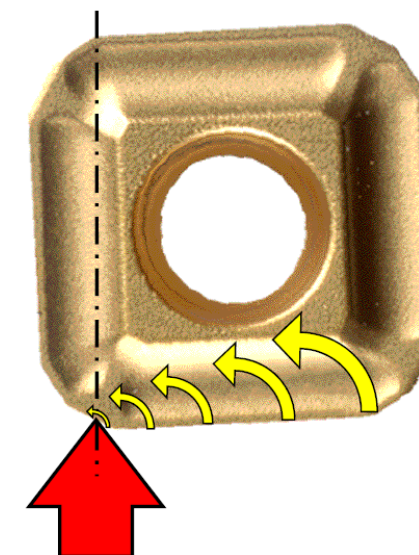


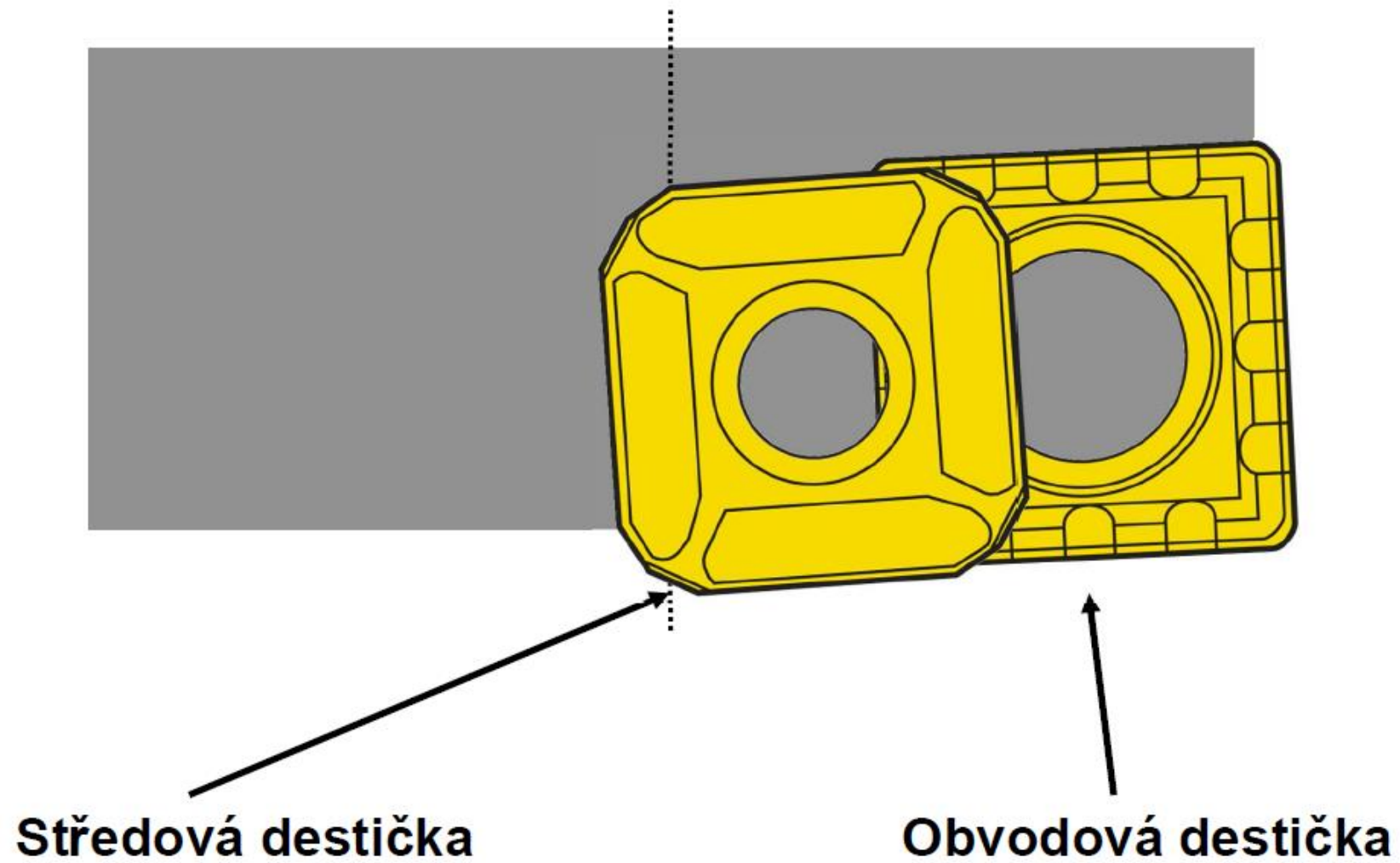
Příklad geometrie pro tažné materiály tvořící dlouhé třísky.

Středové destičky

Nízká až nulová řezná rychlost
• houževnaté třídy

Vysoká posuvová síla
• zvláštní tvar rohů destičky
(unikát Seco)





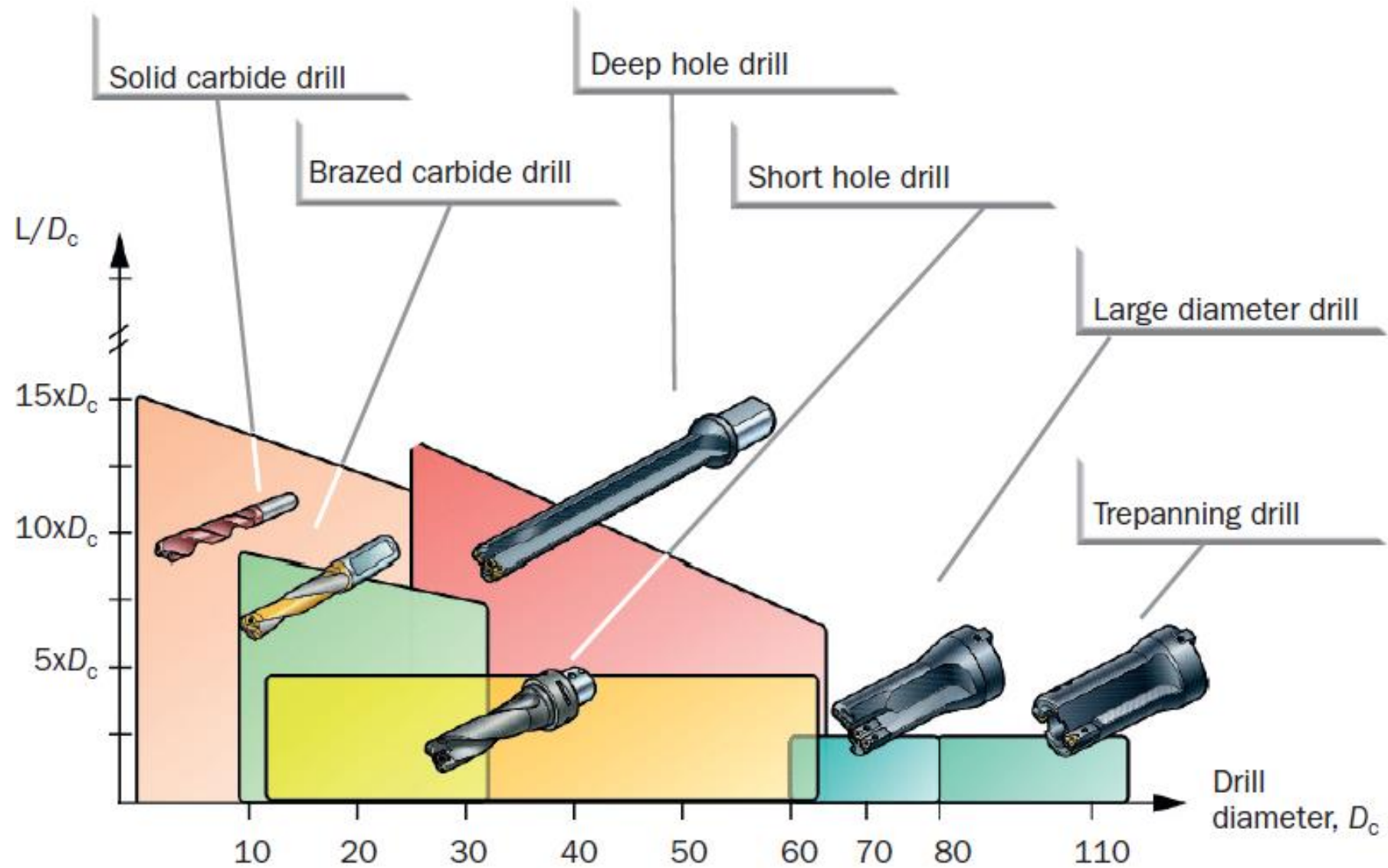
Vrtání s vrtáky s výměnnými vrtacími hlavicemi, tzv. korunkové vrtáky



- Flexibilní systém.
- Tělo vrtáku lze osadit různými korunkami.
- Geometrie optimalizované pro různé materiály.
- Spolehlivý a stálý výkon.
- Bez potřeby přebroušení (nižší náklady na skladování, administrativu a logistiku).
- Nová korunka při každé výměně – snadná manipulace (bez nutnosti seřizování, kratší čas přípravy, spolehlivost jako u nového vrtáku).
- Produktivita.
- Přesnost.

Přesnější díry s nižšími náklady

Výběr nástroje



Krátké nástroje – ISO aplikační skupina materiálů / Short hole drills – ISO material groups

ISO material group

P

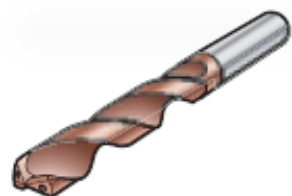
M

K

N

S

H



Solid carbide
drills

● ● ●

● ● ●

● ● ●

● ● ●

● ● ●

● ● ●



Brazed carbide
drills

● ● ●

● ● ●

● ● ●

●

●

●



Indexable
insert drills

● ● ●

● ● ●

● ● ●

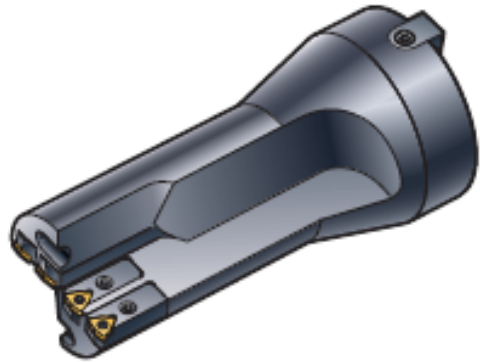
● ● ●

● ● ●

● ● ●

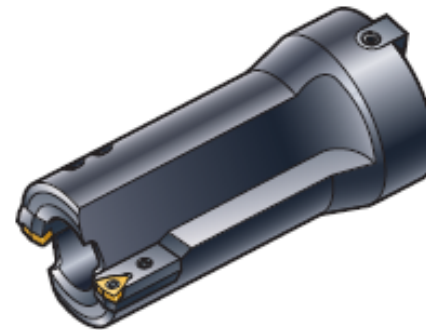
Velké průměry otvorů / Large hole diameters

Large diameter drill

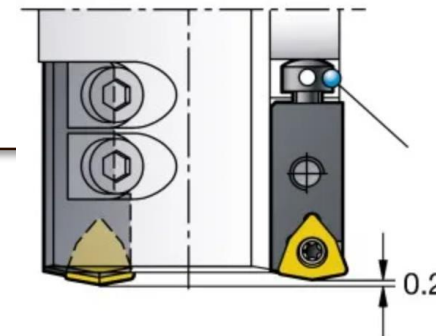


Indexable insert drills are available in diameters up to 80 mm.

Trepanning drill

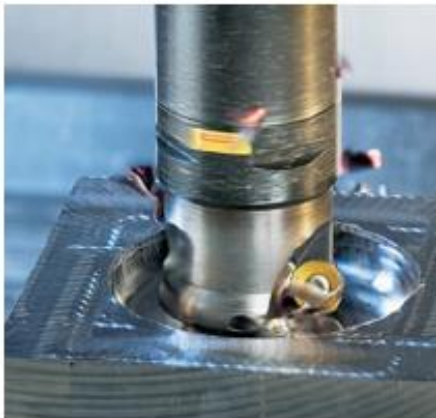


Trepanning is used for larger hole diameters and where machine power is limited, because it is not as power consuming as solid drilling. Trepanning drills are available up to dia 110 mm as standard.

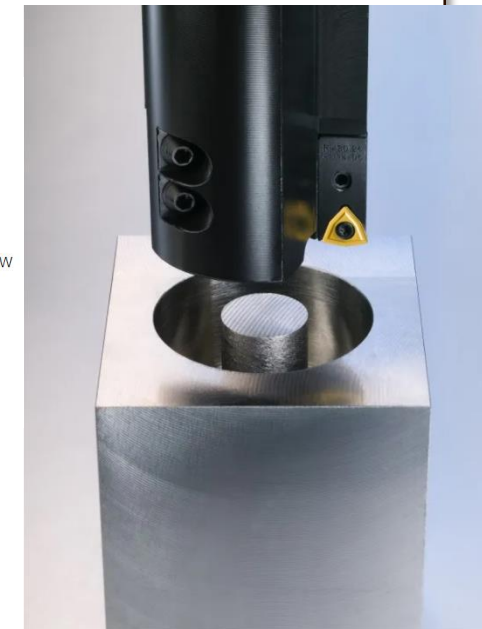


Adjusting screw

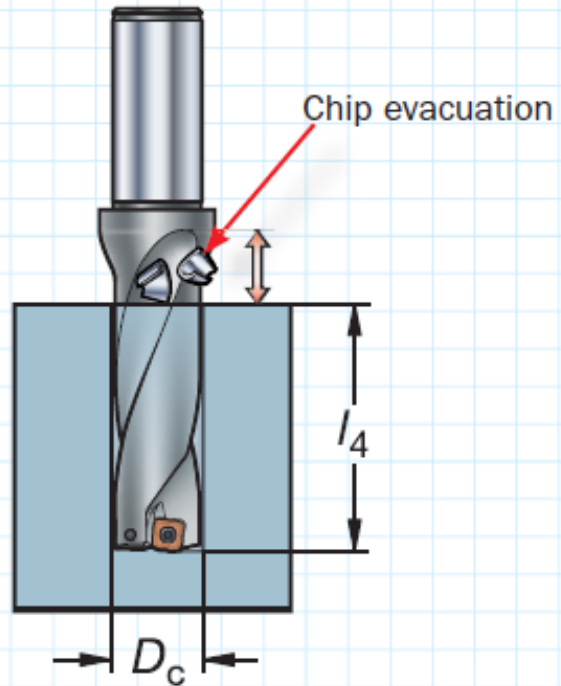
Milling, helical interpolation



A milling cutter with helical or circular interpolation can be used instead of drills or boring tools. The method is less productive but can be an alternative when chip breaking is a problem.



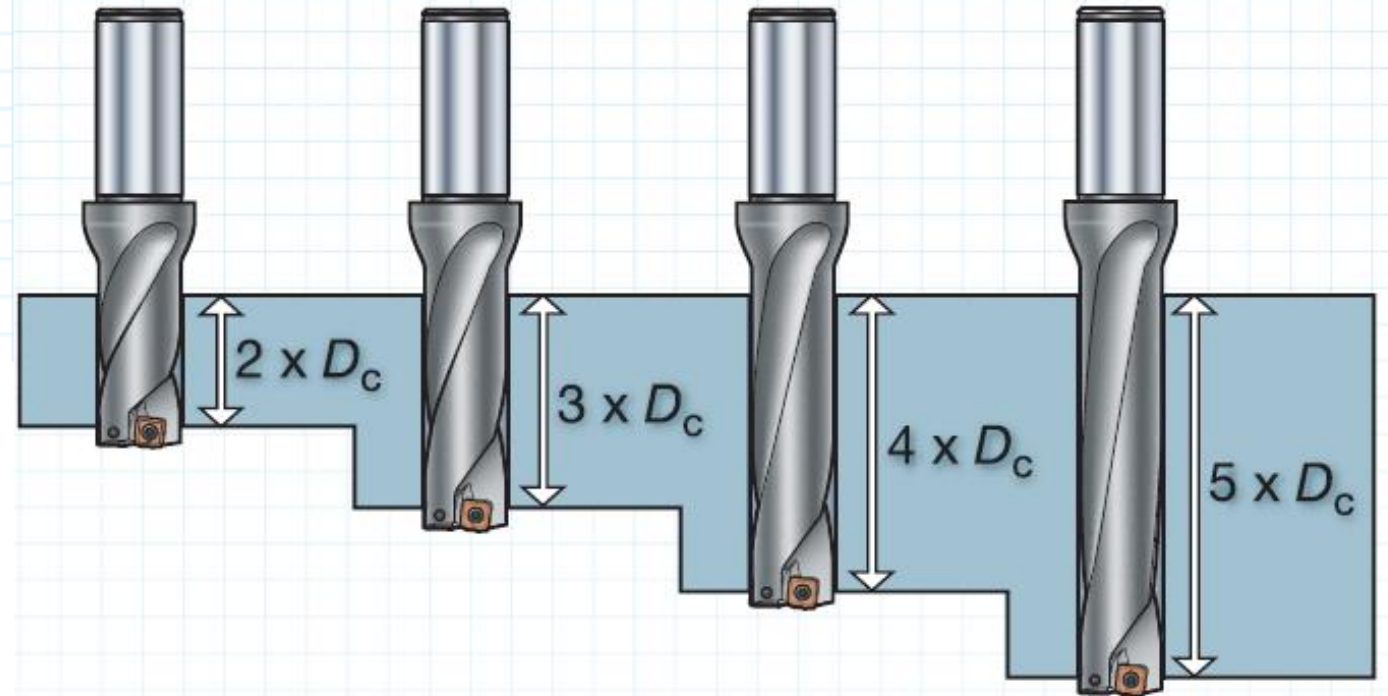
Maximum hole depth



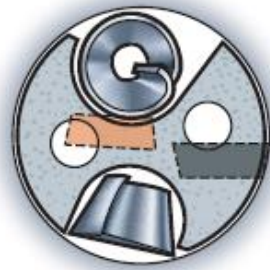
Hole depth (l_4) determines the choice of tool.

Maximum hole depth is a function of hole diameter D_c and hole depth (l_4).

Example: max hole depth $l_4 = 3 \times D_c$.



How to apply



Chip control

- Improved chip evacuation is initially achieved by improving chip formation.
- Long chips may cause chip jamming in the drill flutes.
- Also the surface finish may be affected and insert or tool maybe at risk.
- Rectification involves selecting the correct insert geometry and adjusting cutting data.
- CoroDrill 880 has three insert geometries to suit different materials and cutting conditions.



Excellent

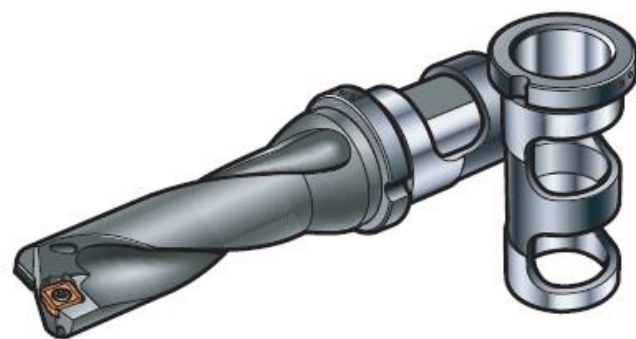
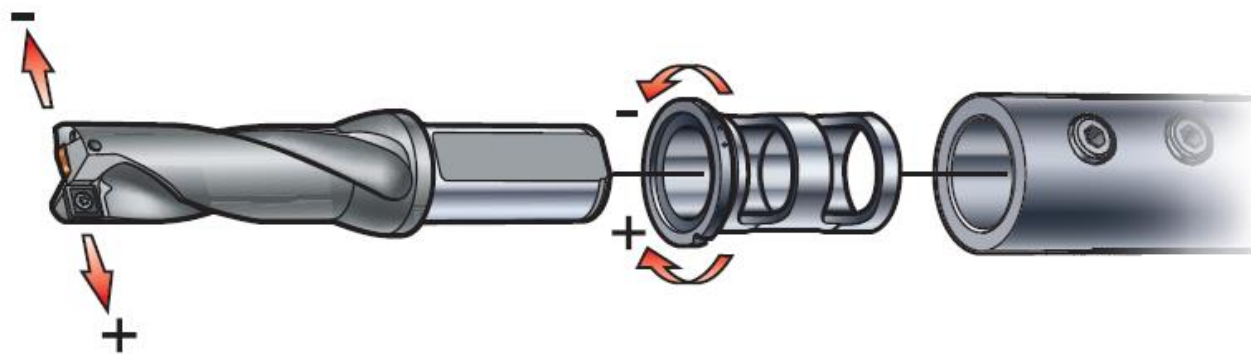


Acceptable



Not acceptable

Nastavitelné pouzdro pro vrtáky se stopkou ISO 9766 / adjustable sleeve for drills with ISO 9766 shanks



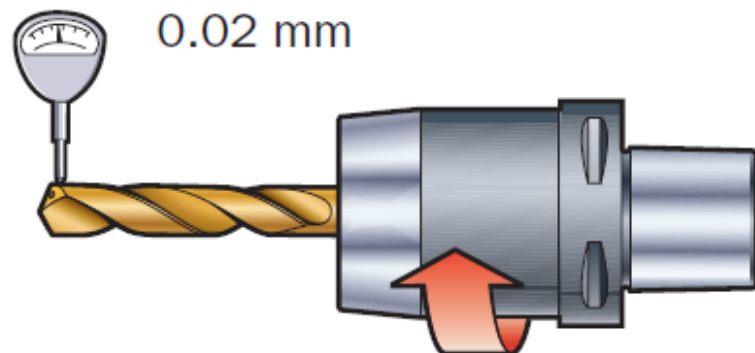
Rotating drill – eccentric sleeve

Drill diameter can be adjusted for closer hole tolerance. The adjustment range is approx. ± 0.3 mm, but adjustment in the negative direction should be made only if the drill produces an oversized hole (not in order to achieve undersized holes).

- One dot increases/decreases the diameter by 0.10 mm.
- Increase the diameter by turning the sleeve clockwise.
- Decrease the diameter by turning the sleeve anticlockwise.
- Use both screws to clamp the drill in the fixture and make sure the bolts in the holder are long enough.

Vyosení pro pájené a monolitní vrtáky z tvrdokovu/Tool run-out for brazed and solid carbide drills

Rotating drill

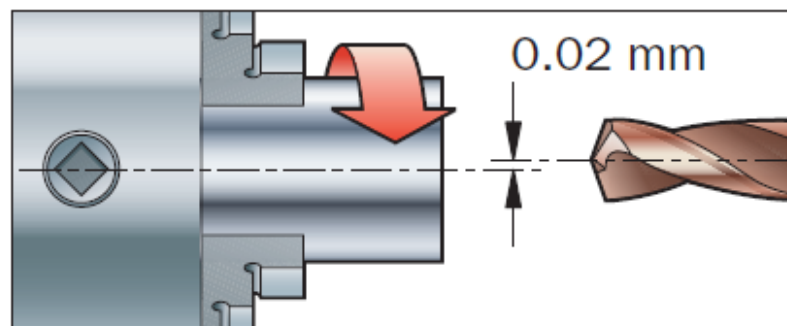


Minimum tool run-out is one of the main criteria for successful use of solid carbide drills.

The run-out should not exceed 0.02 mm in order to achieve:

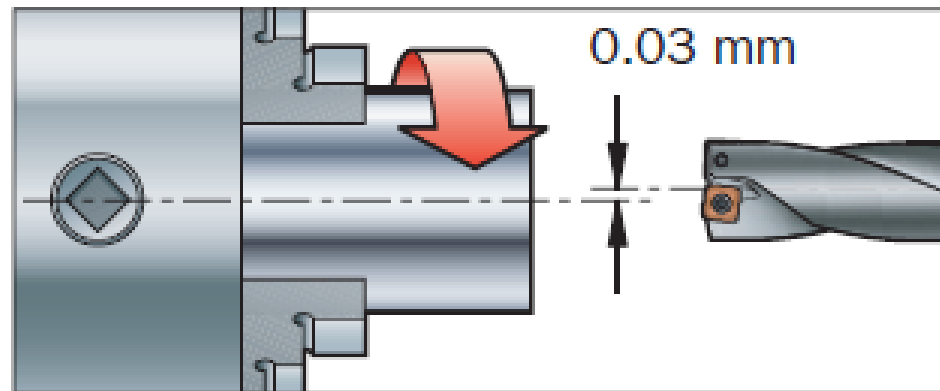
- close hole tolerance
- good surface finish
- long and consistent tool life.

Stationary drill

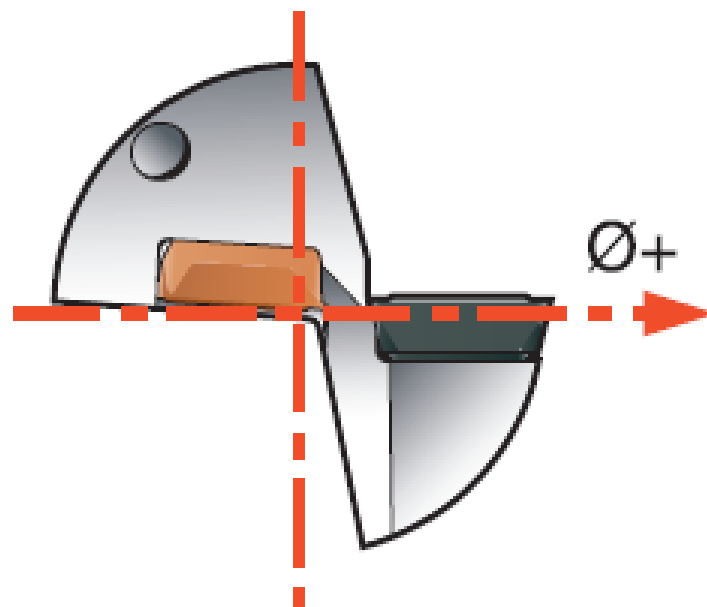


Hodnoty házení je nutno měřit na nástroji upnutém ve vřetenu, nikoli na seřizovacím přístroji!

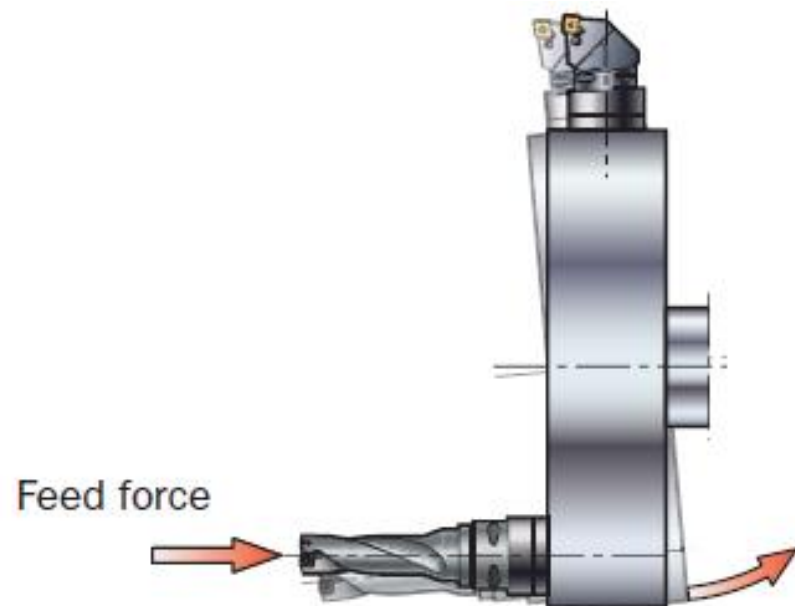
Vyosení pro nerotační nástroje /Alignment - Non-rotating drill



- The total run-out between the centre line of the machine and the workpiece must not exceed 0.03 mm.
- The drill should be mounted so that the top face of the peripheral insert is parallel to the machine's transverse movement (usually X-axis).

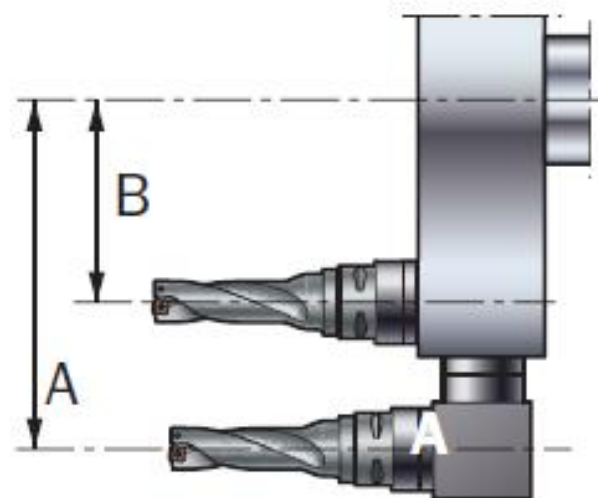


How to apply – Vychýlení revolverové hlavy / Deflection of turret



Problem solving

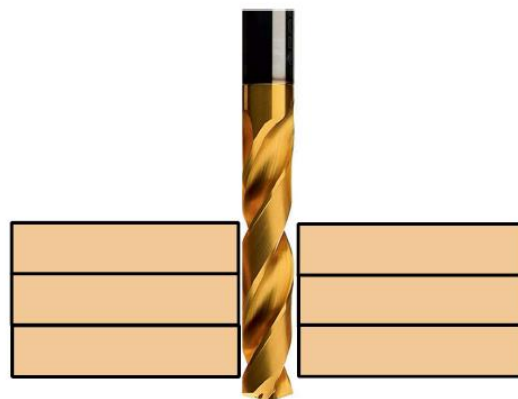
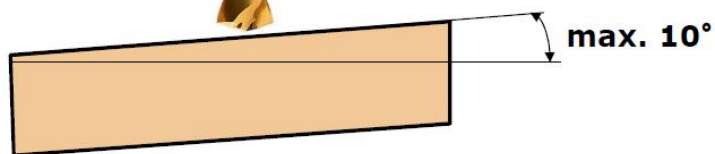
- Deflection of the turret on a CNC-lathe can be caused by the feed force.
- First check if you can minimize torque, by mounting the tool differently. Position B is preferable to position A.



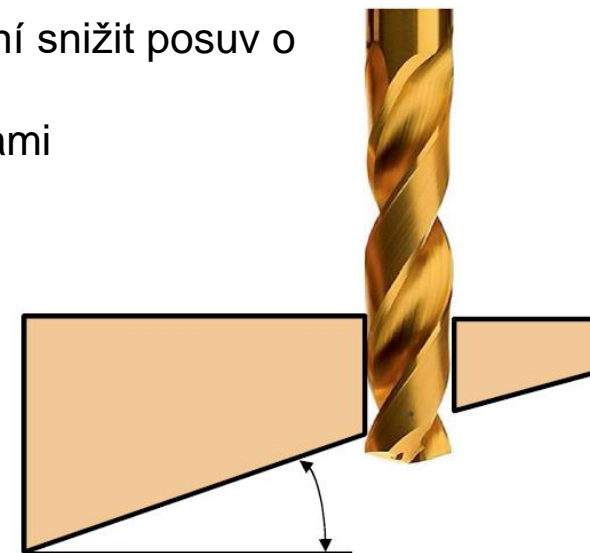
Řešení problémů při vrtání



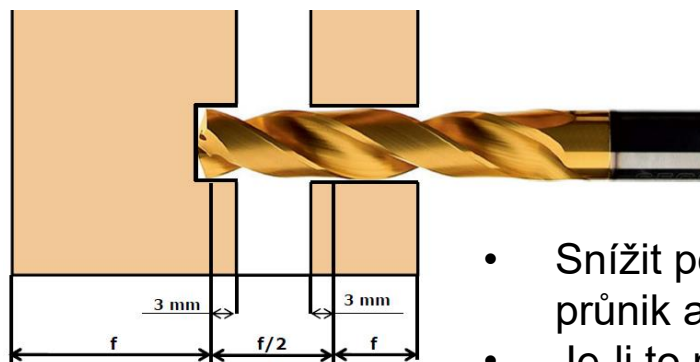
- Připravit plochu frézováním.
- Není-li tento postup možný, snížit posuv o 50%.



- Během výstupní fáze vrtání snížit posuv o 30-50%.
- Použít vrták s více fazetkami

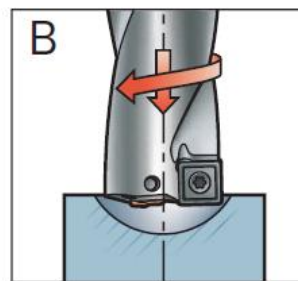
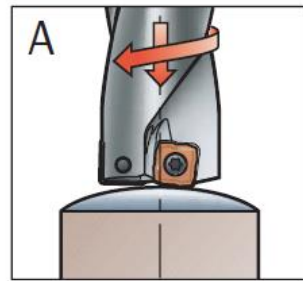


- Stáhnout materiály k sobě co nejtěsněji bez mezer.



- Snížit posuv o 50% již 3 mm před vlastním průnikem a pokračovat s touto hodnotou přes celý průnik až opět po 3 mm za něj.
- Je-li to možné, použít vrták s více fazetkami – lepší vedení nástroje.

How to apply - Entering non-flat surfaces



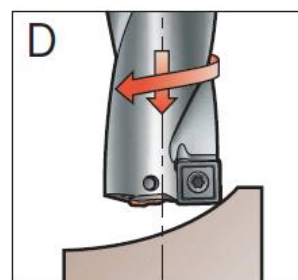
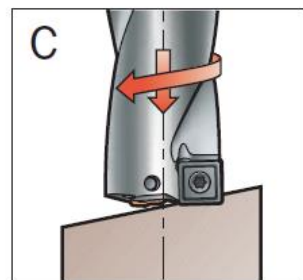
When entering non-flat surfaces there is a risk of drill deflection. To avoid this, the feed can be reduced when entering.

A. Convex surface

- Normally no feed reduction needed.

B. Concave surface

- to 1/3 of original feed rate.



C. Inclined surface

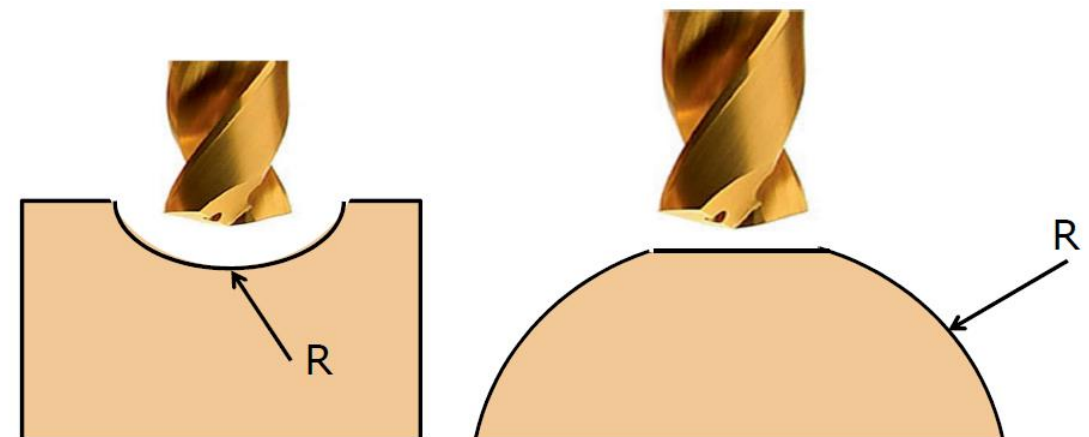
- When entering angle 2–89° reduce feed to 1/3 of original feed rate.

D. Curved surface

- Reduce feed 1/3 of original feed rate.

Doporučení:

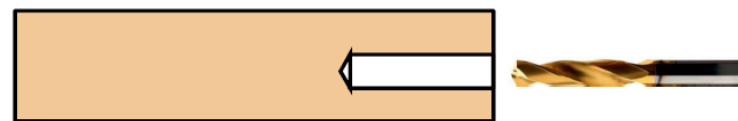
- R by měl být 5x větší, než je průměr vrtáku.
- Pokud vychází tento poměr a vrták má délku $\leq 3xD$, snižte posuv o 30-50% na vstupu pro prvních 3-5 mm.
- Je-li poměr R/ϕ příliš malý, nebo je vrták delší než $3xD$, připravte nejprve vstupní plochu frézováním (pozor – dno otvoru musí být ploché – bez středového výstupku).



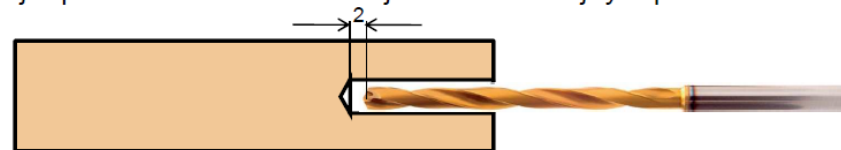
Čím je větší R, nebo čím menší je ϕ vrtáku, tím snazší je vrtání.

Vrtání hlubokých otvorů

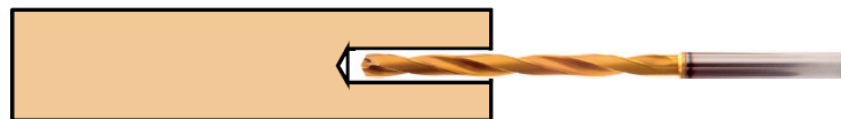
- Vrtání s nástroji delšími než $7xD$.
- Zajistit správné podmínky (tlak kapaliny, upnutí nástroje i obrobku, tuhost soustavy) a vhodnou vrtací strategii.
- U vrtáků $7xD$ až $10xD$ snížit posuv pro zavrtání úvodních 3mm o 30-50%.
- U vrtáků $10xD$ až $15xD$ provést nejprve předvrtání do hloubky $2-3xD$
- pilotním vrtákem se stejným průměrem a vrcholovým úhlem.



1. Vrtejte pilotní díru $2-3xD$. Použijte vrták se stejným průměrem a vrcholovým úhlem.



2. Najedte dlouhým vrtákem do pilotní díry, otáčky $0-500 \text{ } 1/\text{min}$, 2mm nad její dno.



3. Nastavte pracovní otáčky, spusťte chlazení a vrtejte bez přerušení na plnou hloubku.



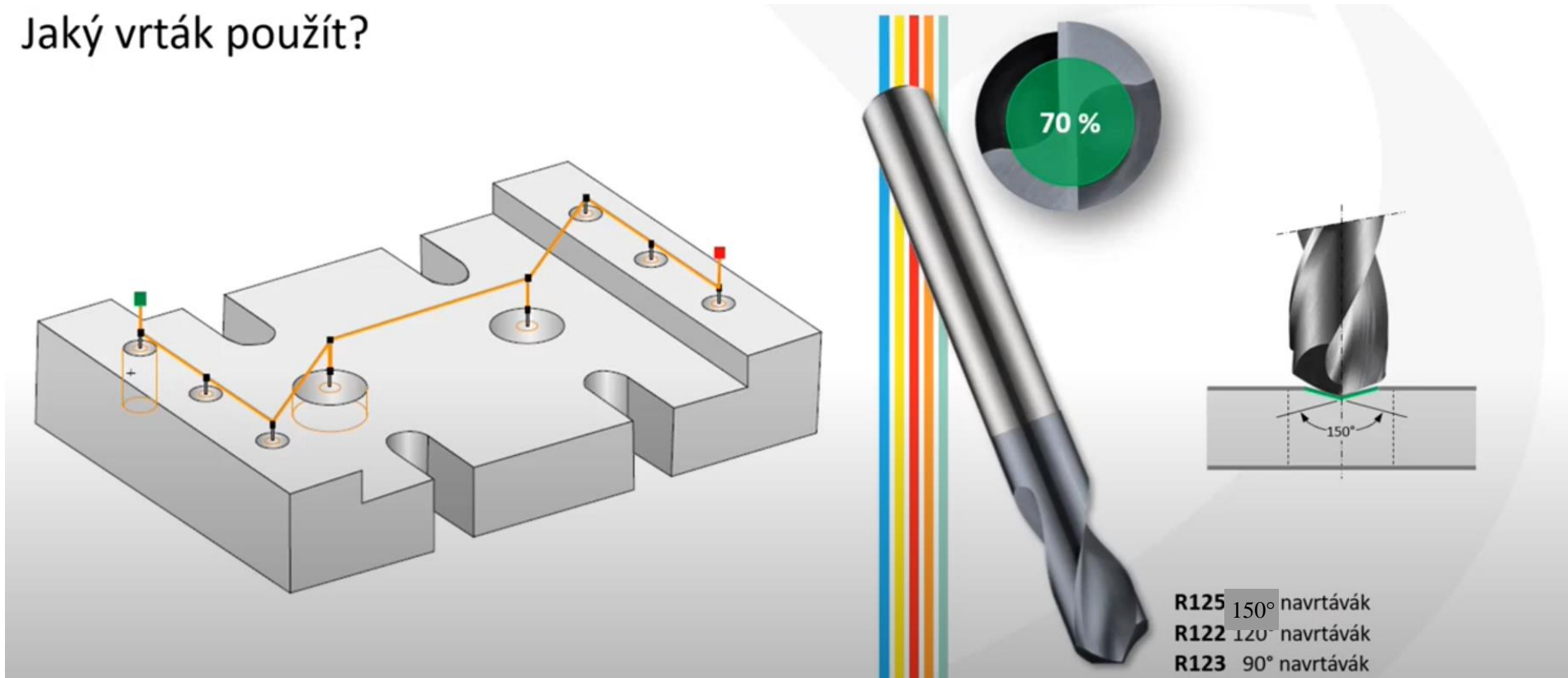
4. Tam po krátké prodlevě snižte otáčky na $500 \text{ } 1/\text{min}$, vypněte chlazení a vysuňte vrták.



Praktické použití firmy Seco

Středění / navrtávání

Jaký vrták použít?



Středění a předvrtávání

- Všechny monolitní SK vrtáky jsou samostředící, proto není třeba připravovat středové dülky.
- Srážení hrany díry se provádí až po jejím vyvrtání.
- Pokud již středový důlek existuje, je třeba snížit posuv na 50%, dokud se vrták nedostane do plného materiálu.



Použití procesní kapaliny

Pro dobrou funkci šroubových vrtáků, zejména dlouhých provedení, je nezbytný vyšší tlak chladiva.

- do délky 5xD 10 bar
- do délky 12xD 30 bar
- nad délku 12xD 40 bar

U vrtáků větších průměrů, např. s VBD je důležitější hodnota průtoku.

- průtok = \varnothing vrtáku x 1 l/min
- Důležitá filtrace: 30-50 μm
- Doporučená koncentrace oleje v emulzi:
 - Ocel: 6-8%
 - Těžkoobrobitelné materiály, např. superslitiny: 10%



How to apply - Coolant supply

Internal coolant supply

- Always to be preferred especially in long-chipping materials and when drilling deeper holes ($4-5 \times D_c$).

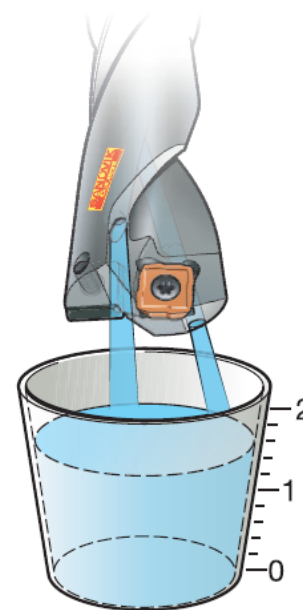
External coolant supply

- Can be used when chip formation is good and when the hole depth is shallow.

Compressed air, minimal lubrication or dry drilling

- Can be successful in favorable conditions, but is generally not recommended.

The cutting fluid



Soluble oil (emulsion)

- 5 to 12% oil (10-25% for stainless steels).
- EP (extreme pressure) additives.

Neat oil

- always with EP additives.
- to be preferred for stainless steels.
- both solid carbide and indexable insert drills work well with neat oil.

Mist cutting fluid or minimal lubrication

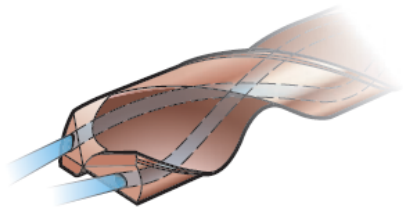
- can be used with good performance especially at high cutting speeds.

Dry drilling, without any coolant

- can be performed in short-chipping materials.
- hole depths up to 3 times the diameter.
- preferably in horizontal applications.
- tool life will be influenced negatively.

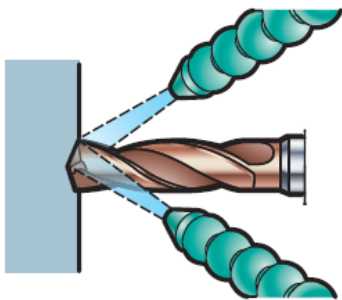


How to apply – Coolant supply, Internal or external



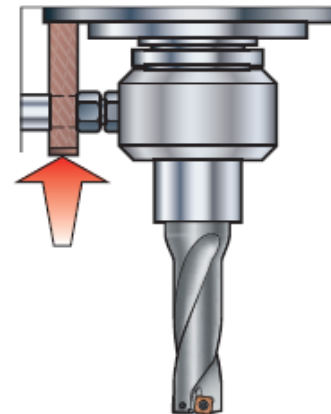
Internal coolant supply

- Is always to be preferred to avoid chip jamming.
- Should always be used at hole depths above 3 times the diameter.
- A horizontal drill should have a flow of coolant coming out of the drill without any downward drop for at least 30 cm.



External coolant supply

- Can be acceptable in short-chipping materials.
- To improve chip evacuation at least one coolant nozzle (two if drill is stationary) should be directed close to the tool axis.
- Can sometimes help to avoid built-up edge formation due to a higher edge temperature.

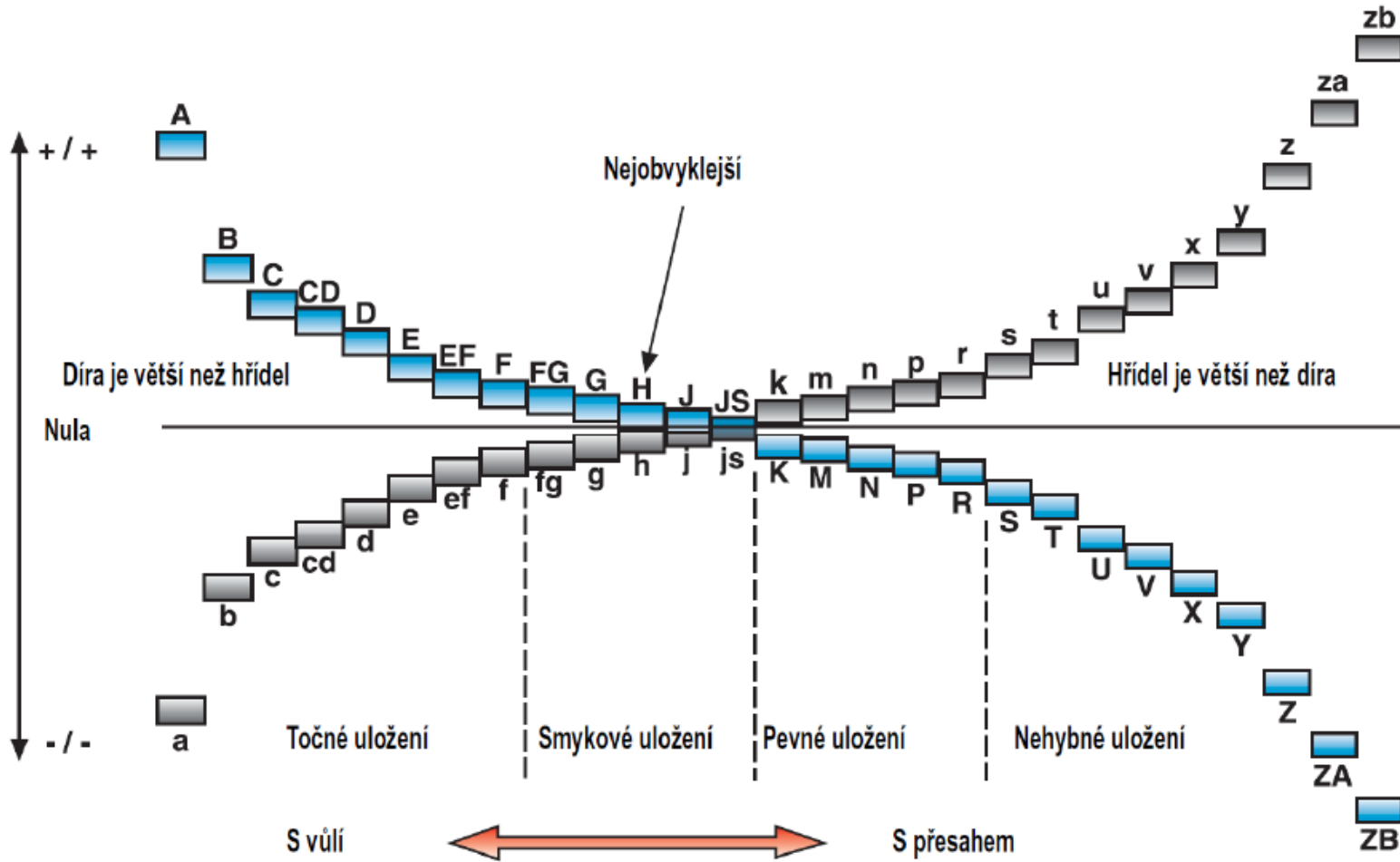


Rotating stop is an important measure

- A rotation stop may be necessary for rotating drills.
- If the coolant contains chip particles, the slit seatings may seize and as a result the housing will rotate.
- If the rotating connector has not been used for a long time, check that the holder rotates in the housing before the machine spindle is started.

Kvalita otvorů - Hole tolerance according to ISO

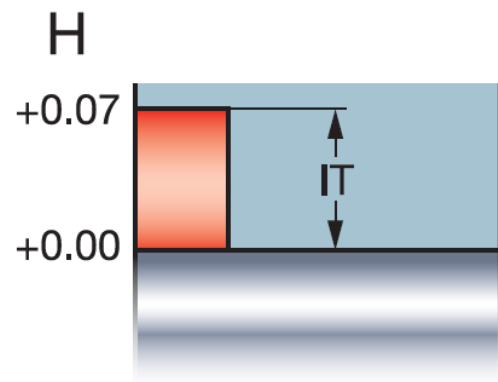
Tolerance	Diameter range (mm)							Examples
	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	
IT6	0.008	0.009	0.011	0.013	0.016	0.019	0.022	Bearings
IT7	0.012	0.015	0.018	0.021	0.025	0.030	0.035	
IT8	0.018	0.022	0.027	0.033	0.039	0.046	0.054	
IT9	0.030	0.036	0.043	0.052	0.062	0.074	0.087	1) Holes for threading
IT10	0.048	0.058	0.070	0.084	0.100	0.120	0.140	
IT11	0.075	0.090	0.110	0.130	0.160	0.190	0.220	Normal tap holes
IT12	0.120	0.150	0.180	0.210	0.250	0.300	0.350	
IT13	0.180	0.220	0.270	0.330	0.390	0.460	0.540	



The hole tolerance is often connected to the tolerance of an axle, that should fit the hole.

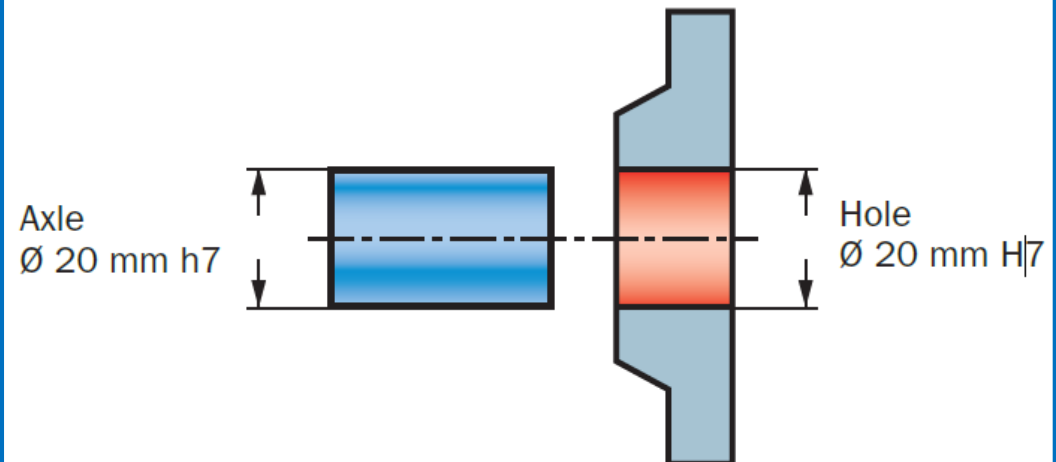
Example

- The lower the IT-number, the closer the tolerance.
- The tolerance for one IT-class grows with larger diameters.



Example:	$\varnothing 15.00 \text{ mm H}10$
Nominal value:	15.00 mm
Tolerance width:	0.07 mm (IT 10 acc. to ISO)
Position:	0 to plus (H acc. to ISO)

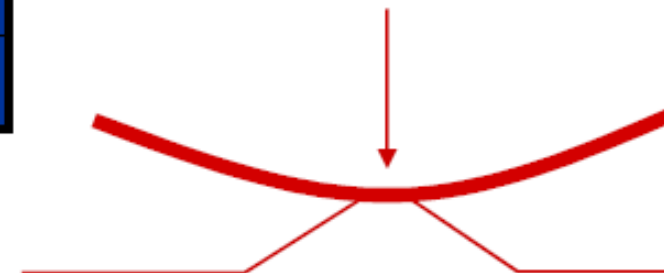
Hole tolerances according to ISO



Drsnost povrchu vzhledem k toleranci












Ø	stupeň přesnosti IT						
	4	5	6	7	8	9	10
3	$R_a=0,4$						
6							
10		$R_a=0,8$					
18			$R_a=1,6$				
30				$R_a=3,2$			
50					$R_a=6,3$		
80							
120							

Průměr je měřen na vrcholech výstupků (R_a)

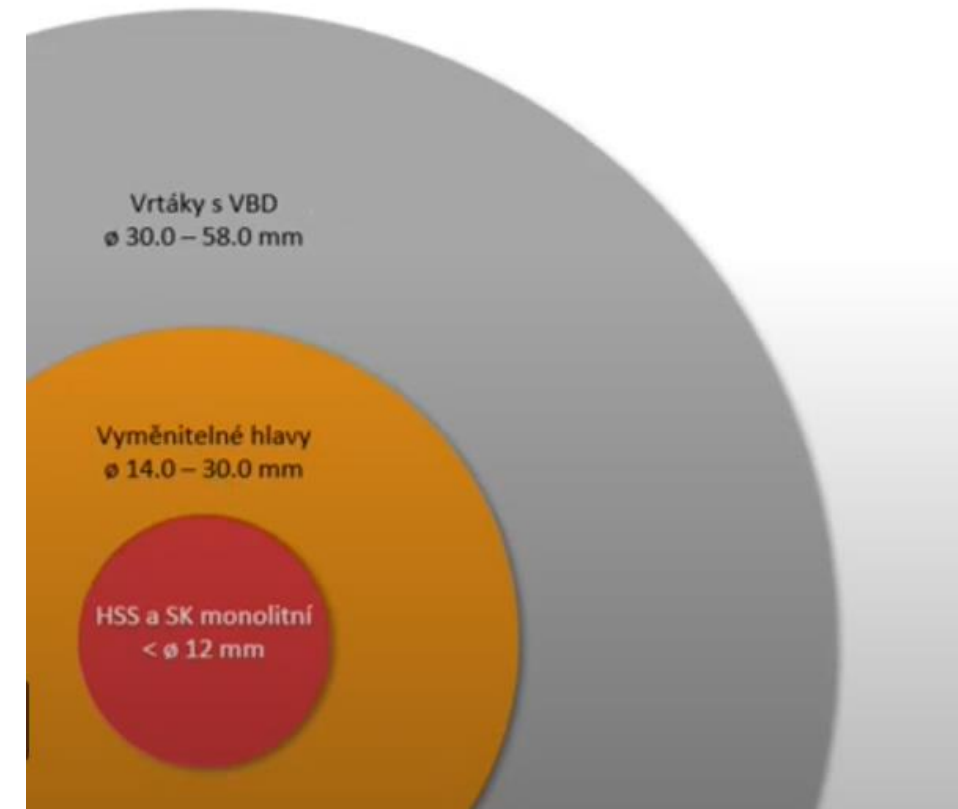
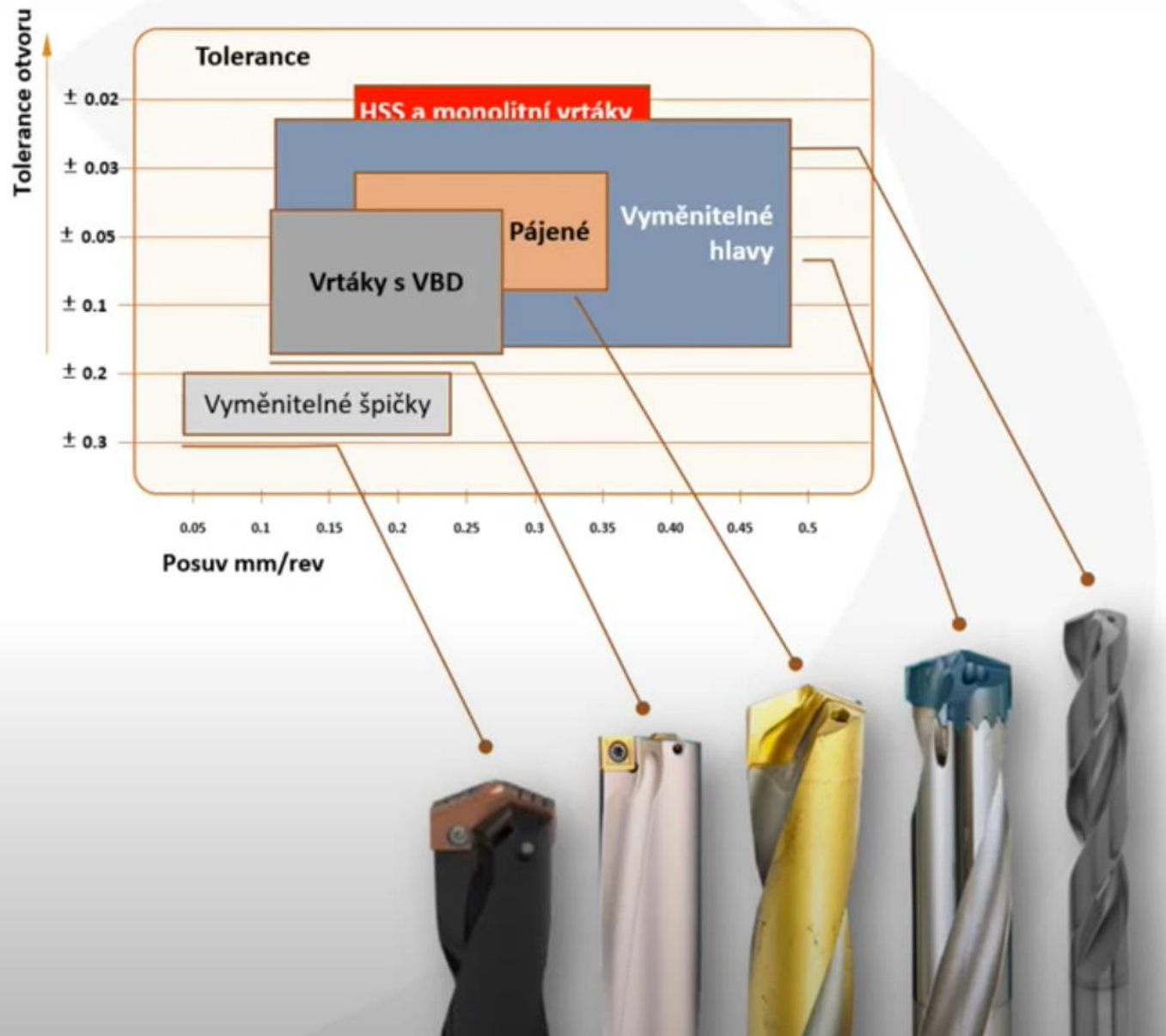


Drsnost povrchu je často vztažena k rozměrové toleranci.

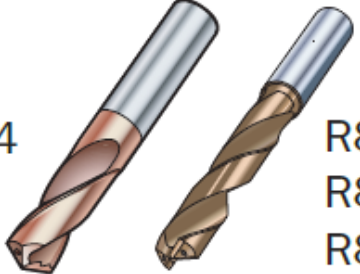


Výběr nástroje

	Vrtání			Vyvrtávání		Vystružování		
	Seco Feedmax™	Crownloc® Crownloc®Plus	Perfomax®	A750 Hrubovací vyvrtávání	A760 A780 A790 A780..L Dokončovací	Precimaster™ Nanofix™	Bifix®/ Precifix™	Xfix™
								
IT	7-9	9-10	12	9-10	5-6	6-8	6-7	6-7
	0,02	0,05	-	0,005	0,005	Závisí na pův. otvoru	Závisí na pův. otvoru	Závisí na pův. otvoru
	0,02	0,05	-	0,02	0,01	0,007	0,005	0,005
	1,0	1,6	2,0	1,0	0,6	0,6	0,25	0,6

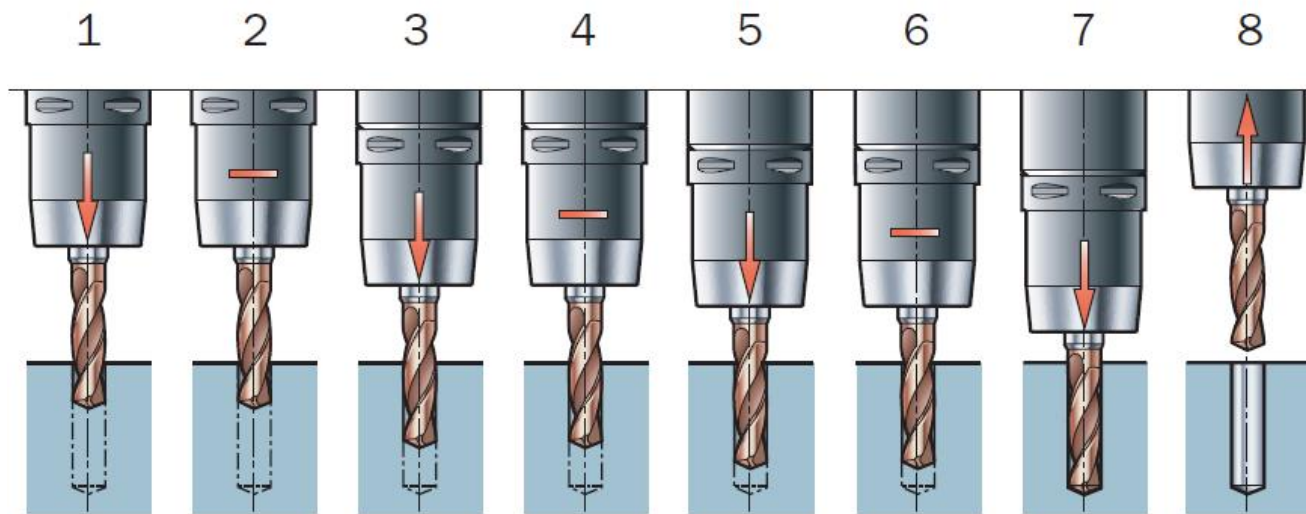
Tolerance zhotoveného otvoru danými nástroji



Obtainable hole tolerance with different tools

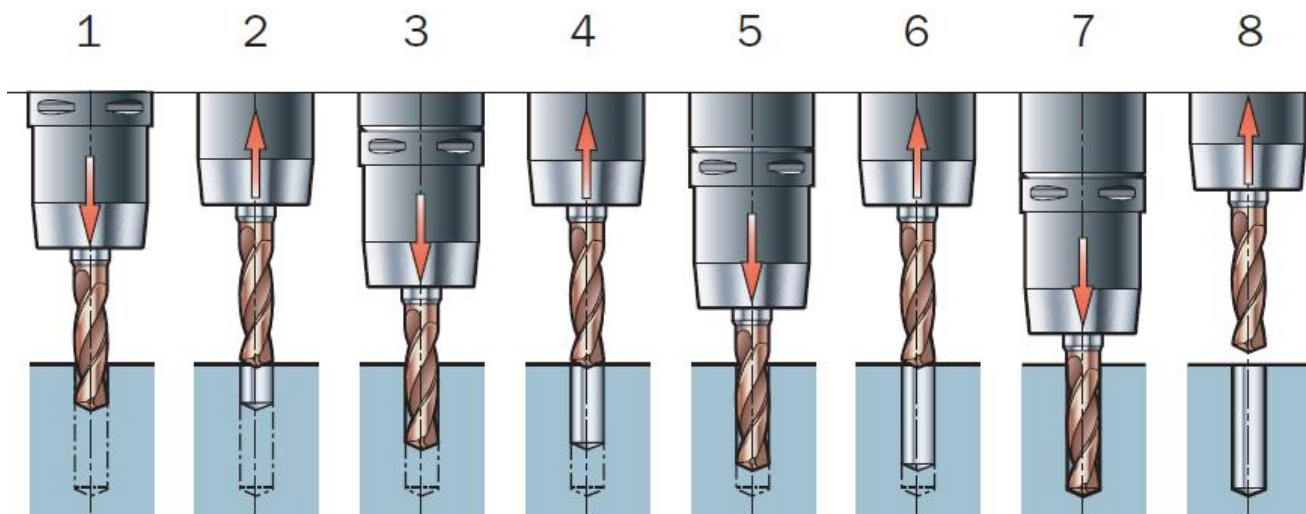
	Solid carbide drills	Braced carbide drill	Indexable insert drill
Tolerance	 <p>R844 R840 R842 R850</p>		
IT6	Orange bar		
IT7	Orange bar	Orange bar	
IT8		Orange bar	
IT9			With pre-setting
IT10			Orange bar
IT11			
IT12			
IT13			Orange bar

Methods - Peck drilling – solid carbide / brazed drills



- Method 1 for best productivity

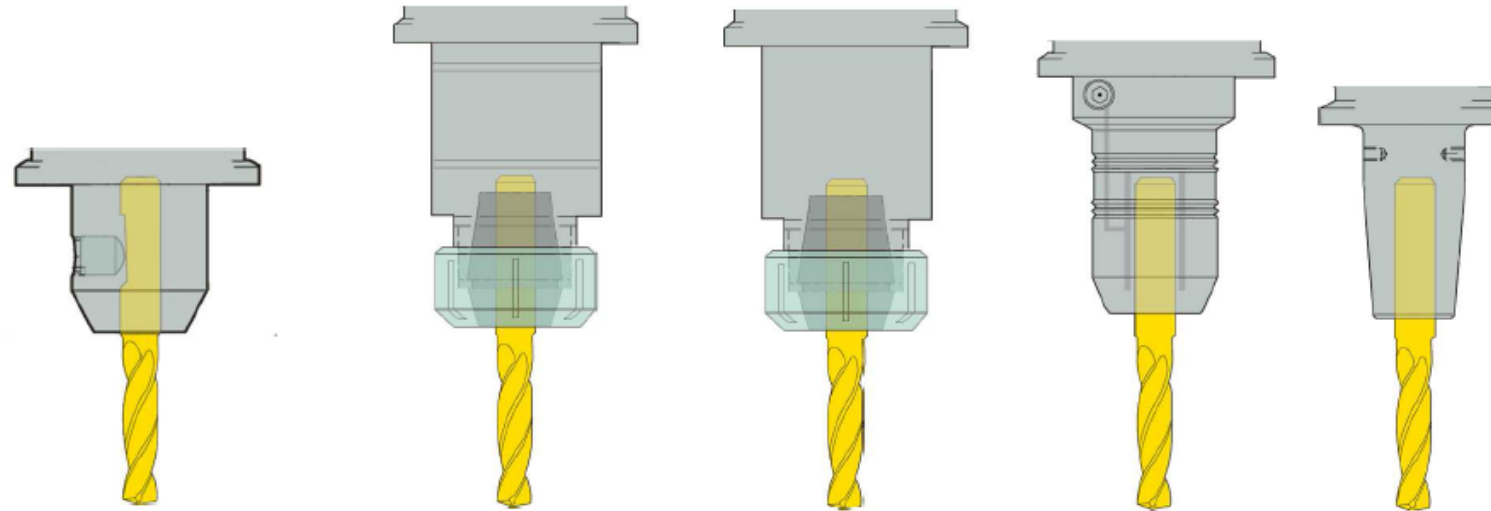
Do not retract the drill more than approx. 0.3 mm from the hole bottom. Alternatively, make a periodical stop, while the drill is still rotating, before continuing to drill.



- Method 2 for best chip evacuation

After each drilling cycle, retract the drill out from the hole to ensure that no chips are stuck onto the drill.

Upínáče



Weldon
Whistle Notch

Kleštinový
upínač

Přesný kl.
upínač

Hydraulický
upínač

Tepelný
upínač

Monolitní	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Korunkové	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Destičkové vrtáky	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

Přebroušování a přepovlakování

- Hlavní snahou je docílení „kopie“ nového vrtáku
- Důležité je odkrýt „čerstvý“ karbid (zkrácení délky/přebroušení o ~1 mm dosáhne do původní struktury)

Návod pro přebroušení

- Geometrie vrtáku
 - Úhel čelního podbroušení
 - Ztenčení příčného ostří
 - Úprava břítu
- Doporučené brusné kotouče
 - Tvar kotouče a velikost zrn brusiva
- Speciální úpravy
 - Předběžné a následné zpracování
- Povlakování

Seco Feedmax™ – Návod na přestření SECO

Návod na přestření SD203, SD203A, SD205A a SD207A

1. Kuželový hřbet

Výška hlavního břítu (axiální házení) musí být do 0,02 mm

2. Ztenčení příčného ostří

Průměr vrtáku D _c	L (mm)
2-10	0,1-0,3
10-20	0,2-0,4

3. Broušení plochy X

X = 0,08 x průměr vrtáku D_c

4. Úprava řezné hrany

Materiál obrobku	b ₀ (mm)	
	Průměr vrtáku ≤ 10	Průměr vrtáku > 10
Ocel	0,05	0,10
Nerezové oceli	0,05	0,05
Litina	0,05	0,10

Maximální dovozené opotřebení před přebroušením je 0,1-0,3 mm, měřeno v nejširším bodě.

Specifikace
Navržená specifikace diamantových brusných kotoučů:

Kuželový hřbet: Tvar kotouče 12A2 Velikost brusných zrn D54 (obr.1)
Příčná ostří: Tvar kotouče 1A1 nebo 1V1 Velikost brusných zrn D64-D46 (obr. 2-3)
Sražená rohu: Tvar kotouče 1A1 nebo 12A2 (obr.1)
Úprava hrany: broušení nebo leštění K-plochy

Důležité:

- Břítu musí být jednotné a upravená hrana (fazetka) musí mít stejnou velikost.
- Úprava hrany (fazetka) musí být aplikována na celou délku břítu.

3. Vyvrtávání

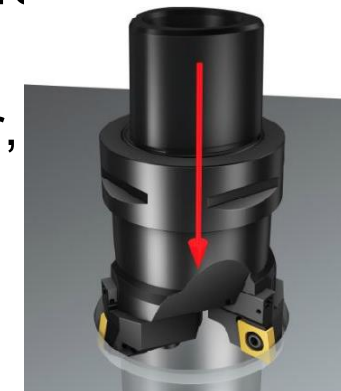
Vyvrtávání je úprava připraveného otvoru do finální podoby.

- Připravený otvor (průchozí, slepý nebo přerušovaný) může mít proměnlivé rozměry, tvar nebo polohu.
- Vyvrtávání zvětšuje průměr otvoru na konečný rozměr.
- Vyvrtáváním lze dosáhnout požadované geometrie (přímosti, válcovitosti, kruhovitosti, ...), polohy, souososti a drsnosti povrchu.



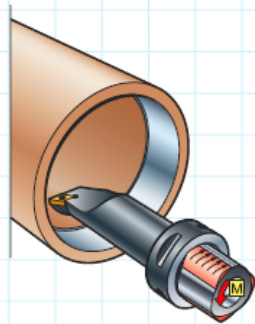
3 základní typy:

- Hrubovací vyvrtávání = vysoký úběr třísek.
- Polodokončovací vyvrtávání = příprava lepších podmínek pro jemné vyvrtávání
- Jemné vyvrtávání = velmi přesné dokončení otvoru (průměr, geometrie, poloha, drsnost povrchu).



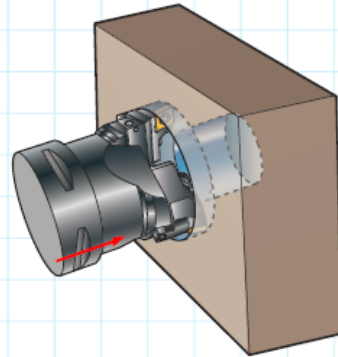
3. Boring

Boring with a stationary tool



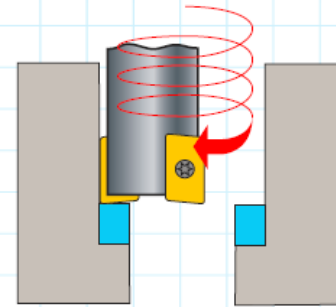
- To be used only for symmetrical components in a turning lathe.
- Profiling can be carried out with standard boring bars.
- Very flexible tool solutions with interchangeable cutting heads.

Boring with a rotating tool








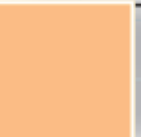
- For unsymmetrical components machined in a machining centre.
- Flexible tool solutions with adjustable diameters.
- Very productive in roughing operations.
- High quality hole tolerance and surface (for finishing).

Milling, helical interpolation

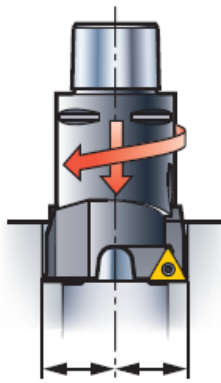


- Very flexible solution where one milling cutter can be used for different diameters.
- Saves space in the tool magazine.
- Good solution when chip breaking is a problem.
- High quality demands of the machine (for finishing).

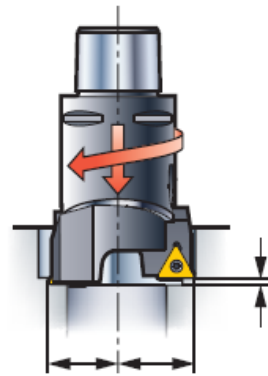
Hole tolerance of boring and reaming tools

	Rough boring tool with multiple edges 	Single-edge fine boring tool 	Multi-edge reamer for high feed finishing 
IT6			
IT7			
IT8			
IT9			

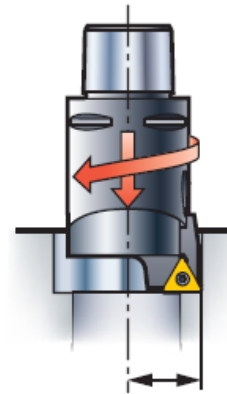
Roughing



Multi-edge boring

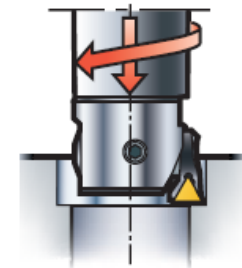


Step boring

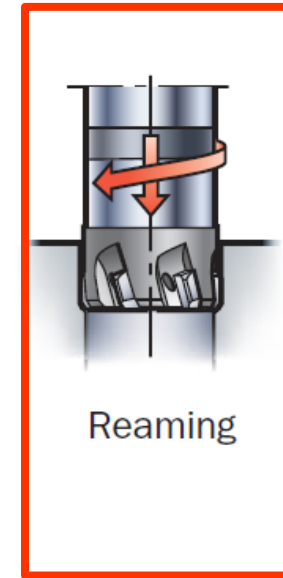


Single-edge boring

Finishing



Single-edge boring



Reaming

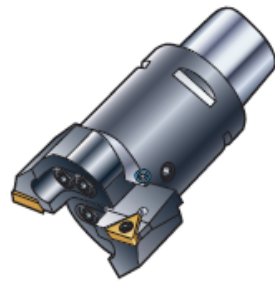
Rough boring tools

Rough boring tool with three inserts



First choice recommendation for medium and high power machines is a rough boring tool with three cutting edges for optimized productivity.

Rough boring tool with two inserts



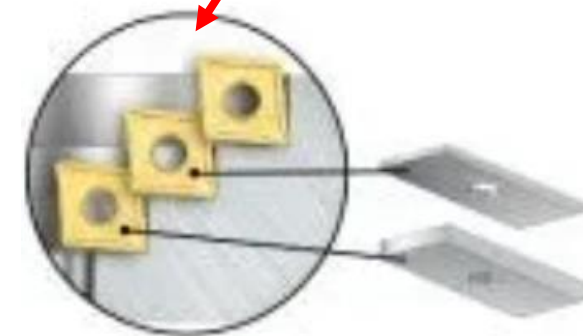
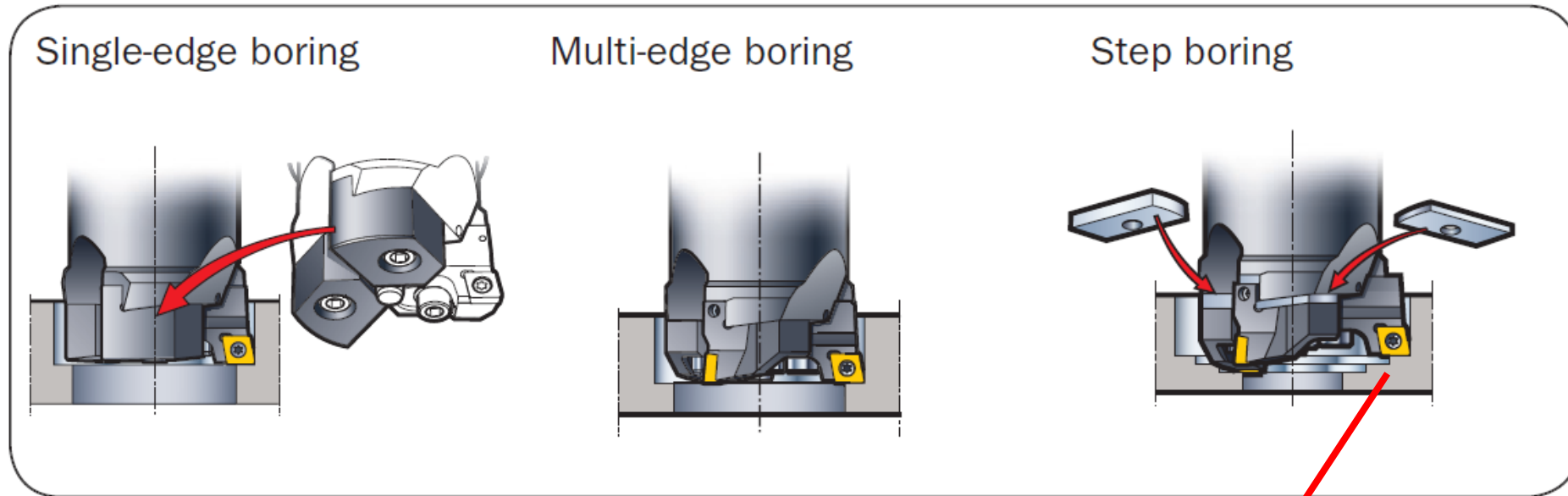
A rough boring tool with two cutting edges is first choice for low to medium power machines, unstable operations or large diameters.

Dampened rough boring tool for long overhangs



Choose dampened rough boring tools for overhangs longer than 4 times the coupling diameter.

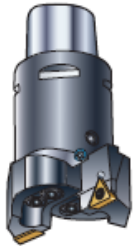
All rough boring tools can be set-up in three different ways





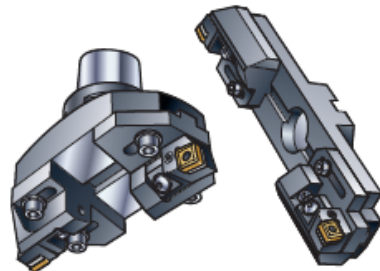
Rough boring tool with three inserts

Diameter range 35 - 306 mm



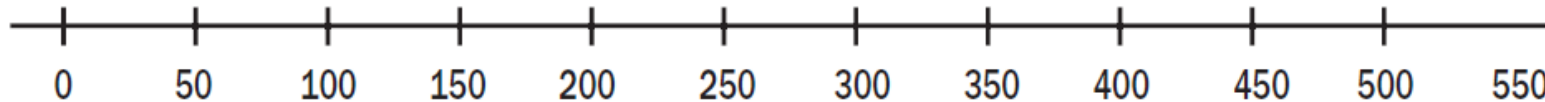
Rough boring tool with two inserts

Diameter range 25 - 270 mm



Heavy duty rough boring tool with two inserts

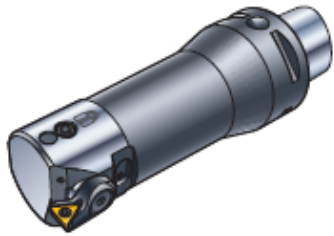
Diameter range 150 - 550 mm



Diameter, mm

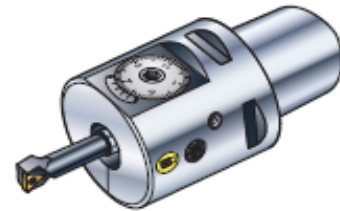
Fine boring tools

Single-edge fine boring tool



A single-edge fine boring tool is the first choice for fine boring operations.

Fine boring head with fine boring bars



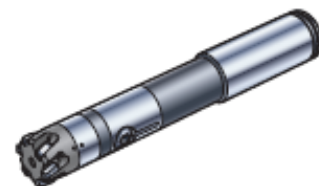
For small diameters a fine boring head with fine boring bars is required.

Silent tools for long overhangs



Silent tools (dampened) are the first choice for overhangs longer than 4 times the coupling diameter.

Multi-edge reamer

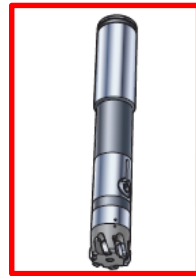


Multi-edge reamers are suitable for high feeds in mass production.

Hlavy pro jemné vyvrtávání



Literatura Prezentace Seco Tools AB. 2012, s.142/146.



Multi-edge reamer

Diameter range 10 - 31.75 mm



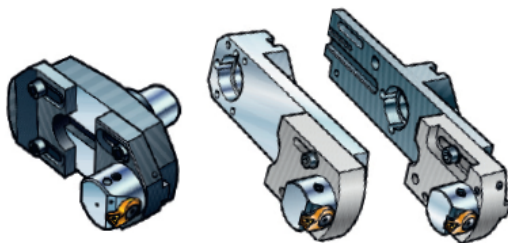
Fine boring head

Diameter range 3 - 42 mm



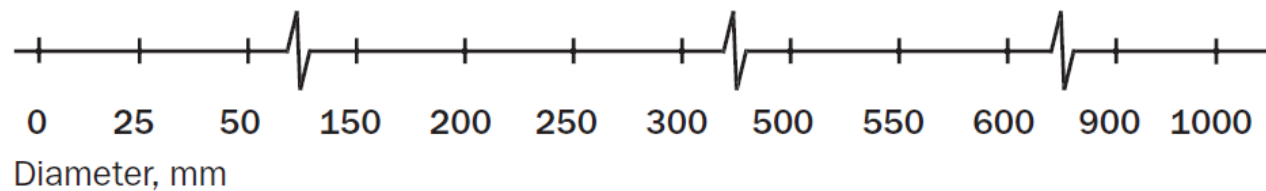
Single-edge boring tool with integrated adaptor

Diameter range 23 - 176.6 mm



Single-edge boring tool with modular adaptor

Diameter range 150 - 981.6 mm



Volba nastavení břitových destiček

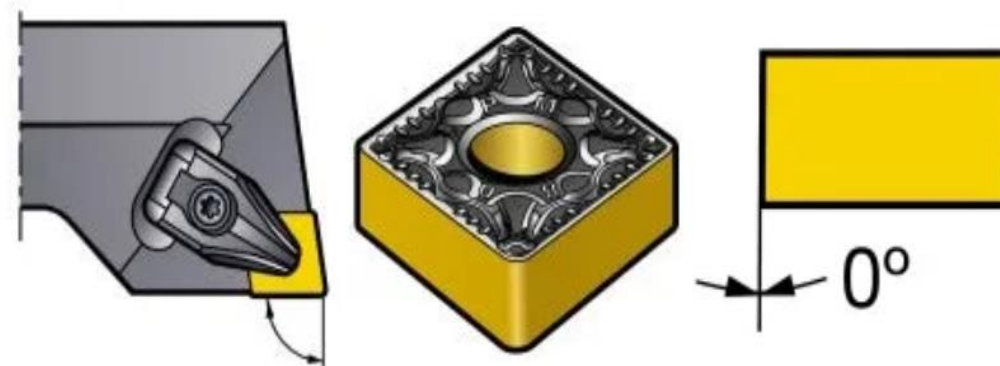
Pozitivní geometrie VBD

- vznikají menší síly řezání v porovnání s negativní geometrií.
- Nízké síly řezání způsobuje také malý úhel špičky ϵ_r a malý poloměr špičky r_ϵ .



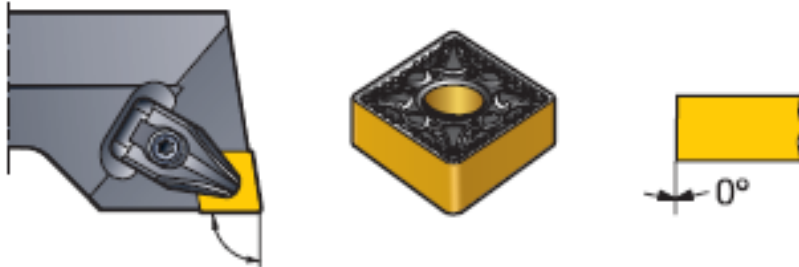
Negativní geometrie VBD

- Volí se za stabilních podmínek.
- Umožňují dosažení vyšší hospodárnosti (nižší náklady na řeznou hranu).
- Používají se pro náročné aplikace vyžadující vysokou pevnost břitových destiček a vyšší provozní bezpečnost.



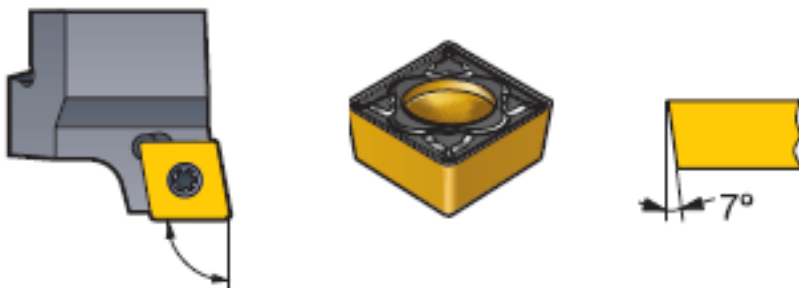
Slides for rough boring tools

Slides with negative inserts



- For stable conditions, choose negative shape inserts for better insert economy.
- Use negative inserts in tough applications that require strong inserts and improved process security.

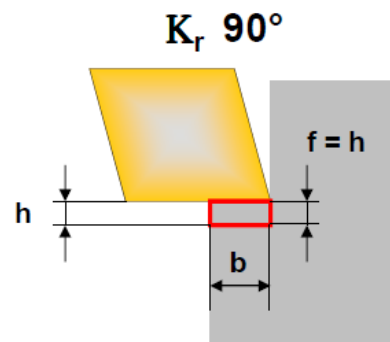
Slides with positive inserts



- In rough boring, it is an advantage to use positive basic-shape inserts as they give lower cutting forces compared to negative inserts.
- A small nose angle and small nose radius also contribute to keeping the cutting forces down.

Úhel nastavení hlavního ostří

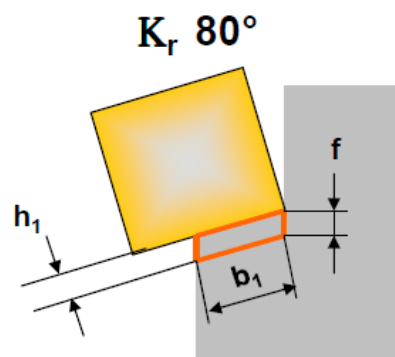
Úhel nastavení hlavního ostří 90°



- Ideální pro hrubování a polodokončování.
- Vytváří stopy na obrobeném povrchu, avšak zachovává velmi dobrou geometrii.
- Nízký příkon

b: šířka třísky
f: posuv
h: tloušťka třísky

Úhel nastavení hlavního ostří 80°



- Ideální pro těžké hrubování s vysokým posuvem
- Drsnost povrchu a geometrie díry jsou horší
- Vyšší příkon

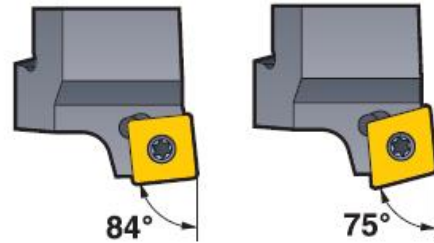
b₁: šířka třísky
f: posuv
h₁: tloušťka třísky

- Užívá se pro dlouhé a nestabilní sestavy.
- Užívá se pro osazené otvory (čelně) nebo slepé díry.
- Zvládá vysoké hodnoty ap (až 45% délky ostří břitové destičky).
- Ostří destičky je více zatěžováno – životnost je snížena.

- Postupné zavrtání – zvýšená životnost.
- Pro průchozí díry – napomáhá stabilitě ostří.
- Výhodné pro případy s přerušovaným řezem.
- Snižuje opotřebení ostří – lze užít vyšší posuvy.
- Vyšší radiální síla vede ke vzniku vibrací u delších sestav.
- Dělení třísky je obtížnější.

Entering angle and insert shape

Positive inserts



75°/84° - For interrupted cuts, sand inclusions, stack boring etc. Through holes only.

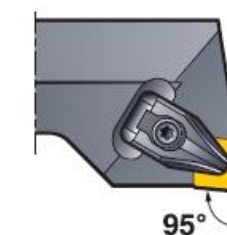
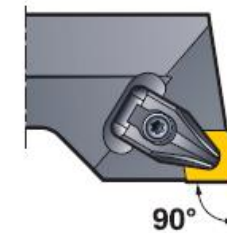
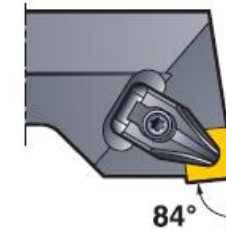


90° - First choice for general operations, step boring and for shoulder operations.



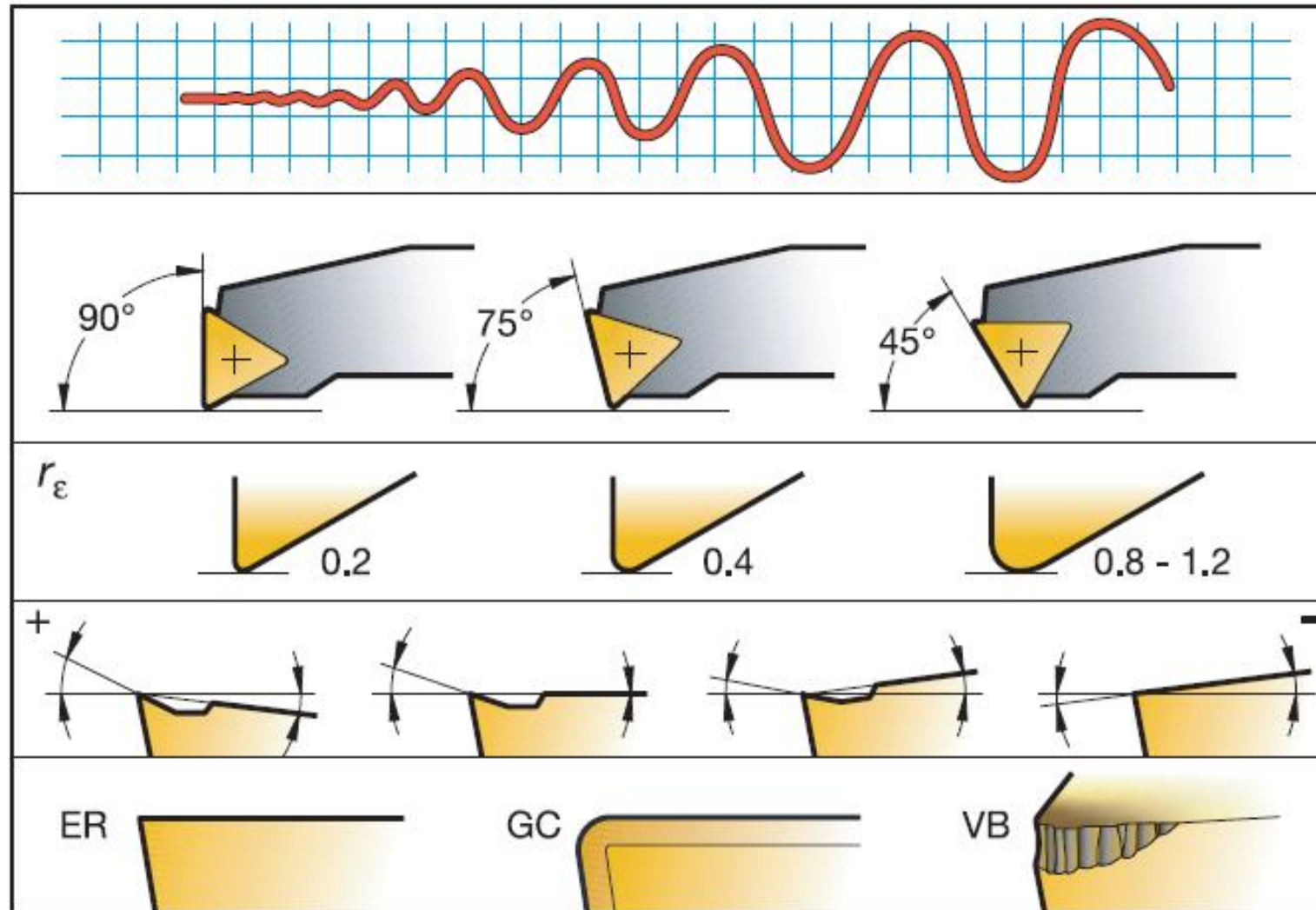
95° - For high feeds or improved surface finish with Wiper inserts in stable conditions.

Negative inserts

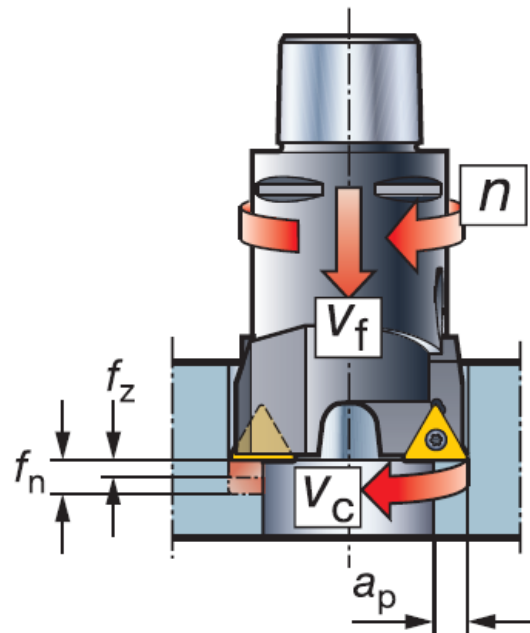


The entering angle of boring tools affects the direction and magnitude of axial and radial forces. A large entering angle produces a large axial force, while a small entering angle results in a large radial cutting force.

Factors that affect vibration tendencies



Cutting data recommendations



The cutting data for the insert geometry and grade chosen can generally be followed with the following exceptions:

- **Rough boring**
Max start value $v_c = 200$ m/min.
- **Fine boring with fine boring adaptors:**
Max start value $v_c = 240$ m/min.
- **Fine boring with fine boring bars:**
Max start value $v_c = 90 - 120$ m/min.
- **Fine boring:**
Max $a_p = 0.5$ mm.

If the cutting depth is too small, the insert will tend to ride on the pre-machined surface, only scratching and rubbing it, leading to poor results.

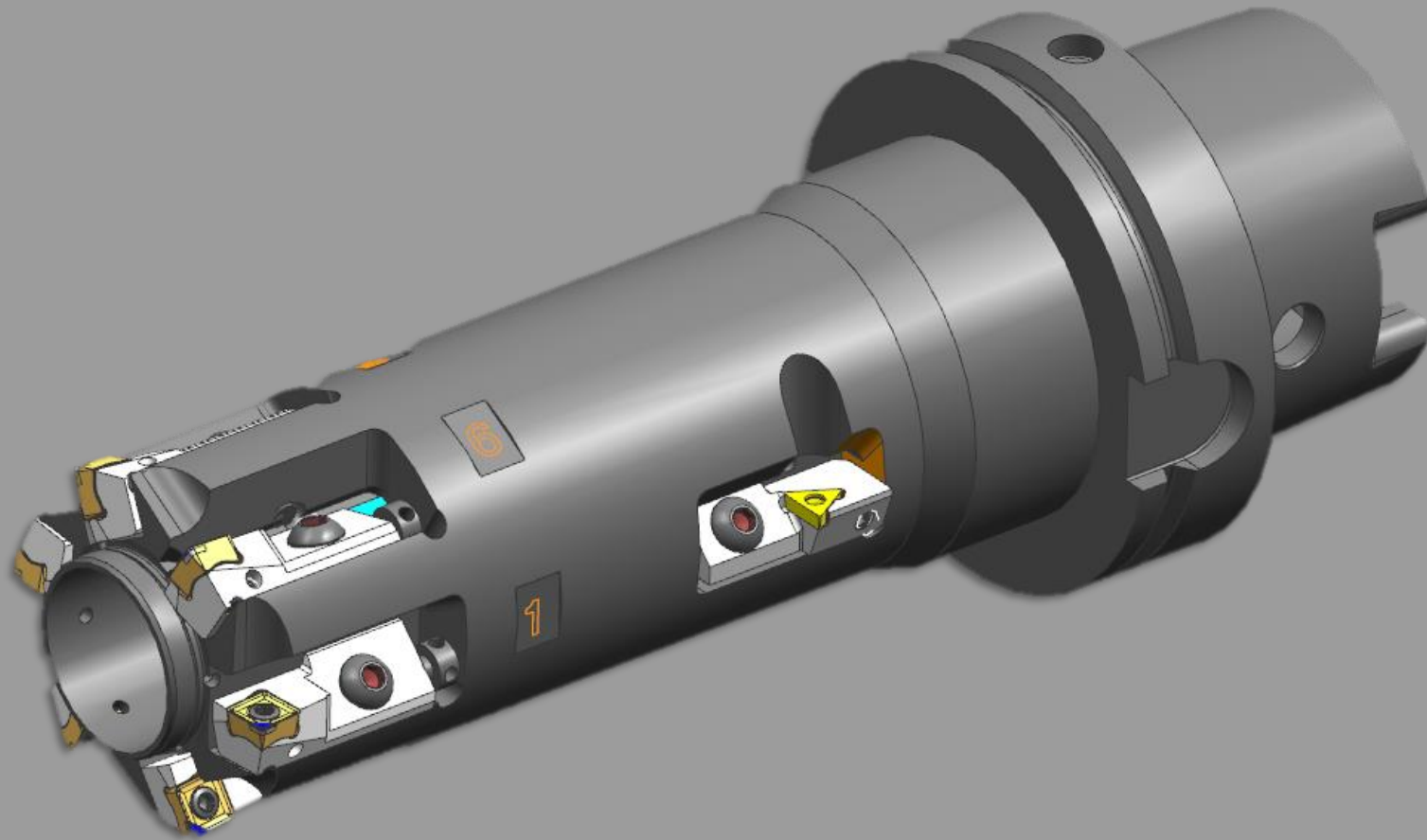
Cutting speed is mainly limited by:

- vibration tendencies
- chip evacuation
- long overhangs.

B685

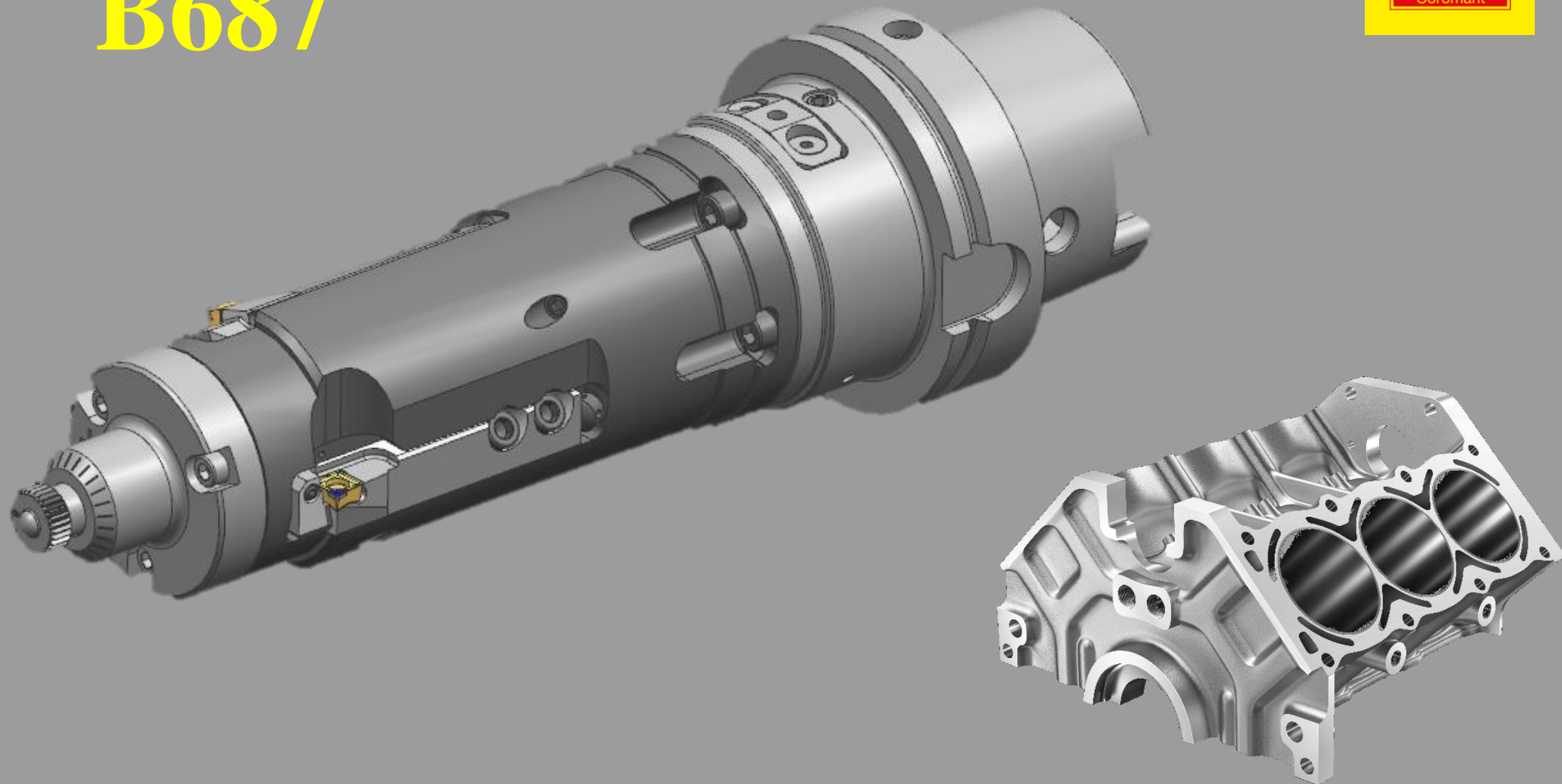
Cylinder boring – one shot

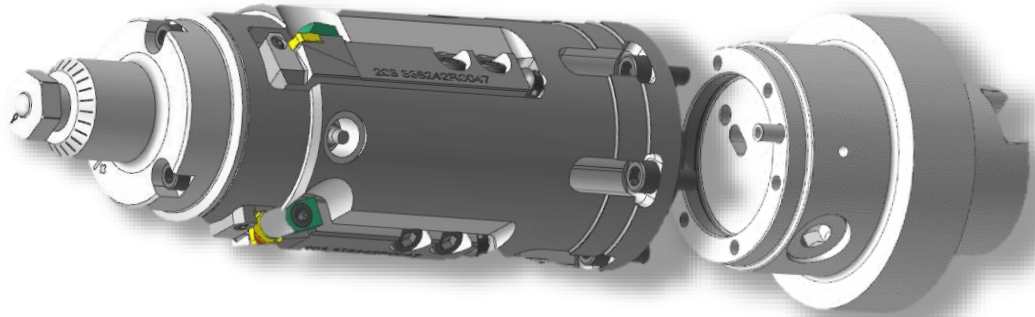
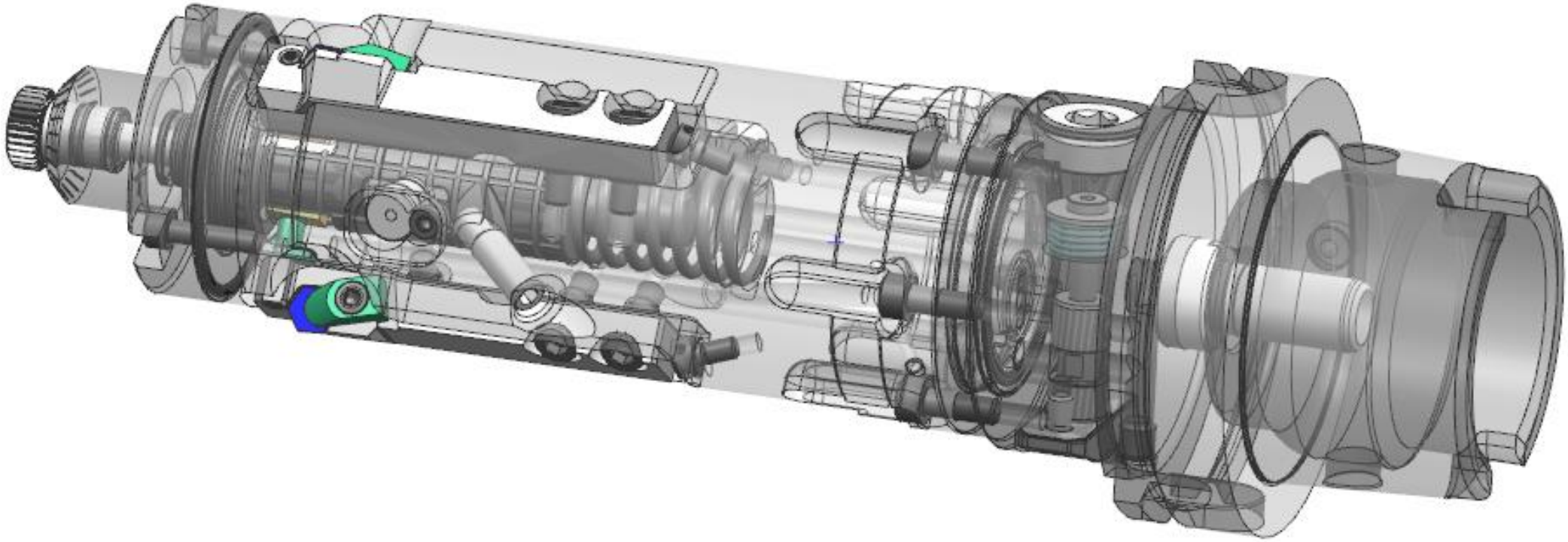
SANDVIK
Coromant



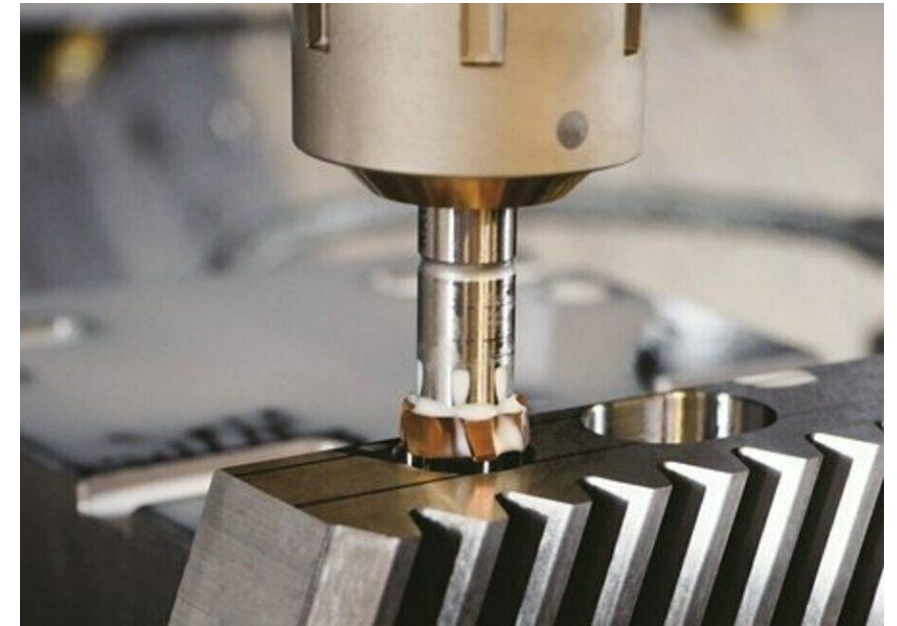
Cylinder boring – finishing **B687**

SANDVIK
Coromant





Vystružování



Vystružování otvorů ozubených tyčí, které budou integrovány do lineárních vedení

Vyvrtávání vs. vystružování

Typické vyvrtávací aplikace

- Malé výrobní dávky
- Vysoká přesnost pro kusovou výrobu (IT5)
- Stavitelné nástroje
- Velké průměry
- Jednobodové obrábění (jako soustružení)
- Řeší i přerušovaný řez (vstup/výstup pod úhlem)
- Pro všeobecné obrábění

Typické vystružovací aplikace

- Střední / velké výrobní dávky
- Běžný požadavek na přesnost polohy
- Nárok na kvalitu chlazení (fazetky, vodítka)
- Pouze nepřerušovaný řez (kolmý vstup/výstup)
- Malé až střední průměry děr
- Nenastavitelné nástroje
- Více- či jednobřité nástroje s fazetkami/vodítky
- Vysoký nárok na stabilitu operace

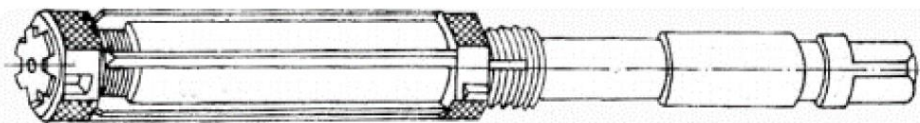
Druhy strojních výstružníků:

- pevné,
- rozpínací,
- stavitelné.

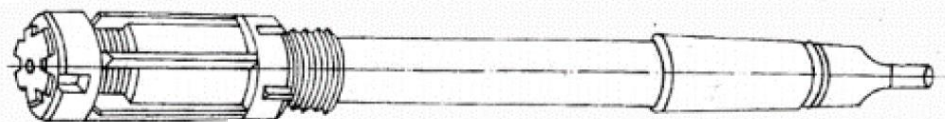


rozpínací ruční

mají rozříznuté tělo s kuželovou dutinou, do které se zatlačuje kulička, jež může tělo výstružníku v určitém rozmezí rozpínat.



stavitelný ruční



stavitelný strojní

Použitá literatura

1. [AB Sandvik Coromant. Hlavní katalog 2008 – soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů](#), Elanders, Švédsko.
2. [AB Sandvik Coromant. Produktivní obrábění kovů](#). Švédsko, 1997. 300 s.
3. [SANDVIK COROMANT, Příručka obrábění - kniha pro praktiky](#). 1. vydání, Praha : Scienta, 1997. ISBN 91-972299-4-6.
4. [SANDVIK COROMANT, Training Handbook, 2023 \[online\]](#), [cit. 2023-06-09] Dostupné na: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge>.
5. SANDVIK COROMANT. Soustružnické nástroje. 2020. 696 s. Dostupné: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/downloads?filter=%7B%22refiners%22:%7B%22languages%22:%5B%22cs-cz%22%5D,%22categories%22:%5B%5D%7D%7D>
6. FINAL TOOLS a.s., výrobce výstružníků, 2023 [online], [cit. 2023-07-15] Dostupné na: <https://www.finaltools.cz/produkty-a-reseni/standardni-nastroje/>
7. EMUGE-FRANKEN, výrobce řezných nástrojů. 2023 [online], [cit. 2023-10-23] Dostupné na: <https://emuge-franken.cz/vrtani-a-zavitovani/>
8. EMUGE-FRANKEN, výrobce řezných nástrojů, katalog závitové frézy 2023 [online], [cit. 2023-10-23] Dostupné na: <https://emuge-franken.cz/vrtani-a-zavitovani/>
9. SANDVIK COROMANT, výrobce řezných nástrojů. 2023 [online], [cit. 2023-11-10] Dostupné na: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/threading/tapping/how-to-choose-tap-type>
10. NAREX, výrobce závitníků. Katalog Narex 28 2021. 2023 [online], [cit. 2023-11-10] Dostupné na: <https://www.narexzd.cz/o-nas/ke-stazeni/>
11. ISCAR, výrobce řezných nástrojů. 2023 [online], [cit. 2023-12-08] Dostupné na: <https://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=417&mapp=IS&GFSTYP=M&srch=1>
12. ALBA precision, spol. s r.o. dodavatel upínacích přípravků pro závitování. 2023 [online], [cit. 2023-12-08] Dostupné na: <http://albaprecision.cz/cz/portal/produkty/bilz/zavitova-pouzdra/>
13. SOLFRONK, Pavel. Teorie a technologie zpracování plechů. [online]. [cit. 2014-05-21]. Dostupné na: http://www.techno-mat.cz/data/katedry/ksp/KSP_TZP_PR_02_CZE_Solfronk_Tribologie_a_maziva_v_automobilovem_prumyslu.pdf
14. MAPAL, výrobce řezných nástrojů. 2023 [online], [cit. 2023-12-15] Dostupné na: <https://mapal.com/en-int/sectors-solutions/die-mould>.
15. [MAPAL. Kompetenz – Aussteuerwerkzeuge und Plandrehköpfe](#). Katalog. V1.0.0. 35 s.
16. [DE VOS, P.; STAHL, E. Opatřebení řezných nástrojů – praktické zkušenosti](#), Seco Tools AB, Fagersta, Švédsko, 2015, 03011867, ST20146465 CZ, 168 s.

Děkuji za pozornost

prof. Ing. Marek SADÍLEK, Ph.D.

A 1009, tel: 4475

marek.sadilek@vsb.cz

<http://www.346.vsb.cz/>

Toto dílo je licencováno pod [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



Národní
plán
obnovy

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Transformace formy a obsahu vysokoškolského vzdělávání na VŠB-
TUO

NPO_VŠB-TUO_MSMT-16605/2022