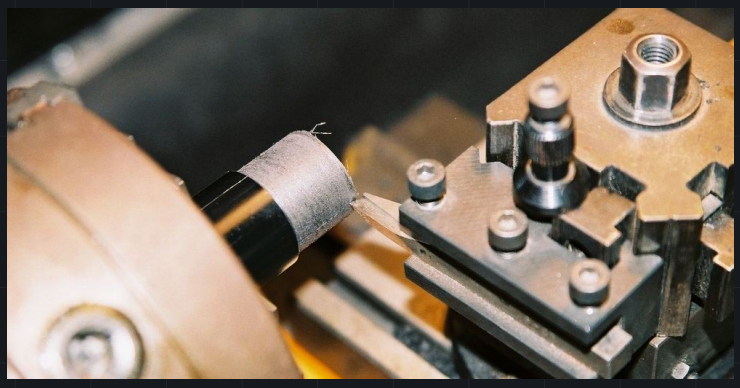
DÍLENSKÝ RÁDCE

Závady

a zmetky. Co je špatně podle povrchu, třísky, zvuku nebo rozměru a jak to opravit.





Fotografie: Greudin, volné dílo, a Niharsd.mech, CC BY-SA 3.0, obě Wikimedia Commons, adresy v kapitole 14

Učební materiál pro žáky oboru. Rádce podle třísky, zvuku, povrchu a rozměru, soustruh, frézka, vrtání a závity, nástroje a CNC. Přehledová tabulka, rozbory případů, výpočty, cvičení a test s řešením.

Odborný výcvik
Obráběč kovů se zaměřením na obsluhu CNC strojů

Zpracoval: Michl Ondřej, 2.OZ
Datum: 6. 11. 2026

Obsah

ZAČNI TADY

1 Když je něco špatně 3

RÁDCE PODLE SMYSLŮ

2 Rádce podle třísky 6

3 Rádce podle zvuku a chvění 10

4 Rádce podle povrchu 14

ROZMĚR A TVAR

5 Rozměrové chyby na soustruhu 17

6 Frézka 24

7 Vrtání a závity 30

PŘÍČINY JINDE NEŽ V ŘEZU

8 Nástroj a destička 35

9 Materiál a chyby čtení 37

10 CNC specifika 40

RYCHLÉ HLEDÁNÍ

11 Přehled a rozbory případů 44

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ A ZÁVĚR

12 Cvičení a test 48

13 Řešení 51

14 Slovníček a zdroje 52

JAK SE S MANUÁLEM UČIT

1. Když se něco děje, otevři přehled v kapitole 11 a najdi příznak.
2. Pak jdi do příslušné kapitoly. Schémata ukazují, jak chyba vypadá.
3. Vždy platí: zastav, nesahej, změř, měň jednu věc, zapiš a zavolej UOV.
4. V klidu si projdi rozbory případů a na závěr cvičení a test.

Řezné hodnoty jsou orientační. Přednost má katalog nástroje, návod ke stroji a pokyn učitele odborného výcviku, zkráceně UOV.

1

ZAČNI TADY

Když je něco špatně

Co udělat jako první, kdy stroj zastavit hned, co je zmetek, oprava, opravitelný a neopravitelný díl a jak se rozhodovat.

Tahle příručka je dílenský rádce. Otevřeš ji, když se něco nedaří: tříska je divná, stroj hrčí, povrch je špatný nebo díl nesedí s výkresem. Nemusíš ji číst od začátku. Najdi příznak a jdi rovnou do příslušné kapitoly. Základní postup z této kapitoly ale platí vždy.

Pět vět, které platí vždy

1. **Zastav.** Když si nejsi jistý, co stroj dělá, zastavit je vždy lepší než doufat.
2. **Nesahej.** Do prostoru stroje jen při stojícím vřetenu. Doběh trvá několik sekund, i když program skončil.
3. **Změř a podívej se.** Změř díl na stojícím stroji a prohlédni nástroj a upnutí. Nehádej.
4. **Měň jednu věc.** Když změníš tři hodnoty najednou, nebudeš vědět, která pomohla. Co jsi změnil a co to udělalo, si zapiš.
5. **Zavolej učitele odborného výcviku, zkráceně UOV.** Každou závadu hlásíš. Zatajená závada se vrátí jako další zmetek nebo úraz.

Kdy stroj zastavit okamžitě

Tlačítko nouzového zastavení si najdi dřív, než začneš. Ruku drž u zastavení hlavně u prvního kusu. Stroj zastav hned, když:

- nástroj míří jinam, než čekáš, nebo jede rychle do materiálu,
- slyšíš náraz, skřípání nebo výrazně jiný zvuk řezu,
- obrobek se pohnul, sklouzl, prokluzuje nebo se chvěje víc než obvykle,
- vidíš kouř nebo jiskry, cítíš spáleninu,
- někdo se přibližuje do nebezpečného prostoru.



Obr. 1.1 Nouzové zastavení: červené hřibové tlačítko na žlutém podkladu. Na tvém stroji může vypadat trochu jinak. *Vlastník obrázku: Cjp24, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emergency_stop_button.jpg*

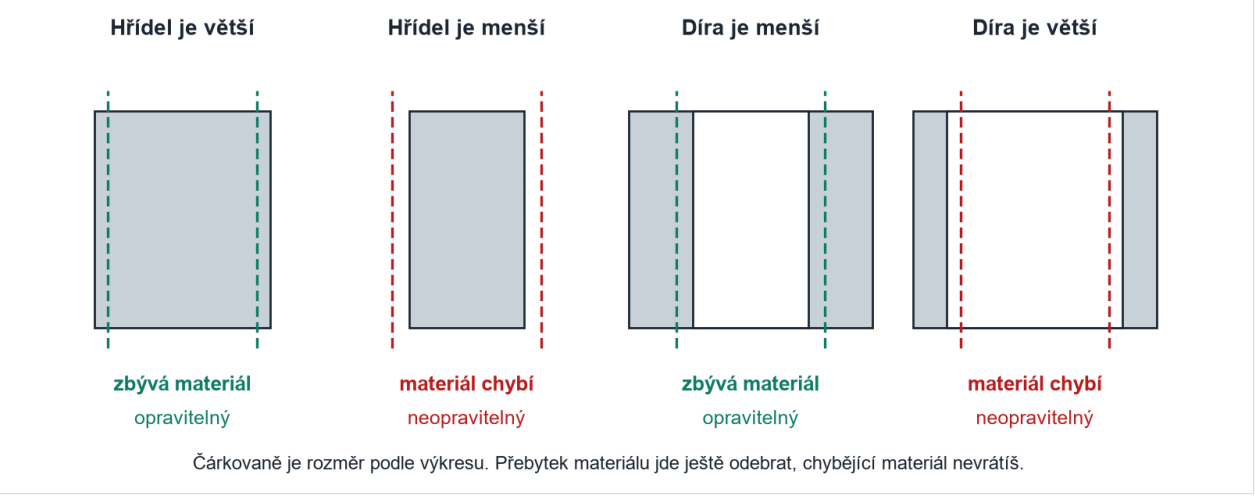
Co se děje	Co stiskneš	Co dál
Náraz, uvolněný obrobek, nástroj jede jinam	Nouzové zastavení	Na nic nesahej, nic neodjíždej, zavolej UOV. Postup je v kapitole 10.
Kouř, spálenina, jiskry	Zastavení, při ohrožení nouzové	Zavolej UOV. Třísky titanu a hořčíku mohou hořet a takový požár se nesmí hasit vodou.
Silné chvění, změna zvuku	Zastavení posuvu, pak vřetena	Počkej na doběh. Zkontroluj upnutí a vysunutí, pak kapitola 3.
Namotaná dlouhá tříska	Zastavení posuvu, pak vřetena	Až když vřeteno stojí, odstraň ji háčkem. Viz kapitola 2.
Stroj hlásí chybu	Stroj obvykle stojí sám	Hlášení si přečti a zavolej UOV. Nic nepřeskakuj.

POZOR

Zastavení posuvu zastaví jen pohyb os. Vřeteno se obvykle točí dál. Než sáhneš dovnitř, musí vřeteno stát. Obrobek se nikdy nechytá, nebrzdí rukou a neměří za chodu.

Co je zmetek a co je oprava

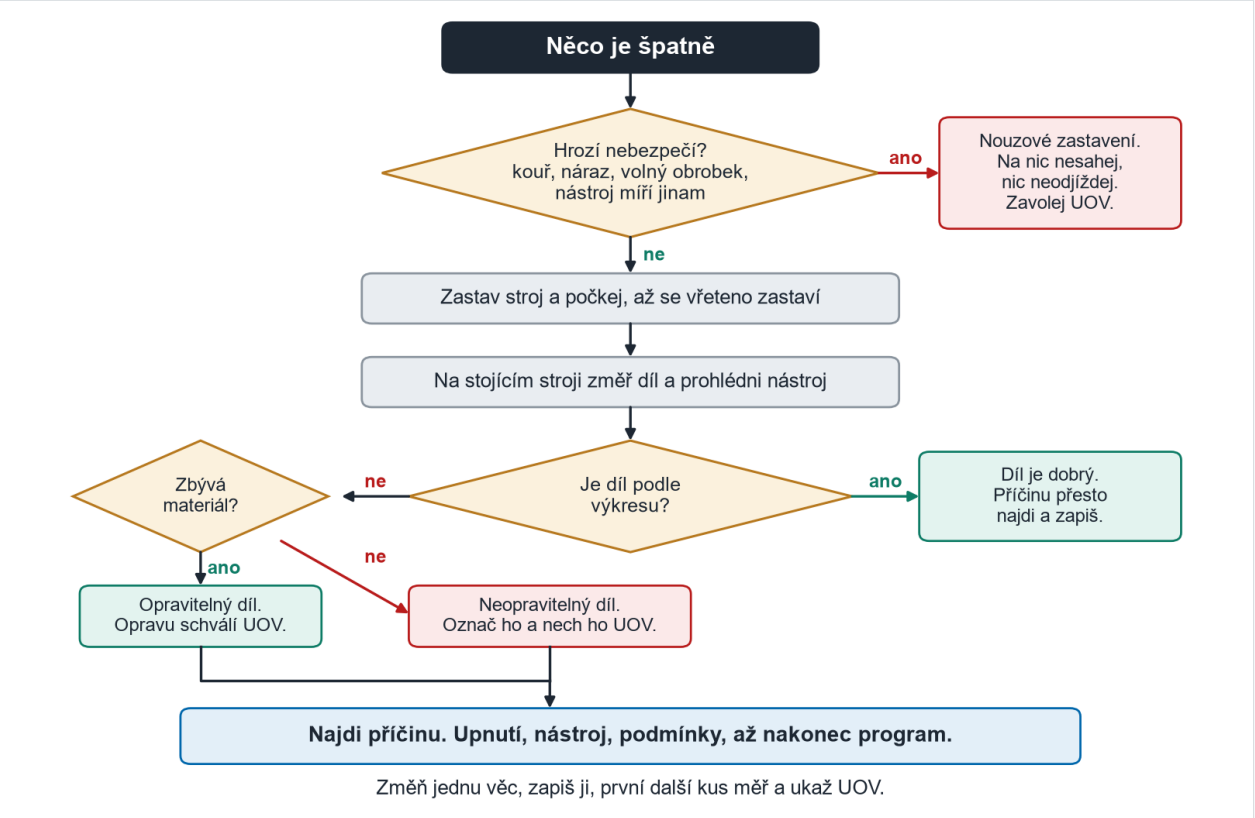
Pojem	Co znamená	Příklad
Dobrý díl	Splňuje všechny požadavky výkresu: rozměry, tolerance, tvar i drsnost.	Ø40 ±0,05 naměřený 40,02 mm.
Zmetek	Díl, který některý požadavek výkresu nesplňuje.	Ø40 ±0,05 naměřený 40,09 mm.
Opravitelný díl	Jde upravit tak, aby požadavky splnil. Obvykle ještě zbývá materiál.	Hřídel je větší, díra je menší.
Neopravitelný díl	Požadavky už splnit nejde. Materiál chybí nebo je díl poškozený.	Hřídel je menší, díra je větší, kolize zničila plochu.
Oprava	Další obrábění, které díl vrátí do výkresu. Rozhoduje o ní UOV.	Korekce a dokončovací průchod.



Obr. 1.2 Hlavní pravidlo: přebytek materiálu jde ještě odebrat, chybějící materiál nevrátíš.

Slovo **opravitelný** znamená, že to technicky jde, ne že to máš udělat bez dovolení. O opravě rozhoduje UOV. Zmetek viditelně označ a odlož zvlášť, aby se nezamíchal mezi dobré kusy. Nikdy ho neschovávej.

Rozhodovací diagram



Obr. 1.3 Postup od prvního podezření až po nový kus. Červená větev má vždy přednost.

V jakém pořadí hledat příčinu

Většina problémů má jen několik možných příčin. Hledej je od nejjednodušších. Program je obvykle až poslední, pokud už předtím fungoval. Zeptej se taky, co se od minula změnilo.

1. **Upnutí.** Obrobek, nástroj, držák. Je všechno pevné a dosedá čistou plochou?
2. **Nástroj.** Je ostrý a správný? Je to ten, který má být na tomto místě?
3. **Řezné podmínky.** Otáčky, posuv, hloubka, chlazení a tryska.
4. **Korekce a nulový bod.** Patří k tomuto nástroji a k tomuto obrobku?
5. **Materiál a výkres.** Je to správný polotovar a čteš správný rozměr?
6. **Program.** Až když všechno předchozí sedí.

> **PAMATUJ**
> Tento rádce nenahrazuje školení, návod ke stroji, katalog nástroje ani pokyny UOV. Všechny řezné hodnoty v něm jsou orientační. Přednost má katalog nástroje a pokyn UOV.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Při pochybnosti stroj zastav. Nebezpečí řeší nouzové zastavení.
- Zbývá materiál? Díl je obvykle opravitelný. Materiál chybí? Je neopravitelný. Rozhoduje UOV.
- Hledej od upnutí a nástroje. Program je až poslední.
- Měň jednu věc najednou a zapisuj. Dobrý zápisník ti příště ušetří hodiny zkoušení.

2

RÁDCE PODLE SMYSLŮ

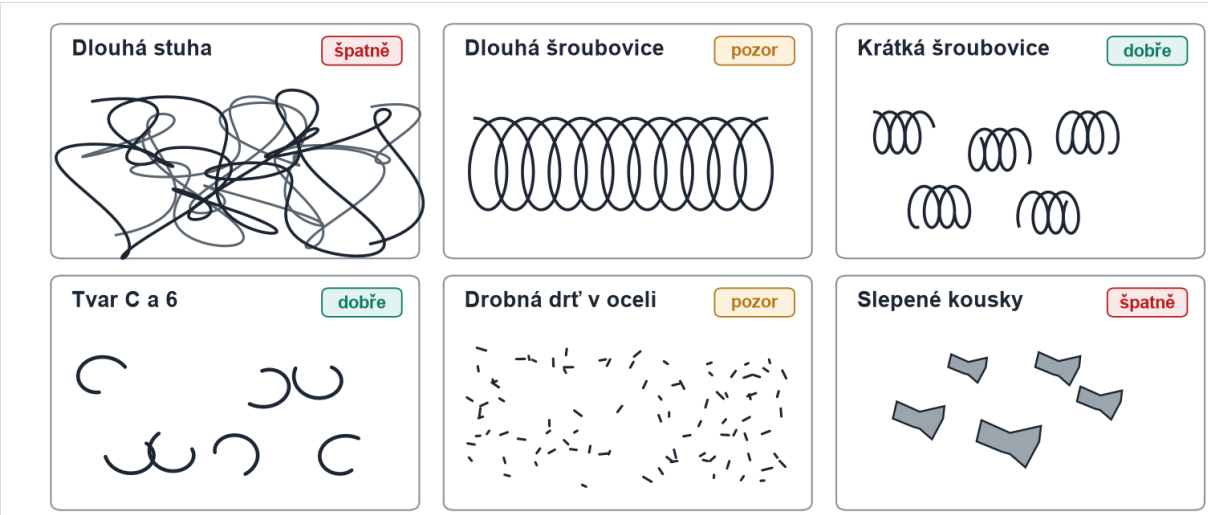
Rádce podle třísky

Tvar, délka a barva třísky ti řeknou, co se děje u břitu. Tady je, jak je číst a jak třísky bezpečně odstranit.

Tříska je nejlepší zpráva o tom, jak řez běží. Podle tvaru a barvy se dá poznat, jestli jsou podmínky v pořádku, ještě před měřením. Tahle kapitola platí hlavně pro ocel.

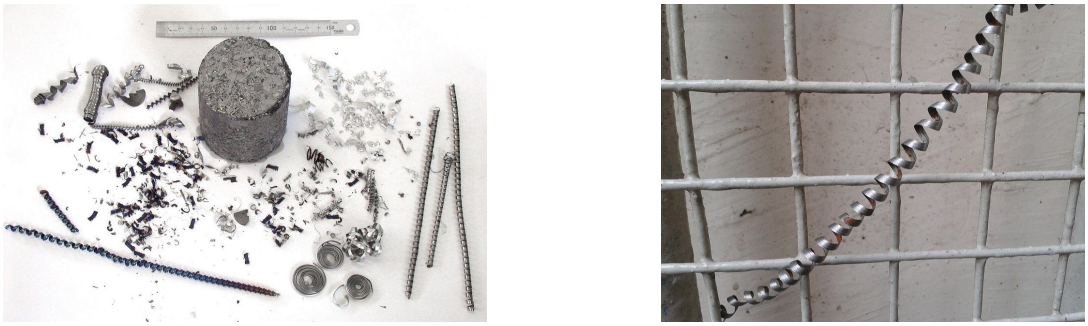
> **POZOR**
> Na třísku nikdy nesahej rukou a nikdy ji nevytahuj za chodu. Dlouhá stuha je ostrá a horká a umí řezat jako nůž. Zastav, počkej, až vřeteno stojí, a teprve potom ji odstraň háčkem nebo štětcem.

Tvar a délka



Obr. 2.1 Běžné tvary třísek při soustružení oceli. Štítek říká, jak je obvykle hodnotit.

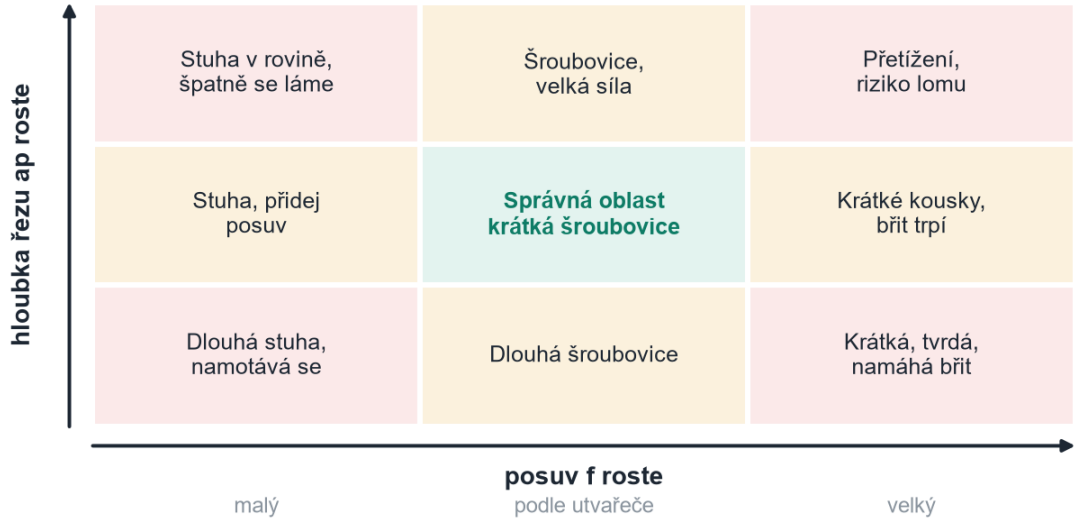
Tříska	Co obvykle znamená	Co zkusit
Krátká šroubovice, tvar C, 6 nebo 9	Dobrý stav. Tříska se láme a snadno odchází.	Nic, tak to má být.
Dlouhá stuha	Malý posuv nebo hloubka pro daný utvařeč, velký rádius špičky.	Zvětši posuv, jiný utvařeč, větší hloubka, menší rádius.
Velmi krátké, slepené kousky	Tříska se láme příliš tvrdě, velký posuv pro daný utvařeč. Břit trpí.	Sniž posuv nebo zvol utvařeč pro větší posuv, větší rádius.
Drobná drť v oceli	Příliš velký posuv.	Sniž posuv.
Prášek místo třísky u vrtáku	Tupý vrták, nebo se materiál jen dře.	Naostři nebo vyměň, zkontroluj posuv.
Tříska z jedné drážky vrtáku	Nestejné břity, jeden řeže víc.	Vrták naostři nebo vyměň.
Tříska škrábe hotový povrch	Láme se o obrobek a odskakuje na něj.	Jiný utvařeč, jiný úhel nastavení, menší hloubka.



Obr. 2.2 Různé tvary třísek po různých operacích (vlevo). Dlouhá spirála se umí navinout, proto je pro obsluhu i stroj nežádoucí (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SwarfSamples.jpg; vpravo Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg

Tvar podle posuvu a hloubky

Tloušťku třísky řídí posuv, šířku hloubka řezu. Každá destička má svůj **utvařeč třísky**, tedy tvarovanou plochu na čele, která třísku ohýbá, aby se zlomila. Utvařeč funguje jen v určitém rozsahu posuvu a hloubky, a ten je v katalogu destičky.



Obr. 2.3 Mapa třísky bez konkrétních čísel. Správná oblast leží uprostřed a její hranice určuje utvařeč podle katalogu.

- Větší rádius špičky dělá tenčí a širší třísku, ta se láme hůř. Menší rádius ji láme lépe.
- Nůž s úhlem nastavení kolem 90° dělá silnější třísku, ta se láme lépe.
- Hrubovací utvařeč při malém záběru často vůbec nezabere. Na dokončení patří dokončovací destička.

Barva

Barvu třísky dělá tenká vrstva oxidů, a ta závisí na teplotě. Barva je hrubé vodítko, ne měření. Různé oceli se barví různě a u hliníku barva neříká nic.



Obr. 2.4 Barva třísky u oceli jako orientační ukazatel teploty. Přesnou teplotu z ní neurčíš.

Co vidíš	Co to obvykle znamená	Co udělat
Modrá tříska, HSS, ocel	Příliš vysoké otáčky nebo chybí chlazení.	Sniž otáčky, zkontroluj trysku.
Modrá tříska, karbid, ocel	Řez je horký. Při vysokých rychlostech to může být v pořádku.	Ověř v katalogu, sleduj opotřebení.
Modrající vrták, kouř	Přehřátí nebo tupý vrták.	Hned zastav, zkontroluj otáčky a ostří.
Barva se náhle změní v sérii	Otupil se břit nebo přestalo chlazení.	Zastav, prohlédni břit a trysku.

Podle materiálu

Materiál	Běžná tříska	Na co dát pozor
Měkká ocel, například S235JR	Dlouhá stuha, lepí se na břit	Ostrá destička, vyšší řezná rychlost, utvařeč.
Šedá litina	Krátká a drobivá, to je normální	Kůra je tvrdá a brusná. Tvárná litina dává delší třísku.
Korozivzdorná ocel	Dlouhá, povrch se při řezu zpevňuje	Vzniká nárůstek a teplo.
Hliník	Lesklá, lepí se na břit	Ostrý břit, mazání, tepelná roztažnost.
Automatová mosaz	Drobí se	Obsahuje olovo. Neodfoukávej, po práci si umyj ruce.
Titan, hořčík	Tenké suché třísky mohou hořet	Požár se nesmí hasit vodou. Třísky uklízej hned.

Jak třísky bezpečně odstranit

1. Zastav posuv i vřeteno a počkej na úplné zastavení. Brýle nech na očích.
2. Namotanou stuhu vyhákni háčkem. Tahej opatrně, může se vymrštit. Drobné třísky smeť štětcem.
3. Rukou ne a vzduchem ne. Vzduch žene třísky do očí a do vedení stroje.
4. Když je tříska namotaná kolem nástroje nebo sklíčidla a nejde sundat, zavolej UOV. Vřeteno kvůli tomu znovu nespouštěj.
5. Rukavice jsou jen na manipulaci se stojícím materiálem a třískami. Před spuštěním je sundej.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Dobrá tříska je krátká a láme se. Dlouhá stuha chce větší posuv nebo jiný utvařeč.
- Drť v oceli znamená příliš velký posuv. U litiny a mosazi je drobivá tříska normální.
- Modrá tříska u HSS znamená příliš horký řez. U karbidu to může být v pořádku.
- Třísky odstraňuj jen při stojícím vřetenu, háčkem nebo štětcem.

3

RÁDCE PODLE SMYSLŮ

Rádce podle zvuku a chvění

Jak chvění poznat uchem i na povrchu, proč vzniká a co zkoušet v jakém pořadí.

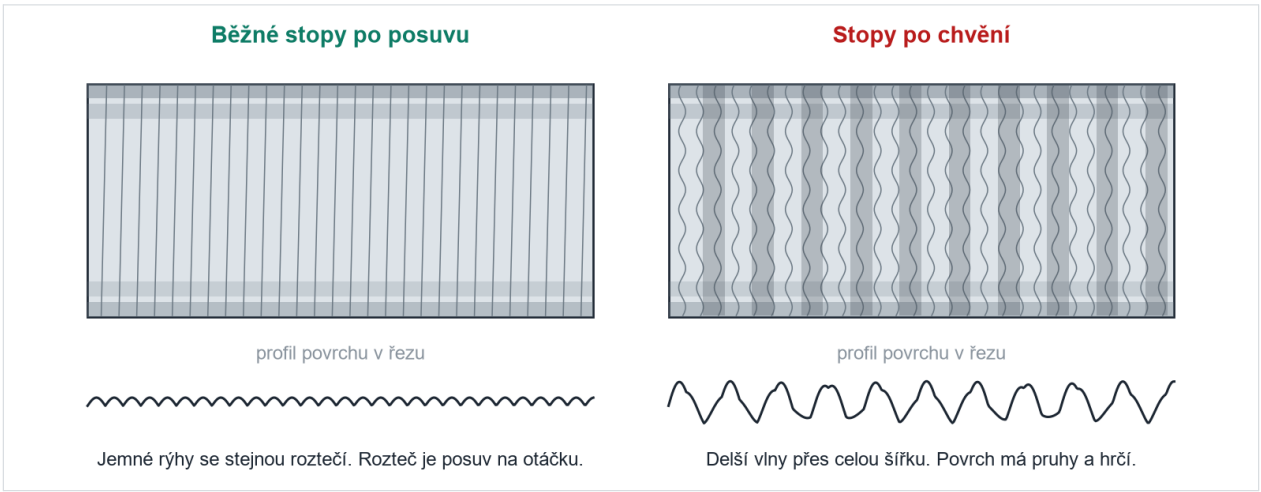
Dobrý řez má rovnoměrný a tlumený zvuk. Když se zvuk změní, něco se změnilo u břitu. Když stroj začne hrčet, drnčet nebo pískat, nečekej na konec programu.

Co slyšíš

Zvuk	Co obvykle znamená	Co udělat
Rovnoměrný šum	Řez běží dobře.	Nic. Tenhle zvuk si zapamatuj.
Vysoké pískání	Chvění, tupý břit, vysoké otáčky, málo kapaliny.	Zastav. Zkontroluj břit, zkraťvyložení, změň otáčky.
Hrčení, drnčení	Chvění. Dlouhé vyložení, slabé upnutí, velký záběr.	Zastav. Zkontroluj upnutí, pak schody níže.
Pravidelné klepání	Přerušovaný řez, nesoustředný polotovar, nebo kousek břitu chybí.	Pokud to nečekáš, zastav a prohlédni nástroj.
Skřípání, dření	Břit netřiská, jen tře. Tupý nástroj nebo velmi malý posuv.	Zastav, vyměň nástroj, zkontroluj posuv.
Náhlá rána	Lom nástroje, kolize, uvolněný obrobek.	Nouzové zastavení. Na nic nesahej. UOV.

Co je chvění

Chvění je kmitání nástroje nebo obrobku při řezu. Břit zanechá vlnu, po další otáčce na ni najede a tloušťka třísky začne kolísat. Tím kolísá i síla a kmitání se samo udržuje. Proto někdy začne až po chvíli a jindy zmizí po malé změně otáček.



Obr. 3.1 Stopy po posuvu mají rozteč rovnou posuvu. Stopy po chvění jsou delší vlny přes celou šířku, s lesklými a matnými pruhy.

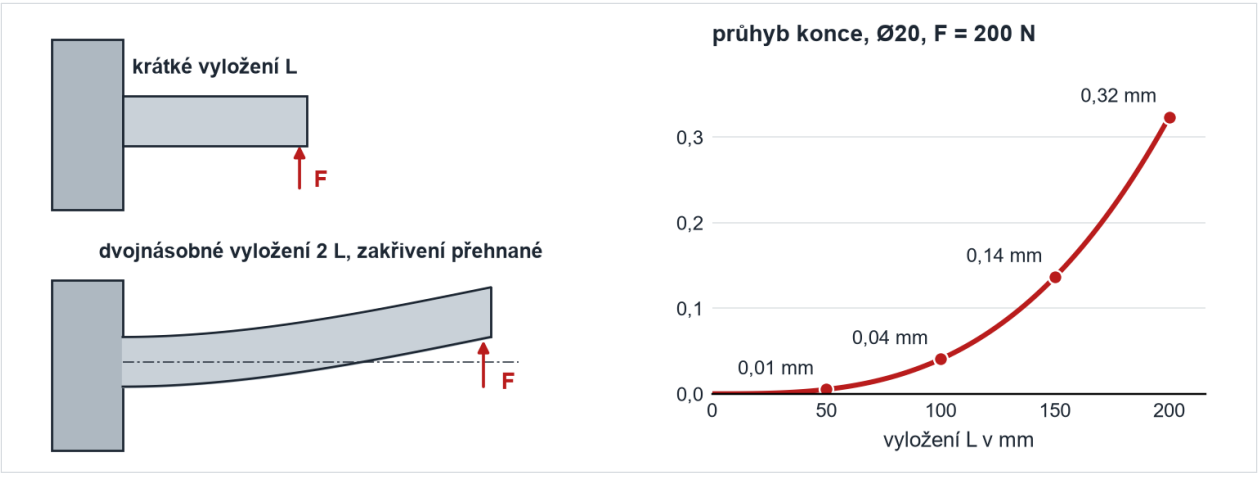
Čtyři hlavní příčiny

1. Vyložení: délka se počítá na třetí

Obrobek nebo nástroj vyložený z upnutí se chová jako vetknutý prut. Dvojnásobné vyložení dá **osmkrát** větší průhyb. Dvojnásobný průměr ho zmenší **šestnáctkrát**.

$$\delta = F \cdot L^3 / (3 \cdot E \cdot I) \text{ a } I = \pi \cdot d^4 / 64$$

F síla v N, L vyložení v mm, E modul pružnosti, u oceli 210 000 MPa, d průměr v mm. Výsledek δ v mm platí pro hladký válec.



Obr. 3.2 Vypočtený průhyb konce ocelového válce Ø20 při síle 200 N. Při vyložení 100 mm je 0,040 mm, při 200 mm už 0,323 mm. Stejně vyložený Ø30 jen 0,008 mm.

PAMATUJ

Výpočet je zjednodušený. Skutečnou sílu neznáš, upnutí taky pruží a fréza má navíc drážky. Výpočet má ukázat poměr, ne přesný rozměr. Běžné vodítko z praxe: obrobek vysunutý víc než asi trojnásobek průměru je potřeba podepřít hrotem nebo lunetou.

2. Otáčky

Každá soustava nástroj, držák, obrobek a stroj má oblasti, kde kmitá víc. Malá změna otáček ji z nich může dostat. Sniž je nebo zvyš a poslouchej. Hodnota musí zůstat v rozsahu katalogu. U frézy přepočítej i rychlost posuvu.

3. Geometrie nástroje

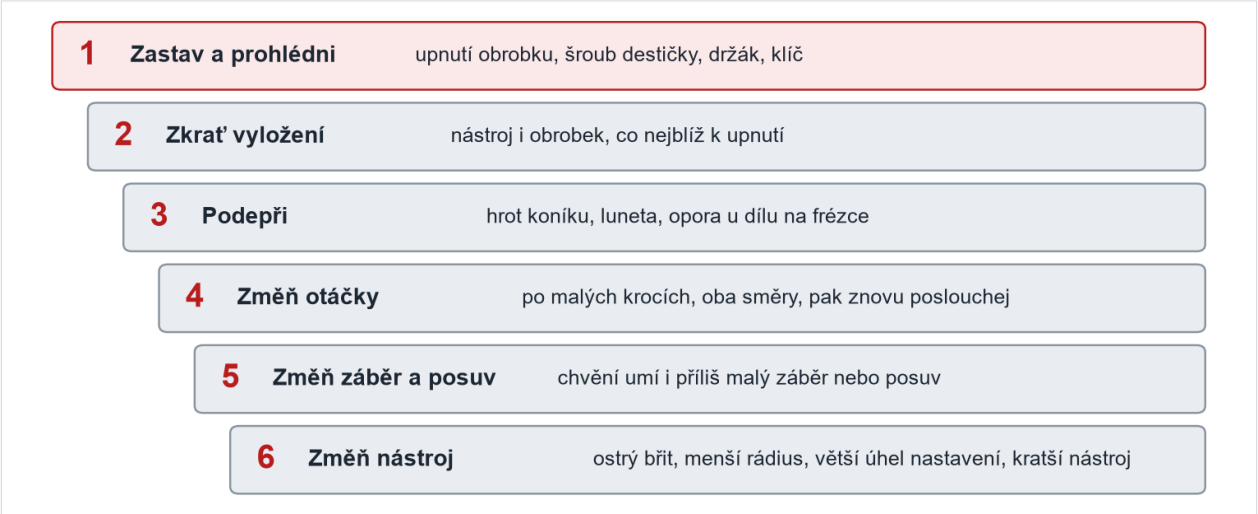
- **Velký rádius špičky** zvětšuje radiální sílu, která tlačí díl a nástroj od sebe. Na štíhlém dílu volíš menší.
- **Úhel nastavení kolem 90°** a **ostrý pozitivní břit** radiální sílu zmenšují. Otupený hřbet ji zvětšuje.
- **Špička mimo osu** mění řezné úhly a umí vyvolat chvění.

- **Fréza:** méně zubů nebo větší úhel šroubovice mohou pomoct. Rozhoduje katalog a UOV.

4. Upnutí

Obrobek je vysunutý moc daleko nebo je v čelistech jen kouskem. Pod držákem je tříska. Vyvrtávací tyč není upnutá dost hluboko. Šroub destičky není dotažený. Na frézce není pevně svěrák, nebo se chvěje tenká stěna sama.

Co zkusit a v jakém pořadí



Obr. 3.3 Schody od nejjednoduššího. Vždy jedna změna a pak nový pokus. První schod dělej u stojícího stroje.

POZOR

Rukou nikdy nezkoušej, jestli se něco chvěje. Díl a nástroj kontroluj jen, když vřeteno stojí.

Začátečník při chvění automaticky ubírá všechno. Někdy to pomůže, zvlášť u velkého záběru. Příliš malý záběr nebo posuv ale umí chvění i zhoršit. Břit pak řeže a klouže střídavě a síla kolísá. Pokud jsi pod rozsahem destičky, zvětši hloubku tak, aby řezala správně.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Průhyb roste s třetí mocninou vyložení. Dvojnásobné vyložení je osmkrát horší.
- Začni u stojícího stroje: upnutí, břit, šrouby. Potom vyložení a podepření.
- Teprve pak měň otáčky, záběr a posuv, vždy jednu věc.
- Příliš malý záběr chvění umí zhoršit, stejně jako příliš velký.

RÁDCE PODLE SMYSLŮ

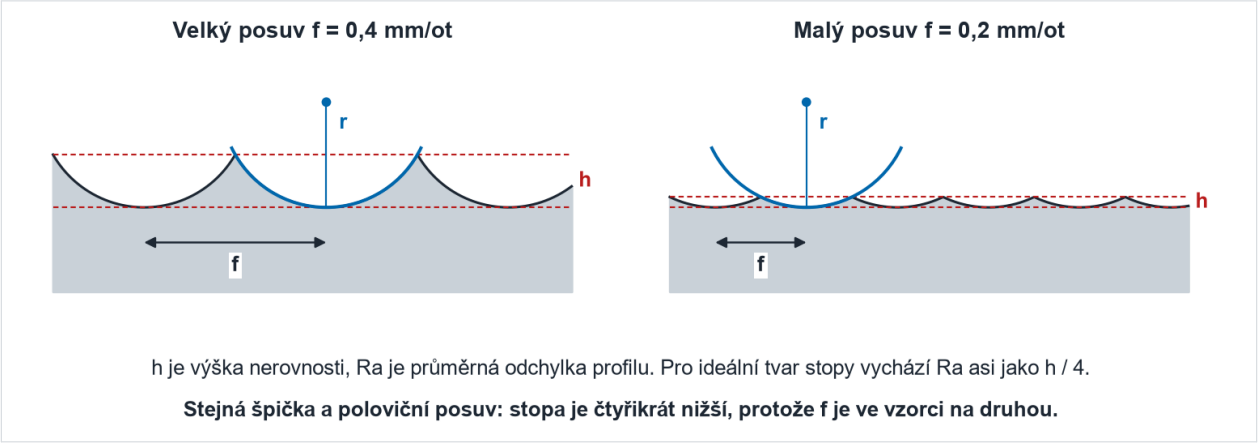
4 Rádce podle povrchu

Teoretická drsnost, vliv posuvu a rádiusu špičky, stopy, výstupky, nárůstek a hladicí záběr.

Drsnost popisuje jemné nerovnosti povrchu. Na výkrese se nejčastěji uvádí Ra nebo Rz v mikrometrech. Na soustruhu ji ovlivňuje hlavně posuv a rádius špičky, potom stav destičky a chvění.

Teoretická drsnost

Špička nože má rádius. Při každé otáčce popojede o posuv f a vedle sebe tak vznikají obloučky. Mezi nimi zůstávají hřebínky. Z geometrie vyjde, jak vysoké budou.



Obr. 4.1 Obloučky od špičky a hřebínky mezi nimi. Výška h roste s druhou mocninou posuvu a klesá s rádiusem.

$$h = f^2 / (8 \cdot r) \cdot 1000 \quad Ra \approx f^2 / (32 \cdot r) \cdot 1000$$

h a Ra v µm, f posuv v mm/ot, r rádius (poloměr) špičky v mm. Teoretické hodnoty, skutečný povrch je vždy horší.

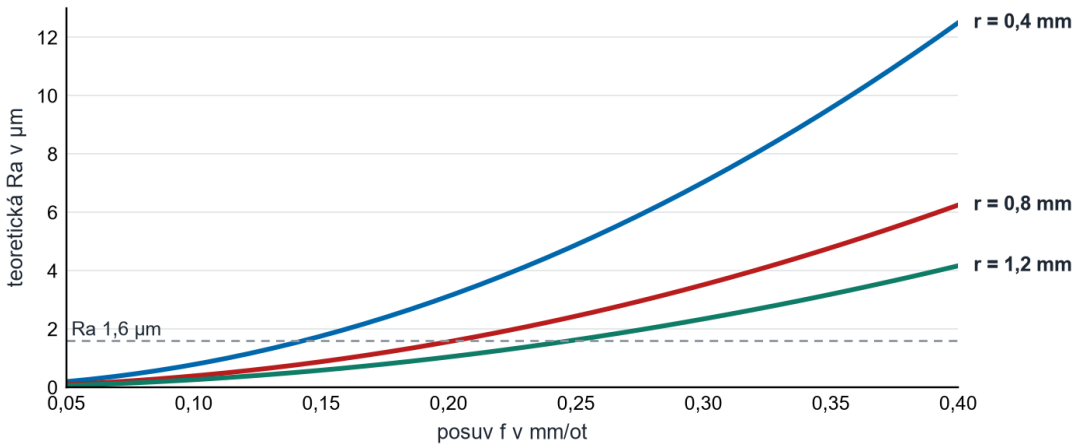
Příklad 1 Teoretická drsnost

Zadání	r = 0,8 mm, f = 0,2 mm/ot. Jaká je teoretická výška nerovností a Ra?
Výpočet	h = 0,2² / (8 · 0,8) · 1000 = 6,25 µm, Ra = 0,2² / (32 · 0,8) · 1000 = 1,56 µm
Výsledek	**h = 6,25 µm, Ra asi 1,6 µm**

Příklad 2 **Jaký posuv zvolit**

Zadání	Výkres chce Ra 1,6 µm, destička má r = 0,8 mm. Jaký je nejvyšší teoretický posuv?
Výpočet	f = √(Ra · 32 · r / 1000) = √(1,6 · 32 · 0,8 / 1000) = 0,202 mm/ot
Výsledek	**f nejvýš asi 0,20 mm/ot**
Poznámka	Skutečnost je horší než teorie, začni níž. Například 0,14 mm/ot teoreticky dá Ra 0,8 µm. Hodnoty ověř v katalogu.

Posuv f v mm/ot	Ra pro r = 0,4	Ra pro r = 0,8	Ra pro r = 1,2
0,1	0,78 µm	0,39 µm	0,26 µm
0,2	3,13 µm	1,56 µm	1,04 µm
0,3	7,03 µm	3,52 µm	2,34 µm
0,4	12,50 µm	6,25 µm	4,17 µm



Obr. 4.2 Teoretická Ra podle posuvu pro tři běžné rádiusy. Větší rádius dovolí pro stejnou drsnost větší posuv.

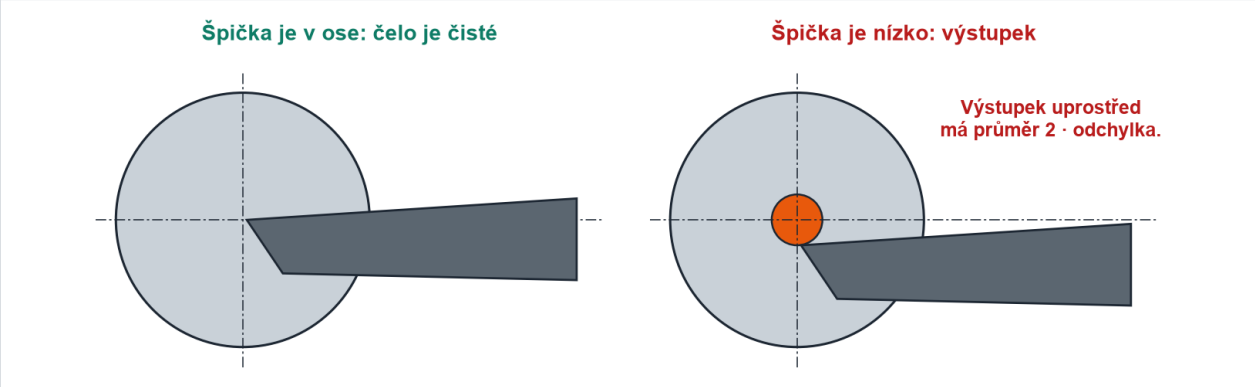
POZOR

Teorie platí jen pro ostrý břit bez chvění. A pod určitým posuvem už povrch nezlepšíš. Při velmi malém posuvu začne břit spíš tlačit a dřít než řezat a drsnost se přestane zlepšovat, nebo se dokonce zhorší.

Co vidíš na povrchu

Vzhled	Pravděpodobná příčina	Co zkusit
Pravidelné rýhy se stejnou roztečí	Velký posuv, malý rádius	Sniž posuv, větší rádius, hladicí destička.
Roztrhaný povrch, šupiny	Nárůstek, malá řezná rychlost	Zvyš vc, ostrý břit, lepší chlazení.
Pruhy, vlny, zuby	Chvění	Postup z kapitoly 3.

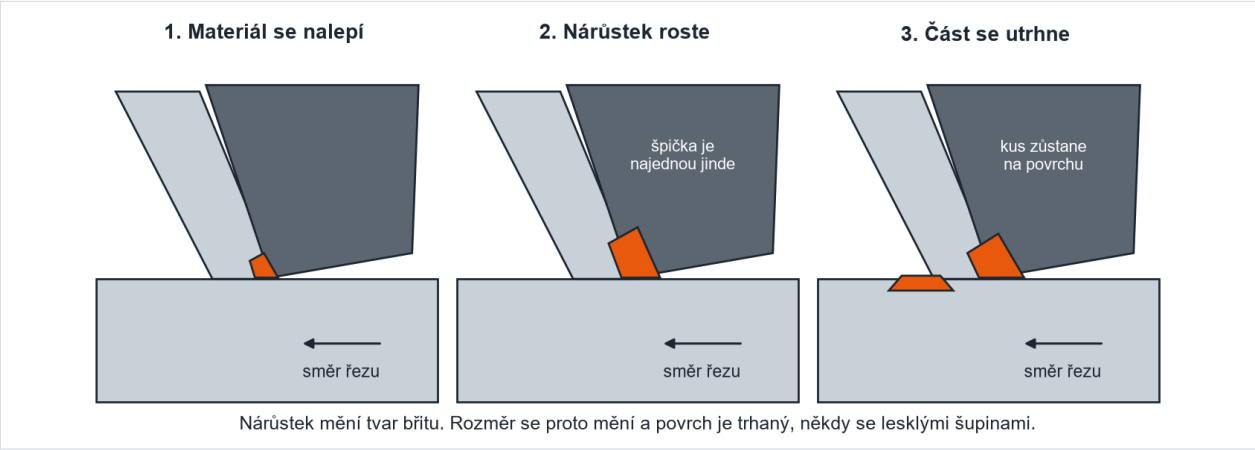
Vzhled	Pravděpodobná příčina	Co zkusit
Tenké škrábance v různých směrech	Tříska škrábe povrch	Jiný utvařeč, chlazení, vedení třísky.
Otřepy, vláknitý povrch	Tupý břit, vrub, malý posuv	Ostrý břit, jiná hloubka.
Povrch se horší v sérii	Opotřebení hřbetu	Otoč nebo vyměň destičku.
Malý výstupek uprostřed čela	Špička není v ose	Zkontroluj výšku nože nebo korekci.
Lesklé tlačené plochy na oceli	Břit netřiská, jen tře	Vyměň nástroj, zvětši posuv nebo přídavek.



Obr. 4.3 Špička v ose a pod osou. Na čele zůstane výstupek. Nůž vysoko dělá výstupek také a nebezpečně tře.

Nárůstek

Nárůstek je materiál nalepený na břitu. Vzniká hlavně při nízké teplotě řezu a u lepivých materiálů: měkká ocel, korozivzdorná ocel, hliník. Mění tvar břitu, a tedy i rozměr. Občas se utrhne, kousek si odnese z břitu a kousek nechá na dílu.



Obr. 4.4 Tři fáze nárůstku. Čím je větší, tím víc mění geometrii a tím větší kusy se odtrhávají.

- **Zvyš řeznou rychlost** v rozsahu katalogu. V horkém řezu se nárůstek tvoří méně.
- **Ostrý a pozitivní břit**, u hliníku leštěná destička. Tlustý povlak dělá břit méně ostrý.

- **Mazání.** Olejová mlha nebo kapalina podle materiálu a katalogu.
- **Prohlédni břit.** Nárůstek nikdy neoškrabuj za chodu. Pod ním bývá vylomený kousek ostří.

Vlnitost a hladicí záběr

Drsnost tvoří jemné rýhy. Vlnitost jsou delší vlny, které se měří úchylkoměrem na stojícím dílu. Posuv na ni nepomůže, hledej chvění, pružení štíhlého dílu nebo nesoustředný polotovar.

Když je povrch špatný a zbývá materiál, pomůže dokončovací průchod: ostrý nástroj, menší posuv, větší řezná rychlost, jedním tahem bez zastavení. Velikost přídavku určuje postup a katalog. Příliš velký přídavek dá velkou sílu a chvění. Příliš malý nechá břit jen klouzat a tlačit materiál, takže se povrch nezlepší.

CO SI ZAPAMATOVAT

- $Ra \approx f^2 / (32 \cdot r) \cdot 1000$. Poloviční posuv je čtyřikrát nižší drsnost.
- Teorie je nejlepší možný výsledek. Při velmi malém posuvu se povrch už nelepší.
- Nárůstek léčí vyšší řezná rychlost a ostrý, pozitivní břit.
- Hladicí záběr potřebuje správný přídavek a ostrý nástroj.

5

ROZMĚR A TVAR

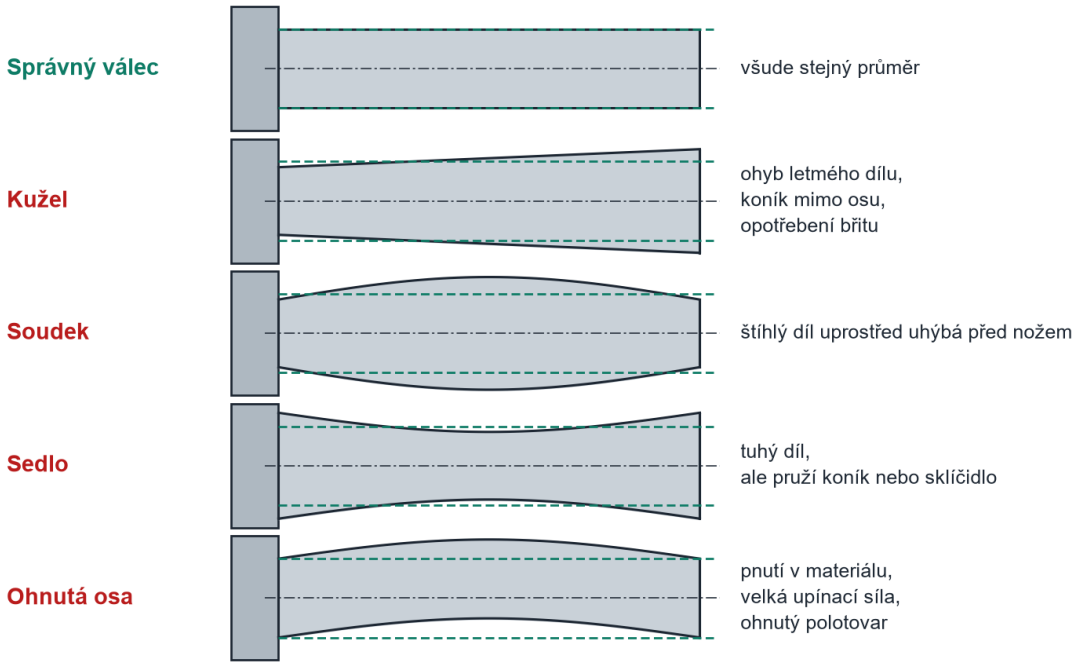
Rozměrové chyby na soustruhu

Kužel, soudek, nesoustřednost, trojhran a teplo. Jak je poznat a o kolik změnit korekci.

Nejdřív zjisti, jestli je chyba v rozměru, nebo v tvaru. Rozměr opravíš korekcí, ale tvar korekcí neopravíš. Kužel se po korekci jen posune.

Nejdřív změř tvar

U dlouhého dílu měř na více místech, u sklíčidla, uprostřed a u konce, a ve dvou směrech pootočených o 90°. Průměr se měří kolmo na osu a hledá se největší hodnota. Vřeteno musí stát.



Obr. 5.1 Typické tvarové chyby hřídele. Podle tvaru poznáš, kde hledat příčinu.

Kužel

kuželovitost = (D1 − D2) / L

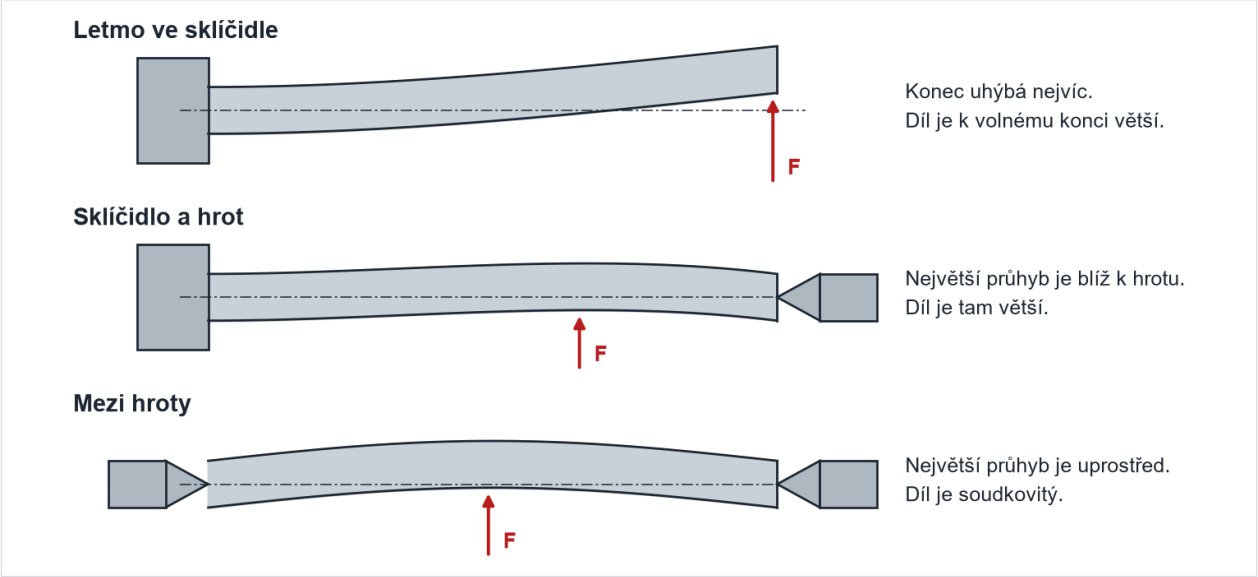
D1 a D2 průměry ve dvou místech, L vzdálenost mezi nimi. Na poloměru je rozdíl poloviční.

Co naměříš	Příčina	Jak to ověřit	Co udělat
Bez hrotu: u volného konce je díl větší	Ohyb obrobku	Opakuj průchod beze změny korekce. Když ještě bere třísku, díl uhýbal.	Zkraťvysunutí, podepři hrotem, menší ap a rádius.
S hrotem: kužel, největší chyba u konce	Koník je mimo osu	Ověří UOV úchylkoměrem.	Seřídí UOV, stroj stojí.
Díl roste ve směru řezu, i když je krátký a tuhý	Opotřebení břitu	Prohlédni břit. Nový břit chybu zmenší.	Vyměň destičku, sniž vc.
Stejný kužel i na krátkém tuhém dílu	Geometrie stroje	Ohlas UOV.	Obsluha nic neseřizuje.

Příklad 3 **Kolik je to kužel**	
Zadání	Hřídel L = 200 mm. U sklíčidla Ø39,98, u hrotu Ø40,06. Jaká je kuželovitost a chyba na poloměru?
Výpočet	40,06 − 39,98 = 0,08 mm na 200 mm, tedy 0,04 mm na 100 mm. Na poloměru 0,08 / 2 = 0,04 mm.
Výsledek	**0,08 mm na 200 mm, na poloměru 0,04 mm**
Poznámka	Seřízení koníku a jeho směr řeší UOV.

Ohyb dlouhého dílu a soudek

Dlouhý díl se před nožem ohne, nůž odebere méně a průměr je tam větší. Rozdíl průměrů je dvakrát větší než průhyb, protože průhyb chybí na poloměru.

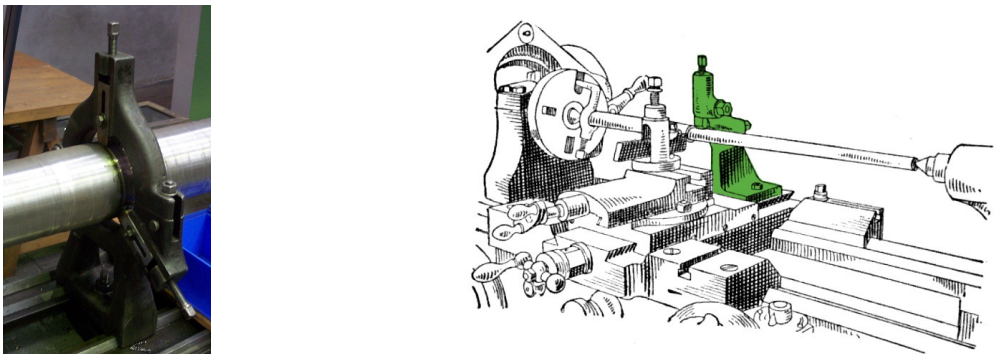


Obr. 5.2 Stejný díl a tři způsoby upnutí. Kde je průhyb největší, tam je průměr největší.

Příklad: ocelový válec Ø20, délka 300 mm mezi hroty, síla 200 N uprostřed. Pro prut na dvou podporách platí $\delta = F \cdot L^3 / (48 \cdot E \cdot I)$. Vyjde průhyb 0,068 mm a rozdíl na průměru 0,136 mm. Pomůže:

- **Podepřít.** Hrot koníku, u velmi štíhlých dílů luneta.
- **Zmenšit radiální sílu.** Menší hloubka, menší rádius špičky, úhel nastavení kolem 90°.
- **Nestlačovat díl hrotem.** Velký tlak dlouhý díl ohne. Teplý díl se navíc prodlužuje, takže tlak roste.

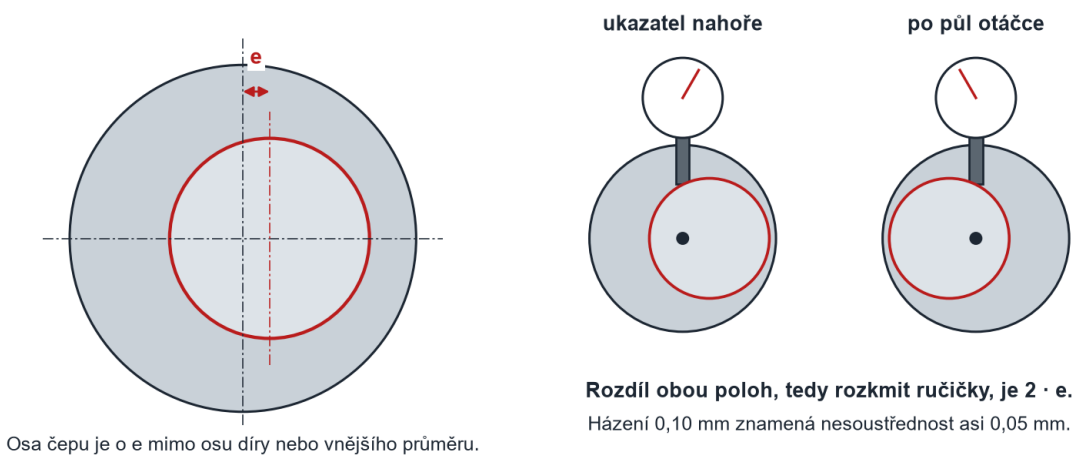
Pevná luneta se upíná na lože a opěrky drží díl po obvodu. Posuvná luneta jede se suportem těsně u nože. Místo, kde opěrky běží, musí být kruhové a čisté. Lunetu nastavuj jen na stojícím stroji a podle pokynů UOV.



Obr. 5.3 Pevná luneta na dlouhém válci, stroj z roku 1936 (vlevo). Historická kresba posuvné lunety na štíhlém dílu, zeleně, z roku 1919 (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Stahlkocher, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lünette_Drehmaschine.jpg; vpravo Henry D. Burghardt, Machine Tool Operation, 1919, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Burghardt_1919_vol_1_p_118_follower_rest.png

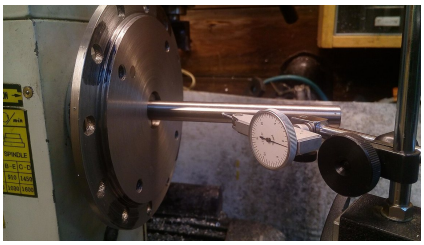
Nesoustřednost

Nesoustřednost znamená, že dva průměry nemají společnou osu. Nejčastěji vznikne, když díl přeupneš. Měří se úchylkoměrem na díle, který se otáčí ručně při vypnutém stroji. Rozkmit ručičky je dvakrát větší než skutečné vyosení.



Obr. 5.4 Nesoustřednost e a co přitom ukáže úchylkoměr.

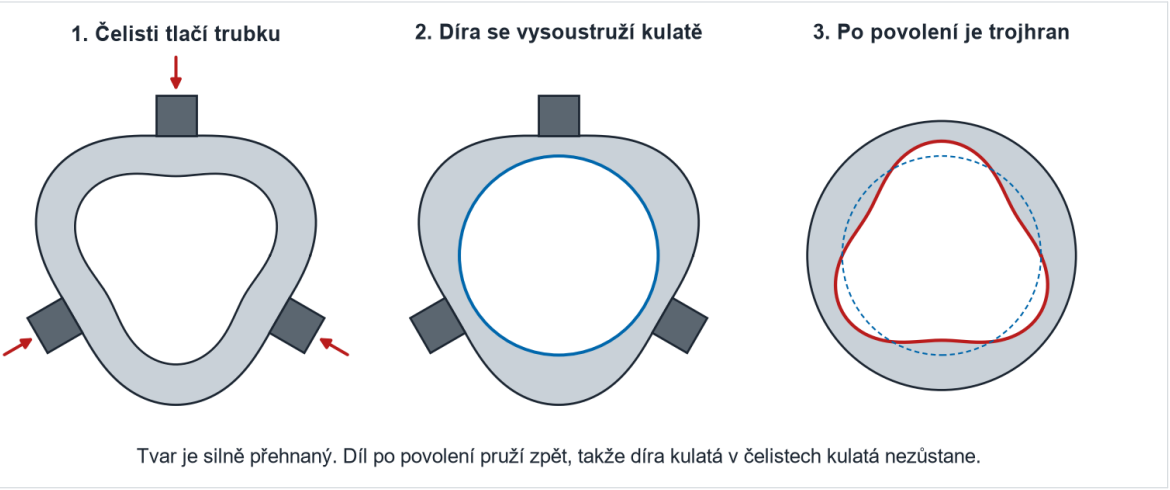
- **Přeupnutí:** dělej souosé plochy na jedno upnutí, případně měkké čelisti vysoustružené na průměr.
- **Tříska pod čelistí:** chyba je náhodná. Vyčisti čelisti a opěrku.
- **Ohnutý polotovar:** hází ještě před řezem.
- **Přísná souosost:** čtyřčelisťové sklíčidlo s ustavením nebo trn. Vybere UOV.
- **Opotřebené čelisti:** ohlas UOV.



Obr. 5.5 Kontrola házení úchylkoměrem na soustruhu.
Vlastník obrázku: David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Checking_Runout_With_Dial_Test_Indicator.jpg

Deformace ve sklíčidle a trojhran

Tenkostěnná trubka se v tříčelisťovém sklíčidle pružně stlačí na třech místech. Když v takovém stavu vysoustružíš kulatou díru a povolíš čelisti, díl se vrátí zpět a z kulaté díry je trojhran.



Obr. 5.6 Vznik trojhranu po povolení čelistí. Modře kruh vzniklý v čelistech, červeně výsledná díra.

POZOR

Trojhran obyčejný mikrometr ani dvoubodový dutinoměr nemusí poznat. Dvěma protilehlými dotyky vyjde všude stejný průměr, ale kalibr přesto nepůjde dovnitř. Podezření ověř kalibrem nebo tříbodovým měřidlem podle pokynů UOV.

Pomáhá menší upínací síla na dokončení, kterou určí UOV, protože díl nesmí vyletět. Dále měkké čelisti vysoustružené na průměr, upínací kroužek nebo pouzdro, šestičelisťové nebo segmentové upnutí. Po hrubování povol, nech díl odpružit, opatrně znovu upni a dokonči.

Teplo a tepelné roztažení

Ocel se prodlouží asi o 11,5 µm na metr a stupeň. Teplý díl naměříš větší, po vychladnutí se zmenší. U přesných rozměrů je to rozdíl mezi dobrým dílem a zmetkem.

$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t$

α délková roztažnost, L rozměr v mm, Δt rozdíl teplot ve °C. Platí pro délku i pro průměr.

Materiál	α v µm na metr a °C	Materiál	α v µm na metr a °C
Ocel	asi 11,5, běžně 10,8 až 12,5	Měď	16 až 16,7
Šedá litina	10,4 až 11	Mosaz	18 až 19
Austenitická nerez	16 až 17,3	Hliník	23

Příklad 4 Ohřátý hřídel

Zadání	Ocelový hřídel Ø40, ohřátý o 30 °C. O kolik je průměr větší?
Výpočet	ΔD = 0,0000115 · 40 · 30 = 0,0138 mm
Výsledek	**asi 0,014 mm**
Poznámka	Hliníkový díl stejné velikosti vyroste o 0,028 mm. Ocelový Ø100 při stejném ohřátí o 0,035 mm.

Příklad 5 Dobrý díl, nebo zmetek

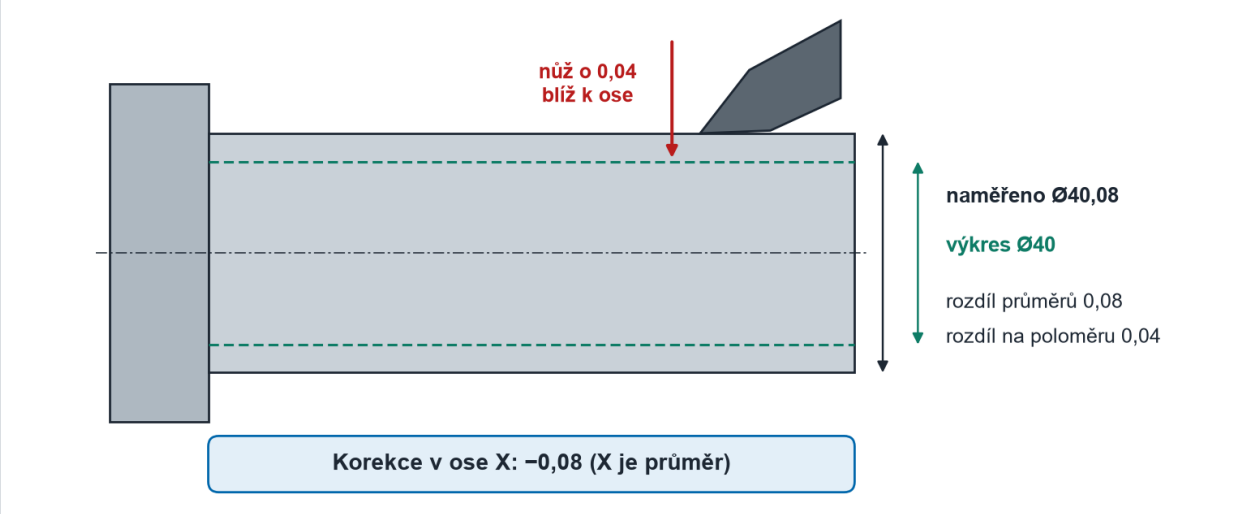
Zadání	Výkres Ø40 ±0,01. Díl je teplejší o 30 °C a naměříš Ø40,015. Je to zmetek?
Výpočet	40,015 − 0,014 = 40,001 mm po vychladnutí
Výsledek	**Po vychladnutí asi Ø40,001, tedy v toleranci**
Poznámka	Oprava korekce za tepla by z dobrého dílu udělala zmetek. Přesný rozměr měř po vychladnutí.

Kolik změnit korekci

Když je rozměr mimo toleranci, nepřepisuje se program, ale korekce. Změř díl po dokončení, ne po hrubování. Na stroji, kde X znamená průměr, platí:

korekce X = výkres − naměřeno

Záporná hodnota jede k ose, kladná od osy. Nůž se pohne o polovinu této hodnoty.



Obr. 5.7 Průměr je o 0,08 mm větší. Korekce X je −0,08 mm a nůž pojede o 0,04 mm blíž k ose.

Díl	Výkres	Naměřeno	Korekce X	Pohyb nože	Tento kus
Hřídel	Ø40	Ø40,08	−0,08	0,04 k ose	lze opravit
Hřídel	Ø50	Ø49,97	+0,03	0,02 od osy	platí až pro další kus
Díra	Ø30	Ø29,94	+0,06	0,03 od osy	lze opravit
Díra	Ø25	Ø25,04	−0,04	0,02 k ose	platí až pro další kus

V ose Z je to podobné, ale směr ověř podle obrázku. Když je osazení od čela naměřeno 30,05 místo 30,00 a čelo je nula, šel nůž o 0,05 mm dál ke sklíčidlu. Korekce Z je proto +0,05. Platí jen pro plochy dělané tímto nástrojem.

POZOR

Po opravě znovu ověř směr. Oprava o stejnou hodnotu ve špatném směru udělá chybu dvojnásobnou. Míř na střed tolerance: výkres Ø40 s úchylkami 0 a −0,05 je dobrý od 39,95 do 40,00, míř na 39,975.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Měř na více místech a ve dvou směrech. Tvar se korekcí neopraví.
- Průchod beze změny korekce prozradí, jestli díl nebo nástroj uhýbá.
- Rozkmit úchylkoměru je dvojnásobek skutečné nesoustřednosti.
- Trojhran vznikne z upnutí tenkostěnného dílu. Dvoubodové měření ho nemusí odhalit.
- Korekce X = výkres − naměřeno. Přesný rozměr měř po vychladnutí.

6

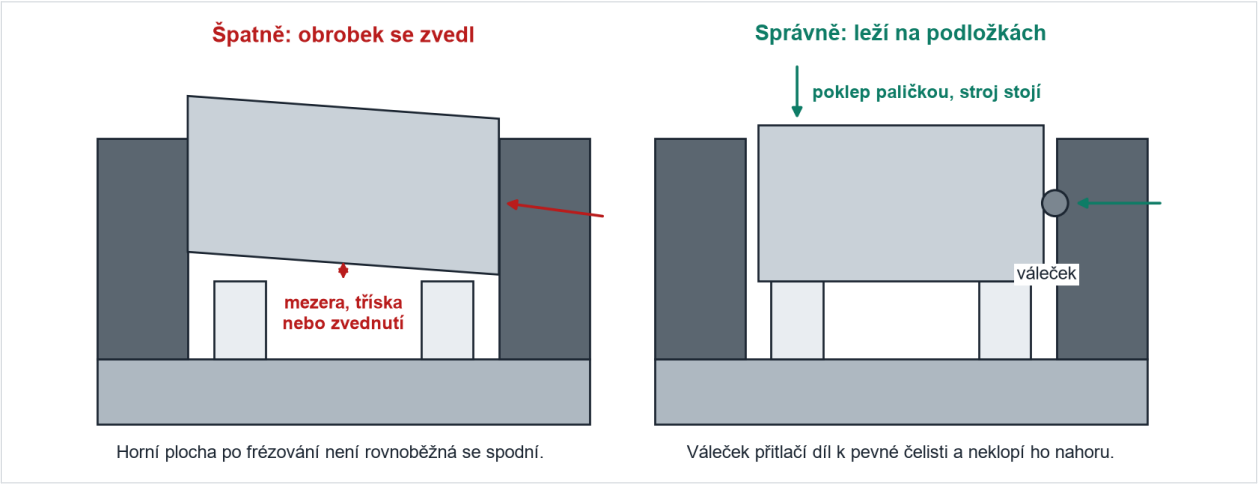
ROZMĚR A TVAR

Frézka

Rovnoběžnost, kolmost stěny, zvedání obrobku, vůle ve šroubu, stopy, otřep, zlom frézy a rozměr kapes.

Fréza je štíhlá a vyložená a díl leží ve svěráku. Velká část chyb proto vzniká pružením frézy a špatným upnutím. Vždy se nejdřív podívej do svěráku a na vyložení.

Plochy nejsou rovnoběžné nebo kolmé

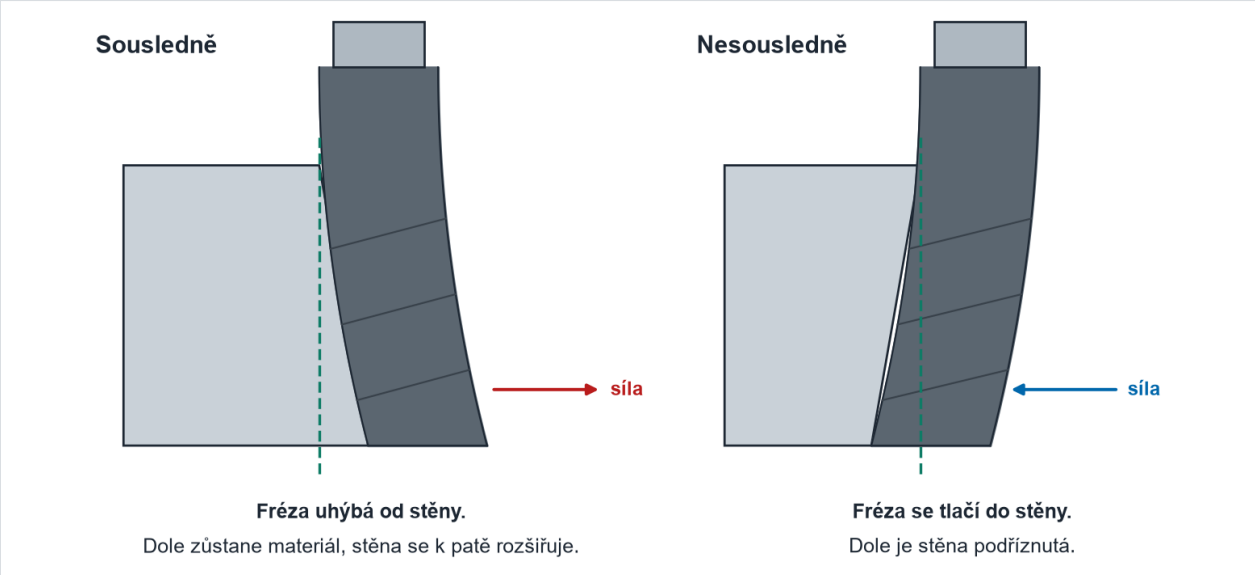


Obr. 6.1 Při utahování se díl snadno nadzvedne z podložek. Váleček na pohyblivé čelisti a poklep na stojícím stroji zajistí, že díl leží.

Co naměříš	Pravděpodobná příčina	Co udělat
Horní plocha není rovnoběžná se spodní	Tříska pod dílem, díl se zvedl, nerovné podložky.	Očisti, podlož, poklepej paličkou při stojícím stroji. Podložky nesmí jít posunout.
Boční plocha není kolmá ke spodní	Základní plocha není rovná, čelist díl klopí.	Začni rovnou základní plochou, přidej váleček.
Díl se po uvolnění prohne	Velká síla na tenkém dílu, pnutí v materiálu.	Menší síla na dokončení, ptej se UOV.
Chyba stále stejným směrem	Svěrák, hlava nebo osa vřetena není ustavená.	Ohlas UOV, kontroluje se úchylkoměrem.

Stěna není kolmá kvůli ohybu frézy

Fréza je vyložený prut. Při řezu se odtlačí a její špička jede jinde než upnutá část. Stěna je pak šikmá, i když program jede přesně svisle. Vyložení zvětšené z 30 na 45 mm dá 3,4krát větší ohyb.



Obr. 6.2 Ohyb frézy a tvar stěny. Sousledně fréza uhýbá od stěny, nesousledně se k ní tlačí. Zeleně čárkovaně stěna podle výkresu.

- Kratší vyložení a větší průměr frézy, pokud to tvar dovolí. Hluboký obrys rozděl na vrstvy.
- Hrubuj s přídavkem a dokonči malým záběrem do šířky ae, na plnou výšku stěny.
- Na závěr jeď průchod beze změny korekce. Když ještě bere, fréza uhýbala. Tupá fréza se odtlačí víc.

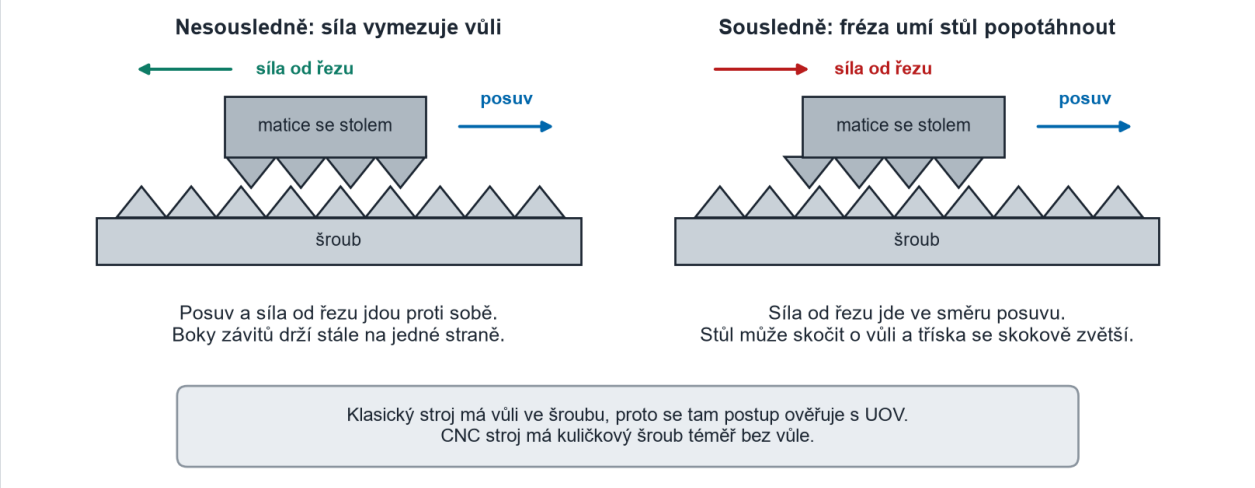
Zdvih: co se může zvednout

Obrobek. Nesousledné frézování má tendenci díl nadzvedávat ze stolu. Sousledné ho táhne k fréze. Upnutí musí unést obojí. Slabě upnutý díl se začne pohybovat, plocha je nerovná, nebo se zlomí fréza.

Fréza. Fréza se šroubovicí se při řezu snaží vytáhnout z držáku. Když drží slabě, nebo je kleština špinavá, začne se vysouvat. Řez je hlubší, než má být, kapsa má schod a hrozí kolize. Kontroluj čistotu kleštiny, délku upnutí a dotažení předepsaným klíčem. Špička po skončení nesmí být níž než předtím.

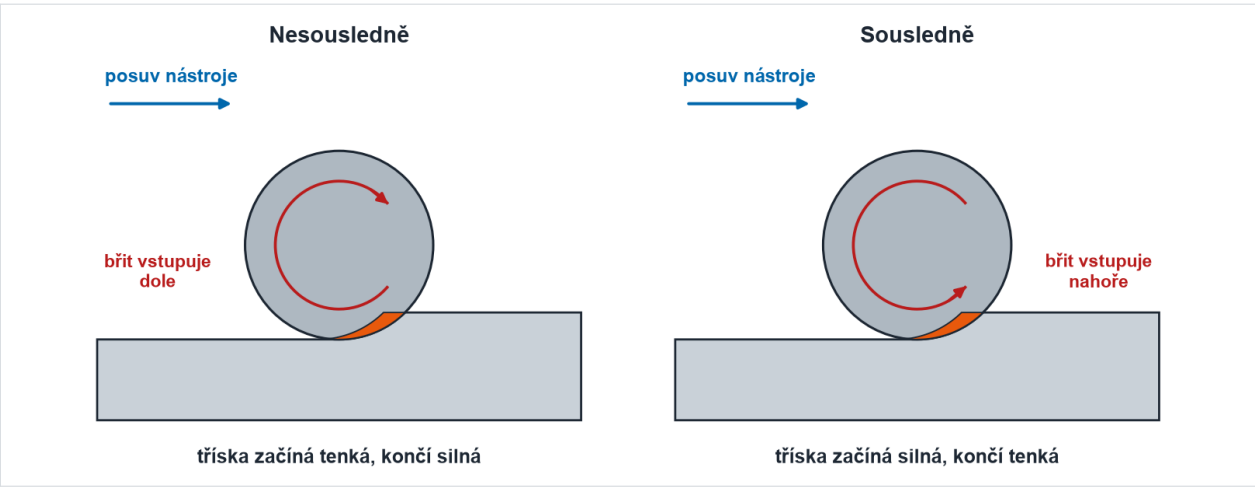
Vůle ve šroubu

Mezi šroubem a maticí bývá na klasické frézce vůle. Když se změní směr posuvu, stroj ujede dráhu naprázdno a rozměr je mimo. Na CNC stroji kuličky mezi šroubem a maticí vůli téměř odstraňují. Když se tam rozměr mění podle směru jízdy, sám to neřeš a ohlas to UOV.



Obr. 6.3 Vůle mezi šroubem a maticí. Sousledné frézování umí stůl popotáhnout.

Sousledné a nesousledné frézování



Obr. 6.4 Oba způsoby frézování a tvar třísky. Oranžově je průřez třísky.

	Sousledné	Nesousledné
Tříska	začíná silná, končí tenká	začíná tenká, končí silná
Výhody	lepší povrch, menší tření a ohřev, delší životnost	méně citlivé na vůli ve šroubech a tvrdou kůru
Nevýhody	stůl může skočit o vůli, břit najíždí přímo do kůry	břit nejdřív tře, víc se zahřívá, snadno dělá otřep
Ohyb frézy	uhýbá od stěny	tlačí se do stěny
Typické použití	CNC stroje s kuličkovými šrouby	klasické stroje s vůlí, kůra

Stopy na povrchu

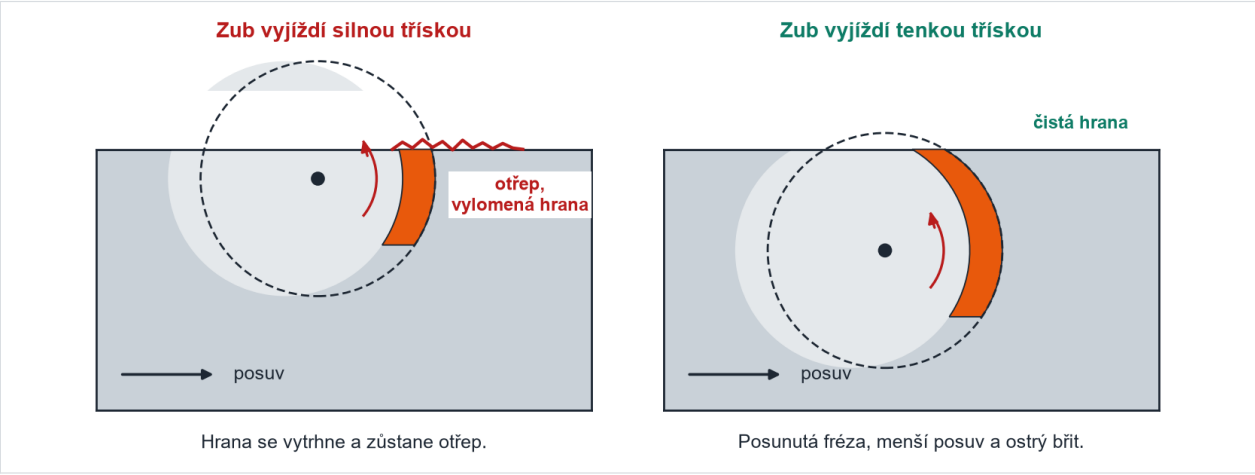


Obr. 6.5 Stopy po čelním frézování. Podle tvaru poznáš, co hledat. Schéma je zjednodušené.

Stopa	Pravděpodobná příčina	Co zkusit
Pravidelné oblouky jedním směrem	Běžný posuv na zub	Menší fz, hladicí průchod.
Křížové stopy	Zadní zuby řežou, osa vřetena není kolmá	Ohlas UOV, menší ap nebo průměr.
Jedna hlubší stopa v každé otáčce	Jeden břit vyčnívá, házení frézy	Zkontroluj destičky, změř házení.
Schody na stěně mezi vrstvami	Opotřebená nebo odtlačená fréza	Dokonči na plnou výšku jedním průchodem.
Stopa na místě, kde fréza stála	Program se zastavil v řezu	Bez vážného důvodu nezastavuj v řezu.

Vyštípnutí na výběhu a otřep

Když zub vyjíždí z materiálu se silnou třískou, tlačí hranu před sebou a kus vytrhne. Na konci řezu vzniká vylomená hrana nebo otřep. Pomůže, když zub na výběhu dělá co nejtenčí třísku.



Obr. 6.6 Pohled shora. Oranžově tříska, kterou zub právě odebírá. Čím je na výběhu tenčí, tím je hrana čistší.

- Posuň frézu vůči dílu, zmenši posuv na zub a použij ostrý břit. Tupý břit tlačí.
- Pokud to stroj dovolí, jeď sousledně. Nesousledné frézování dělá otřep snadněji.
- Otřepy sundávej na stojícím a vyjmutém dílu pilníkem nebo srážečem. Otřep je ostrý, rukou po něm nejezdi.

Zlom frézy

Fréza nepraská bez důvodu. Po zlomení hned zastav. Odlomený kus může být zaklíněný v materiálu a na další frézu by působil jako překážka.

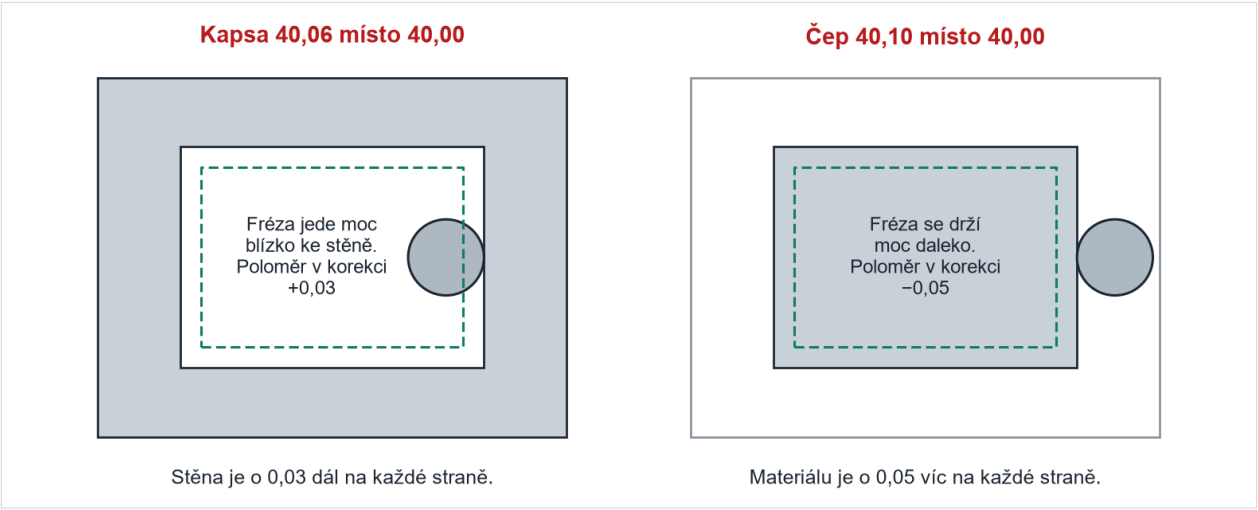
Příčina	Jak se pozná	Jak se tomu vyvarovat
Velký záběr nebo posuv	Zlom přišel při vstupu do plného materiálu.	Zmenši ap, ae nebo fz podle katalogu.
Třísky v drážce	V kapse je zapečená tříska.	Lepší odvod třísek, chlazení na místo řezu, víc průchodů.
Dlouhé vyložení	Zlom blízko držáku, předtím chvění.	Co nejkratší nástroj.
Svislé zanoření	Zlom hned při zanoření. Fréza nemá ve středu vždy břit.	Rampa, šroubovice nebo předvrtaná díra.
Tupý břit	Zvuk a povrch se zhoršily už předtím.	Vyměň včas.
Pohnutý obrobek	Díl je posunutý, stopy po nárazu.	Pevnější upnutí, menší řez.

POZOR

Odlomené kousky karbidu jsou ostré a odlétají. Brýle nech na očích i po zastavení. Zbytky nevybírej rukou, použij háček nebo štětec. Když je kus frézy zaklíněný v díle, nový nástroj do něj nepouštěj a zavolej UOV.

Rozměr kapsy a čepu

Rozměr obrysu se upraví korekcí poloměru frézy. Rozdíl šířky se dělí dvěma, protože patří na obě strany. Kapsa a čep se chovají opačně.



Obr. 6.7 Kapsa a čep. Stejná změna poloměru v korekci dělá s kapsou a s čepem opak. Zeleně čárkovaně rozměr podle výkresu.

Kde	Výkres	Naměřeno	Na každé straně	Korekce poloměru	Tento kus
Kapsa	40,00	40,06	0,03 navíc	+0,03	Oprava nejde, kapsa je širší.
Kapsa	40,00	39,94	0,03 chybí	−0,03	Opravitelné dalším průchodem.
Čep	40,00	40,10	0,05 navíc	−0,05	Opravitelné dalším průchodem.
Čep	40,00	39,96	0,02 chybí	+0,02	Oprava nejde, čep je užší.

Hloubka se upravuje korekcí délky. Kapsa o 0,02 mm mělčí znamená úpravu délky o tuto hodnotu. Směr si vždy ověř, délka špatným směrem může vést i ke kolizi. Když je kapsa dole užší, je to ohyb frézy. Vnitřní roh podřízlý znamená příliš velkou frézu: rádius rohu musí být větší než poloměr frézy.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Svěrák čistý, podložky, poklep paličkou jen při stojícím stroji.
- Fréza je vyložený prut. Sousledně uhýbá od stěny, nesousledně se tlačí do ní.
- Na CNC se běžně pracuje sousledně. Stroj s vůlí a kůra chtějí ověření s UOV.
- Zlom frézy má příčinu: záběr, třísky, vyložení, zanoření, tupý břit nebo pohyb dílu.
- Kapsa a čep jdou s korekcí poloměru opačně. Na každou stranu patří polovina rozdílu.

7

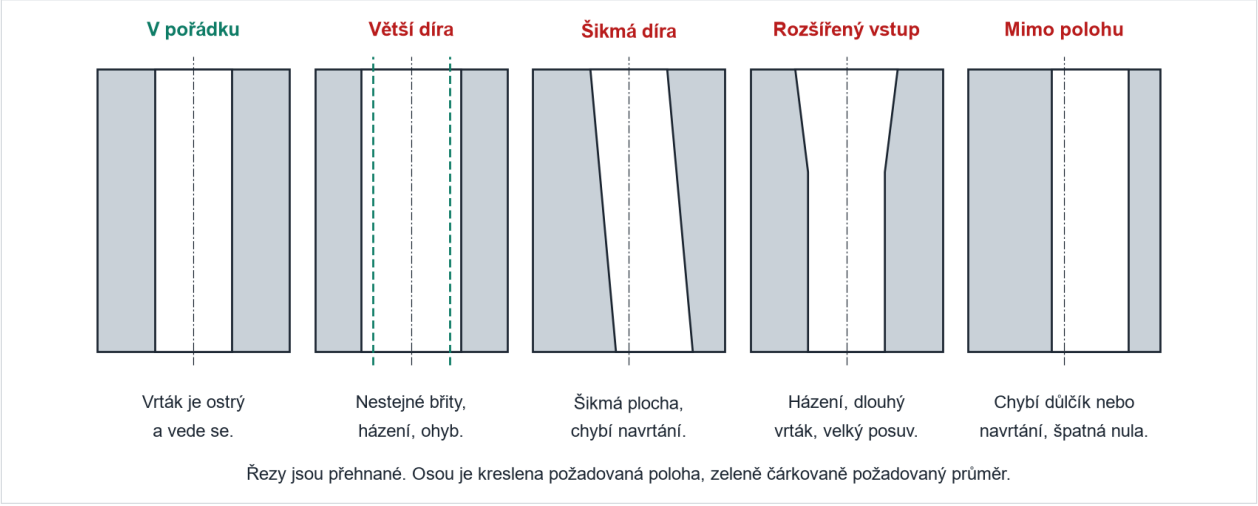
ROZMĚR A TVAR

Vrtání a závity

Díra širší nebo šikmá, ulomený a přepálený vrták, zlomený závitník, špatný závit a mezní kalibr.

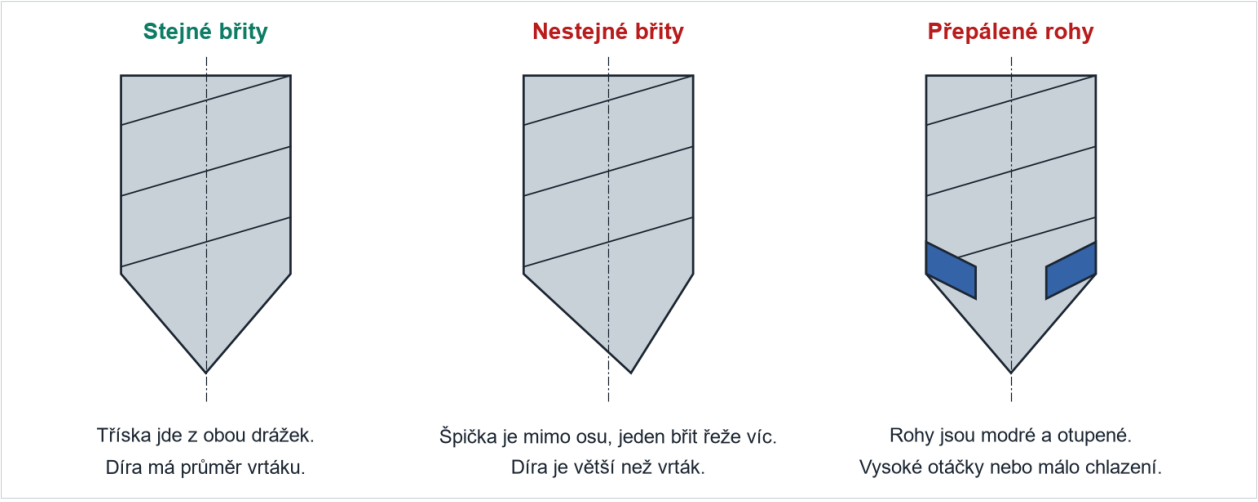
V materiálu nevidíš, co vrták dělá. Proto hlídej třísku, zvuk a tlak. Výpočty otáček a posuvu najdeš v učebním materiálu Řezné rychlosti a otáčky.

Díra není, jaká má být



Obr. 7.1 Běžné chyby díry v podélném řezu. Podle tvaru poznáš, kde hledat chybu.

Chyba	Příčina	Co udělat
Díra je větší než vrták	Nestejné břity, špička mimo osu, házení, velký posuv	Správně naostři nebo vyměň, zkontroluj házení.
Díra je šikmá	Vrták se sveze, šikmá plocha, malá tuhost	Navrtej, kratší vrták, menší posuv na vstupu.
Díra je mimo polohu	Chybí důlčík nebo navrtání, špatná nula, díl se pohnul	Důlčík, navrtání, zkontroluj nulu a upnutí.
Rozšířený vstup	Házení, dlouhý vrták, velký posuv při vstupu	Házení, kratší vrták, menší vstupní posuv.
Otřepy na výstupu	Velký posuv na konci, tupý vrták	Před provrtáním uber, podlož.
Díra se zužuje	Velké teplo, málo chlazení	Lepší chlazení, menší otáčky.



Obr. 7.2 Pohled na špičku vrtáku. Nestejné břity zvětší díru. Přepálené rohy znamenají příliš horký řez.

Přepálený a ulomený vrták

Přepálený vrták poznáš podle modré barvy a otupených rohů. Rychlost je na rohu největší, proto se tam přehřeje jako první. Hlavní příčiny jsou příliš vysoké otáčky, otáčky po předchozím vrtáku, málo kapaliny a třísky v drážkách. Například Ø10 HSS v oceli při vc 20 m/min je 637 ot/min, Ø16 jen 398 ot/min.

Když se vrták ulomí, **hned zastav**. Nesnaž se ho vytáhnout za chodu ani obrobek chytat rukou. **Nevrtej do něj** běžným vrtákem, je kalený a zničí se další nástroj. **Ukaž to UOV.** Vytahuje se speciálním vytahovákem nebo elektroerozí, to není práce pro obsluhu samotnou.

Jak se tomu vyvarovat:

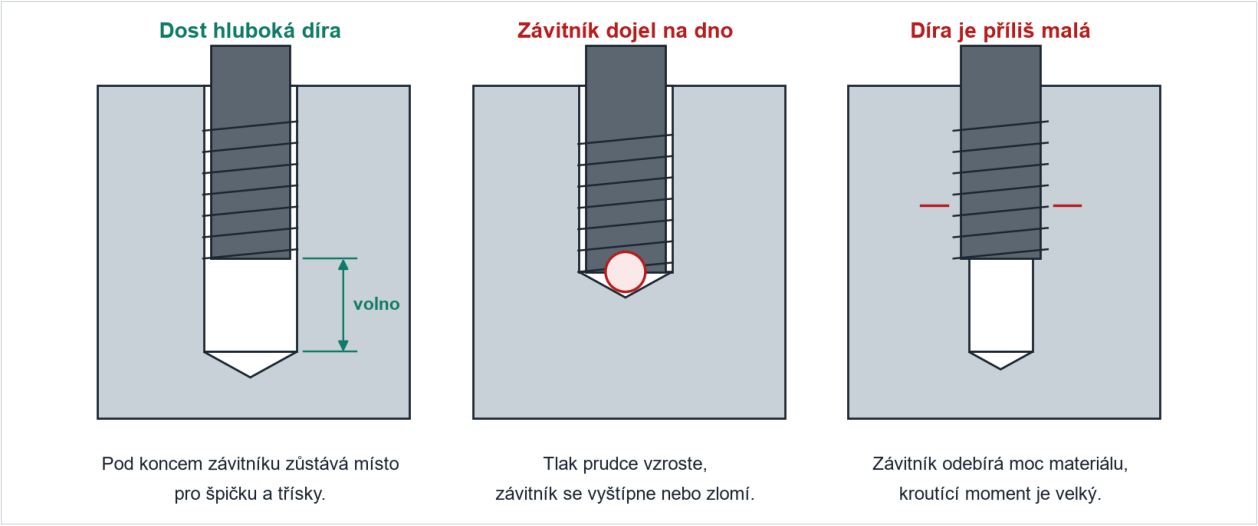
- vrták krátký a ostrý,
- v hluboké díře vyjíždět,
- před provrtáním ubrat,
- díl pevně upnout, nikdy v ruce,
- do jiné díry vrtat zvlášť opatrně.



Obr. 7.3 Šroubovité vrtáky s kuželovou stopkou Morse v několika velikostech.
Vlastník obrázku: Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DrillsMorseTaperShank1234.jpg

Závitník

Závitník je kalený, tvrdý a křehký. Nesnáší ohyb ani zastavení při zaseknutí. Otáčky a posuv jsou pevně svázané se stoupáním. Než začneš, ověř předvrtanou díru, její využitelnou hloubku a typ závitníku.



Obr. 7.4 Tři stavy v díře. Díra musí být hlubší než závit, protože špička vrtáku a začátek závitníku neřežou plný závit.

Co se stane	Příčina	Co udělat
Závitník se zlomil	Malá díra, velký moment, opotřebený závitník, dojel na dno, tříska, sucho, vysoká rychlost	Hlubší díra nebo kratší závit, nový závitník, kapalina, předvrtání podle tabulky.
Závitník se vyštípl	Dno díry, tříska, zpevněný povrch v díře, špatný typ	Správný nástroj, mazání, hlubší díra.
Závit je větší	Špatná tolerance nebo typ, chybný axiální posuv, nízká rychlost, nevhodný držák	Závitník s menší tolerancí, správný posuv, jiný držák.
Závit je menší	Opotřebený závitník, malá díra, materiál se stáhne	Nový závitník, větší předvrtání.

Závazný průměr předvrtání je v tabulce výrobce závitníku. Pro řezaný metrický závit s hrubým stoupáním se pro orientaci používá **d − P**. Tvářecí závitníky potřebují jiný, obvykle větší průměr. Výška profilu je teoretická, přesná hodnota je v tabulkách.

Závit	Stoupání P	d − P	Běžný vrták	Výška profilu vnějšího závitu
M6	1 mm	5 mm	Ø5	0,61 mm
M8	1,25 mm	6,75 mm	Ø6,8	0,77 mm
M10	1,5 mm	8,5 mm	Ø8,5	0,92 mm
M12	1,75 mm	10,25 mm	Ø10,3	1,07 mm

Zlomený závitník: zastav, nerozhýbávej ho a nevrtej do něj běžným vrtákem. Zavolej UOV. Třísky se opatrně odstraní a pak se volí vytahovák nebo erozivní odstranění. Změř předvrtání a hloubku, aby se to neopakovalo.





Obr. 7.5 Sada závitníků a závitových čelistí s držáky (vlevo) a strojní závitník M24 × 2 (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Schumi4ever, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Threading_dies_and_screw_taps.jpg; vpravo Christoph Baumgartinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Machine-screw-tap-1.JPG

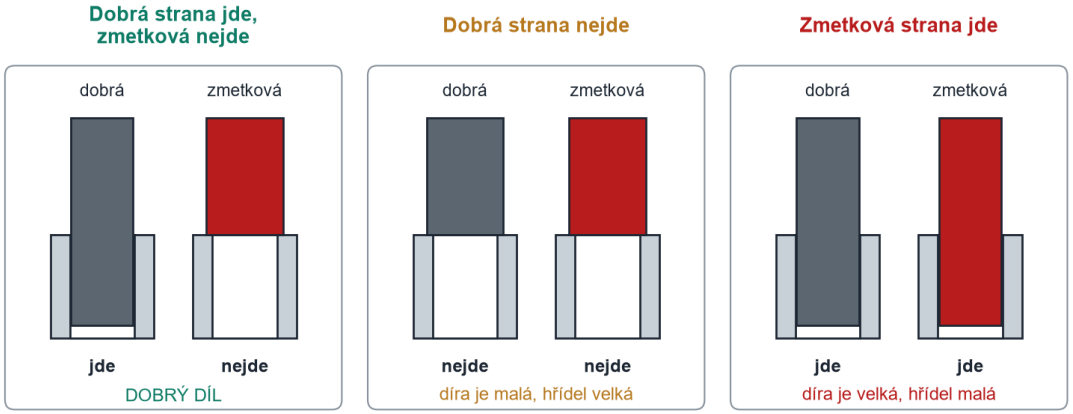
Závit na soustruhu

Závit nožem se dělá po více průchodech. Hlavní chyba je špatná hloubka. U vnějšího závitu to znamená:

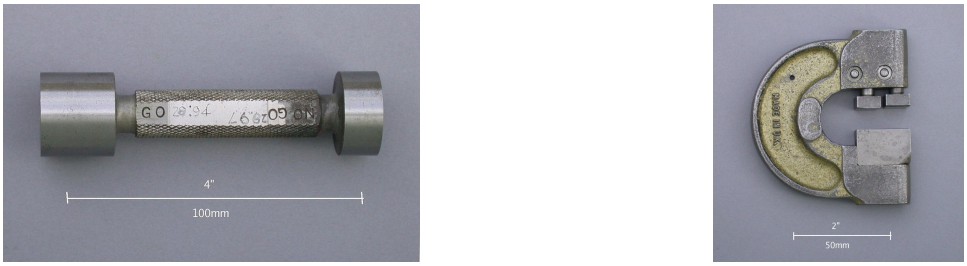
Co vidíš	Příčina	Co udělat
Kalibr nejde, závit je velký	Malá hloubka, velký výchozí průměr	Změř průměr a stoupání, dorovnej podle UOV.
Kalibr se viklá, závit je malý	Velká hloubka, malý výchozí průměr	Díl bývá neopravitelný. Oprav pro další kus.
Špatné stoupání	Špatně přečtený výkres	Porovnej se šablonou a výkresem.
Vytrhané boky	Třísky, nárůstek, špatné mazání	Mazání, lepší odvod třísek, nová destička.
Otlačený začátek závitu	Chybí sražení, díl se dotkl jiného	Před závitem sraž hranu, díl chraň.

Mezní kalibr

Mezní kalibr neukazuje číslo, ale odpověď: dobrý, nebo špatný. U díry odpovídá dobrá strana nejmenšímu povolenému rozměru a zmetková největšímu. U hřídele je to obráceně.



Obr. 7.6 Tři výsledky s mezním kalibrem. Dobrý díl je jen ten, na kterém dobrá strana jde a zmetková nejde.



Obr. 7.7 Válečkový kalibr s dobrou stranou GO a zmetkovou NO GO (vlevo). Mezní třmenový kalibr na hřídel (vpravo). *Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GaugePlugSpecialGoNoGo.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GaugeGapPlainGoNoGo.jpg*

Když kalibr nejde	Co to může být	Co zkontrolovat
Dobrá strana nejde do díry	Díra je malá, otřep, kuželovitost, trojhran.	Otřep, čistota, teplota, dutinoměr. Opravitelné.
Dobrá strana nejde na hřídel	Hřídel je větší, soudek, otřep.	Mikrometrem na více místech. Opravitelné.
Zmetková strana jde	Díra je větší, hřídel je menší.	Neopravitelné. Zastav sérii, hledej příčinu.
Závitová zmetková strana jde hluboko	Závit je větší, opotřebený závitník.	Povolené zašroubování určí norma a UOV.

POZOR

Kalibr se nikdy nezatlačuje silou a nikdy se nezkouší za chodu. Vloží se do čistého, stojícího a vychladlého dílu. Násilí kalibr poškodí a od té chvíle měří špatně.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Díra větší než vrták: nestejné břity a házení. Šikmá díra: chybí navrtání nebo tuhost.
- Vrták přepaluje hlavně vysoká rychlost, málo kapaliny a třísky v drážkách.
- Zlomený vrták ani závitník se nevrtá běžným vrtákem. Vždy zavolej UOV.
- Závitník láme hlavně malá díra, dno díry, tříska a chybějící mazání.
- Dobrý díl: dobrá strana jde, zmetková nejde. Násilím nikdy.

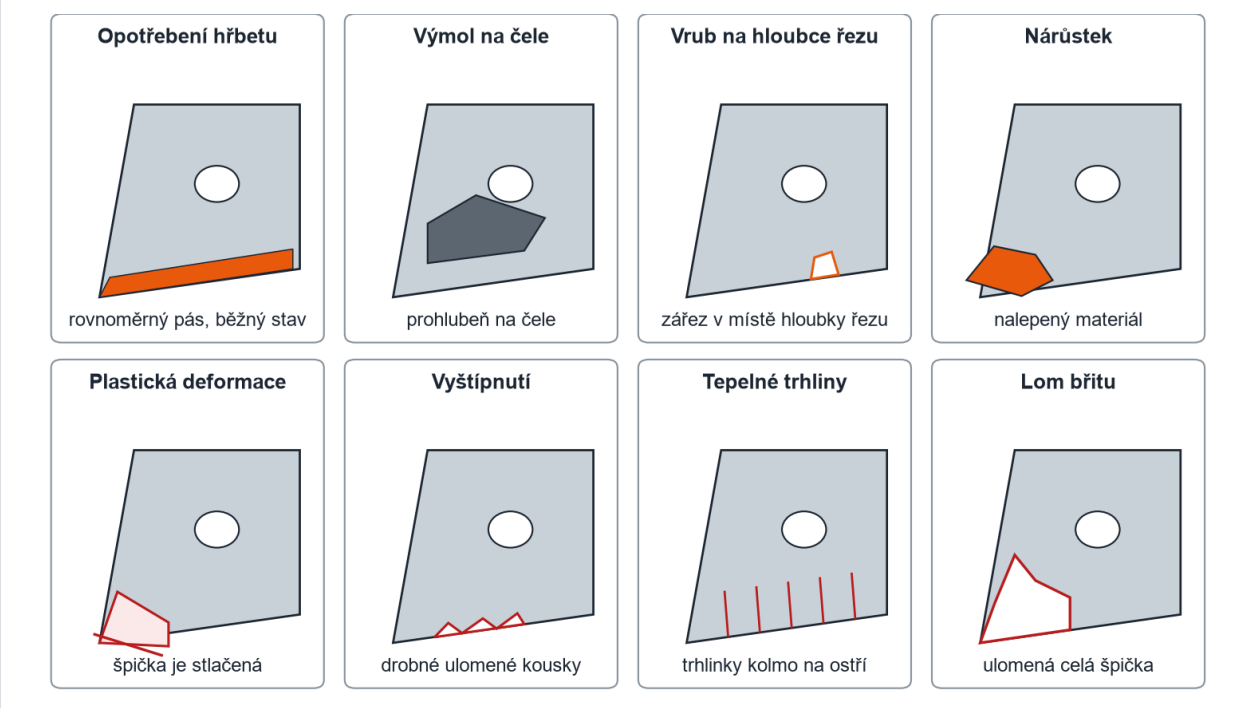
8

PŘÍČINY JINDE NEŽ V ŘEZU

Nástroj a destička

Druhy opotřebení břitu, co s nimi dělat, jak se projeví na dílu a co po ulomené destičce.

Břit se opotřebovává vždy. Pravidelné opotřebení je běžné a dá se předvídat. Vylomený břit, trhliny nebo lom jsou signál, že je problém v řezu. Břit si prohlédni na stojícím stroji, když si nejsi jistý, tak i lupou.

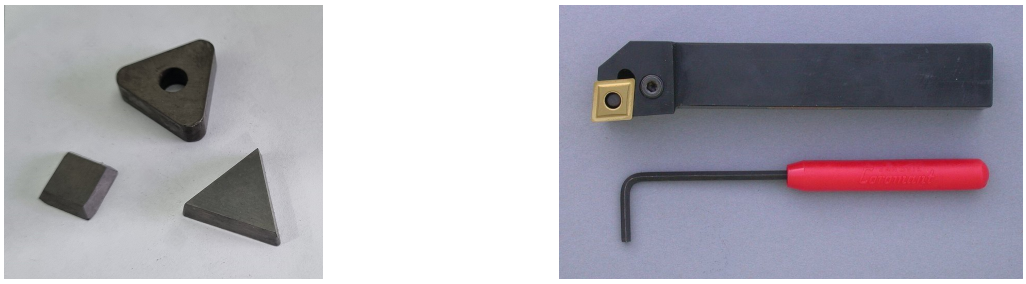


Obr. 8.1 Běžné druhy opotřebení a poškození břitu na schématu destičky. Oranžově a červeně je poškozené místo.

Druh	Příčina	Co udělat	Co uvidíš na dílu
Opotřebení hřbetu	Běžný stav, rychle při vysoké vc nebo tvrdých částicích	Výměna včas, nižší vc, odolnější destička	Rozměr pomalu ujíždí, u vnějšího průměru roste. Horší povrch, otřepy.
Výmol na čele	Vysoká teplota, vysoká vc a posuv	Sniž vc a posuv, odolnější povlak, pozitivnější geometrie	Tříska jde jinak, břit je slabší a může se ulomit.
Vrub na hloubce řezu	Zpevnění materiálu, kůra, okuje	Měň hloubku řezu, úhel nastavení, ostřejší břit	Otřep na hraně hloubky řezu, hrubší povrch.
Nárůstek	Nízká vc, měkký nebo lepivý materiál	Zvyš vc, chlazení, pozitivní geometrie	Trhaný povrch, proměnlivý rozměr.
Plastická deformace	Vysoká teplota a tlak	Sniž vc a posuv, tvrdší destička, chlazení	Rozměr náhle ujel, otřepy.
Vyštípnutí	Chvění, přerušovaný řez, křehká destička	Zvyš tuhost, houževnatější destička	Čára v povrchu, jiný zvuk, klepání.
Tepelné trhliny	Střídání teplot, přerušovaný řez s kapalinou	Sjednoť chlazení nebo pracuj bez něj, sniž vc	Nejdřív nic, později vyštípnutí.
Lom břitu	Přetížení, kolize, velké opotřebení, špatné dosednutí	Zkontroluj podmínky, obrobek, lůžko a šroub	Rána, poškozený díl, špička zapíchnutá v díle.

PAMATUJ

Opotřebení hřbetu je nejlepší druh opotřebení, jaký může být, protože je rovnoměrné a předvídatelné. Když se na břitu objeví něco jiného, hledej příčinu v řezu, ne jen v destičce.



Obr. 8.2 Destičky ze slinutého karbidu (vlevo) a soustružnický držák s vyměnitelnou destičkou (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo Mauro Cateb, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tungsten_carbide_inserts.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg

Kdy destičku otočit nebo vyměnit

Když se povrch zhoršil a nejde to dohnat úpravou, rozměr ujíždí rychleji než dřív, zvuk řezu je jiný, stroj má vyšší zátěž nebo vznikají otřepy. S vyštípnutým nebo prasklým břitem dál neřež. Destičku nejdřív otoč na nepoužitou stranu, pokud ji má. Po výměně zkontroluj dosednutí a první řez měř. Korekce opotřebení se po výměně destičky obvykle vynuluje, ověř to s UOV.

Ulomená destička

1. **Zastav.** Při ráně použij nouzové zastavení. Počkej, až vřeteno stojí. Zlomky jsou ostré a horké.
2. **Najdi zbytek destičky.** Může být zapíchnutý v díle. Další břit by na něm hned skončil.
3. **Prohlédni držák.** Lůžko, podložka a šroub. Poškozený držák způsobí další lom.
4. **Očisti lůžko.** Tříska pod destičkou je častá příčina lomu. Dotáhni předepsaným klíčem a přiměřenou silou.
5. **Hledej příčinu a ukaž díl UOV.** Tvrdá kůra, přetížení, přerušovaný řez, chvění, velké opotřebení. Díl s otlačenou plochou může být zmetek, i když rozměr sedí.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Pás na hřbetu je běžné opotřebení. Vyštípnutí a lom znamenají problém v řezu.
- Vysoká teplota dělá výmol a plastickou deformaci. Sniž vc.
- Nízká teplota a lepivý materiál dělají nárůstek. Zvyš vc.
- Po lomu hledej zbytek destičky a zkontroluj lůžko.

9

PŘÍČINY JINDE NEŽ V ŘEZU

Materiál a chyby čtení

Špatný polotovar, tvrdé místo, kůra, chybné čtení výkresu a měřicí chyba, která se tváří jako výrobní.

Někdy stroj, nástroj i program fungují správně a přesto vyjde zmetek. Chyba je v polotovaru, v přečteném rozměru, nebo v měření.

Špatný polotovar

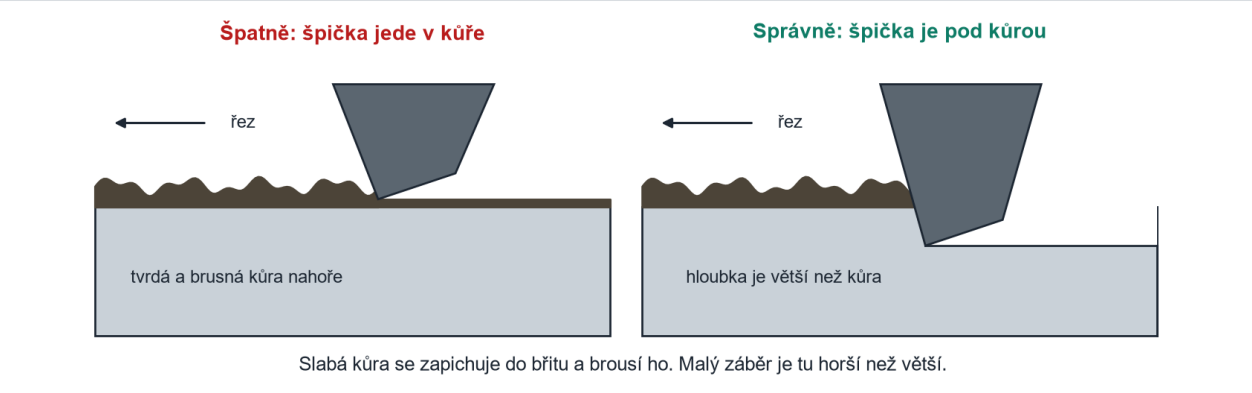
Příznak	Co to může být	Co udělat
Tříska je jiná, rychle se ničí břit	Jiný materiál nebo tvrdší šarže	Ověř označení a dodací list. Zeptej se UOV.
Polotovar po upnutí hází	Ohnutá tyč, nesoustředný odlitek	Zkontroluj úchylkoměrem před řezem.
Po uvolnění se díl prohne	Pnutí z válcování, velké odběry z jedné strany	Odebírej rovnoměrně, ptej se UOV.
Nestačí materiál	Malý přídavek, kratší polotovar	Před prací změř a porovnej s postupem.
Otvory a bubliny v řezu	Vnitřní vady materiálu	Zastav, ukaž UOV.

Tvrdé místo

Tvrdé místo ve svaru nebo po řezání plamenem umí zničit destičku. Podobně se chová místo zpevněné předchozím obráběním nebo tupým nástrojem. Poznáš ho podle náhlé změny zvuku, lesklé plochy a jisker. Nesnaž se ho prorazit větším tlakem. Zastav, prohlédni břit a zeptej se UOV. Kalený materiál od asi 45 HRC potřebuje nástroj pro skupinu H.

Kůra a okuje

Válcovaný, kovaný a odlitý materiál má na povrchu kůru a okuje. Jsou tvrdé a brusné. Hloubka řezu musí být větší než tloušťka kůry. U litiny první třísku veď pod kůrou a nezačínej malým záběrem.



Obr. 9.1 Hloubka řezu a kůra. Když špička jede v kůře, opotřebí se během chvíle. Tloušťka kůry je přehnaná.

Chybné čtení výkresu

Výkres si přečti celý ještě před seřízením. Nejčastější omyly se opakují:

Omyl	Co se stane	Jak se mu vyvarovat
Záměna průměru a poloměru	Díl je dvakrát menší nebo větší	Hledej značku Ø a R. X na soustruhu je průměr.
Přehlédnutá tolerance	Rozměr je v pořádku jen zdánlivě	U každého rozměru si přečti úchylky a značky.
Přehlédnutá drsnost nebo tvar	Rozměry sedí a díl je zmetek	Před prací si je označ.
Závit bez stoupání	Nesedí kalibr	M10 je hrubý závit, M10 × 1 jemný. Jiné závitníky.
Kóta od jiné základny	Celý díl je posunutý	Odkud je kóta? Podle toho nastav nulu.
Stará verze výkresu	Přesně vyrobený, ale špatný díl	Ověř revizi výkresu s UOV.
Měření z výkresu pravítkem	Měřítko nesedí	Z výkresu se neměří. Platí čísla kót.

Měřicí chyba místo výrobní

Než sáhneš na korekci, ověř si, že měříš správně. Korekce podle špatného měření udělá ze skoro dobrého dílu zmetek. Vřeteno stojí, plocha i měřidlo jsou čisté. Ověř nulu, měř znovu, pak jiným měřidlem a u přesného rozměru po vychladnutí.

Jak rozlišit	Měřicí chyba	Výrobní chyba
Opakování na stejném místě	Hodnoty skáčou	Hodnoty sedí v rámci rozlišení
Jiné měřidlo	Ukáže něco jiného	Ukáže totéž
Nula měřidla	Nula neseděla	Nula sedí
Po očištění	Rozdíl zmizí	Rozdíl zůstane
Po vychladnutí	Rozměr se změní	Rozměr je stále mimo

Běžná chyba při měření	Co s tím
Šikmé přiložení posuvného měřítka	Měř kolmo na osu, přiloženou plochou.
Velká síla na mikrometr	Použij řehtačku.
První hodnota na průměru	Hledej největší hodnotu, ne první, kterou uvidíš.
Rozlišení je hrubší než tolerance	Posuvné měřítko na přesnou toleranci nestačí. Vezmi mikrometr.
Měřidlo po pádu	Ověř nulu a etalon, poškozené vyřaď a ohlas UOV.



Obr. 9.2 Posuvné měřítko (vlevo) a třmenový mikrometr 0 až 25 mm (vpravo).
Vlastník obrázku: vlevo ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg; vpravo Lucasbosch, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahr_Micromar_40A_0–25_mm_Micrometer.jpg

CO SI ZAPAMATOVAT

- Když je tříska jiná než obvykle, ověř materiál.
- Tvrdé místo se nedá prorazit tlakem. Hloubka řezu musí být větší než kůra.
- Kontroluj značky Ø a R, toleranci, drsnost a základnu kóty.
- Než změníš korekci, ověř měření. Dvakrát měř, jednou oprav.

PŘÍČINY JINDE NEŽ V ŘEZU

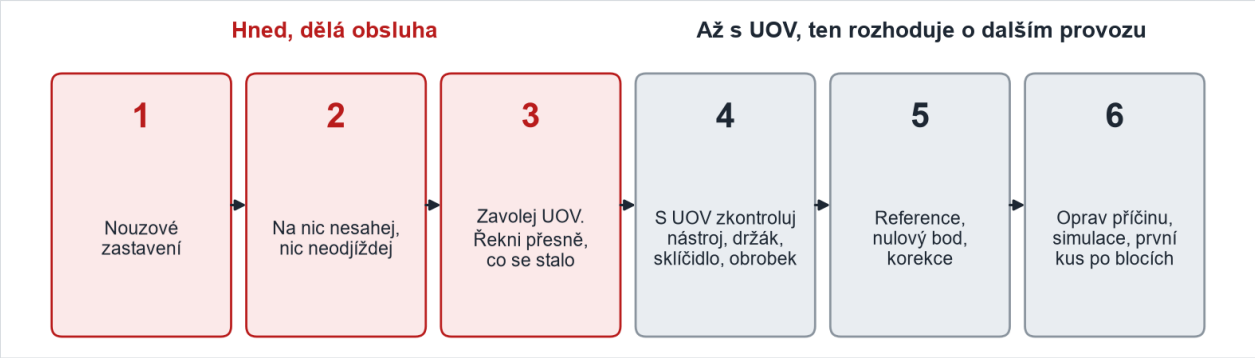
10 CNC specifika

Kolize, omyl v korekci, nulový bod a zmetek, který se opakuje. Bez vazby na konkrétní řídicí systém.

CNC stroj přesně provede každé číslo, i špatné. Chyba se proto zopakuje a stroj jede rychleji, než stačí člověk reagovat. Kapitola platí obecně, bez ohledu na řídicí systém. Tlačítka a menu svého stroje najdeš v příslušném manuálu.

Kolize a co udělat po nárazu

Kolize je náraz nástroje, držáku nebo hlavy do obrobku, sklíčidla nebo stroje. Po nárazu je člověk v šoku a udělá to, co má v hlavě připravené. Správnou reakci si proto zapamatuj předem.



Obr. 10.1 Pořadí kroků po kolizi. Červené kroky jsou okamžité a dělá je obsluha, zbytek se dělá s UOV.

POZOR

Po kolizi může mít stroj skryté poškození: vůli, posunutou geometrii nebo prasklý držák. O dalším provozu rozhoduje UOV, ne obsluha. Nezamlčuj nic a neschovávej díl ani nástroj.

Příčina kolize	Jak se jí vyhnout
Špatná korekce délky nebo v X	Po každé změně nástroje ověř korekce. První kus po blocích, ruka u zastavení.
Špatný nulový bod	Nulu nastav a ověř k tomuto obrobku, ne podle minula.
Zapomenuté nářadí nebo klíč	Před spuštěním zkontroluj prostor. Klíč ze sklíčidla vyndej hned po upnutí.
Dráha kolem sklíčidla nebo svěráku	Prohlédni dráhy, simulace, hlava se musí otočit bez kolize.
Rychloposuv blízko materiálu	Bezpečná výška, před vstupem do materiálu zpomal.

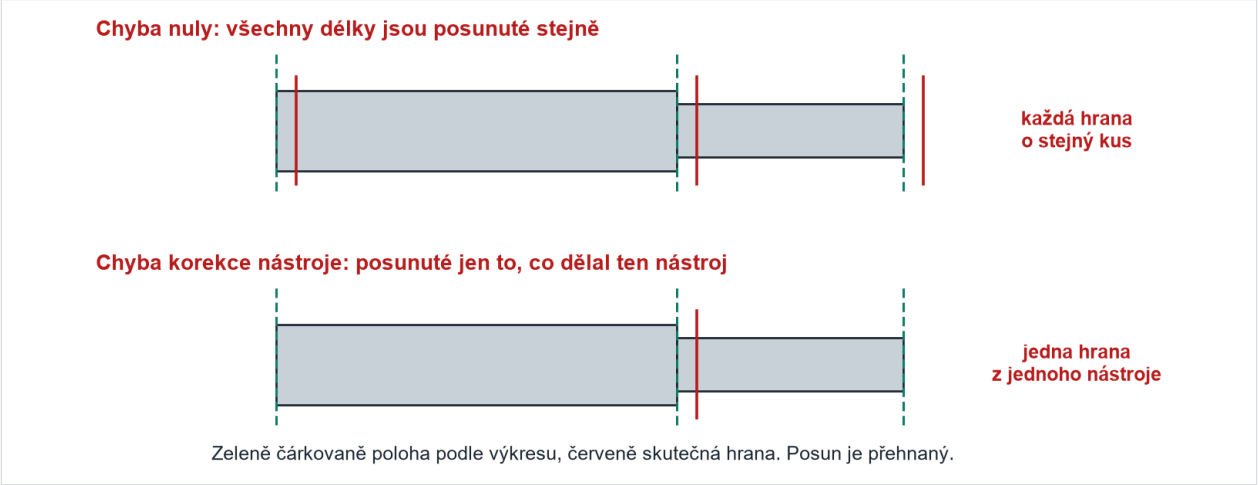
Korekce a omyl v delta X

Korekce opotřebení vyrovnává malé změny při práci. Stačí ale jedna špatná číslice a díl je zmetek. Než potvrdíš, přečti si to nahlas: číslo nástroje, osa, znaménko, hodnota. Starou hodnotu si napiš, abys ji mohl vrátit.

Omyl	Co se stane	Jak tomu předejít
Špatné znaménko	Chyba se zdvojnásobí. Z 0,08 navíc je 0,16 navíc.	Zápor jede k ose. Nakresli si to.
Průměr zadaný jako poloměr	Oprava je poloviční nebo dvojnásobná.	Ověř si, jestli má stroj X jako průměr.
Desetinná čárka	0,8 místo 0,08 je desetkrát víc.	Přečti si hodnotu ještě jednou.
Špatný nástroj	Změníš rozměr jiného nástroje.	Číslo nástroje ověř v tabulce.
Přepsaná délka místo opotřebení	Ztratíš naměřenou hodnotu.	Oprava patří do opotřebení. Ptej se UOV.
Korekce podle teplého kusu	Ladíš podle špatného údaje.	Měř po vychladnutí, ověř na dalším kuse.

Nulový bod

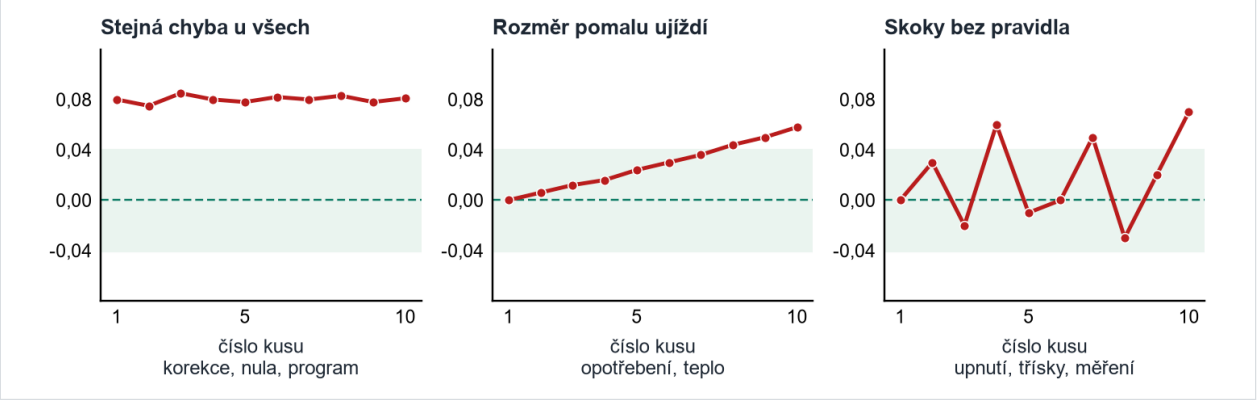
Když je nulový bod špatně, posunou se všechny plochy o stejný kus, ale jejich vzájemné vzdálenosti zůstanou dobře. Tím se chyba nuly dá poznat od chyby korekce.



Obr. 10.2 Chyba nuly posune všechno. Chyba korekce posune jen to, co dělal jeden nástroj.

Zmetek, který se opakuje

V sérii měř průběžně, zapisuj hodnoty a sleduj trend. Tvar chyby v čase hodně napoví.



Obr. 10.3 Tři typické průběhy rozměru v sérii, ilustrační hodnoty v mm. Zeleně je povolená tolerance.

Průběh	Co to znamená	Co udělat
Stejná chyba u všech kusů	Korekce, nula, program, špatný nástroj.	Zastav. Oprav příčinu.
Rozměr pomalu ujíždí	Opotřebení nástroje, ohřev stroje a dílu.	Uprav korekci včas, vyměň destičku.
Skok po určitém kuse	Výměna nástroje, přestávka, nový polotovar.	Ptej se, co se v té chvíli změnilo.
Skoky bez pravidla	Upnutí, třísky pod dílem, volný nástroj, měření.	Čisti, ověř upnutí a měření. Korekcí to neopravíš.

POZOR

Dva zmetky za sebou znamenají stop, ne další pokus. Než spustíš další kus, musíš vědět, co se změnilo a proč to teď bude dobře. Zavolej UOV.

Bezpečné ověření na první kus

1. Prostor je čistý, klíč je ze sklíčidla, nástroje jsou správně ve svých pozicích.
2. Korekce a nulový bod patří k tomuto obrobku. Program prošel simulací.
3. Dveře jsou zavřené, override je stažený a ruka je u zastavení.
4. Jedeš blok po bloku, dokud nevíš, že první pohyby jsou správné. Před vstupem do materiálu zpomal.
5. Hrubování necháš s přídavkem. Po něm zastav a změř.
6. Po dokončení změř na stojícím stroji. Korekci uprav podle měření a ukaž první kus UOV.





Obr. 10.4 CNC soustruh (vlevo) a revolverová hlava s nástroji v pracovním prostoru (vpravo). Hlava se musí moci otočit bez kolize.
Vlastník obrázku: vlevo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeikiLathe.jpg; vpravo Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeiki-examples.jpg

Výpadek proudu a ztráta souřadnic. Po výpadku, po nouzovém zastavení za pohybu nebo po najetí na koncový spínač nemusí stroj znát svou polohu. Zkontroluj, že je prostor volný a nástroj nestojí v materiálu. Najeď do reference podle postupu pro daný stroj, ověř nulový bod a korekce. Program spusť od bezpečného místa a první pohyb sleduj se sníženým override.

CO SI ZAPAMATOVAT

- Po kolizi: nouzové zastavení, na nic nesahej, UOV.
- Korekci před změnou zapiš a po změně ověř. Zápor v X jede k ose.
- Všechny plochy posunuté stejně: nula. Jedna plocha: korekce nástroje.
- Stejná chyba je systematická. Pomalý posun je opotřebení. Skoky jsou upnutí nebo měření.
- Dva zmetky za sebou znamenají stop.

11

RYCHLÉ HLEDÁNÍ

Přehled a rozbory případů

Tabulka příznak, příčina, co zkusit po kategoriích a šest rozborů případů z modelové dílny.

Tabulka má 61 řádků a slouží k rychlému hledání. Najdi příznak, přečti příčinu a zkus první věc vpravo. Podrobnosti jsou v kapitolách 2 až 10. Vždy platí: stroj stojí, měníš jednu věc a zapisuješ.

Tříska

Příznak	Příčina	Co zkusit
Dlouhá stuha se navíjí	Malý posuv, malá hloubka, utvařeč	Přidej posuv, jiný utvařeč
Drť v oceli	Velký posuv	Sniž posuv
Slepené krátké kousky	Příliš tvrdé lámání	Menší posuv, větší rádius
Modrá tříska u HSS	Vysoké otáčky, málo kapaliny	Sniž otáčky, chlaď
Modrá tříska u karbidu	Horký řez, může být v pořádku	Ověř katalog, sleduj břit
Tříska škrábe povrch	Lámání o obrobek	Jiný utvařeč, jiné vedení
Tříska z jedné drážky	Nestejné břity vrtáku	Naostřit, vyměnit

Zvuk a chvění

Příznak	Příčina	Co zkusit
Hrčení, drnčení	Vyložení, upnutí, velký záběr	Upnutí, zkraťˇ, podepři
Pískání	Chvění, tupý břit, vysoké otáčky	Vyměň břit, změň otáčky
Skřípání, dření	Břit netřiská, malý posuv	Vyměň, zvětši posuv
Chvění jen v jedné délce	Díl je tam nejméně tuhý	Luneta, hrot, jiný průchod
Chvění jen při malém záběru	Záběr pod rozsahem destičky	Zvětši hloubku nebo posuv
Chvění v rohu kapsy	Velké opásání frézy	Větší rádius dráhy, menší posuv
Náhlá rána	Lom, kolize, volný díl	Nouzové zastavení, UOV

Povrch

Příznak	Příčina	Co zkusit
Pravidelné rýhy	Velký posuv, malý rádius	Menší f, větší r
Roztrhaný povrch	Nárůstek, nízká vc	Vyšší vc, ostrý břit
Pruhy, vlny	Chvění	Kapitola 3
Otřepy	Tupý břit, vrub	Vyměň břit
Výstupek uprostřed čela	Špička není v ose	Výška nože, korekce
Povrch se horší v sérii	Opotřebení hřbetu	Otoč destičku
Lesklé tlačené pruhy	Břit jen tře	Vyměň, větší přídavek

Rozměr na soustruhu

Příznak	Příčina	Co zkusit
Volný konec větší	Ohyb letmého dílu	Zkraťˇ, podepři hrotem
Kužel i s hrotem	Koník mimo osu	Seřídí UOV
Roste ve směru řezu	Opotřebení břitu	Vyměň destičku
Uprostřed větší, soudek	Štíhlý díl uhýbá	Luneta, menší r, menší ap
Uprostřed menší, sedlo	Pruží koník nebo sklíčidlo	Ohlas UOV, kontrola hrotu
Dvě plochy nesouosé	Přeupnutí, tříska pod čelistí	Na jedno upnutí, čisti čelisti
Kalibr nejde, mikrometr sedí	Trojhran	Menší síla, kroužek, měkké čelisti

Příznak	Příčina	Co zkusit
Díl po vychladnutí menší	Měřeno teplé	Měř po vychladnutí
Rozměr pomalu ujíždí	Opotřebení, ohřev	Uprav korekci včas
Rozměr skočil	Volný nástroj, chyba korekce	Ověř upnutí a tabulku

Frézka

Příznak	Příčina	Co zkusit
Plochy nejsou rovnoběžné	Tříska pod dílem, díl se zvedl	Očisti, poklep, podložky
Stěna k patě širší	Fréza uhýbá, sousledně	Kratší nástroj, malý ae
Stěna podříznutá	Fréza se tlačí, nesousledně	Sousledně, kratší nástroj
Kapsa dole užší	Ohyb frézy	Dokončení na plnou výšku
Řez je hlubší, než má být	Fréza se vysunula z držáku	Dotáhni, očisti kleštinu
Křížové stopy	Zadní část frézy řeže	Ohlas UOV, menší ap
Vylomená hrana na výběhu	Silná tříska na výstupu	Posuň frézu, menší fz
Otřep	Tupá fréza, nesousledně	Vyměň, sousledně, sraž hranu
Fréza se zlomila při vstupu	Svislé zanoření, velký záběr	Rampa, menší řez
Rozměr se mění podle směru	Vůle ve šroubu	Ohlas UOV

Vrtání a závity

Příznak	Příčina	Co zkusit
Díra větší než vrták	Nestejné břity, házení	Naostři, ověř házení
Díra je šikmá	Šikmá plocha, chybí navrtání	Navrtej, kratší vrták
Díra mimo polohu	Chybí důlčík, špatná nula	Důlčík, navrtání, nula
Vrták modrá, kouř	Přehřátí, tupý vrták	Zastav, ověř otáčky
Vrták se zlomil	Třísky v drážkách, tlak na výstupu	Vyjížděj, uber před provrtáním
Závitník se zlomil	Malá díra, dno, tříska, sucho	Ověř díru, hloubku, mazání
Dobrá strana nejde do díry	Malá díra, otřep, trojhran	Otřep, dutinoměr
Zmetková strana jde do díry	Díra je větší	Zastav sérii, hledej příčinu
Závit je větší	Špatný závitník nebo posuv	Ověř nástroj a posuv
Závit je menší	Opotřebený závitník, malá díra	Nový závitník, větší díra

Nástroj a CNC

Příznak	Příčina	Co zkusit
Pás na hřbetu rychle roste	Vysoká vc	Sniž vc, odolnější destička
Výmol na čele	Vysoká teplota	Sniž vc, jiný povlak
Vrub na hloubce řezu	Zpevnění, kůra	Měň hloubku
Vyštípnutý břit	Chvění, přerušovaný řez	Tuhost, houževnatá destička
Destička se ulomila	Špatné dosednutí, přetížení	Čisti lůžko, sniž záběr
Všechny plochy posunuté	Nulový bod	Ověř nulu

Příznak	Příčina	Co zkusit
Jedna plocha posunutá	Korekce nástroje	Ověř tabulku nástrojů
Dvojnásobná chyba po opravě	Špatné znaménko	Vrať a ověř směr
Stejný zmetek u série	Systematická chyba	Stop, UOV
Stroj hlásí chybu	Koncový spínač, mazání, dveře	Přečti, UOV

Šest rozborů z modelové dílny

Příběhy jsou vymyšlené a odehrávají se ve fiktivní dílně. Ukazují postup hledání, ne konkrétní stroj. Zakryj si poučení a zkus si příčinu najít sám.

Případ 1 Hřídel vyšla kuželovitá o 0,08

Příznak	Ocelová hřídel Ø40 × 200, upnutá letmo ve sklíčidle. U sklíčidla Ø40,00, u volného konce Ø40,08.
Úvaha	Průměr plynule roste k volnému konci. Díl je vysunutý na pětinásobek průměru, vodítko říká asi trojnásobek. Podle vzorce z kapitoly 3 dá průhyb 0,04 mm síla asi 400 N, a to je u většího záběru reálné.
Ověření	Průchod beze změny korekce sundal další třísku. Díl tedy uhýbal.
Změna	Jedna změna: podepřít hrotem. Rozdíl klesl pod toleranci.
Poučení	**Tvar se neopravuje korekcí. Pomohlo zvýšení tuhosti.**

Případ 2 Kalibr nejde, mikrometr říká, že je to dobře

Příznak	Tenkostěnné pouzdro Ø50/Ø46. Dvoubodový dutinoměr všude ukazuje Ø46,00, ale kalibr do díry nejde.
Úvaha	Čistota a otřepy jsou v pořádku. Díl byl dokončován v tříčelisťovém sklíčidle při velké síle. Trojhran dvěma protilehlými dotyky nepoznáš.
Ověření	UOV změřil díl tříbodově. Tři vrcholy po obvodu.
Změna	Měkké čelisti vysoustružené na průměr a menší síla na dokončení.
Poučení	**Když měřidlo a kalibr nesouhlasí, je to zpráva. Ptej se, jak tvar vznikl.**

Případ 3 Od osmého kusu začal rozměr utíkat

Příznak	Série čepů Ø30 ±0,02. Prvních sedm kusů 30,00 až 30,01. Pak 30,015 a další kus 30,022.
Úvaha	Trend roste po malých krocích, není to skok. Pomalý růst vnějšího průměru znamená opotřebení hřbetu nebo ohřev.
Ověření	Na stojícím stroji je rovnoměrný pás na hřbetu a povrch je matnější.
Změna	Otočena destička, korekce opotřebení ověřena s UOV, první kus změřen.
Poučení	**Sleduj trend. Korekci nebo výměnu udělej dřív, než vypadneš z tolerance.**

Případ 4 Kapsa je nahoře v pořádku, dole užší

Příznak	Kapsa hluboká 20 mm, fréza Ø8, sousledně. Nahoře šířka 40,00, dole 39,92.
Úvaha	Šířka se směrem dolů zmenšuje na obou stranách. Sousledně fréza uhýbá od stěny, vyložení je asi 40 mm a ohyb je největší na špičce.
Ověření	Průchod beze změny korekce na plnou výšku sundal tenkou třísku u dna.
Změna	Kratší fréza a dokončovací průchod s malým ae na plnou výšku.
Poučení	**Není to chyba programu. Fréza je pružný prut.**

Případ 5 Závitník M6 se zlomil v druhé díře

Příznak	Slepá díra Ø5 hloubky 12 mm, závit M6 dlouhý 12 mm. První díra prošla, druhá závitník zlomila.
Úvaha	Předvrtání má správný průměr, ale na dně je tříska. Závit dlouhý jako díra nemá kam jít. Špička vrtáku a začátek závitníku plný závit neřežou.
Ověření	Výkres dovoluje hlubší díru. Hloubka vrtání byla vzatá přímo z délky závitu.
Změna	Hlubší díra, kontrola dna, kapalina. Zlomený závitník řešil UOV.
Poučení	**Než začneš, změř využitelnou hloubku.**

Případ 6 Všech pět kusů má délky posunuté o 0,5 mm

Příznak	Soustružený díl se dvěma osazeními. Obě osazení vycházejí o 0,5 mm jinde, průměry sedí.
Úvaha	Vzdálenost mezi osazeními je přesná, posunuté je všechno. Chyba korekce by změnila jen plochy jednoho nástroje. Ukazuje to na nulový bod.
Ověření	Nula se na začátku směny nastavovala na čele, které ještě nebylo zarovnané.
Změna	Nula znovu na zarovnané čelo, ověřena na prvním kuse po blocích.
Poučení	**Čtyři z pěti zmetků byly zbytečné. První kus se měří dřív, než se spustí další.**

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ A ZÁVĚR

12 Cvičení a test

Výpočty, rozhodování u stroje a test se dvaceti otázkami. Řešení je v další kapitole.

Stačí kalkulačka. U průhybu počítej s tlačítkem π. Řešení je v kapitole 13. Nejdřív to zkus sám.

Cvičení

Drsnost

1. Teoretická Ra: r = 0,4 mm, f = 0,1 mm/ot.
2. Teoretická výška h: r = 0,8 mm, f = 0,3 mm/ot.
3. Jak se změní teoretická Ra, když posuv snížíš z 0,3 na 0,15 mm/ot?
4. Nejvyšší teoretický posuv pro Ra 3,2 µm při r = 1,2 mm.

Korekce a tvar

5. Výkres Ø36, naměřeno Ø36,06. Jak změníš korekci X a o kolik se pohne nůž? X je průměr.
6. Výkres díry Ø25, naměřeno Ø24,92. Korekce X a pohyb nože? Je díl opravitelný?
7. Hřídel 150 mm: Ø30,02 a Ø30,08. Jaká je kuželovitost na 100 mm?

Průhyb a teplo

8. Ocelový válec Ø25, vyložení 100 mm, síla 300 N. Průhyb a rozdíl na průměru?
9. Kolikrát se zvětší průhyb, když vyložení zvětšíš z 40 na 60 mm?
10. Ocelový díl Ø80 ohřátý o 25 °C. O kolik je větší? Použij α = 11,5 µm na metr a °C.
11. Hliníkový díl dlouhý 200 mm, ohřátý o 15 °C. O kolik je delší? Použij α = 23 µm na metr a °C.

Frézka, házení a závit

12. Kapsa má být 50,00, naměřeno 50,08. Jak změníš korekci poloměru? Lze kus opravit?
13. Čep má být 30,00, naměřeno 30,06. Jak změníš korekci poloměru?
14. Úchylkoměr při otáčení ukazuje rozkmit 0,14 mm. Jaká je nesoustřednost?
15. Závit M10 s hrubým stoupáním 1,5 mm. Jaký je orientační průměr vrtáku?

Co uděláš

16. Co uděláš jako první, když se při soustružení začne ozývat hrčení?
17. Dva kusy za sebou mají všechny délky posunuté o 0,2 mm. Co je pravděpodobná příčina a co uděláš?
18. Cítíš spáleninu a vidíš kouř z prostoru stroje. Co uděláš?

Test

U každé otázky je správná jedna odpověď. Zkus to bez listování zpět.

1. Co je zmetek?
a) Každý díl s otřepem.
b) Díl, který nesplňuje některý požadavek výkresu.
c) Díl vyrobený na klasickém stroji.

2. Hřídel je větší, než má být. Díl je obvykle:
a) opravitelný
b) neopravitelný
c) dobrý

3. Díra je větší, než má být. Díl je obvykle:
a) opravitelný
b) neopravitelný
c) dobrý

4. Dlouhá stuha třísky se navíjí. Co zkusíš po zastavení?
a) Zvýšit posuv nebo změnit utvařeč.
b) Snížit posuv.
c) Vytáhnout ji rukou.

5. Třísku odstraňuješ:
a) za chodu háčkem
b) při stojícím vřetenu háčkem nebo štětcem
c) rukou v rukavici

6. Dvojnásobné vyložení dá průhyb větší:
a) dvakrát
b) čtyřikrát
c) osmkrát

7. Stopy po chvění vypadají jako:
a) jemné rýhy s roztečí posuvu
b) pruhy a vlny přes celou šířku
c) jedna hluboká rýha

8. Teoretická Ra při poloviční posuvu je:
a) poloviční
b) čtvrtinová
c) stejná

9. Nárůstek obvykle léčí:
a) nižší řezná rychlost
b) vyšší řezná rychlost a ostrý břit
c) vyšší upínací síla

10. Díl upnutý letmo je na volném konci větší. Příčina je:
a) ohyb dílu
b) chyba v programu
c) tupý závitník

11. Rozkmit úchylkoměru je 0,10 mm. Nesoustřednost je:
a) 0,05 mm
b) 0,10 mm
c) 0,20 mm

12. Trojhran v tenké trubce vzniká hlavně:
a) upnutím ve třech čelistech
b) vysokou řeznou rychlostí
c) tupým závitníkem

13. Výkres Ø40, naměřeno Ø40,08, X je průměr. Korekce X je:
a) +0,08
b) −0,08
c) −0,04

14. Přesný rozměr se měří:
a) hned po dokončení
b) po vychladnutí na stojícím stroji
c) za chodu

15. Sousledně frézovaná stěna s dlouhou frézou:
a) se dole podřízne
b) má dole víc materiálu
c) je vždy přesná

16. Kapsa je širší o 0,06. Poloměr v korekci pro další kus změníš o:
a) +0,03
b) −0,03
c) +0,06

17. Závitník láme nejčastěji:

a) malá díra, dno díry, tříska, sucho
b) velká díra
c) nízká rychlost a kapalina

18. Dobrý díl podle mezního kalibru:

a) dobrá strana nejde, zmetková jde
b) dobrá strana jde, zmetková nejde
c) obě strany jdou

19. Všechny plochy jsou posunuté o stejný kus. Hledáš:

a) nulový bod
b) drsnost
c) chlazení

20. Po kolizi jako první:

a) odjedeš nástrojem
b) nouzové zastavení, na nic nesahej, zavoláš UOV
c) dokončíš program

13 Řešení

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ A ZÁVĚR

Výpočty cvičení a správné odpovědi v testu.

Výsledky jsou spočítané programem. U rozhodovacích úloh je popsán správný postup, rozhoduje ale i pokyn UOV na tvém stroji.

Č.	Řešení
1	Ra = 0,1² / (32 · 0,4) · 1000 = 0,78 µm.
2	h = 0,3² / (8 · 0,8) · 1000 = 14,06 µm.
3	Posuv je ve vzorci na druhou. Poloviční posuv dá čtyřikrát nižší Ra.
4	f = √(3,2 · 32 · 1,2 / 1000) = 0,351 mm/ot. Skutečně začni níž.
5	Korekce X = 36 − 36,06 = −0,06. Nůž se pohne o 0,03 mm k ose.
6	Korekce X = 25 − 24,92 = +0,08, nůž o 0,04 mm od osy. Zbývá materiál, díl je opravitelný.
7	Rozdíl 0,06 mm na 150 mm, tedy 0,04 mm na 100 mm.
8	I = π · 25⁴ / 64 = 19175 mm⁴. δ = 300 · 100³ / (3 · 210 000 · I) = 0,025 mm. Rozdíl průměru 0,050 mm.
9	(60 / 40)³ = 3,375krát.
10	ΔD = 0,0000115 · 80 · 25 = 0,023 mm.
11	ΔL = 0,000023 · 200 · 15 = 0,069 mm.
12	Na každé straně 0,04 navíc. Poloměr v korekci +0,04, ale tento kus už opravit nejde. Platí pro další kus.
13	Na každé straně 0,03 navíc. Poloměr v korekci −0,03. Kus je opravitelný.
14	Rozkmit je 2 · e, tedy e = 0,07 mm.

Č.	Řešení
15	d − P = 10 − 1,5 = 8,5 mm. Závazná je tabulka výrobce.
16	Zastavím posuv a vřeteno. Zkontroluji upnutí, destičku a vysunutí. Pak zkrátím vyložení nebo podepřu. Teprve potom měním otáčky.
17	Posun všeho ukazuje na nulový bod. Zastavím sérii, ověřím nulu s UOV a další kus jedu po blocích.
18	Zastavím stroj, při ohrožení nouzovým zastavením, a zavolám UOV. Do prostoru nesahám. Hořící třísky titanu nebo hořčíku se nehasí vodou.

Správné odpovědi v testu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
b	a	b	a	b	c	b	b	b	a

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a	a	b	b	b	a	a	b	a	b

> **TIP**
> Když jsi udělal chybu u výpočtu drsnosti, vrať se ke kapitole 4. U korekcí ke kapitole 5. U bezpečnosti ke kapitolám 1, 2 a 10.

OVĚŘENÍ ZNALOSTÍ A ZÁVĚR

14 Slovníček a zdroje

Vysvětlení pojmů, použité zdroje a vlastníci obrázků.

Slovníček

Pojem	Vysvětlení	Pojem	Vysvětlení
ae, ap	šířka a hloubka záběru	**Nesousledné**	břit jde proti posuvu
Delta X	změna korekce v ose X	**Otřep**	tenký ostrý výčnělek na hraně
Drsnost Ra	průměrná odchylka profilu v µm	**Přídavek**	materiál ponechaný na dokončení

Pojem	Vysvětlení	Pojem	Vysvětlení
Etalon	vzor pro porovnání nebo kontrolu měřidla	**Rádius špičky**	poloměr zaoblení špičky destičky, r
f, fz	posuv na otáčku a posuv na zub	**Sedlo**	díl je uprostřed menší
Hladicí záběr	dokončovací průchod s malým přídavkem	**Soudek**	díl je uprostřed větší
Házení	kmitání povrchu při otáčení	**Sousledné**	břit jde se směrem posuvu
Korekce	opravná hodnota nástroje v tabulce	**Trojhran**	kruhovitost se třemi vrcholy
Kužel	průměr se plynule mění podél osy	**UOV**	učitel odborného výcviku
Luneta	opora dlouhého dílu v jeho délce	**Utvařeč**	tvar destičky, který láme třísku
Mezní kalibr	měřidlo s dobrou a zmetkovou stranou	**Výmol**	prohlubeň na čele břitu
Nárůstek	materiál nalepený na břitu	**Vyložení**	délka od upnutí ke špičce nebo konci
Nesoustřednost	dva průměry nemají společnou osu	**Zmetek**	díl, který nesplňuje výkres
Nulový bod	bod, od kterého počítá program	**Zdvih**	nadzvednutí dílu nebo vysunutí frézy

Zdroje

- Vlastní školní materiály: Řezné rychlosti a otáčky, Materiály a tepelné zpracování, CNC soustruh, CNC frézka. Pojmy, tvar třísky, postup po kolizi, oprava přes korekci a roztažnost oceli 11,5 µm na metr a stupeň.
- Sandvik Coromant, Turning troubleshooting, tříska, povrch, otřep, chvění, nárůstek, opotřebení, https://www.sandvik.coromant.com/en-us/knowledge/general-turning/troubleshooting-turning
- Sandvik Coromant, Milling troubleshooting, https://www.sandvik.coromant.com/en-us/knowledge/milling/troubleshooting-milling
- Sandvik Coromant, Down milling vs. up milling, síly, vůle a upnutí, https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/milling/down-milling-vs-up-milling
- Sandvik Coromant, Drilling wear and troubleshooting, https://www.sandvik.coromant.com/pl-pl/knowledge/drilling/drilling-wear-and-troubleshooting
- Sandvik Coromant, Troubleshooting tapping, https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/threading/tapping/troubleshooting-tapping
- Mitsubishi Materials, Formula for turning, teoretická drsnost h = f² / (8 · Re) · 1000, https://mitsubishicarbide.net/contents/mhg/fr/html/product/technical_information/information/formula1.html
- Mitsubishi Materials, Causes of tool damage, https://www.mmc-carbide.com/permanent/courses/75/causes-of-tool-damage.html
- Mitsubishi Materials, Trouble shooting, vrtání, https://www.mmc-carbide.com/permanent/courses/68/trouble-shooting.html
- Mitsubishi Materials, Features of end milling, směr ohybu frézy, vůle, kůra, https://www.mmc-carbide.com/permanent/courses/70/features-of-end-milling.html

- Harvey Tool, Troubleshooting guide, stopkové frézy, https://harveytool.com/resources/troubleshooting-guide
- Haas Automation, Lathe chatter troubleshooting, vyložení, malý posuv, výška nože, https://haascnc.com/ar/service/troubleshooting-and-how-to/troubleshooting/lathe-chatter---troubleshooting.html
- PRAB, What chips say about the overall machining process, tvary 6 a 9, barva třísky, https://www.prab.com/what-chips-say-about-the-overall-machining-process/
- Tribonet, Turning surface finish calculator, Ra ≈ f² / (32 · r), https://www.tribonet.org/calculators/turning-surface-finish-feed-tool-nose-radius/
- A. Görög, I. Görögová, Research of the influence of clamping forces on the roundness deviations of the pipes turned surface, 2018, https://www.mtf.stuba.sk/buxus/docs/doc/casopis_Vedecke_prace/42/8_Gorog_Gorogova.pdf
- Protool, Tap breakage causes, díra pro závitník, hloubka, https://www.protool-ltd.co.uk/blogs/blog/tap-breakage-causes
- Engineering Toolbox, Linear thermal expansion coefficients, https://engineeringtoolbox.com/linear-expansion-coefficients-d_95.html
- Závazné hodnoty pro konkrétní nástroj jsou v jeho katalogu. Řezné hodnoty jsou orientační a přednost má katalog a pokyn UOV. Výpočty jsou provedené programem.
- Skutečné obrázky mají vlastníka uvedeného pod obrázkem a v tabulce níže. Schémata a grafy bez uvedeného vlastníka jsou vlastní zpracování.

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obálka	Greudin, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour-chariotage-couteau.jpg
Obálka	Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg
Obr. 1.1	Cjp24, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Emergency_stop_button.jpg
Obr. 2.2 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SwarfSamples.jpg
Obr. 2.2 vpravo	Niharsd.mech, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_chip.jpg
Obr. 5.3 vlevo	Stahlkocher, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lünette_Drehmaschine.jpg
Obr. 5.3 vpravo	Henry D. Burghardt, Machine Tool Operation, 1919, Wikimedia Commons, volné dílo (public domain), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Burghardt_1919_vol_1_p_118_follower_rest.png
Obr. 5.5	David English, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Checking_Runout_With_Dial_Test_Indicator.jpg
Obr. 7.3	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DrillsMorseTaperShank1234.jpg
Obr. 7.5 vlevo	Schumi4ever, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Threading_dies_and_screw_taps.jpg
Obr. 7.5 vpravo	Christoph Baumgartinger, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Machine-screw-tap-1.JPG

Kde	Vlastník a zdroj obrázku
Obr. 7.7 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GaugePlugSpecialGoNoGo.jpg
Obr. 7.7 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GaugeGapPlainGoNoGo.jpg
Obr. 8.2 vlevo	Mauro Cateb, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tungsten_carbide_inserts.jpg
Obr. 8.2 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LatheCarbideTippedTool.jpg
Obr. 9.2 vlevo	ArtMechanic, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg
Obr. 9.2 vpravo	Lucasbosch, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahr_Micromar_40A_0–25_mm_Micrometer.jpg
Obr. 10.4 vlevo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeikiLathe.jpg
Obr. 10.4 vpravo	Glenn McKechnie, Wikimedia Commons, licence CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MoriSeiki-examples.jpg

PAMATUJ

Rozbory případů jsou vymyšlené pro výuku. Tento materiál vysvětluje obecné postupy a nenahrazuje školení, návod ke stroji, katalog nástroje ani pokyny UOV.

TIP

Obrázky jsou použité podle licencí uvedených u každého z nich a patří svým vlastníkům. Před použitím mimo výuku si ověř podmínky jejich licence.