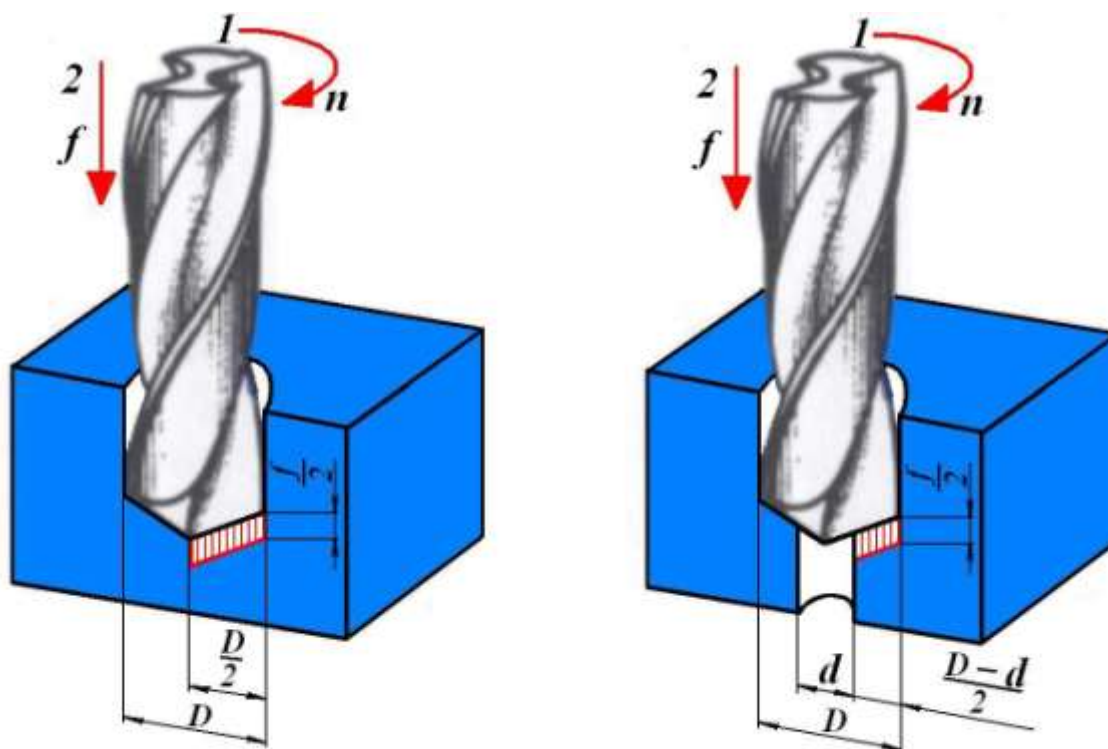


Vrtání a vyvrtávání

Vrtáním se rozumí obrábění díry do *plného materiálu*, zatímco **vyvrtáváním** se díry předvrtané, předlité nebo předkované *zvětšují* na požadovaný průměr. Vrtat lze válcové, kuželové a tvarové díry.



Legenda: 1 - řezný pohyb; 2 - axiální posuv

Obr. 275 Vrtání a vyvrtávání

1.1.1 Charakteristika výrobní metody

Základem **vrtání** je současný otáčivý a posuvný pohyb nástroje. K této kombinaci dochází hlavně na vrtačkách. Vrtat však lze i na jiných strojích. Pro nás je důležité hlavně vrtání na soustruhu. V tomto případě vykonává otáčivý pohyb obrobek a posuvný pohyb (axiální posuv) nástroj – vrták. V každém případě *otáčení* je **hlavní pohyb** a *posuv* je **pohyb vedlejší**.

Nejdůležitějším parametrem řezných podmínek je **řezná rychlost**, za kterou se považuje obvodová rychlost bodu na maximálním průměru břitu nástroje – odpovídá průměru vrtáku D .

Potom $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} [m \cdot min^{-1}]$, z čehož $n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$ $D \dots$ průměr otvoru [mm]

$n \dots$ počet otáček [ot.min⁻¹]
 $v \dots$ řezná rychlost [m.min⁻¹]

Rychlost ostatních bodů ostří se směrem ke středu zmenšuje. Dráha jednotlivých bodů břitu vrtáku tvoří šroubovici se stoupáním, které se rovná posuvu f , tj. délce, o níž se vrták posune v osovém směru za jednu otáčku.

Poněvadž vrták odebírá současně dvěma břity, je **průřez třísky** A odebírané jedním břitem:

$$\text{při vrtání} \quad A = \frac{D \cdot f}{2 \cdot 2} = \frac{D \cdot f}{4} \quad [\text{mm}^2]$$

a

$$\text{při vyvrtávání} \quad A = \frac{D-d}{2} \cdot \frac{f}{2} = \frac{(D-d) \cdot f}{4} \quad [\text{mm}^2]; \quad d \dots \text{průměr předvrtaného otvoru [mm]}$$

1.1.2 Nástroje pro vrtání a vyvrtávání

Vrtací nástroje jsou určeny pro vrtání do plného materiálu a vyvrtávací nástroje průměry jen zvětšují a dokončují. Mezi vyvrtávací nástroje tedy patří i nástroje pro zahlubování, vyhrubování a vystružování - při práci na soustruhu je označujeme jako **osové nástroje** - viz obrázek 10. 23. a upínáme je buď do *koníka* nebo do *revolverové hlavy*.

1.1.2.1 Rozdělení vrtacích a vyvrtávacích nástrojů

Tyto nástroje můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin – na **normalizované** a **speciální** (operační), které dále dělíme z několika hledisek:

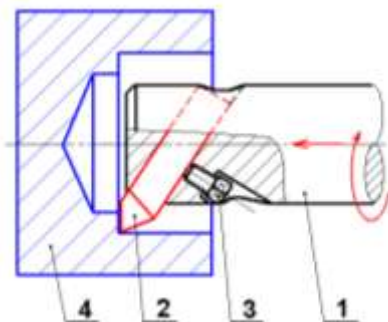
1. podle **materiálu**: z rychlořezné oceli a s břitovými destičkami ze slinutých karbidů
2. podle **způsobu upínání**: se stopkou válcovou nebo kuželovou, případně nástrčné
3. podle **rozteče zubů**: stejnoměrné a nestejnoměrné
4. podle **tvaru**: válcové, kuželové a tvarové
5. podle **způsobu obrábění**: vrtáky – normalizované šroubovitě, stupňovitě, středící na dlouhé díry, kopinaté a speciální nástroje na hluboké díry;

záhlubníky

výhrubníky

výstružníky – strojní, ruční, rozpínací, loupací a stavitelné

vyvrtávací hlavy a tyče – pro soustružnické a vyvrtávací stroje.



1 – vyvrtávací tyč

2 - nůž

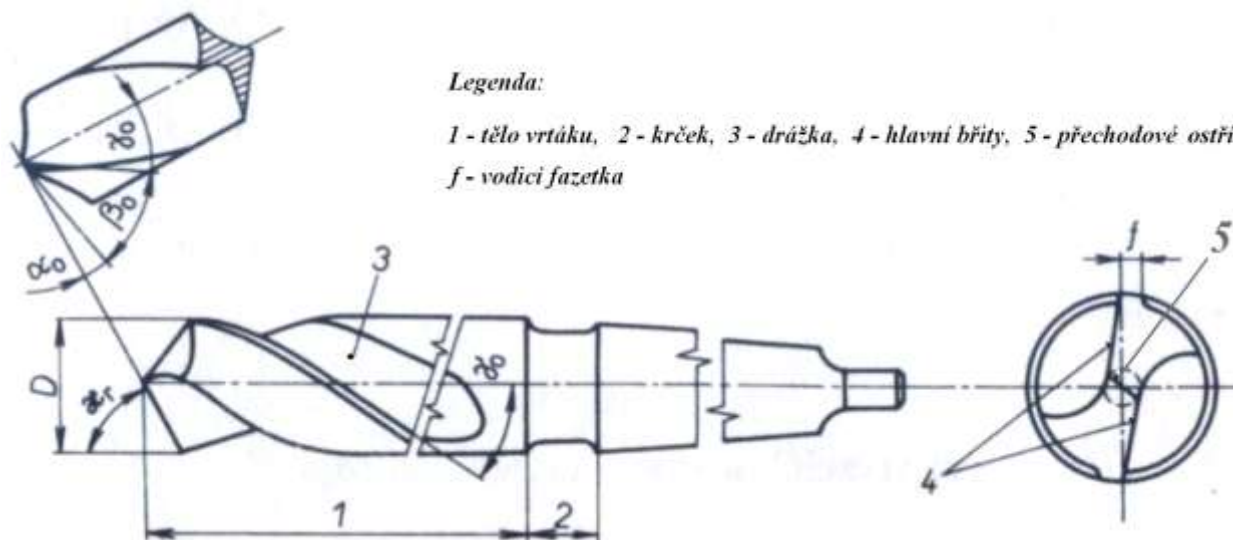
3 – upínací šroub

4 - obrobek

Obr. 276 Vyvrtávací tyč – upnutí nástroje řešeno šikmým šroubem

1.1.2.2 Šroubovitě vrtáky

jsou nejběžněji používané vrtací nástroje. Jedná se o dvoubřitý nástroj se šroubovitými drážkami pro odvod třísek a přívod chladicí kapaliny – viz obrázek



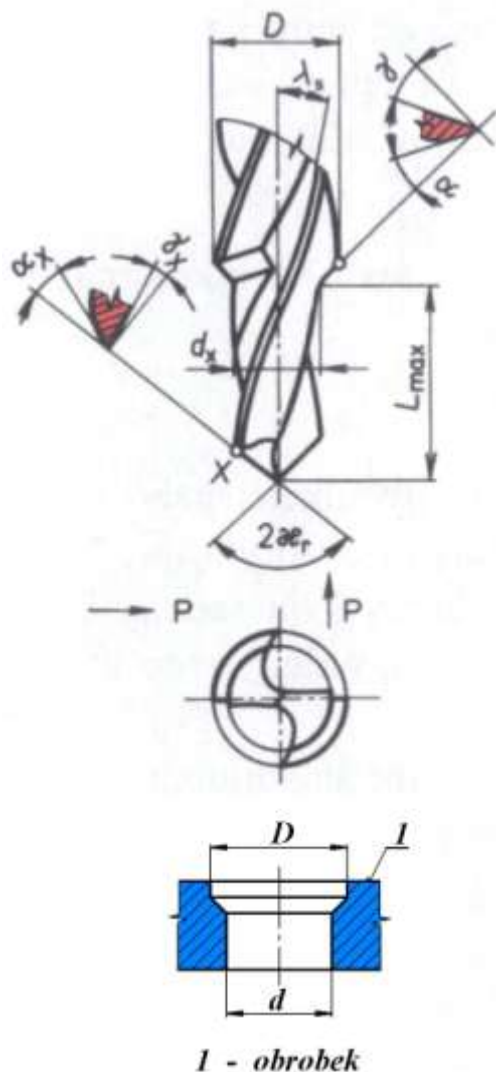
Obr. 277 Geometrie šroubovitého vrtáku

Tělo vrtáku je mírně kuželovité směrem ke stopce se zmenšuje, aby se zmenšilo tření. **Průměr jádra** se naopak směrem ke stopce rovnoměrně zvětšuje. Ve středu nástroje mezi břity je tzv. **přechodové (příčné) ostří**, které neřeže, neboť má velmi nepříznivou geometrii a řezná rychlost je na něm téměř nulová.

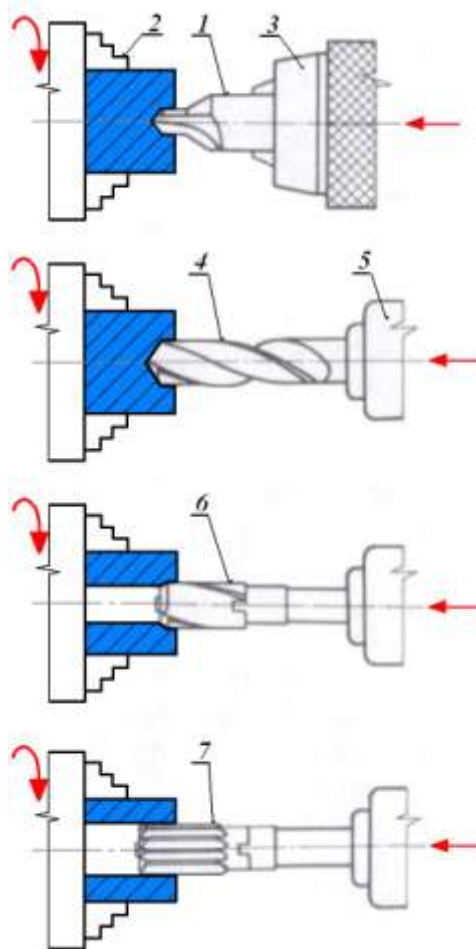
Šroubovitě vrtáky jsou normalizované:

- s válcovou stopkou – krátká řada ČSN 22 1180 až ČSN 22 1182
- s válcovou stopkou – střední řada ČSN 22 1121 až ČSN 22 1131
- s válcovou stopkou – dlouhá řada ČSN 22 1125
- s kuželovou stopkou - ČSN 22 1140 až ČSN 22 1144.

Vyrábějí se z rychlořezné oceli 19 802 v toleranci h8. Aby se zvýšila efektivnost vrtání odstupňovaných děr, vyrábějí se podle podnikových norem **stupňovité vrtáky** (obrázek 278), jejich výhodou je vytvoření otvoru včetně válcového nebo kuželového zahloubení pro šroub. Jejich použití je výhodné hlavně při větších sériích.



Obr. 278 Stupňovitý vrták



Legenda:

- 1 - středící vrták
- 2 - skličidlo
- 3 - upínací skličidlo
- 4 - vrták
- 5 - koník
- 6 - výhružník
- 7 - výstružník

Obr. 279 Použití osových nástrojů na soustruhu

Pro těžkoobrobitelné materiály se používají **šroubovité vrtáky s destičkami ze slinutého karbidu** dle ČSN 22 1318 až ČSN 22 1330. Tělo vrtáku musí být tuhé a bývá o 20 až 30 % kratší než u vrtáků z rychlořezné oceli.

1.1.2.3 Další osové nástroje

V kusové a malosériové výrobě se provádí na soustruzích **navrtávání středících důlků** pomocí **středících vrtáků**, které bývají jednostranné nebo oboustranné od průměru 0,5 do 10 mm a jejich tvar je shodný s tvarem středících důlků dle ČSN 22 1110.

Pro **zahlubování otvorů** se používají **záhlubníky**, které mohou být buď jednobřité, dvoubřité nebo několikabřité na válcové, kuželové nebo tvarové díry. Mohou mít také vodící čep, když jej nemají jsou vedeny svou válcovou částí v pouzdru přípravku. Pro obrábění **předlitých děr** se používají **záhlubníky se slinutými karbidy**. Pro **větší průměry** (od 28 do 70 mm) se používají **záhlubníky nástrčné**.

Pro vrtání **hlubokých děr** se používají tzv. **prodloužené šroubovitě vrtáky** a pro **přesné dlouhé a velmi dlouhé přesné díry** se používají speciální jednobřité nástroje jako jsou např. **hlavňové**

vrtáky vedené v pouzdru s přívodem chladicí kapaliny. Takto vyvrtaný otvor má správný geometrický tvar a vysokou rozměrovou přesnost, která dosahuje stupně IT 8.

Na *číslicově řízených strojích* od průměru 28 do 120 mm se s výhodou používá **kopinatých vrtáků**, což jsou dvoubřité nástroje s mechanicky upínanou řeznou částí.

Jako **dokončovací nástroje** pro přesnost otvoru s tolerancí H11 a H12 se používají **výhrubníky** (s kuželovou stopkou, nástrčné), což jsou troj až čtyřbřité nástroje, zpravidla se zuby ve šroubovici. Často se jich užívá pro *přípravu děr před vystružováním* – v tomto případě se však bere průměr výhrubníku o 0,2 až 0,4 mm menší než je finální průměr otvoru. **Výstružníky** jsou vícebřité řezné nástroje určené k dokončování předvrtaných a zpravidla též vyhrubovaných děr, jimž dávají *přesný rozměr, správný geometrický tvar a hladký povrch*.

Pro *hrubování i dokončování předvrtaných nebo předlitých děr* se dnes používají hlavně na moderních obráběcích CNC strojích **vyvrtávací nástroje**, které lze rozdělit na **vyvrtávací tyče** a to *hrubovací a dokončovací*, které jsou řešeny pro ruční i automatickou výměnu a bývají většinou s dvěma nožovými jednotkami dnes téměř výhradně s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu a na **vyvrtávací hlavy** určené pro *obrábění větších průměrů hrubováním* i na *dokončování vnitřních válcových povrchů* do průměru až 500 mm.

1.1.3 Řezné podmínky při vrtání, vyvrtávání a ostatních operacích

Volí se v závislosti na materiálu obrobku, materiálu vrtacího nástroje, hloubce děr, způsobu vrtání a použití řezných kapalin. Doporučené hodnoty jsou vesměs tabelárně zpracovány v odborné literatuře (například Janyš, Dílenské tabulky, Celostátní normativy aj.).

Řezné podmínky při vyvrtávání se řídí stejnými zásadami jako při soustružení, je však třeba přihlížet k průřezu vyvrtávacího nože, tuhosti vyvrtávací tyče a ke způsobu jejího uložení.

Řezné podmínky pro hrubování a zahlubování se obvykle ponechávají tytéž jako při vrtání, neboť se při těchto operacích odebrá malé množství třísek – přídavky na hrubování bývají 1 až 4 mm v závislosti na průměru díry.

Řezné podmínky pro vystružování jsou voleny vždy s cílem dosáhnout co největší přesnosti a hladkosti děr. Proto řezná rychlost bývá vzhledem k vrtání asi třetinová.

1.1.4 Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu

Liší se podle druhu práce a použitých vrtacích nástrojů. Jakost povrchu se zhoršuje zejména při vyšších posuvech. Při jednotlivých druzích vrtacích a dokončovacích prací se dosahuje těchto hodnot:

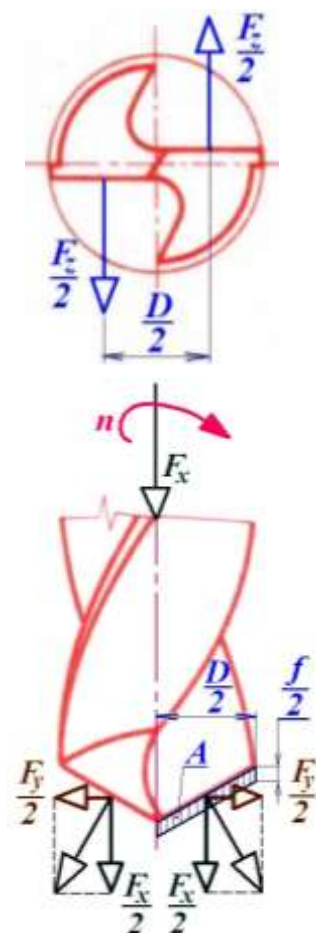
Tab. 25 Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu při vrtání a dokončovacích operacích

Operace		Přesnost IT	Drsnost povrchu Ra [μm]
Vrtání	Šroubovitými vrtáky	11 až 14	6,3 až 50
	Při použití vrtacích pouzder	7 až 10	
	Kopinatými vrtáky	8	3,2
	Hlavňovými vrtáky	7	1,6
	Vrtacími hlavami	8	3,2 až 6,3
Zahlubování		11 až 12	6,3 až 12,5
Vyhrubování		10 až 11	3,2 až 6,3
Vystružování		6 až 8	0,8 až 1,6

Tab. 26 Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu při vyvrtávání

Operace	Přesnost IT	Drsnost povrchu Ra [μm]
Vyvrtávání	Hrubování	11 až 14
	Práce na čisto	7 až 11
	Jemné vyvrtávání	5 až 8

1.1.5 Řezné síly a užitečný výkon při vrtání, příkon elektromotoru



D průměr vrtáku [mm]

A průřez třísky odebrané 1 břitem: $A = \frac{D}{2} \cdot \frac{f}{2} = \frac{D \cdot f}{4}$ [mm²]

$\frac{f}{2}$... posuv na 1 břit [mm . ot⁻¹]

Výsledná řezná síla F působící na vrták má 3 složky:

F_x ... axiální – posuvovou

F_y ... radiální

F_z ... tangenciální (tečnou) k dráze hlavního pohybu – vytváří ji
kroučící moment stroje

$$\frac{F_z}{2} = A \cdot p$$

$$\frac{F_z}{2} = \frac{D \cdot f}{4} \cdot p \Rightarrow F_z = \frac{D \cdot f}{2} \cdot p \quad [N] \quad (1)$$

p ... měrný (specifický) řezný odpor [N.mm⁻²], resp. [MPa]

Obr. 280 Řezné síly při vrtání

Potom **kroučící moment**:

$$M_k = \frac{F_z}{2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{F_z \cdot D}{4} \quad [N \cdot mm]; \quad \text{resp.} \quad M_k = \frac{F_z \cdot D}{4000} \quad [N \cdot m]$$

Za F_z můžeme dosadit výše uvedený vztah (1) a dostaneme:

$$M_k = \frac{D^2 \cdot f}{8} \cdot p \quad [N \cdot mm]; \quad \text{resp.} \quad M_k = \frac{D^2 \cdot f}{8000} \cdot p \quad [N \cdot m]$$

Poznámka: Pro vyvrtávání zavádíme do výše uvedených vztahů tzv. **střední průměr** D_s , na kterém působí silová dvojice $\frac{F_z}{2}$ a pak:

$$M_k = \frac{F_z}{2} \cdot D_s \quad [N \cdot mm]; \quad D_s = \frac{D+d}{2} \quad [mm]$$

*d ... průměr předvrtaného otvoru [mm]
D .. průměr vrtáku (otvoru po vyvrtávání) [mm]*

Nyní můžeme vyjádřit **užitečný výkon** nutný k odebrání materiálu a to ze známého vztahu pro kroučící moment:

$$M_k = \frac{P_{uz}}{\omega} \Rightarrow P_{uz} = M_k \cdot \omega; \quad \text{respektive} \quad P_{uz} = \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot 000} \cdot M_k$$

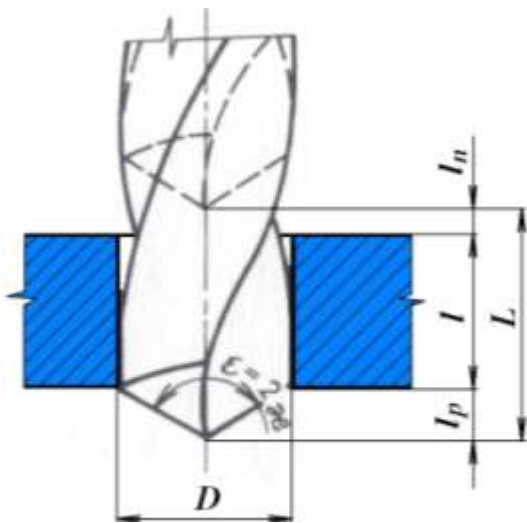
*P_{uz} ... užitečný výkon [W]; resp. [kW]
ω ... úhlová rychlost [rad.s⁻¹]; ω = 2π n
n ... otáčky [ot . s⁻¹]; resp. [ot . min⁻¹]
M_k ... kroučící moment [N . m]*

Z užitečného výkonu vypočteme **příkon elektromotoru**:

$$P_e = \frac{P_{uz}}{\eta} \quad [W]; \quad \text{resp. [kW]}, \quad \text{kde } \eta \dots \text{ účinnost elektromotoru (bývá asi 0,7)}.$$

1.1.6 Produktivita při vrtání, strojní časy

Pro stanovení **strojních časů pro vrtání** platí stejné zásady jako u soustružení. Vztah pro stanovení strojního času vyplývá z obrázku 281:



Obr. 281 Dráha nástroje při vrtání

$$L \dots \text{ délka dráhy vrtáku [mm];} \quad L = l + l_n + l_p$$

$$l \dots \text{ délka obrobku [mm]}$$

$$l_n \dots \text{ délka náběhu [mm]} \quad l_n = \frac{D}{3}$$

$$l_p \dots \text{ délka přeběhu [mm];} \quad l_{p,\min} = \frac{\frac{D}{2}}{\text{tg} \kappa} = \frac{D}{2 \cdot \text{tg} \kappa}$$

$$D \dots \text{ průměr vrtáku [mm]}$$

$$\varepsilon \dots \text{ vrcholový úhel vrtáku (pro ocel bývá } \varepsilon = 118^\circ)$$

Strojní čas pro vrtání:

$$t_s = \frac{L}{f \cdot n} \quad [\text{min}]$$

$$L \dots \text{ délka dráhy vrtáku [mm];} \quad L = l + l_n + l_p$$

$$f \dots \text{ posuv nástroje [mm.ot}^{-1}\text{]}$$

$$n \dots \text{ otáčky [ot.min}^{-1}\text{]}$$

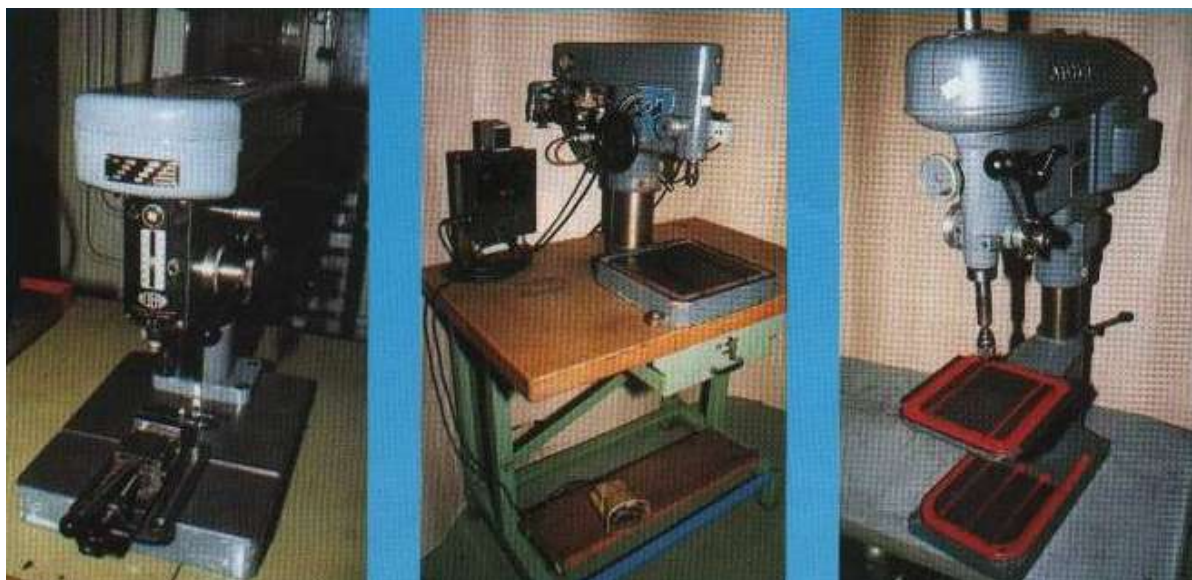
$$t_s \dots \text{ strojní čas [min] (v normativích ozn. } t_{A12}\text{)}$$

1.1.7 Vrtačky

jsou stroje, na kterých se provádí vrtání, zahlubování, vyhrubování, vystružování otvorů a řezání závitů. Hlavní řezný pohyb otáčivý i vedlejší pohyb posuvný přímočarý koná pracovní vřetenno stroje s upnutým nástrojem většinou ve sklíčidle naraženém svým vnějším kuzelem do vnitřního kuzele pracovního vřetenno. Případně lze použít i několika redukčních pouzder. Vyrábějí a používají se tyto nejčastější druhy vrtaček:

- **Stolní vrtačka** tvořená vřeteníkem posuvným po krátkém stojanu. Vřeteník nese motor současně s převodovkou otáček a posuvů a suvně uložené pracovní vřetenno, do kterého lze upnout sklíčidlo s nástrojem do průměru asi 16 mm.
- **Sloupová vrtačka** je obdobné, ale masivnější konstrukce s delším sloupem, po kterém se pohybuje výškově přestavitelný stůl, na nějž lze upnout menší obrobky. Větší je třeba upnout na podstavec. Umožňuje upnutí nástrojů do průměru 40 mm.
- **Stojanová vrtačka** má robustní stojan, po jehož svislém vedení se pohybuje vřeteník a stůl. Lze na ní opracovávat otvory do průměru 80 mm.
- **Radiální vrtačka** má posuvný vřeteník po rameni, které lze otáčet i posouvat po sloupu. Lze tak opracovávat dosti velké obrobky upnuté do strojního svěráku nebo do dělicího přístroje na tzv. kostku a nebo ještě větší obrobky uložené i mimo kostku. nástroji do průměru až 100 mm.
- **Souřadnicové vrtačky** pro opracování přesných otvorů (IT 2 až 5) s dodržením rozteče až na 0,002 mm. Jsou buď dvoustojanové s výškově přestavitelným příčnickem, po němž se pohybuje vřeteník. Obrobek se upíná na podélně posuvný pracovní stůl. Nebo se vyrábějí s výškově přestavitelným vřeteníkem pohybujícím se po stojanu. Rovinný pohyb obrobku v obou osách zajišťuje křížový stůl.
- **Speciální vrtačky** - například přenosné vrtačky – buď jako ruční nářadí pro lehké montážní práce pro vrtání otvorů do průměru 13 resp. 16 mm anebo přenosné jeřábem s možností upínání magnetickými upínkami k obrobku pro těžké montážní práce například při výrobě lodí. Mezi speciální vrtačky patří také vícevřetenové a revolverové vrtačky.

Všechny výše uvedené druhy se v dnešní době vyrábějí jak v konvenčním provedení, tak i jako CNC řízené.



Obr. 282 Stolní vrtačky – různá provedení



Obr. 283 Sloupová vrtačka



Obr. 284 Stojanové vrtačky



Obr. 285 Radiální vrtačka



Obr. 286 Víceřetenová vrtačka

1.1.8 Vodorovné vyvrtávačky

jsou nejuniverzálnější obráběcí stroje s řadou přídatných zařízení, což umožňuje realizaci mnoha různých obráběcích operací. Uplatňují se hlavně v malosériové výrobě. Používají se hlavně tyto druhy:

- **Stolová vyvrtávačka** - má na pevném stojanu výškově přestavitelný vřeteník pro upínání nástrojů. Obrobky se upínají na pracovní stůl, který je podélně a příčně posuvný i otočný kolem své svislé osy. Proti vřeteníku je přesuvný pomocný stojan s otočným ložiskem, což umožňuje podepření a vedení dlouhých vyvrtávacích tyčí.
- **Desková vyvrtávačka** - má posuvný stojan, po kterém se pohybuje svisle přestavitelný vřeteník. Stroj nemá pracovní stůl a obrobky se upínají přímo na desku, takže nevykonávají žádný pohyb. Slouží pro obrábění velkých obrobků.
- **Jemná vyvrtávačka** - má jeden nebo více vřeteníků upevněných na loži. Obrobek se upíná na pracovní stůl, který vykonává posuvný přímočarý pohyb. Používá se krátkých tuhých nástrojů, vyvrtávacích tyčí.

Na vodorovných vyvrtávačkách (horizontkách) se jako základní operace provádí vyvrtávání. Lze na nich však také vrtat otvory, provádět jejich zahloubení, dále vyhrubovat, vystružovat, vytvářet zápichy, řezat vnitřní závity, zarovnávat čela, vypichovat drážky do čela a také frézovat.

Pomocí zvláštních přípravků lze obrábět i kuželové plochy a také soustružit vnější válcové plochy.



Obr. 287 Stolová horizontální vyvrtávačka