

11. Vrtání a vyvrtávání

Vrtáním zhotovujeme díry válcového průřezu menších průměrů do plného materiálu nástrojem s jedním či dvěma břity. Pokud zvětšujeme díry předvrtané, předlité v odlitcích, předkované ve výkovicích apod. hovoříme o operaci vyvrtávání. Kromě toho se díry dokončují operacemi vyhrubováním a vystružováním. Čelní plochy, sražené hrany či zahlabené díry pro hlavy šroubů obrábíme zahlabováním.

Vrtání

Vrtáním obrábíme vnitřní rotační plochy. Nástroj koná hlavní řezný pohyb otáčivý a zároveň se posouvá do záběru ve směru osy vřeteně z. Nástrojem pro zhotovování děr je **vrták**, strojem je **vrtáčka**. Obrobek je pevně upnutý a zpravidla se během vrtání nepohybuje.

Nástroje pro vrtání

Nástroje na vrtání nazýváme vrtáky a podle tvaru je dělíme na vrtáky:

- ✚ Šroubovité
- ✚ Kopinaté (ploché)
- ✚ Hlavňové (dělové)
- ✚ Jádrové (korunkové)
- ✚ S odstupňovaným průměrem
- ✚ Kombinované se záhlubníky, výhrubníky či závitníky aj.
- ✚ Sředící

Obr. č. 74: Vrtáky



Šroubovité vrtáky se pro zhotovování děr používají nejčastěji. Vyrábějí se zpravidla dvoubřité, drážky pro odvod třísek mají ve šroubovici. Jsou vhodné pro vrtání děr do hloubky

$$L_{\max} = 10 \cdot D \quad [\text{mm}]$$

Kde:

L_{\max} je maximální hloubka vrtané díry
 D je průměr vrtáku

Hlavní části šroubového vrtáku jsou:

- ✚ Tělo vrtáku s drážkami ve šroubovici a fazetkou
- ✚ Stopka, která může být válcová nebo kuželová s Morseho kuzelem
- ✚ Hlavní ostří
- ✚ Vedlejší ostří
- ✚ Příčné ostří
- ✚ Jádro
- ✚ Vyrážec (u kuželové stopky)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Při vrtání je na obvodě nástroje největší řezná rychlost, která se směrem k ose zmenšuje až na nulovou hodnotu. Příčné ostří proto materiál neodřezává, ale pouze plasticky deformuje. Velikost příčného ostří je dána průměrem jádra vrtáku. Čím větší je délka příčného ostří, tím větší sílu v ose nástroje musíme vyvinout. Díry větších průměrů proto zpravidla předvrtáváme vrtákem o menším průměru a po té vyvrtáváme na požadovaný průměr.

Vrták je v díře veden fazetkou na vedlejším ostří nástroje. Tření vrtáku v díře zmenšujeme mírnou kuželovitostí nástroje směrem ke stopce. Průměr jádra se naopak pro zvýšení tuhosti postupně zvětšuje.

Šroubové vrtáky se vyrábějí:

- ✚ Celistvé z nástrojových nízkolegovaných, rychlořezných a vysocevýkonných rychlořezných ocelí
- ✚ S tělem z nástrojové oceli s přivařenou stopkou z konstrukční oceli
- ✚ Ze slinutých karbidů celistvé nebo s připájenou břitovou destičkou

Pro zvýšení řezivosti, tvrdosti a otěruvzdornosti se vrtáky povlakuji např. nitridem titanu TiN.

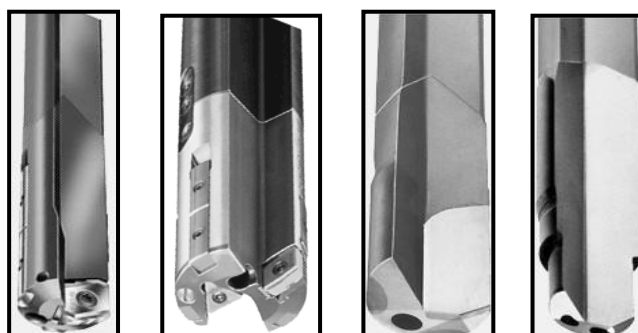
Obr. č. 75: Šroubový vrták s výměnnou řeznou hlavou ze slinutých karbidů, monolitní povlakovaný ze slinutých karbidů a pájený s celokarbidovou hlavicí.



Kopinaté vrtáky jsou vhodné pro vrtání krátkých děr větších průměrů. Řezná část nástroje je tvořena dvěma hlavními břity s vrcholovým úhlem $2\chi_r$ o velikosti 90° pro vrtání měkkých materiálů až po 146° pro tvrdé materiály a příčným břitem. Vyrábí se z rychlořezné oceli či ze slinutých karbidů. Kopinaté vrtáky špatně odvádí třísky z místa řezu, třísky se odplavují přívodem velkého množství chladicí kapaliny.

Dělové vrtáky se používají pro vrtání hlubokých děr. Vrtáky mají po obvodě vodící lišty pro správné vedení vrtáku v díře, řezná část je vyrobena z rychlořezné oceli nebo ze slinutých karbidů. Držák vrtáku je tvořen trubkou, kterou je do místa řezu přiváděna pod tlakem řezná kapalina. Třísky jsou vyplavovány prostorem kolem trubky. Před použitím dělového vrtáku se musí předvrtat část díry šroubovým vrtákem pro správné vedení nástroje v díře. Dělový vrták koná pouze vedlejší řezný pohyb posuvný, hlavní řezný pohyb otáčivý koná obvykle obrobek.

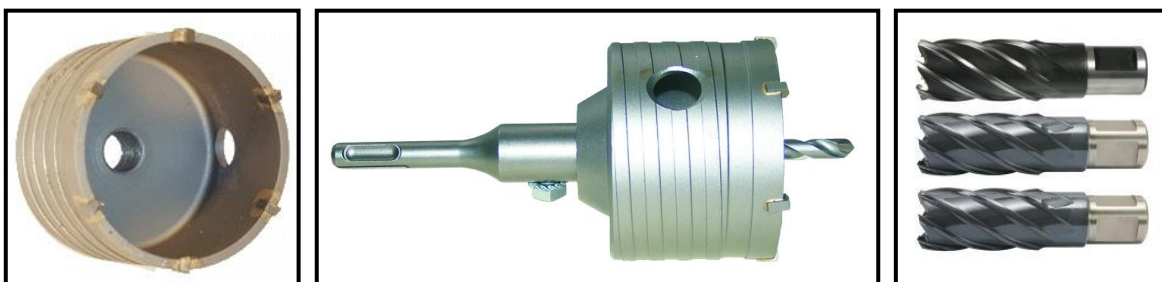
Obr. č. 76: Dělové vrtáky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Korunkové vrtáky vrtají materiál tzv. na jádro. Vrták má tvar trubky, čelo nástroje je osázeno břitovými destičkami ze slinutých karbidů. Materiál je odřezáván v mezikruží, uvnitř vrtáku zůstává pevné jádro odřezávaného materiálu.

Obr. č. 77: Korunkové vrtáky



Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou osazeny dvěma či více mechanicky upínanými břitovými destičkami ze slinutých karbidů. Držák nástroje se stopkou je vyroben z pevné konstrukční oceli. Nástroje jsou velmi produktivní pro zhotovování děr do průměru 100mm hloubky max. trojnásobku průměru.

Obr. č. 78: Vrtáky s vyměnitelnou břitovou destičkou ze slinutých karbidů



Středící vrtáky se používají k navrtání obrobku pro přesné navedení vrtáku do osy díry a též k navrtání tvarových důlků rotačních obrobků pro upnutí mezi hroty.



Obr. č. 79: Středící vrtáky

Vrtací hlavy se používají pro vrtání děr velkých průměrů. Jsou osazeny břitovými destičkami, které mohou být připájené nebo mechanicky upnuté. Díry mohou vrtat do plného materiálu nebo u větších průměrů se vrtají trepanačními vrtacími hlavami na jádro. Vrtací hlavy jsou upnuty na vrtací tyči či trubce a mohou vrtat díry do hloubky až 10 m. Pro lepší vedení v díře mají po okraji vodička, která zároveň vyhlazuje povrch vrtané díry a zlepšují tak drsnost obrobenej plochy.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. č. 80: Vrtací hlavy s vrtací rourou s vnitřním závitem



Vyhrubování a vystružování

Operace vyhrubování a vystružování se provádí pro zlepšení tvarové a rozměrové přesnosti vrtaných děr. Pro díry do průměru 10 mm se používají pouze výstružníky, větší díry se nejprve vyhrubují a vystružování je finální operace. Dalším kritériem pro volbu finálního nástroje je předepsaný požadovaný stupeň přesnosti. Díry IT 6 až 8 je nutno vystružit, díry IT 9 až 12 postačí vyhrubovat, díry IT 13 a vyšší se pouze vrtají.

Nástroje pro vyhrubování a vystružování

Výhrubníky a výstružníky jsou vícebřité nástroje. Vyrábí se celistvé s břity z rychlořezné oceli nebo s břity ze slinutých karbidů. Ty mohou být připájené nebo mechanicky upnuté. Výhrubníky a výstružníky průměrů nad 30mm se vyrábí jako nástrčné. Pracovní část nástroje tvoří řezný kužel, kterým je odebrána tříska, vodící část po obvodu nástroje je tvořena fazetkou dotváří a kalibruje díru. Břity nástroje mohou být přímé nebo ve šroubovici.

Výhrubníky používáme zpravidla před operací vystružování pro zlepšení geometrického tvaru díry a k vytvoření rovnoměrného přídavku na obrábění. Průměr nástroje bývá o přídavek $p = 0,2$ až $0,4$ mm menší než jmenovitý průměr vystružované díry. Jako finální nástroj se používá pro dokončování děr přesnosti IT 9 až 12. Řezná část je tvořena třemi až čtyřmi břity.

Obr. č. 81: Výhrubníky z nástrojové oceli celistvé a nástrčný.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mezní rozměry válcových výhrubníků určíme z tolerančního pole vyráběné díry ze vztahu:

$$JR_{vh} = [JR_d + (0,7 \text{ až } 0,8 \cdot T_d)] \quad [\text{mm}] \quad \text{pro finální nástroj}$$

$$JR_{vh} = JR_d - p \quad [\text{mm}] \quad \text{pro hrubování před vystružováním}$$

$$SR_{vh} = JR_{vh-t_{vh}}^{+0}$$

Kde:

JR_{vh} je jmenovitý rozměr výhrubníku

JR_d je jmenovitý rozměr díry

SR_{vh} je skutečný rozměr výhrubníku

T_d je toleranční pole díry

t_{vh} je výrobní tolerance výhrubníku

p je přídavek na vystružování

Toleranční pole výhrubníku určíme z velikosti tolerančního pole díry: $t_{vh} = 0,35 \cdot T_d$ [mm]

Výstružníky se používají pro výrobu přesných děr správného geometrického tvaru a požadované drsnosti povrchu. Můžeme je rozdělit podle různých hledisek:

Podle způsobu použití:

- ✚ Strojní
- ✚ Ruční

Podle tvaru:

- ✚ Válcové
- ✚ Kuželové

Podle způsobu výroby:

- ✚ Pevné
- ✚ Stavitelné
- ✚ Rozpínací

Strojní výstružníky se vyrábí se stopkou válcovou, kuželovou nebo jako nástrčné. Počet zubů je oproti výhrubníkům větší, vyrábí se se zuby ve šroubovici nebo přímé s nerovnoměrnou roztečí.

Ruční výstružníky mají válcovou stopku zakončenou čtyřhranem a otáčejí se pomocí vratidla. Mají dlouhý řezný kužel pro zavedení do předvrtané díry, zbytek činné části je mírně kuželovitý pro snížení kroutícího momentu. Vyrábí se z nástrojových ocelí slitinových a rychlořezných.

Kuželové výstružníky slouží k výrobě kuželových děr např. pro kuželové kolíky, Morse kužely apod. Ostří je na kuželové ploše nástroje. Vyrábí se strojní a ruční. Ruční výstružníky se vyrábí jako sadové, kdy první jsou hrubovací, poslední díru dokončuje na čisto.

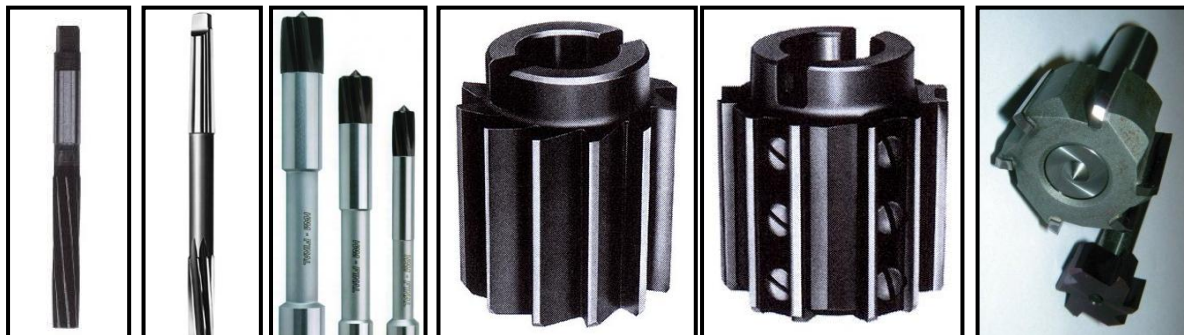
Rozpínací a stavitelné výstružníky umožňují změnit konečný rozměr nástroje nastavením rozpínací části nástroje. Používají se především v opravárenství.

Výstružníky s břity ze slinitých karbidů se používají pro těžce obrobitelné materiály. Jsou velmi výkonné a vyrábí se jako:

- ✚ Monolitní – pro díry do průměru 10 mm
- ✚ Vícebřité s destičkami připájenými
- ✚ Vícebřité s mechanicky upnutými destičkami
- ✚ Jednobřité opatřené vodícími lištami

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. č. 82: Výstružníky – ruční, celistvý strojní kuželovou stopkou, se bříty z cermentu, nástrčný celistvý, s výměnnými bříty z RO, cermentová vystružovací hlavice.



Mezní rozměry válcového výstružníku určíme z tolerančního pole vyráběné díry. Toleranční pole díry se rozdělí na:

$$T_d = a + t_{vs} + b$$

Kde:

T_d je toleranční pole díry

a je rezerva na rozhození výstružníku, $a = 0,15 \cdot T$

b je rezerva na přeastření, $b = 0,5 \cdot T$

t_{vs} je výrobní tolerance výstružníku $t = 0,35 \cdot T$

Jmenovitý, resp. skutečný rozměr výstružníku určíme ze vztahu:

$$JR_{vs} = HMR - a \quad [\text{mm}]$$

$$SR_{vs} = JR_{vs-t_{vs}}^{+0} \quad [\text{mm}]$$

Kde:

JR_{vs} je jmenovitý rozměr výstružníku

HMR je horní mezní rozměr díry

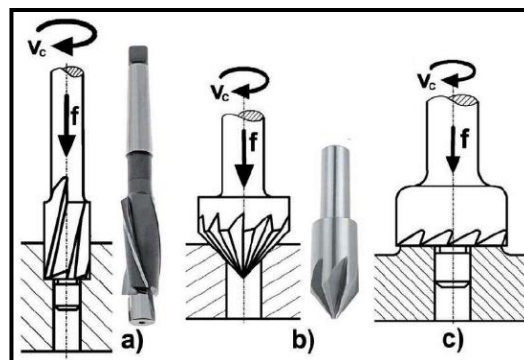
SR_{vs} je skutečný rozměr výstružníku

Zahlubování

Zahlubováním upravujeme nebo rozšiřujeme část vyvrtané díry. Nejčastěji se záhlubníky sráží hrana díry, zahlubují se díry pro kuželové a válcové hlavy šroubů či se zarovnávají díry u odlitků a výkovek pod hlavou šroubů se šestihrannou hlavou.

Obr. č. 83: Zahlubování:

- pro válcové hlavy šroubů
- pro kuželové a hlavy šroubů
- zarovnávání díry



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Záhlubníky jsou dvou nebo vícebřité nástroje, zuby záhlubníku jsou ve šroubovici nebo přímé. Vedení záhlubníku v díře zajišťují vodící pouzdra nebo vodící část. Upínají se za kuželovou stopku.

Obr. č. 84: Zahlubníky



Vyvtávání

Vyvtáváním se obrábí vnitřní rotační plochy nástrojem s jedním či více břity. Zvětšují a zpřesňují se díry předvrtané, předlité, předkované apod. průchozí i neprůchozí.

Nástroj koná hlavní řezný pohyb otáčivý. Posuv do záběru ve směru osy vřetene zkoná buď nástroj vysouváním pinoly vřetene, nebo obrobek upnutý na stole stroje, kterým je zpravidla **vyvtávačka**.

Nástroje pro vyvtávání děr

Pro vyvtávání děr se používají vyvtávací tyče a vyvtávací hlavy.

Vyvtávací tyč je složena z držáku se vsazenými vyvtávacími noži a z upínací části. Tyč se upíná do vřetene letmo nebo může být podepřena opěrným ložiskem. Bývá osazena jedním, dvěma nebo více břity. Vícebřité se používají pro hrubování, pro obrábění na čisto jsou vhodné jednobřité vyvtávací tyče se stavitelným vyvtávacím nožem s možností měnit velikost vyvtávaného průměru.

Vyvtávací hlava je konstrukcí podobná vyvtávací tyči, používá se pro výrobu krátkých přesných děr nebo pro obrobení čela díry a zahlubnění.

Stroje pro vrtání a vyvtávání

Pro vrtání a vyvtávání se používají vrtačky a vyvtávačky. Operace vrtání a vyvtávání lze však provádět i na soustruhu a frézce.

Vrtačky

Na vrtačkách se provádí operace vrtání, vyhrubování, vystružování, zahlubování a řezání závitů. Nástroje s válcovou se upínají do sklíčidla, s kuželovou stopkou se upínají přes redukce pomocí Morse kužele přímo do dutého vřetene.

Podle konstrukce je dělíme na:

- ✚ Stolní
- ✚ Sloupové
- ✚ Stojanové
- ✚ Radiální
- ✚ Souřadnicové
- ✚ Speciální

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Stolní vrtačka se používá k vrtání děr do průměru 16 mm. Vřeteník a elektromotor jsou uloženy posuvně na krátkém sloupu, velikost otáček se nastavuje ručním přestavením řemene na řemenici elektromotoru a vřetene.

Sloupová vrtačka je konstrukcí vřeteníku podobná vrtačce stolní. Na dlouhém sloupu je umístěn výškově stavitelný stůl, na který se upínají obrobky menších rozměrů. Velké obrobky se upínají přímo na podstavec vrtačky. Používá se k vrtání děr do průměru 40 mm.

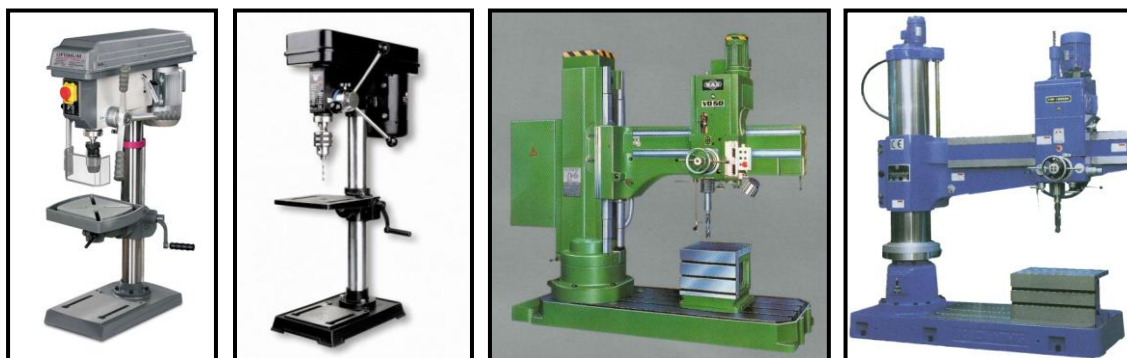
Stojanová vrtačka má tuhý stojan s vedením, na kterém je umístěn vřeteník a posuvný pracovní stůl. Tužší konstrukce stroje umožňuje obrábět díry do průměru 80 mm.

Radiální vrtačka má na základní desce upevněn sloup s otočným a výškově přestavitelným ramenem. Po rameni se posouvá vřeteník. Velké obrobky se upínají na základní desku, pro menší se používá upínací kostka. Maximální průměr děr je 100 mm.

Souřadnicová vrtačka umožňuje vrtat díry vysoké přesnosti a v tolerovaných roztečích. Konstrukčně je řešena buď se dvěma stojany s příčnickem, po kterém se posouvá vřeteník. Pracovní stůl se podélně posouvá. Jednostojanová souřadnicová vrtačka je opatřena křížovým stolem s podélným i příčným posuvem. Obě konstrukční řešení umožňují přesné nastavení obrobku pod vrtací nástroj.

Speciální vrtačky jsou určeny pro vrtání ve specifických podmínkách nebo jsou určeny jen pro určité operace. Jsou to např. vrtačky s revolverovou hlavou, přenosné vrtačky, navrtávačky aj.





Obr. č. 85: Vrtačky – stolní, sloupová, stojanová a otočná radiální.



Vyvrtačky

Vyvrtačky umožňují přesné nastavení souřadnic obráběných ploch a jsou vhodné pro obrábění rozměrných nerotačních součástí. Hlavní řezný pohyb rotační koná nástroj, obrobek koná vedlejší pohyb posuvný. Na vyvrtačkách můžeme vrtat, vyhrubovat, vystružovat, vyvrtávat a též frézovat.

Podle konstrukce je dělíme na:

-  Vodorovné vyvrtačky stolové
-  Vodorovné vyvrtačky deskové
-  Souřadnicové vyvrtačky
-  Jemné vyvrtačky

Stolová vodorovná vyvrtačka má pevný stojan s vřeteníkem, který je možné výškově nastavit a pomocný stojan s opěrným ložiskem pro podepření dlouhých vrtacích tyčí. Pracovní stůl je opatřen podélným i příčným posuvem a může se otáčet kolem své osy.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Desková vodorovná vyvrtávačka nemá pracovní stůl, obrobek se upíná na pracovní desku. Příčný posuv je zajištěn pohyblivým stojanem s vřeteníkem. Podélný posuv je dán výsuvným vřetenem. Je vhodná pro obrábění těžkých rozměrných obrobků.

Souřadnicová vyvrtávačka je podobně jako souřadnicová vrtačka opatřena dvěma stojany s příčnickem. Na příčnicku je umístěn posuvný vřeteník, další vřeteník je na stojanu stroje. Souřadnicová vyvrtávačka je konstrukčně velmi tuhá a pracuje s velkou přesností. Je na ní možno pracovat se všemi rotačními nástroji.

Jemná vyvrtávačka má jeden či více vřeteníků na loži stroje, pracovní stůl se posouvá po loži obvykle hydraulickým pohonem.

Obr. č. 86: Vyvrtávačky - stolová vodorovná, desková, souřadnicová, CNC stolová vodorovná.



Řezné podmínky při vrtání a vyvrtávání

Řezná rychlost v – je obvodová rychlost nástroje a je dána vztahem:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Kde:

D je průměr nástroje v milimetrech
 n jsou otáčky nástroje za minutu

Plocha třísky S – je dána velikostí posuvu na otáčku, počtem břitů a průměrem nástroje.

Pro jeden břit nástroje při vrtání:

$$S = \frac{D}{2} \cdot \frac{f_{ot}}{z} \quad [\text{mm}^2]$$

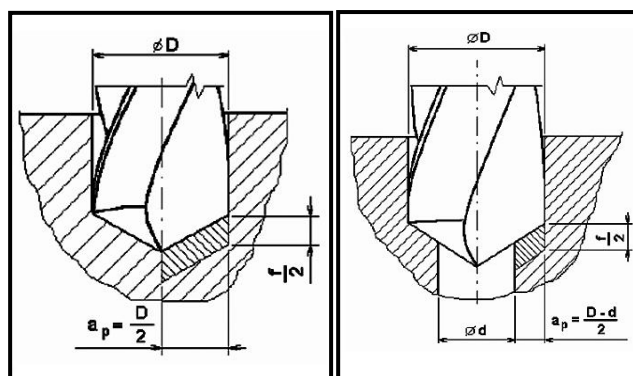
Pro zvětšování předvrtané díry:

$$S = \frac{D-d}{2} \cdot \frac{f_{ot}}{z} \quad [\text{mm}^2]$$

Kde:

D je průměr nástroje v milimetrech
 d je průměr předvrtané díry
 f_{ot} je posuv v milimetrech na otáčku
 z je počet zubů nástroje

Obr. č. 87: Plocha třísky S pro vrtání a vyvrtávání.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Řezná síla F_z – je závislá na velikosti nástroje a řezném odporu. Pro dvoubřítý vrták počítáme dvojici sil dle vztahu:

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

Po dosazení za $\frac{F_z}{2}$, kdy:

$$\frac{F_z}{2} = S \cdot p = \frac{f_{ot} \cdot D}{4} \cdot p \quad [\text{N}]$$

určíme krouticí moment ze vztahu:

$$M_k = p \cdot \frac{f_{ot} \cdot D}{4} \cdot \frac{D}{2} = \frac{p \cdot f_{ot} \cdot D^2}{8} \quad [\text{N.m}]$$

Kde:

M_k je krouticí moment
 p je řezný odpor v MPa
 f_{ot} je posuv v milimetrech na otáčku
 D je průměr dvoubřitého vrtáku v mm

Užitečný výkon $P_{už}$ – vypočteme z krouticího momentu ze vztahu:

$$P_{už} = 2\pi \cdot M_k \cdot n \quad [\text{W}]$$

Kde:

M_k je krouticí moment
 n jsou otáčky nástroje za minutu

Příkon elektromotoru P_e – určíme z užitečného výkonu účinnosti stroje:

$$P_e = \frac{P_{už}}{\eta} \quad [\text{W}]$$

Kde:

η je účinnost stroje, bývá 0,7 až 0,8

Strojní čas t_{As} - vychází z teoretické délky vrtání, resp. vyhrubování či vystružování.

$$t_{As} = \frac{L}{n \cdot f_{ot}} \quad [\text{min}]$$

Celková dráha nástroje L , platí pro ni:

$$L = l_{th} + l_n + l_p \quad [\text{mm}]$$

Kde:

l_{th} je teoretická délka vrtání
 l_n je délka náběhu
 l_p je délka přeběhu



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Otázky a úkoly k procvičení tématu:

1. Vysvětlí základní operace vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování.
2. Jak rozlišujeme vrtáky?
3. Popiš rozdělení vrtaček.
4. Jaké nástroje používáme na vyvrtávačkách?
5. Popiš rozdělení vyvrtávaček.
6. Jak se dělí výstružníky?
7. Urči rozměry vrtáku a finálního nástroje pro výrobu děr $\varnothing 12F10$, $\varnothing 20H8$, $\varnothing 32F7$, $\varnothing 48H10$.
8. Jak určujeme řezné podmínky pro vrtání a vyvrtávání?
9. Určete řezné podmínky pro vrtání díry $\varnothing 24$ vrtanou šroubovým vrtákem, materiál obrobku ocel třídy 11600.0