**Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

Bc. Jiří Koťátko

**Technická univerzita v Liberci**

| | |
|---|---|
| Fakulta strojní: | Katedra obrábění a montáže |
| Magisterský studijní program: | 2303T002-93/Strojírenská technologie |
| Zaměření: | Obrábění a montáž |


# RACIONALIZACE VÝROBY PŘI TECHNOLOGII VRTÁNÍ POHYBLIVÉHO RÁMU FORMY BLOKU MOTORU EA 211 VE FIRMĚ ŠKODA AUTO a.s.

## RATIONALIZATION OF MANUFACTURING IN TECHNOLOGY OF DRILLING MOVABLE FRAMEWORK OF THE MOLD OF CYLINDER BLOCK EA 211 IN THE COMPANY SKODA AUTO a.s.

**KOM - 1225**

***Bc. Jiří Koťátko***

Vedoucí práce: Ing. Jan Frinta, CSc.

Konzultant: Ing. Petr Svoboda, Oddělení VSN3/2 – Technologie výroby metalografického nářadí


Počet stran: 96
Počet příloh: 9
Počet obrázků: 57
Počet tabulek: 25
Počet diagramů: 20

Datum: 20. 5. 2013

Označení DP (BP): 1225 Řešitel: *Bc. Jiří Koťátko*

# RACIONALIZACE VÝROBY PŘI TECHNOLOGII VRTÁNÍ POHYBLIVÉHO RÁMU FORMY BLOKU MOTORU EA 211 VE FIRMĚ ŠKODA AUTO a.s.

*ANOTACE:*

Práce se zabývá zvyšováním produktivity a snižováním výrobních nákladů při technologii vrtání realizované na pohyblivém rámu formy pro blok motoru EA 211. Shrnuje informace o v současnosti používaných typech vrtáků. Zabývá se výpočtem a analýzou výrobních nákladů včetně zkoušek nových vrtáků. Práce obsahuje racionalizační návrh zařazení nových typů vrtáků včetně technicko-ekonomického zhodnocení a také výpočtovou aplikaci pro kalkulaci výrobních nákladů realizovanou v softwaru Microsoft Excel.

Klíčová slova: OBRÁBĚNÍ, VRTÁNÍ, PRODUKTIVITA, VÝROBNÍ NÁKLADY.

## RATIONALIZATION OF MANUFACTURING IN TECHNOLOGY OF DRILLING MOVABLE FRAMEWORK OF THE MOLD OF CYLINDER BLOCK EA 211 IN THE COMPANY SKODA AUTO a.s.

*ANNOTATION:*

This thesis deals with increasing productivity and reducing production costs in technology of drilling of the cylinder block EA 211 mold. Types of drills used in present-day technology of drilling are specified in the introduction of this thesis. Next part deals with calculation and analysis of production costs, including tests of the new drills. Thesis includes rationalizing proposition of subsumption of the new drill types including technical-economical evaluation and software application for calculating production costs.

Key words: MACHINING, DRILLING, PRODUCTIVITY, PRODUCTION COSTS.

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2013

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 96

Počet příloh: 9

Počet obrázků: 57

Počet tabulek: 25

Počet diagramů: 20

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže studijní rok : 2012 / 2013

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | | |
|---|---|---|
| Jméno a příjmení | : | **Bc. Jiří KOŤÁTKO** |
| Studijní program | : | N2301 Strojní inženýrství |
| Obor | : | 2303T002 Strojírenská technologie |
| Zaměření | : | Obrábění a montáž |

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

**Racionalizace výroby při technologii vrtání pohyblivého rámu formy bloku motoru EA211 ve firmě ŠKODA AUTO a.s.**

Zásady pro vypracování:
(uveďte hlavní cíle diplomové práce doporučené metody pro vypracování)

1. Popis výrobku a jeho hlavní charakteristiky.
2. Teorie a technologie vrtání.
3. Problematika volby stroje.
4. Zkoušky a analýza vrtacích operací pohyblivého rámu formy.
5. Návrh na racionalizaci technologie.
6. Závěrečné vyhodnocení, ekonomika, produktivita obráběcího procesu.

Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva: 50 - 65 stran textu
- grafické práce: obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):


1. MÁDL, J. aj. *Technologie obrábění.* Praha: Nakladatelství ČVUT, 1999. ISBN 978-80-01-03752-2.
2. FOREJT, M., PÍŠKA, M. *Teorie obrábění , tváření a nástroje.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006. ISBN 80-214-2374-9.
3. KOCMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. ISBN 80-214-3068-0.
4. MÁDL, J., KVASNIČKA, I. *Optimalizace obráběcího procesu.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01864-6.
5. HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje.* Praha: MM publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.


Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Frinta, CSc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Petr Svoboda
Škoda Auto a.s.

Technická univerzita v Liberci - vl.

L.S.

Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.
vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci, dne 28. 02. 2013

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data. Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

## Místopřísežné prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Frintovi, CSc. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Děkuji také konzultantům mé diplomové práce Ing. Petru Svobodovi a Jiřímu Kellerovi za poskytnutý prostor, rady, připomínky a pomoc při vypracování práce. V neposlední řadě chci poděkovat Jiřímu Kejmarovi a firmě ŠKODA AUTO a.s. za možnost vypracování mé diplomové práce.

# Obsah

# Seznam použitých zkratek a symbolů

| *Zkratka / Symbol* | *Jednotka* | *Popis* |
|---|---|---|
| $A_D$ | [$mm^2$] | průřez třísky |
| b | [mm] | šířka třísky |
| CAD | [-] | Computer Aided Design – počítačem podporovaná konstrukce |
| CAM | [-] | Computer Aided Manufacturing - počítačem podporovaná výroba |
| $C_d$ | [Kč] | cena břitové destičky |
| $C_E$ | [Kč/hod] | cena elektrické energie |
| $CFS_{EFPL}$ | [hod/rok] | časový fond stroje |
| $C_n$ | [Kč] | cena nástroje |
| $C_S$ | [Kč] | cena stroje |
| $C_{tn}$ | [Kč] | cena tělesa nástroje |
| $C_{zn}$ | [Kč] | zbytková cena nástroje |
| d | [-] | počet vyráběných kusů |
| D | [mm] | průměr vrtáku |
| $F_c$ | [N] | řezná síla |
| $F_f$ | [N] | posuvová síla |
| $F_p$ | [N] | pasivní síla |
| h | [mm] | tloušťka třísky |
| HRP | [Kč/hod] | hodinový režijní paušál |
| $HRP_{OS}$ | [Kč/hod] | hodinový režijní paušál ostřírny |
| $HRP_{SP}$ | [Kč/hod] | hodinový režijní paušál společných (střediskových) nákladů |
| HSS | [-] | High Speed Steel – rychlořezná ocel |
| $k_C$ | [-] | přirážka směnového času |
| KNB | [-] | Kubický nitrid bóru |
| $k_r$ | [-] | poměr skutečného času, kdy dochází k opotřebení a strojního času |
| $k_{us}$ | [-] | koeficient oprav a údržby stroje |
| $k_{ut}$ | [-] | koeficient údržby tělesa nástroje |
| $k_{vs}$ | [-] | koeficient časového využití stroje |
| KNB | [-] | kubický nitrid bóru |
| RNS | [Kč] | režijní náklady střediska |
| KS | [hod] | kapacita střediska |
| $K_z$ | [-] | konstrukční základna |
| $K_{zm}$ | [-] | kontrolní základna |
| $M_k$ | [Nm] | krouticí moment |
| $M_O$ | [Kč/hod] | mzda operátora včetně sociálního a zdravotního pojištění |
| $M_S$ | [Kč/hod] | mzda seřizovače včetně sociálního a zdravotního pojištění |
| $M_z$ | [-] | montážní základna |
| n | [$min^{-1}$] | otáčky vřetena |

| *Zkratka / Symbol* | *Jednotka* | *Popis* |
|---|---|---|
| N | [Kč] | výrobní náklady na uvažovaný operační úsek |
| $N_B$ | [Kč] | náklady dávkové |
| $N_C$ | [Kč] | celkové výrobní náklady na obrobek |
| $N_{hs}$ | [Kč/hod] | hodinové náklady na provoz stroje |
| $N_i$ | [Kč] | výrobní náklady na i-tý operační úsek |
| $N_n$ | [Kč] | náklady na nástroje vztažené na operační úsek |
| $N_{nT}$ | [Kč] | náklady na provoz nástroje vztažené na jednu trvanlivost břitu |
| $N_S$ | [Kč] | náklady na strojní práci na operační úsek |
| $N_{sm}$ | [Kč] | náklady na strojní práci |
| $N_{SZ}$ | [Kč] | náklady na speciální zařízení |
| $N_v$ | [Kč] | náklady na vedlejší práci |
| $N_{vm}$ | [Kč] | náklady na vedlejší práci |
| $N_{vn}$ | [Kč] | náklady na výměnu resp. znovuseřízení opotřebovaného nástroje nebo výměnné břitové destičky vztažené na operační úsek |
| $N_{vnm}$ | [Kč] | náklady na výměnu nástroje |
| $O_s$ | [Kč/hod] | odpis stroje |
| $P_c$ | [kW] | řezný výkon |
| RO | [-] | rychlořezná ocel |
| $s_b$ | [-] | součinitel využití břitových destiček |
| SK | [-] | slinutý karbid |
| SM | [-] | směnnost |
| S-N-O-P | [-] | soustava Stroj – Nástroj – Obrobek – Přípravek |
| T | [min] | trvanlivost břitu nástroje |
| $t_A$ | [min] | čas jednotkový |
| $t_{As}$ | [min] | strojní čas jednotkový |
| $t_{Av}$ | [min] | čas jednotkový vedlejší |
| $t_{A1}$ | [min] | čas jednotkové práce |
| $t_{A101}$ | [min] | čas jednotkové práce pravidelné |
| $t_{A102}$ | [min] | čas jednotkové práce nepravidelné |
| $t_{A111}$ | [min] | čas jednotkové práce pravidelné za klidu stroje |
| $t_{A121}$ | [min] | čas jednotkové práce pravidelné za chodu stroje |
| $t_{A131}$ | [min] | čas jednotkové práce pravidelné za řízeného chodu stroje |
| $t_{A2}$ | [min] | čas jednotkový obecně nutných přestávek |
| $t_{A201}$ | [min] | čas jednotkový obecně nutných přestávek - oddech |
| $t_{A211}$ | [min] | čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu stroje |
| $t_{A221}$ | [min] | čas jednotkový obecně nutných přestávek za chodu stroje |
| $t_{A3}$ | [min] | čas jednotkový podmíněně nutných přestávek |
| $t_{A31}$ | [min] | čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za klidu stroje |
| $t_{A32}$ | [min] | čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje |

| *Zkratka / Symbol* | *Jednotka* | *Popis* |
|---|---|---|
| $t_B$ | [min] | čas dávkový |
| $t_{B1}$ | [min] | čas dávkové práce |
| $t_{B11}$ | [min] | čas dávkové práce za klidu stroje |
| $t_{B12}$ | [min] | čas dávkové práce za chodu stroje |
| $t_{B2}$ | [min] | čas dávkový obecně nutných přestávek |
| $t_{B201}$ | [min] | čas dávkový obecně nutných přestávek - oddech |
| $t_{B211}$ | [min] | čas dávkový obecně nutných přestávek za klidu stroje |
| $t_{B221}$ | [min] | čas dávkový obecně nutných přestávek za chodu stroje |
| $t_{B3}$ | [min] | čas dávkový podmíněně nutných přestávek |
| $t_{B31}$ | [min] | čas dávkový podmíněně nutných přestávek za klidu stroje |
| $t_{B32}$ | [min] | čas dávkový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje |
| $t_C$ | [min] | čas směnový |
| $t_{C1}$ | [min] | čas směnové práce |
| $t_{C11}$ | [min] | čas směnové práce za klidu stroje |
| $t_{C12}$ | [min] | čas směnové práce za chodu stroje |
| $t_{C2}$ | [min] | čas směnový obecně nutných přestávek |
| $t_{C201}$ | [min] | čas směnový obecně nutných pravidelných přestávek - oddech |
| $t_{C202}$ | [min] | čas směnový obecně nutných nepravidelných přestávek |
| $t_{C203}$ | [min] | čas směnový obecně nutných přestávek - svačina |
| $t_{C3}$ | [min] | čas směnový podmíněně nutných přestávek |
| $t_{C31}$ | [min] | čas směnový podmíněně nutných přestávek za klidu stroje |
| $t_{C32}$ | [min] | čas směnový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje |
| $t_Z$ | [min] | čas ztrátový |
| $T_D$ | [min] | čas osobních ztrát |
| $t_D$ | [min] | čas ztrátový osobní |
| $t_{D1}$ | [min] | čas ztrátový osobní zaviněný |
| $t_{D2}$ | [min] | čas ztrátový osobní nezaviněný |
| $T_E$ | [min] | čas technologických a organizačních ztrát |
| $t_E$ | [min] | čas ztrátový technologický a organizační |
| $t_{E1}$ | [min] | čas ztrátový technologický a organizační - vícepráce |
| $t_{E2}$ | [min] | čas ztrátový technologický a organizační - čekání |
| $T_F$ | [min] | čas ztrát vyšší mocí |
| $t_F$ | [min] | čas ztrátový způsobený vyšší mocí |
| $T_N$ | [min] | čas nutný |
| $t_{os}$ | [min] | čas ostření nástroje |
| $t_{vn}$ | [min] | čas na výměnu nástroje |
| $T_z$ | [min] | čas ztrátový |
| $T_{zk}$ | [-] | technologická základna |
| $T_{zh}$ | [-] | hlavní technologická základna |

| *Zkratka / Symbol* | *Jednotka* | *Popis* |
|---|---|---|
| $T_{zhr}$ | [-] | hrubá technologická základna |
| $T_{zk}$ | [-] | konečná technologická základna |
| $T_{zu}$ | [-] | ustavovací technologická základna |
| $T_{zv}$ | [-] | vedlejší technologická základna |
| $T_1$ | [min] | čas práce |
| $T_2$ | [min] | čas obecně nutných přestávek |
| $T_3$ | [min] | čas podmíněně nutných přestávek |
| $T_F$ | [min] | čas ztrát vyšší mocí |
| $T_N$ | [min] | čas nutný |
| $t_{os}$ | [min] | čas ostření nástroje |
| $t_{vn}$ | [min] | čas na výměnu nástroje |
| uu | [-] | počet operačních úseků |
| $v_c$ | [m/min] | řezná rychlost |
| $v_e$ | [mm/min] | rychlost řezného pohybu |
| $v_f$ | [m/min] | posuvová rychlost |
| $VK_{tAs}$ | [-] | Váhový koeficient $t_{As}$ na jednu díru |
| $VK_{vn}$ | [-] | Váhový koeficient výrobních nákladů na jednu díru |
| VN | [Kč] | výrobní náklady |
| $z_b$ | [-] | počet břitů na destičce |
| $z_d$ | [-] | počet břitových destiček na nástroji |
| $z_o$ | [-] | počet možných přeostření |
| $Z_S$ | [rok] | životnost stroje |
| $z_u$ | [-] | předpokládaný počet upnutí destiček za dobu životnosti tělesa nástroje |
| $z_v$ | [-] | počet výměn nástroje, vztažený na jeden operační úsek |
| $\kappa_r$ | [°] | úhel nastavení |

# Úvod

Konkurenční prostředí se mezi strojírenskými podniky v posledních několika letech stále více přiostřuje. Můžeme sledovat neustávající tlak trhu na výrobní podniky s cílem dalšího snižování cen finálních výrobků. Hlavní důvod lze spatřovat v nadále rostoucím dovozu výrobků ze zemí Asie. Zejména čínské výrobní podniky jsou symbolem stále se zvyšující konkurence. Ano, můžeme namítnout, že v drtivé většině výrobky asijského původu nedosahují kvalit výrobků vyrobených v Evropě, ale lze si povšimnout faktu, že i v oblasti kvality výrobku se asijské výrobní podniky v posledních letech posunují výrazně kupředu.

Racionálním vyústěním současné situace na trhu se strojírenskými výrobky je tlak managementu každého výrobního podniku na snižování výrobních nákladů, růst produktivity práce a odstraňování plýtvání, to vše, s cílem dosažení nižší ceny finálního výrobku.

V případě strojírenského podniku zaměřeného převážně na technologii obrábění mluvíme o neustávající racionalizaci výroby. Je nezbytné volit vhodné výrobní zařízení (CNC obráběcí stroj), včetně kvalitního CAD/CAM softwaru. Důležité je rovněž využívat moderních řezných nástrojů, optimalizovat řezné podmínky a operační náklady.

Maximální snahou se prosadit na trhu se svými výrobky (osobními automobily), není výjimkou ani ŠKODA AUTO a.s., zvláště v její současné modelové ofenzívě a růstové strategii.

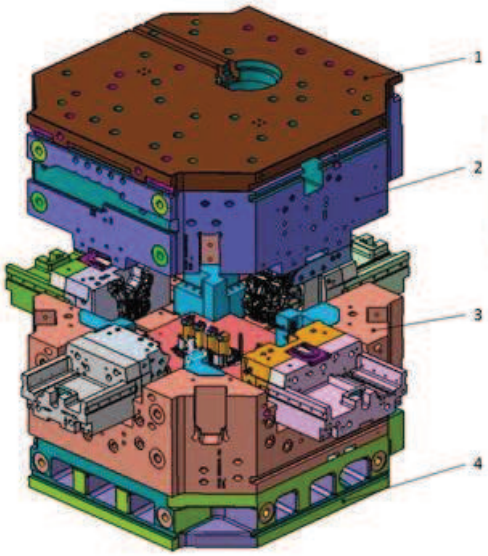
Tato diplomová práce řeší požadavek ŠKODY AUTO a.s. na snížení výrobních nákladů a zvýšení produktivity při technologii vrtání pohyblivého rámu formy pro lití bloku motoru EA 211. Zabývá se využíváním moderních řezných nástrojů (vrtáků) jako prostředku k dosažení vyšší produktivity a snižování výrobních nákladů. Diplomová práce rovněž řeší metodiku ekonomické analýzy výrobních nákladů, její zjednodušení a urychlení pomocí navržené výpočetní aplikace. V závěru je provedeno porovnání technologických variant výroby otvorů a zhodnocení navržené výpočetní aplikace.

# 1. POPIS VÝROBKU A JEHO HLAVNÍ CHARAKTERISTIKY

## 1.1. Funkce a popis pohyblivého rámu

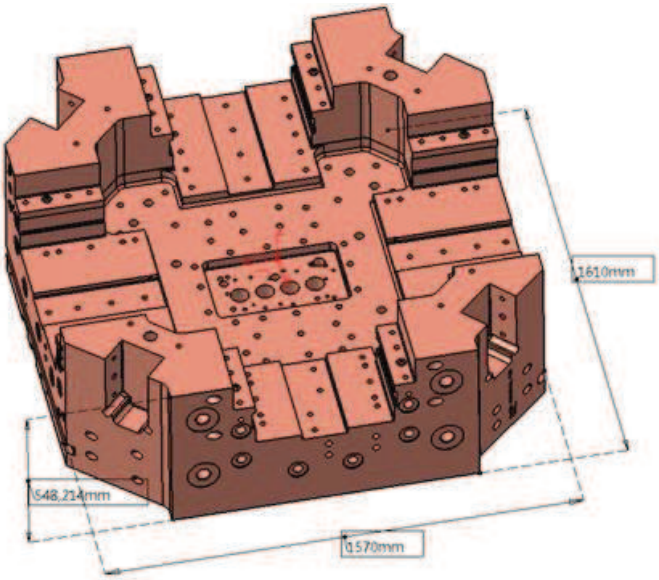
*Pohyblivý rám formy* (viz Obr. 1.1. pozice 3; číslo výkresu: 31-49K 300252P3P1) plní funkci nosného a vodícího prvku, na který se pojí důležité pohyblivé i statické komponenty a spolu s *pevným rámem* (viz Obr. 1.1. pozice 2) tvoří kostru tlakové licí formy pro blok motoru EA211 (viz Obr. 1.4). Hrubé rozměry pohyblivého rámu jsou 1 570 x 1 610 x 548 mm a hrubá hmotnost je 6 000 kg.

Z hlediska správné funkčnosti je pohyblivý rám charakteristický velkým množstvím otvorů (252 děr), také značnou tvarovou členitostí, viz Obr. 1.2. *Otvory* plní funkci *montážní* (fixace komponent k pohyblivému rámu), dále funkci *temperační* (udržování formy na pracovní teplotě) a *přístupovou* (průchozí otvory pro vyhazovače). Pohyblivý rám disponuje velkým množstvím otvorů se závity různých průměrů (M8, M10, M12, M20, M36, M48), také velkým počtem slepých a průchozích otvorů. Průměry těchto děr se pohybují v rozmezí D10 až D40, hloubky vrtání se pohybují od 2xD do 11,5xD. *Tvarová část* pohyblivého rámu je důležitá pro vedení pohyblivých komponent a pro montáž komponent statických.




Obr. 1.1. 3D model rozevřené formy; zdroj: Škoda

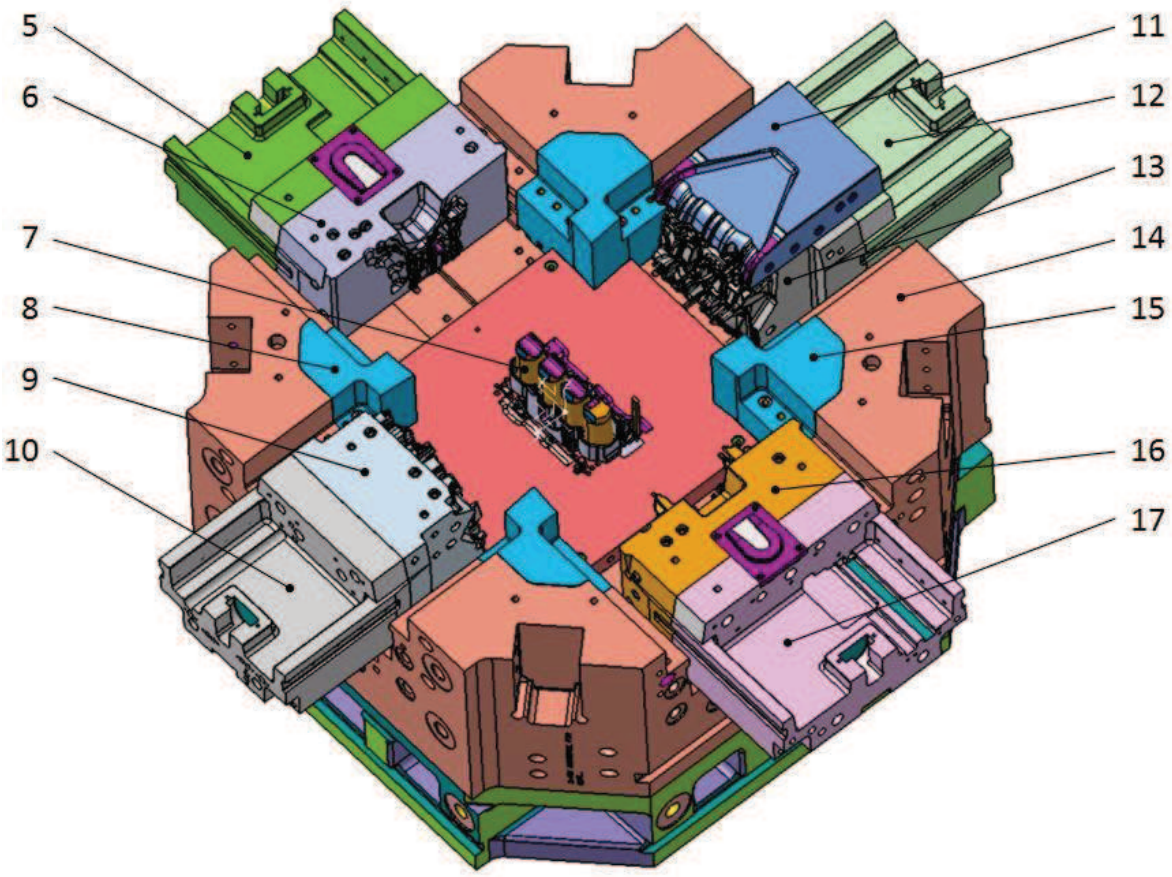
1 – podložka (deska)
2 – pevný rám
3 – pohyblivý rám
4 – stolička



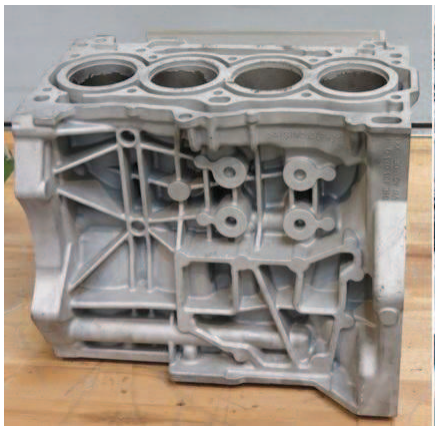

Obr. 1.2. 3D model pohyblivého rámu formy včetně hrubých rozměrů; zdroj: Škoda

Při montáži se na pohyblivý rám váží hlavní funkční komponenty důležité pro proces lití bloku motoru (viz Obr. 1.3). Konkrétně se jedná o „vedení-čelo“ (pozice 5); „šoupě-čelo“ (pozice 6); „vložka“ (pozice 7); „vložka-zámek“ (pozice 8); „šoupě-horní“ (pozice 9); „vedení-horní“ (pozice 10); „deska vtoku“ (pozice 11); „vedení-spodní“ (pozice 12); „šoupě-spodní“ (pozice 13); „pohyblivý rám“ (pozice 14); „vložka-zámek“ (pozice 15); „šoupě-spojka“ (pozice 16); „vedení-spojka“ (pozice 17).

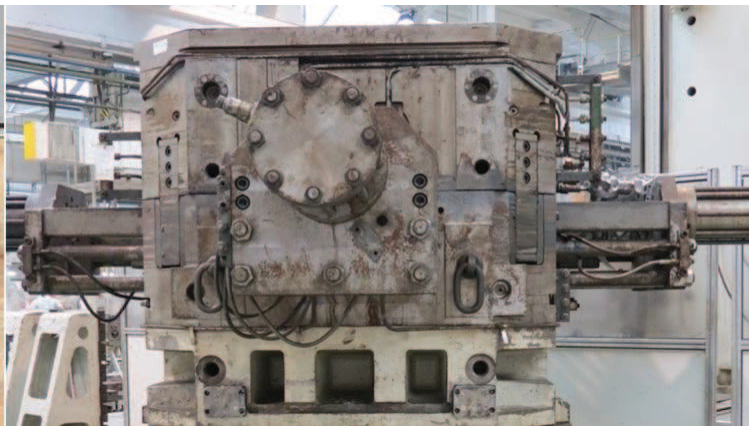
Vlastní proces lití roztaveného kovu se realizuje skrz *pevný rám* a přes *desku vtoku* do dutiny formy, která je tvořena *šoupaty* a *jádry*. *Šoupata* jsou 4 (čelní, horní, spodní, spojka) a mají negativní tvar bloku motoru. V součinnosti s *jádry* tedy udělují odlitku požadovaný tvar. Po ztuhnutí odlitku následuje odjetí *pohyblivého rámů* ve svislé poloze směrem dolů a zároveň k rozevření *šoupat* pomocí *vedení* směrem od středu formy ven. Šoupata tedy plní funkci jak vlastní formy, tak i umožňují díky své pohyblivosti (v součinnosti s vyhazovači) bezproblémové vyjmutí odlitku. Po vyjmutí odlitku následuje zajetí šoupat zpět do pracovní pozice a k opětovnému uzavření formy v dělící rovině díky zpětnému pohybu pohyblivého rámu. Celý proces tlakového lití se následně může opakovat.




Obr. 1.3. Pohyblivý rám + hlavní funkční prvky; zdroj: Škoda



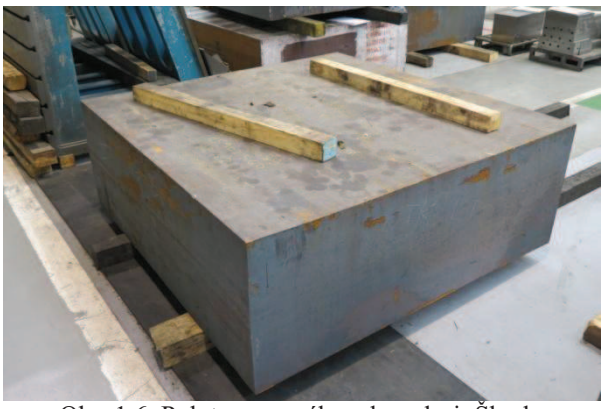
Obr. 1.4 Blok motoru EA211; zdroj: Škoda



Obr. 1.5. Kompletní forma pro lití bloku motoru EA211; zdroj: Škoda

## 1.2. Materiálová charakteristika pohyblivého rámu

Pohyblivý rám formy je z konstrukční nízkolegované oceli 15 260, ta je dobře tvárná za tepla. Ve stavu žíhaném na měkko má obrobitelnost 12b. Chemické složení oceli 15 260 je: $C = 0,47 - 0,5\ \%$; $M_n = 0,7 - 1,0\%$; $Si = 0,15 - 0,4\%$; $Cr = 0,9 - 1,2\%$; $V = 0,1 - 0,2\%$; $Ni = 0,3\%$; $P = 0,035\%$; $S = 0,035\%$. Polotovar dodávaný pro výrobu pohyblivého rámu je výkovek (viz Obr. 1.6.) s hrubými rozměry 1 650 x 1 610 x 600 mm a hrubou hmotností 13 000 kg. Výkovek se po vyhrubování tvaru rámu dále zušlechťuje na 900+150 MPa s výslednou minimální tvrdostí 300 HB. Zušlechtění polotovaru jeho obrobitelnost pro finální opracování zhoršuje.



Obr. 1.6. Polotovar – výkovek; zdroj: Škoda

## 1.3. Charakteristické základny pohyblivého rámu

*Základnu* obecně lze definovat jako určitou plochu, osu, přímku, či bod, z nichž vycházíme při stanovování rozměrových a funkčních (polohových) vztahů ostatních rozměrů, ploch nebo jejich os (bodů), jak u jednotlivých součástí, tak i u skupin součástí (10 str. 3). Základny jsou z hlediska jejich charakteristického významu obecně dále rozdělovány na (10 str. 3 – 6):

- *konstrukční základny* $K_z$
- *technologické základny* $T_{zk}$ *- dále členěné na:*
    - *a) hlavní* $T_{zh}$

b) *vedlejší* $T_{zv}$

c) *hrubé* $T_{zhr}$

d) *konečné* $T_{zk}$

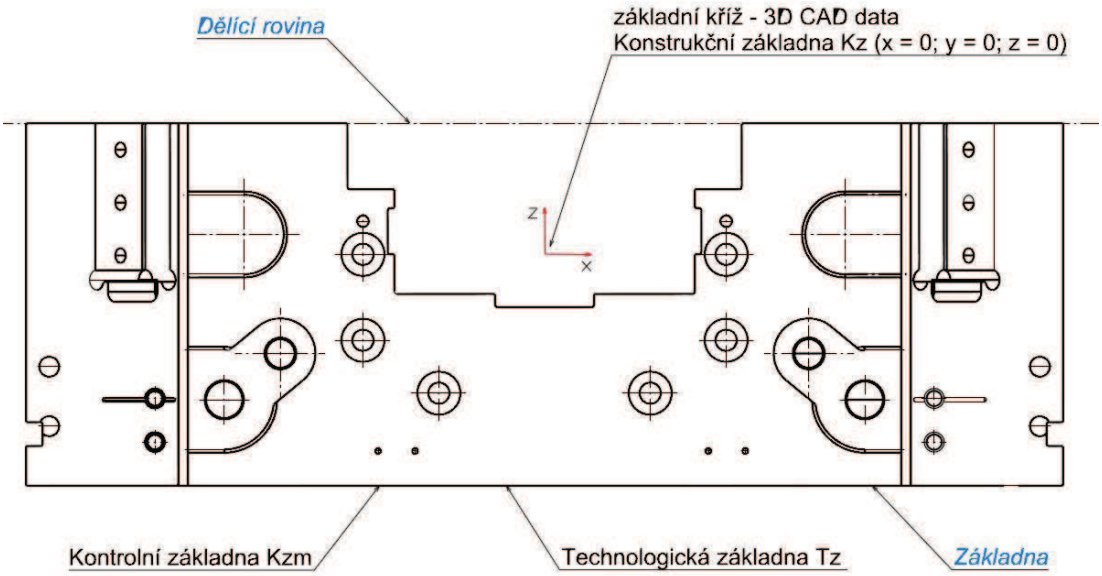
e) *ustavovací* $T_{zu}$

- *kontrolní základny* $K_{zm}$
- *montážní základny* $M_z$

Pohyblivý rám formy je v technologickém postupu, pro jednodušší interpretaci obsluze stroje, identifikován „základnou“ a „dělící rovinou“. *Dělící rovina* definuje rovinu dělení obou částí formy (pevný rám + pohyblivý rám) při procesu odlévání bloku motoru (viz Obr. 1.7.) a pro obsluhu stroje při obráběcím procesu definuje směr obrábění (je kolmý k dělící rovině). Stejně tak je tomu i u *základny*, která rovněž jasně definuje obsluze směr obrábění (je kolmý na základnu). Popis všech směrů obrábění viz kapitola [4.2.] Obr.4.3.

Při aplikaci teorie základen a s ohledem na proces obrábění lze pohyblivý rám formy popsat konstrukční, technologickou a kontrolní základnou, viz Obr. 1.7. *Konstrukční základna Kz* vychází od základního kříže 3D CAD modelu pohyblivého rámu. Důvodem je fakt, že při konstrukci rámu se vychází z osy odlitku bloku motoru. Základní kříž rámu a odlitku je s touto osou ztotožněn.

*Technologická základna Tz* je totožná se „základnou“ označovanou v technologickém postupu. Důvodem je skutečnost, že „základna“ je dostatečně velká, přístupná a tuhá plocha rámu. *Kontrolní základna Kzm* slouží ke kontrole tvarové a geometrické přesnosti rozměrů, ploch a je totožná s technologickou základnou.




Obr. 1.7. Aplikace základen na pohyblivý rám formy; zdroj: Škoda a vlastní úprava

# 2. TEORIE A TECHNOLOGIE VRTÁNÍ

Technologie vrtání je jednou z podskupin technologie obrábění, která neodmyslitelně patří mezi základní metody výrobního procesu. Nabídka trhu s řeznými nástroji resp. vrtáky disponuje nepřeberným množstvím různých druhů vrtáků z hlediska konstrukce a použití. Je žádoucí mít přehled o základních charakteristikách vrtacího procesu a používaných typech vrtáků.

## 2.1. Obráběcí proces a jeho obecné charakteristiky

Technologie obrábění při výrobě nářadí patří mezi základní metody strojírenské technologie a je charakteristická silovým působením nástroje ve tvaru klínu na obráběný materiál. Jedná se o složitý proces oddělování částic materiálu ve formě třísek, který se obecně specifikuje jako *řezný proces* a pro jeho podrobné studování je nutné využití znalostí teorie řezání, i ekonomie. Obráběcí proces lze charakterizovat jako soustavu tvořenou *strojem*, *řezným nástrojem*, *řezným prostředím*, *obrobkem* a *přípravkem*, zkráceně se tato soustava označuje S-N-O-P.

Do průběhu a chování obráběcího procesu z velké části zasahuje řezný nástroj, na který jsou kladeny vysoké nároky z hlediska *řezného materiálu* (houževnatost, vysoká tvrdost i při vysokých teplotách řezání), *geometrie břitu* (utváření třísky, velikost řezných sil) a *konstrukce* (tuhost, houževnatost). Řezný nástroj disponuje specifickými parametry, které jsou závislé na druhu použité technologie obrábění (frézování, soustružení, vrtání, broušení apod.).

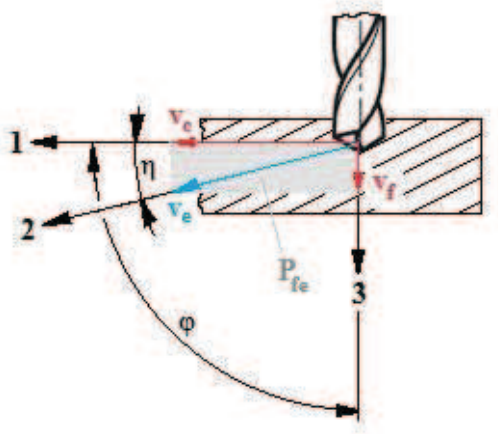
## 2.2. Charakteristika technologie vrtání

*Technologie vrtání* je výrobní metoda, kterou se zhotovují *válcové otvory*, v případě vyvrtávání se rozšiřují již předvrtané otvory (4 str. 141). Hlavní pohyb je rotační vykonávaný ve většině případů řezným nástrojem (výjimečně je vykonávaný obrobkem, např. při soustružení). Vedlejší pohyb je přímočarý a vykonává ho řezný nástroj (vrták).

### 2.2.1. Kinematika vrtacího procesu

Kinematiku vrtacího procesu lze dobře definovat na nejčastějším případě – vrtání šroubovitým vrtákem, viz Obr. 2.1. Proces vrtání lze popsat třemi směry pohybů a ty jsou: *směr hlavního pohybu*, *směr posuvového pohybu* a *směr řezného pohybu* (viz Obr. 2.1.).

Do definovaných směrů pohybů pak zahrneme charakteristické rychlosti a *pracovní boční rovinu* $P_{fe}$. Mezi charakteristické rychlosti se řadí *řezná rychlost* $v_c$, *posuvová rychlost* $v_f$ a *rychlost řezného pohybu* $v_e$. Dále lze definovat *úhel posuvového pohybu* $\varphi$ a *úhel řezného pohybu* $\eta$. [4]




1 směr hlavního pohybu
2 směr řezného pohybu
3 směr posuvového pohybu
$v_c$ řezná rychlost
$v_f$ posuvová rychlost
$v_e$ rychlost řezného pohybu
$P_{fe}$ pracovní boční rovina
φ úhel posuvového pohybu
η úhel řezného pohybu

Obr. 2.1. Kinematika vrtacího procesu;
zdroj: (4 str.142)

***Řezná rychlost*** $v_c$ závisí při procesu vrtání na průměru řezného nástroje (vrtáku) $D$ [mm] a otáčkách řezného nástroje (vrtáku) $n$ [min$^{-1}$]. Charakteristickou vlastností všech řezných nástrojů pro výrobu otvorů je, že se řezná rychlost zmenšuje od obvodu směrem ke středu nástroje, přičemž se ve většině případů za řeznou rychlost považuje obvodová rychlost na maximálním průměru nástroje (4 str. 142). Při respektování jednotek průměru vrtáku $D$ [mm] a otáčkách vrtáku $n$ [min$^{-1}$] lze řeznou rychlost definovat vztahem:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \qquad \text{[m/min]} \qquad (2.1)$$

***Posuvová rychlost*** $v_f$ závisí při procesu vrtání na posuvu vrtáku na otáčku $f_{ot}$ [mm] a otáčkách vrtáku $n$ [min$^{-1}$]. Posuv vrtáku, resp. jeho posuvová rychlost se realizuje ve směru jeho osy. Při respektování jednotek posuvu vrtáku na otáčku $f_{ot}$ [mm] a otáčkách vrtáku $n$ [min$^{-1}$] lze posuvovou rychlost definovat vztahem:

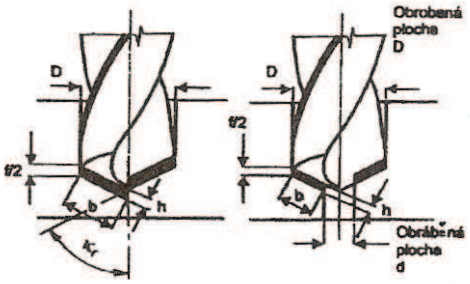
$$v_f = f_{ot} \cdot n \qquad \text{[mm/min]} \qquad (2.2)$$

***Rychlost řezného pohybu*** $v_e$ pak v závislosti na definovaných vztazích lze vyjádřit vztahem:

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad \text{[m/min]} \qquad (2.3)$$

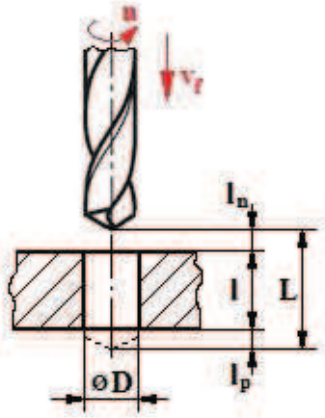
### 2.2.2. Průřez třísky a jednotkový strojní čas

Definice vztahu (2.6) pro výpočet průřezu třísky $A_D$ je důležitá z hlediska pozdějšího určování řezných sil. Na základě Obr. 2.2. lze definovat vztahy pro tloušťku třísky $h$ (2.4) a šířku třísky $b$ (2.5), které jsou nezbytné pro výpočet průřezu třísky $A_D$.




Obr. 2.2. Jmenovité rozměry třísek (vlevo vrtání do plna; vpravo rozšiřování předvrtaného otvoru); zdroj: (4 str. 143)

D průměr otvoru
d průměr počátečního (předvrtaného) otvoru
f posuv na otáčku
b šířka třísky
h tloušťka třísky




Obr. 2.3. Dráha nástroje ve směru posuvu; zdroj: (4 str. 144)

D průměr otvoru
$l_n$ délka náběhu
l síla vrtaného materiálu
$l_p$ délka přeběhu
L celková délka ($L = l_n + l + l_p$)
n otáčky vrtáku
$v_f$ rychlost posuvu

Tloušťku třísky lze vyjádřit vztahem:

$$h = \frac{f_{ot}}{2} \cdot \sin \kappa_r \qquad [\text{mm}] \qquad (2.4)$$

Šířku třísky lze vyjádřit vztahem:

$$b = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r} \qquad [\text{mm}] \qquad (2.5)$$

Průřez třísky pro vrtání lze vyjádřit vztahem:

$$A_D = h \cdot b = \frac{f_{ot} \cdot D}{4} \qquad [\text{mm}] \qquad (2.6)$$

Průřez třísky pro vyvrtávání lze vyjádřit vztahem:

$$A_D = \frac{f_{ot} \cdot (D - d)}{4} \qquad [\text{mm}] \qquad (2.7)$$

Jednotkový strojní čas $t_{AS}$ lze na základě Obr. 2.3. definovat vztahem:

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{f \cdot n} \qquad [\text{min}] \qquad (2.8)$$

### 2.2.3. Řezné síly při vrtacím procesu

Při procesu vrtání šroubovým vrtákem identifikujeme tři řezné síly; *řeznou sílu* $F_c$, *posuvovou sílu* $F_f$ a *pasivní sílu* $F_p$, viz Obr. 2.4. Řezná síla $F_c$ se dá určit pomocí měrné řezné síly $k_c$ a průřezu třísky $A_D$ viz vztah (2.12) nebo pomocí empirického vztahu (2.13). Posuvová síla $F_f$ se dá také vyjádřit pomocí měrné řezné síly $k_c$ viz vztah (2.14) nebo pomocí empirického vztahu (2.15). *Pozn. z uvedených vztahů dostaneme přibližné hodnoty.*

$$F_c = F_{c1} + F_{c2} \quad [\mathrm{N}] \qquad (2.9)$$

$$F_f = F_{f1} + F_{f2} \quad [\mathrm{N}] \qquad (2.10)$$

$$F_p = F_{p1} + F_{p2} \quad [\mathrm{N}] \qquad (2.11)$$

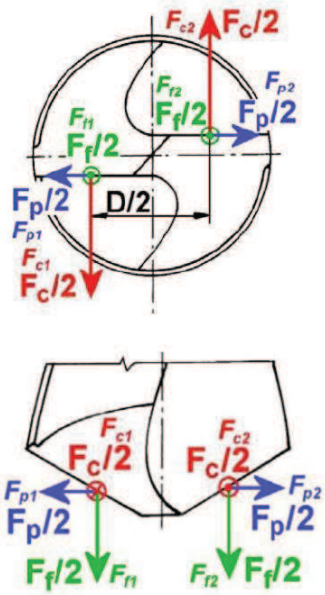
*Pozn. za předpokladu správného naostření jsou síly na obou břitech shodné (9 str. 23), pak platí:* $F_{c1} = F_{c2} = F_c$; $F_{f1} = F_{f2} = F_f$; $F_{p1} = F_{p2} = F_p$.

$$F_c = k_c \cdot A_D = \frac{k_{c1.1}}{h^m} \cdot \frac{D \cdot f_{ot}}{4} \quad [\mathrm{N}] \qquad (2.12)$$

$$F_c = C_{Fc} \cdot D^{xFc} \cdot f^{yFc} \quad [\mathrm{N}] \qquad (2.13)$$

$$F_f = \frac{1}{2} \cdot k_c \cdot \frac{D}{2} \cdot f_{ot} \cdot \sin \kappa_r \quad [\mathrm{N}] \qquad (2.14)$$

$$F_f = C_{Ff} \cdot D^{xFf} \cdot f^{yFf} \quad [\mathrm{N}] \qquad (2.15)$$




Obr. 2.4. Řezné síly při vrtání šroubovitým vrtákem; zdroj: (9 str. 23)

### 2.2.4. Řezný výkon při vrtacím procesu

Hodnota potřebného řezného výkonu pro danou operaci vrtání je důležitá z hlediska zatížení vřetena. Řezný výkon při vrtacím procesu lze vyjádřit pomocí závislosti řezné rychlosti $v_c$ [m/min] a řezné síly $F_c$ [N] viz vztah (2.16). Řeznou sílu $F_c$ je vzhledem k proměnné geometrii nástroje a řezné rychlosti $v_c$ závislé na průměru vrtáku $D$ obtížné lokalizovat (např. těžištěm), i přesně vyjádřit (6 str. 178). Dalším důležitým aspektem je složitost oddělení vlivu jádra vrtáku a pasivních odporů, proto se s výhodou používá vztah (2.17), (6 str. 178).

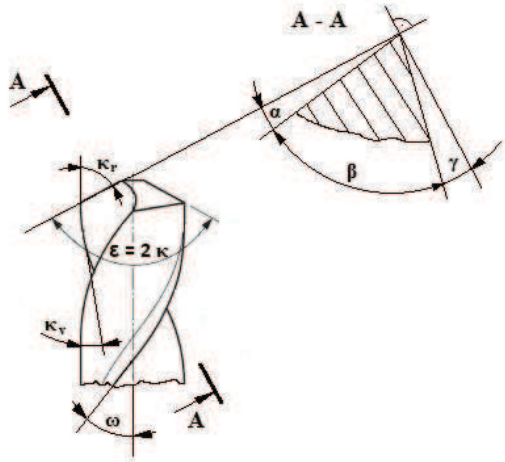
$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} \quad [\mathrm{kW}] \qquad (2.16)$$

$$P_c = \frac{M_k \cdot n}{9550} \quad [\mathrm{kW}] \qquad (2.17)$$

### 2.2.5. Základní geometrie vrtáku

Geometrii vrtáku lze popsat základními a obecně známými charakteristickými nástrojovými úhly definovanými na Obr. 2.5.

- $\alpha$ úhel hřbetu
- $\beta$ úhel břitu
- $\gamma$ úhel čela
- $\kappa_r$ úhel nastavení hlavního ostří
- $\kappa_v$ vedlejší úhel nastavení
- $\varepsilon$ úhel špičky ($\varepsilon = 2\kappa_r$)
- $\omega$ úhel stoupání šroubovice




Obr. 2.5. Základní geometrie šroubovitého vrtáku; zdroj: vlastní

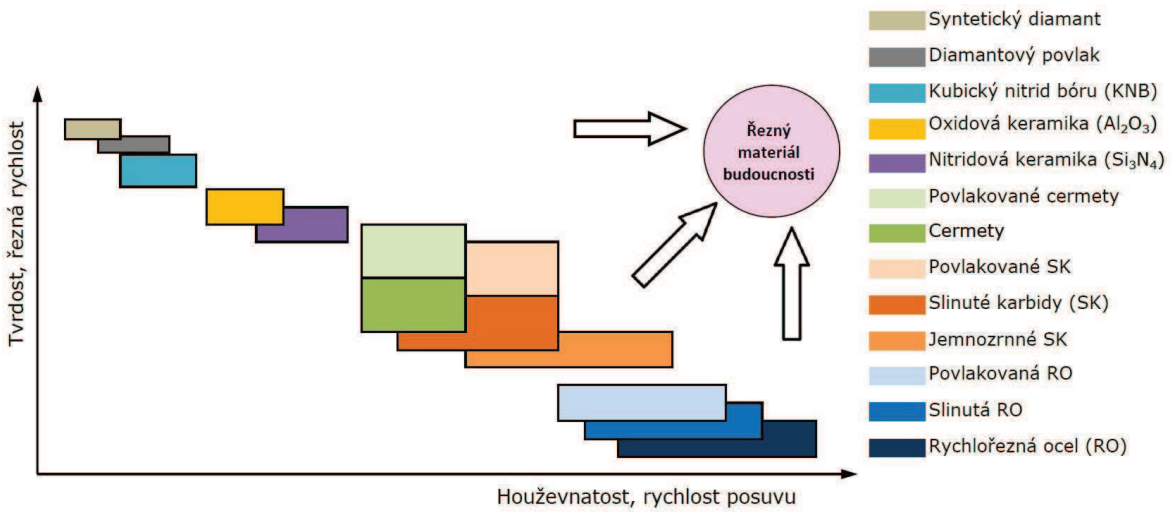
### 2.2.6. Řezné materiály

Strojírenská praxe, respektive průmyslové podniky zaměřené na technologii obrábění, čelí neustálému vývoji v oblasti konstrukčních materiálů. Tyto nové konstrukční materiály se vyznačují stále lepšími mechanickými vlastnostmi, které pochopitelně činí při vlastí výrobě potíže a kladou na řezné nástroje, respektive řezné materiály stále vyšší požadavky z hlediska jejich charakteristik. Obecně platí, že stabilní proces řezání musí být realizován řezným nástrojem, jehož řezný materiál (břit) má *vyšší tvrdost*, než je tvrdost obrobku. Zároveň si musí řezný materiál tuto vysokou tvrdost ponechat i při *vysokých teplotách* a měl by disponovat i odpovídající *houževnatostí*. Dále je možné tuto obecnou charakteristiku rozšířit a definovat vlastnosti řezného materiálu s *ideální řezivostí*. Ideální řezivost vyžaduje splnění následujících vlastností (5 str. 5):

- *vysokou tvrdost a pevnost (v tlaku i ohybu) při pracovních teplotách (zajištění odolnosti proti opotřebení a deformaci břitu),*
- *vysokou houževnatost (eliminace křehkého porušení břitu),*
- *chemickou stálost (odolnost proti difúzi a oxidaci),*
- *odolnost proti otěru (adheze),*
- *odolnost proti teplotnímu rázu.*

Řezný materiál s ideální řezivostí zatím neexistuje, a proto je často označován jako řezný materiál budoucnosti, viz Obr. 2.6. V současné době, ani v blízké budoucnosti nelze očekávat objevení zcela nového revolučního řezného materiálu, a proto se výzkumné

týmy všech významných výrobců nástrojů a řezných materiálů zaměřují na zdokonalování technologie výroby a specifikaci optimálního využití již známých řezných materiálů (1 str. 5).




Obr. 2.6. Vliv řezného materiálu na pracovní podmínky; zdroj: (1 str. 5)

Řezné materiály, potažmo jejich povlakování, prošly během posledních pár desítek let bouřlivým vývojem, až dospěly do současného stavu, kdy je na trhu k dispozici nepřeberné množství řezných materiálu a povlaků. Mezi soudobé řezné materiály používané pro nástroje s definovanou geometrií břitu patří *nástrojové oceli*, *slinuté karbidy*, *cermety*, *řezná keramika*, *kubický nitrid bóru* a *syntetický diamant*. Každý z těchto řezných materiálů má specifické mechanické, chemické a tepelné vlastnosti, které následně ovlivňují řezivost a pracovní podmínky (řezná rychlost, rychlost posuvu), viz Obr. 2.6. Významným způsobem ke zlepšení řezivosti přispívají povlaky. Povlaky ve většině případů výrazně zvyšují tvrdost, chemickou stálost a otěruvzdornost. V závislosti na dané aplikaci řezného nástroje (obráběný materiál a charakteristika operace) se tedy musí volit příslušný řezný materiál.

**Nástrojové oceli** – pro lepší přehlednost se dělí dle chemického složení na:

- *nelegované (uhlíkové) oceli,*
- *legované (nízkolegované + střednělegované) oceli,*
- *vysokolegované (rychlořezné) oceli.*

*Nelegované (uhlíkové) oceli* – jejich prvotní používání se datuje do období průmyslové revoluce. Jejich charakteristickou schopností je dosáhnout vysoké tvrdosti po kalení (62 - 64 HRC), ale také se vyznačují nízkou tepelnou odolností (cca kolem teploty 200°C ztrácí rychle svou tvrdost a řezivost) a malou prokalitelností (6 str. 189, 190). Na

základě nízké tepelné odolnosti není možné obrábět řeznou rychlostí vyšší než 5 [m/min], což značně omezuje rozsah možných použití v praxi už jen na ruční nářadí.

*Legované (nízkolegované + střednělegované) oceli* – smyslem legování je odstranit nevýhodu uhlíkových ocelí spočívající v nízké prokalitelnosti a zároveň se legováním částečně zvýší i odolnost proti abrazivnímu opotřebení (6 str. 190). Maximální řezná rychlost se navýšila na cca 20 [m/min]. Typickým použitím legovaných nástrojových ocelí jsou střihadla, tvarové nástroje, formy (6 str. 190).

*Vysokolegované (rychlořezné) oceli (RO)* – neustálý trend snahy zvyšovat řezné rychlosti vedl kolem roku 1900 ke vzniku RO (označení HSS – High Speed Steel). Došlo tím k navýšení řezné rychlosti na 35 [m/min] a výraznému nárůstu produktivity. Další posun přinesla až 70. léta 20. století a využití technologie práškové metalurgie při výrobě RO (2 str. 14). RO jsou charakteristické velmi dobrou houževnatostí, odolností proti adheznímu opotřebení a ztrátou pevnostních charakteristik při teplotě kolem 600°C (2 str. 14). Posledním vývojovým trendem je aplikace povlaků, která vede ke zvýšení řezné rychlosti a řezivosti. Charakteristiky nástrojových ocelí viz Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Přehled nástrojových ocelí; zdroj: (6 str. 190)

| | **Uhlíkové oceli** | **Legované oceli** | **Rychlořezné oceli** |
|---|---|---|---|
| Označení dle ČSN | 19 0xx - 19 2xx | 19 3xx - 19 7xx | 19 8xx |
| Obsah uhlíku [%] | 0,3 - 1,4 | 0,8 - 1,2 | 0,7 - 1,3 |
| Obsah legur [%] | do 1 | 10 - 15 | vice než 30 |
| Legury | Mn, Cr, Si | Cr, W, Mo, V, Mn, Si, Ni | W, Mo, Cr, V, Co |
| Dosažitelná tvrdost [HRC] | 62 - 64 | 65 - 66 | 64 - 68 |
| Řezná rychlost [m/min] | 5 | 20 | 35 |
| Aplikace | ruční nářadí (pilníky, sekáče, apod.) | strojní nářadí pro nízké řezné rychlosti (střihadla, protahovací trny, apod.) | strojní nářadí (frézy, vrtáky, soustružnické nože, závitníky apod.) |

**<u>Slinuté karbidy (SK)</u> – v**ýroba SK se realizuje metodou práškové metalurgie a podstatou procesu je lisování směsi prášku tvrdých karbidyckých částic s práškem pojícího kovu (nejčastěji kobaltu), následné slinování při teplotě blízké bodu tavení pojiva (1 Str. 28). SK jsou oproti RO tvrdší a otěruvzdornější, mají větší tuhost a pevnost v tlaku, ale jsou méně houževnaté (2 str. 16). Bez povlaků se dosahuje řezných rychlostí až 250 [m/min]. Postupem času došlo ke zdokonalení výroby a vzniku mnoha druhů SK. Aplikace povlaků na SK výrazně zvyšuje jejich řezivost a řezné rychlosti. Označování a rozdělování SK řeší norma ČSN ISO 513, ta dělí SK dle užití do šesti skupin *P*, *M*, *K*, *N*, *S*, *H*, viz Tab. 1.2. Slinuté karbidy (bez povlaků i povlakované) mají široký rozsah použití a lze je využít k obrábění prakticky každého konstrukčního materiálu. V technické praxi se setkáváme

s řeznými nástroji disponujícími vyměnitelnými břitovými destičkami z SK či tzv. celokarbidovými (monolitní karbidový nástroj) nástroji.

Tab. 2.2 Rozdělení SK dle užití; zdroj: norma ČSN ISO 513

| **ROZDĚLENÍ SLINUTÝCH KARBIDŮ** |
|---|
| **Skupina P - označována modrou barvou** |
| WC (30÷82) % + TiC (8÷64) % + Co (5÷17) % + (TaC.NbC), |
| pro obrábění železných kovů s dlouhou třískou (uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli), |
| dělí se na podskupiny P01-P05-P10-P15-P20-P25-P30-P35-P40-P45-P50, |
| **Skupina M - označována žlutou barvou** |
| WC (79÷84) % + TiC (5÷10) % + TaC.NbC (4÷7) % + Co (6÷15) %, |
| pro obrábění železných kovů s dlouhou nebo krátkou třískou a obrábění neželezných kovů (lité oceli, austenitické |
| korozivzdorné oceli a tvárné litiny), |
| dělí se na podskupiny M01-M05-M10-M15-M20-M25-M30-M35-M40, |
| **Skupina K - označuje se červenou barvou** |
| WC (87÷92) % + Co (4÷12) % + (TaC.NbC), |
| pro obrábění materiálů s krátkou a drobivou třískou (zejména pro šedé litiny, neželezné slitiny a nekovové materiály) |
| dělí se na podskupiny K01-K05-K10-K15-K20-K25-K30-K35-K40 |
| **Skupina N - označována zelenou barvou** |
| pro obrábění neželezných slitin na bázi hliníku, hořčíku nebo mědi, obrábění plastů, kompozitů a dřeva |
| dělí se na podskupiny N01-N05-N10-N15-N20-N25-N30 |
| **Skupina S - označuje se hnědou barvou** |
| pro obrábění slitin titanu a žáropevných slitin na bázi niklu, kobaltu a železa |
| dělí se na podskupiny S01-S05-S10-S15-S20-S25-S30 |
| **Skupina H - označuje se tmavošedou barvou** |
| pro obrábění zušlechtěných a kalených ocelí a obrábění tvrzených litin |
| dělí se na podskupiny H01-H05-H10-H15-H20-H25-H30 |

**Cermety** – jedná se o řezný materiál, který má blízko k SK, ale WC je u cermetů nahrazen TiN, Ti(C,N), $Mo_2C$ (případně jejich kombinací) (1 str. 121). V USA a Evropě se Cermet jako řezný materiál moc neuchytil, naproti tomu v Japonsku je velice oblíbený jako levný a lehce dostupný řezný materiál. Výroba cermetů je velice podobná technologii výroby SK. Cermety jsou charakteristické svojí vysokou odolností proti difúznímu oxidačnímu opotřebení, chemickou stabilitou, tvrdostí za tepla a odolností vytvářet nárůstek (6 str. 199). V technické praxi se využívají zejména pro dokončovací operace (vysoké řezné rychlosti a nízký průřez třísky), (6 str. 199). Stejně jako na RO a SK se i na Cermety aplikují povlaky, které zvyšují pracovní podmínky.

**Řezná keramika (ŘK)** – dle moderní definice je keramika obecně charakterizována jako převážně krystalický materiál, jehož hlavní složkou jsou anorganické sloučeniny

nekovového charakteru (1 str. 140). Řezná keramika je rozdělena do dvou základních skupin (6 str. 199):

- *oxidická*
  - *čistá keramika ($Al_2O_3$),*
  - *polosměsná ($Al_2O_3$+TiC, $Al_2O_3$+$ZrO_2$+CoO),*
  - *směsná ($Al_2O_3$+TiC, $Al_2O_3$+$ZrO_2$+TiC, $Al_2O_3$+TiC+TiN),*
- *neoxidická nitridová ($Si_3N_4$, $Si_3N_4$+ $Y_2O_3$, $Si_3N_4$+TiN, sialony)*

Výroba je velice podobná technologii výroby SK a Cermetů. Výhodou řezné keramiky je vysoká tvrdost, odolnost proti plastické deformaci, vysoká chemická stabilita, odolnost proti působení vysokých teplot a odolnost proti opotřebení (1 str. 140). Nevýhodou je nižší houževnatost a špatné snášení přerušovaného řezu. Řeznou keramikou, v závislosti na konkrétní modifikaci, je možné dosahovat řezné rychlosti až 1 000 [m/min].

**Kubický nitrid bóru (KNB)** – tento materiál se v přírodě volně nevyskytuje. Základními prvky pro jeho výrobu jsou *bor* a *dusík*. Výroba se realizuje za vysokých teplot a tlaků, při kterých se hexagonální struktura nitridu boru transformuje na kubickou (1 str. 181). Mezi výhody KNB patří jeho vyšší stabilita při vysoké teplotě ve styku se železem (či jinými kovy) a vysoká tvrdost pohybující se mezi 4 000 až 5 500 HV (6 str. 200). Nevýhodou je zejména vysoká cena. KNB se používá pro soustružení a frézování kalených ocelí s vysokou tvrdostí a u tvrzených litin (1 str. 171). Ve většině případů obrobenou plochu není nutné dále přebrušovat (6 str. 200). Rozsah řezných rychlostí se pohybuje v rozmezí 400 až 1200 [m/min].

**Diamant** – je nejtvrdší známý materiál a vyskytuje se jak ve formě přírodní, tak i syntetické. Výroba syntetického diamantu je založena na přeměně hexagonální mřížky grafitu na kubickou a to vše za vysokých teplot a tlaků (1 str. 177). Diamant má nízkou teplotní stálost, při teplotě nad 650°C se mění na grafit a není možné ho tedy využívat pro obrábění materiálů na bázi železa (oceli, litiny), docházelo by k silné difuzi mezi nástrojem a obráběným materiálem a tím k velmi rychlému opotřebení v důsledku probíhajících chemických reakcí (1 str. 170). Diamant se využívá pro soustružení a frézování slitin hliníku a mědi, dále kompozitů vyztužených různými druhy vláken (1 str. 170).

Tab.2.3 Souhrnné vlastnosti vybraných řezných materiálů; zdroj: [1]

| Řezný materiál | Tvrdost [HV] | Pevnost v tlaku [MPa] | Pevnost v ohybu [MPa] | Modul pružnosti [GPa] | Rázová houževnatost [J/cm$^2$] | Řezná rychlost [m/min] | Pracovní teplota [°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **RO** | 800<br>1000 | 3 600<br>4 200 | 2 500<br>4 500 | 220<br>240 | 8<br>30 | 15<br>35 | do 600 |
| **SK** | 1 200<br>1 900 | 3 000<br>5 000 | 1 100<br>2 200 | 410<br>690 | 0,7<br>4 | 40<br>500 | do 800 |
| **ŘK** | 2 200<br>2 500 | 3 500<br>4 500 | 500<br>900 | 380<br>420 | 0,3<br>0,5 | 100<br>1 000 | do 1 800 |
| **KNB** | 4 500<br>6 000 | 3 000<br>5 000 | 660<br>1 000 | 720 | | 400<br>1 200 | do 1 500 |
| **Diamant** | 6 000<br>8 000 | 6 000<br>8 000 | 500<br>1 000 | 1160 | | 90<br>900 | do 600 |

## 2.3. Charakteristika a druhy vrtáků

Ve strojírenské praxi se lze setkat s mnoha různými požadavky na výrobu otvorů a je možné, na základě těchto požadavků, vrtáky charakterizovat a více je specifikovat dle několika hledisek, viz Obr. 2.7. O volbě vrtáku z největší části rozhodují čtyři následující faktory: *průměr díry, hloubka díry, přesnost a materiál obrobku*.

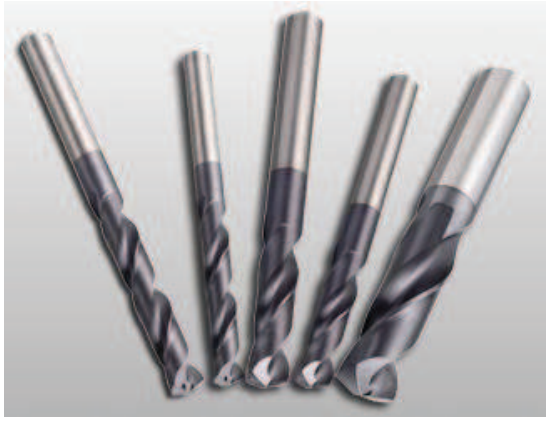

Obr. 2.7. Možná hlediska rozdělení vrtáků; zdroj: vlastní

### 2.3.7. Rozdělení dle stavby těla

**Monolitní vrtáky** – jsou charakteristické tím, že jsou celé vyrobené z jednoho řezného materiálu, z konstrukčního hlediska jde nejčastěji o šroubovité vrtáky. Monolitní vrtáky se většinou vyrábějí z rychlořezné oceli a slinutého karbidu. Pro další zvýšení

řezivosti monolitních vrtáků se často na řeznou část aplikují různé druhy povlaků. Příklady monolitních vrtáků viz Obr. 2.8. a 2.9.

Obr. 2.8. Monolitní povlakované vrtáky od firmy Pramet; zdroj: [19]



Obr. 2.9. Monolitní povlakované vrtáky CoroDrill 460 od firmy Sandvik Coromant; zdroj: [12]

**Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami** – jsou charakteristické tím, že na tělo vrtáku se připevňují šroubem VBD (nejčastěji z SK), které se po otupění jednoduše vymění. Lze dosáhnout vysokých řezných výkonů a možnost aplikací těchto vrtáků je široká. Vrtáky s VBD se s oblibou používají při nutnosti vrtat otvory na tvarově členitých plochách (šikmé, konvexní, konkávní apod.), v součinnosti s upravenými řeznými podmínkami odpadá použití vrtacích pouzder a přípravků pro vedení. Vrtáky mohou disponovat jednou či více VBD. Nejčastější varianta je se dvěma VBD, která je charakteristická jednou středovou a jednou vnější VBD. Na trhu je k dispozici i VBD ve tvaru špičky, viz Obr. 2.16. Podobně jako u monolitních vrtáků, tak i na VBD se aplikují povlaky pro zvýšení řezivosti.

Obr. 2.10. Frézovací vrtáky s VBD CoroDrill 880 od firmy Sandvik Coromant; zdroj: [16]

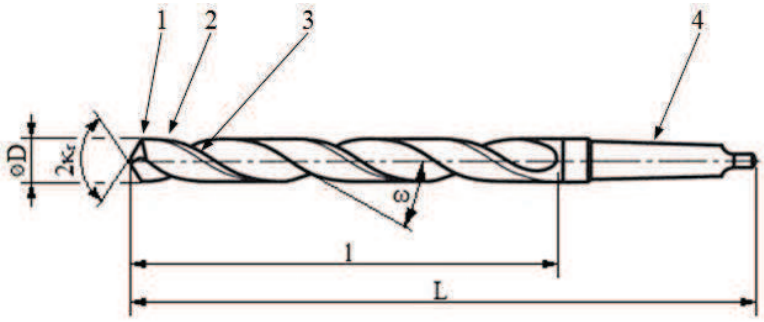
Obr. 2.11. Ejektorový vrták s VBD CoroDrill 800 od firmy Sandvik Coromant; zdroj: [13]

### 2.3.8. Rozdělení dle konstrukce

**Šroubovité vrtáky** – patří mezi nejpoužívanější a nejrozšířenější vrtáky, přičemž se ve většině případů jedná o monolitní vrtáky z rychlořezné oceli, či slinutého karbidu. Mají široké uplatnění při *vrtání do plného materiálu* (realizace děr, předvrtávání pro výhrubníky, výstružníky a vnitřní závity) a *vyvrtávání* (rozšiřování již předvrtaných otvorů). Šroubovité vrtáky se používají ve většině případů pro vrtání krátkých děr.

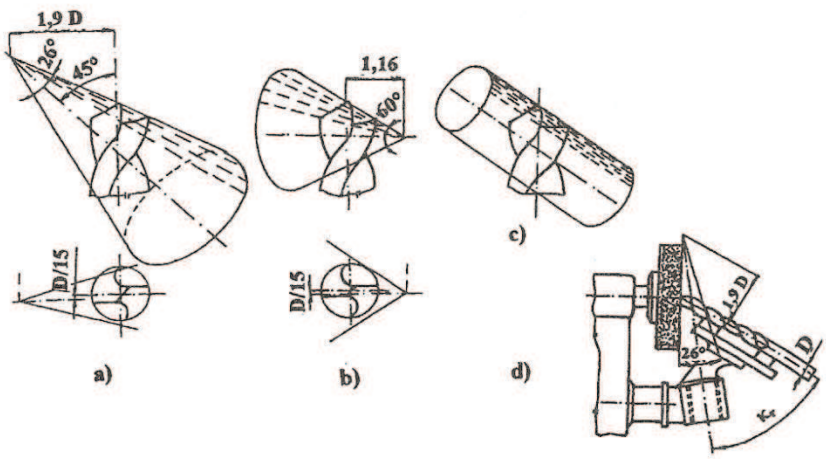
Šroubovitý vrták se skládá z jádra, okolo kterého jsou vytvořeny dvě protilehlé drážky ve tvaru šroubovice. Průměr jádra vrtáku se pro zvýšení tuhosti od špičky ke stopce zvětšuje o 1,4 až 2 mm na 100 mm délky (4 str. 146). Průměr vrtáku D se za účelem snížení tření směrem ke stopce zmenšuje o 0,02 až 0,08 mm na 100 mm délky (4 str. 146). Uvnitř jádra mohou být i díry pro přívod řezné kapaliny. Popis šroubovitého vrtáku viz Obr. 2.12.

*Upínací stopka* (pozice 4) je do průměru D = 20 mm válcová, v intervalu průměrů D = 20 až 100 mm se jedná o stopku Morse (4 str. 145). *Fazetka* (pozice 3) slouží k vedení vrtáku ve vrtaném otvoru. *Úhel stoupání šroubovice* $\omega$ je závislý na obráběném materiálu. Pro běžné použití je $\omega = 27°$, pro tvrdší materiály s drobenou třískou (např. bronz, mosaz, slitiny hořčíku apod.) je $\omega = 12°$ (4 str. 145). Geometrie šroubovitého vrtáku je složitá, přičemž úhly čela a hřbetu jsou podél hlavního ostří proměnné, *úhel nastavení hlavního ostří* $\kappa_r$ je závislý, podobně jako $\omega$, na obráběném materiálu. Pro měkké materiály (hliník, měď apod.) je $\kappa_r = 40°$, pro vrtání velmi tvrdých materiálů je $\kappa_r = 70°$ (4 str. 145). Základním předpokladem pro stabilní vrtací proces šroubovitým vrtákem je správné ostření (podbroušení hřbetu), které je ve většině případů realizováno strojně. Způsoby ostření viz Obr. 2.13.




1 špička
2 řezná část
3 fazetka
4 stopka
øD průměr vrtáku
l délka řezné části
L délka vrtáku
$\kappa_r$ úhel nastavení hlavního ostří
$\omega$ úhel stoupání šroubovice

Obr. 2.12 Šroubovitý vrták; zdroj: vlastní




Obr. 2.13. Způsoby ostření šroubovitého vrtáku; zdroj: (4 str. 146)

a) kuželová plocha, osa kužele je mimoběžná s osou vrtáku,
b) kuželová plocha, osa kužele je kolmá na osu vrtáku,
c) válcová plocha, osa válce je skloněná k ose vrtáku,
d) šroubová plocha

**Frézovací vrtáky** – disponují vyměnitelnými břitovými destičkami (většinou z SK) s pozitivní geometrií břitu. Pro bezproblémový odvod třísky z místa řezu mají frézovací vrtáky na těle vrtáku zhotovené drážky (přímé nebo do šroubovice). Přívod řezné kapaliny je realizován pomocí děr uvnitř tělesa vrtáku. Frézovací vrták umožňuje 5 až 10krát vyšší úběr materiálu v porovnání se šroubovitým vrtákem z RO (4 str. 146), jedná se o velice produktivní metodu výroby otvorů. Frézovacími vrtáky se dají realizovat otvory cca od průměru 15 mm a používají se ve většině případů pro vrtání krátkých děr.

Obr. 2.14. Frézovací vrták s dvěma VBD CoroDrill 880 od firmy Sandvik Coromant; zdroj: [16]

Obr. 2.15. Frézovací vrták s čtyřmi VBD Stardrill B3011 M od firmy Walter; zdroj: [11]

**Vrtáky s vyměnitelnou špičkou** – disponují jednou velkou vyměnitelnou břitovou špičkou (většinou z SK) s pozitivní geometrií. Konstrukčně jsou podobné frézovacím vrtákům. Používají se ve většině případů pro vrtání krátkých děr.

Obr. 2.16. Vrták s vyměnitelnou špičkou CoroDrill 870 od firmy Sandvik Coromant; zdroj: [15]

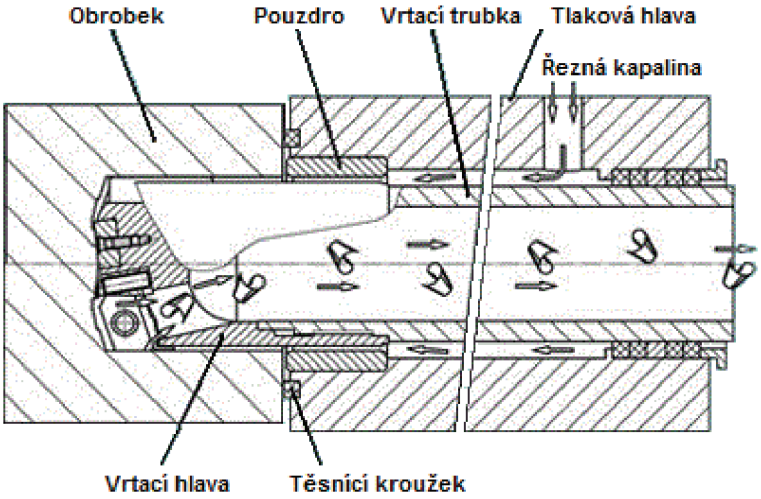
**Kopinaté vrtáky** – jsou charakteristické velkou tuhostí, vyměnitelnou břitovou špičkou většinou z RO nebo SK a možností vrtání bez předchozího předvrtání (4 str. 146). Pomocí kopinatého vrtáku se dají realizovat poměrně velké otvory až do průměru 128 mm (4 str. 146). Vyměnitelná břitová špička se upevňuje do drážky v tělese kopinatého vrtáku, přičemž vybroušená fazetka na hřbetě snižuje tření v díře (4 str. 146). Těleso kopinatého vrtáku může disponovat otvory pro přívod řezné kapaliny. Používají se pro vrtání krátkých děr.

Obr. 2.17. Kopinatý vrták s VBD z SK; zdroj: [23]

**Hlavňové vrtáky** – slouží pro realizaci hlubokých děr, charakteristickým znakem hlavňového vrtáku je jeden řezný plátek a dva vodící, přičemž plátky jsou vyrobeny z RO nebo SK (4 str. 146). Aby vrtací proces hlubokých otvorů probíhal bez komplikací, je otvorem v tělese vrtáku přiváděna řezná kapalina, která odvádí třísku z místa řezu (4 str. 146).

Obr. 2.18. Dělové vrtáky Isotek SK; zdroj: [17]

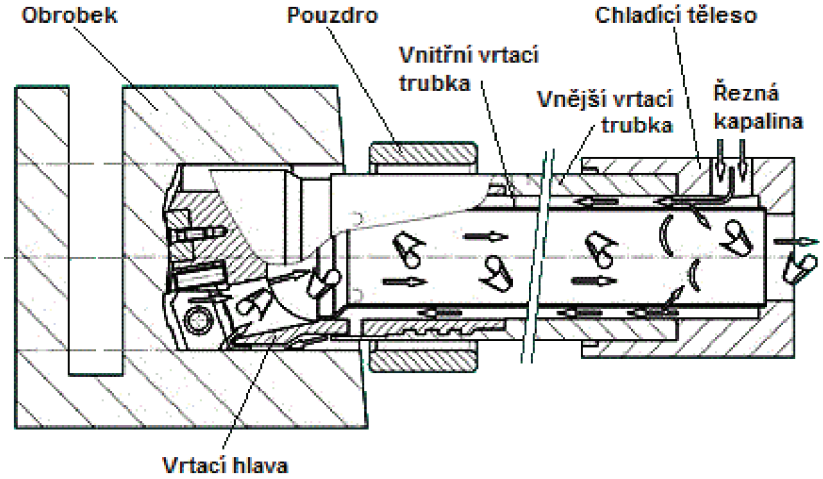
**Vrtací hlavy BTA (Boring and Trepanning Association)** – slouží jako vysoce produktivní metoda výroby velkých průměrů (až 200 mm) až do hloubky až 100xD, přičemž lze vrtat do plného materiálu, na jádro nebo zvětšovat předvrtanou díru (4 str. 148). Zajištění odvodu třísky z řezu je realizováno přívodem řezné kapaliny mezi materiálem a vrtací hlavou, přičemž řezná kapalina spolu s třískou je odváděna středem vrtací hlavy. Princip vrtacího systému BTA viz Obr. 2.19.




Obr. 2.19. Princip vrtacího systému BTA; zdroj: [21]

Obr. 2.20. Vrtací hlava CoroDrill 801 od firmy Sandvik Coromant; zdroj: [14]

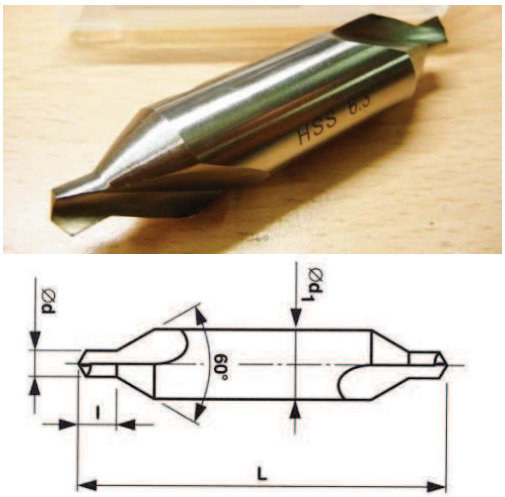
**Ejektorové vrtáky** – princip i konstrukce je podobná jako u vrtacích hlav BTA s tím rozdílem, že řezná kapalina je přiváděna k vrtací hlavě mezi vnější a vnitřní rourou ejektorového vrtáku. Dosažitelné průměry děr, i hloubky vrtání jsou podobné jako u systému BTA. Princip ejektorového vrtáku viz Obr. 2.21.




Obr. 2.21. Princip ejektorového vrtáku; zdroj: [18]

Obr. 2.22. Ejektorový vrták CoroDrill 800 od firmy Sandvik Coromant; zdroj: [13]

**Tvarové vrtáky** – vyznačují se specifickým tvarem řezné části. Mezi tvarové vrtáky patří středící vrtáky sloužící pro navrtávání (vedení šroubového vrtáku v počátku vrtacího procesu) nebo pro výrobu tvarových středících důlků (slouží pro následné upínaní obrobku). Další skupinu tvarových vrtáků tvoří sdružené vrtáky, které jsou uzpůsobeny pro vrtání osazených děr, zahloubení, řezání závitů apod. (9 str. 20). Sdružené vrtáky jsou náročné na výrobu, proto jejich aplikace, vzhledem k jejich vysoké ceně, přichází v úvahu prakticky pouze v hromadné výrobě. Příklady tvarových vrtáků viz Obr. 2.23. a 2.24.




Obr. 2.23. Středící vrták; zdroj: [22]

Obr. 2.24. Sdružený vrták od firmy Komet; zdroj: [20]

### 2.3.9. Rozdělení dle hloubky vrtání

V technologii vrtání se rozměrové charakteristiky otvorů definují v poměru *L/D*, kde *L* značí hloubku vrtané díry a *D* její průměr. Na základě tohoto poměru technolog volí vhodný vrták. Výrobci řezných nástrojů ve svých katalozích uvádějí u vrtáků hodnotu násobku průměru vrtáku, který značí do jaké hloubky je příslušný vrták použitelný (např. hodnota 3xD značí, že vrták o průměru 20 mm je použitelný do hloubky 60 mm). Hranice mezi vrtáním krátkých a hlubokých otvorů je přibližně 7xD.

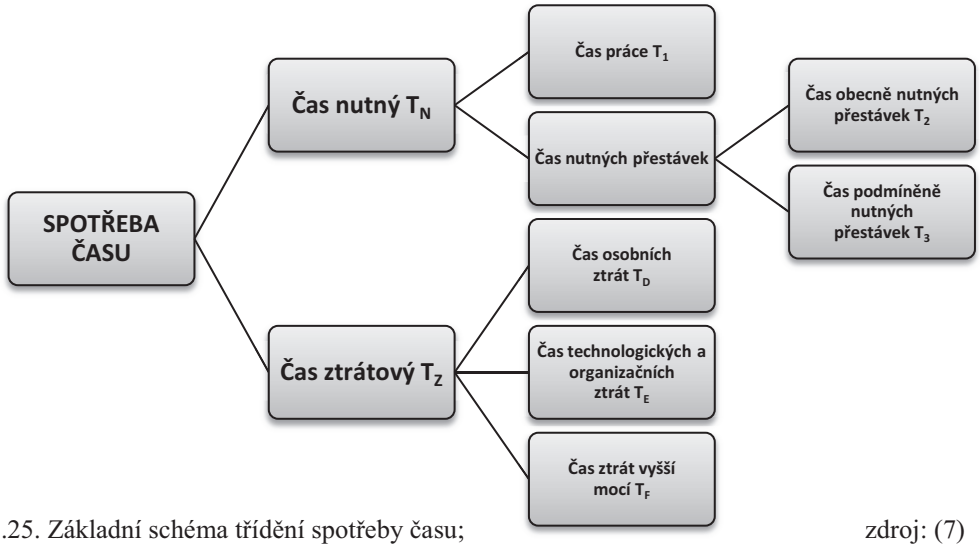
**Vrtání krátkých otvorů** – nevyžaduje žádné speciálně konstrukčně upravené vrtáky. K vrtání krátkých otvorů se využívají nejčastěji *šroubovité vrtáky*, *frézovací vrtáky*, *vrtáky s vyměnitelnou špičkou* a *kopinaté vrtáky*. Do této kategorie lze zařadit i *tvarové vrtáky*. Charakteristiky těchto vrtáků jsou uvedeny v kapitole [2.3.8.]. Vrtání krátkých děr je charakteristické relativně malým poměrem L/D. Průměry děr do cca 30 mm se vrtají do 5÷6xD délky, větší průměry jsou realizovány do cca 2,5xD (3 str. XI-3 a XI-4).

**Vrtání hlubokých otvorů** – činí vrtací proces problematičtější hlavně z důvodu obtížného odvodu třísek z řezu. Pro vrtání hlubokých otvorů byly vyvinuty speciální metody i nástroje, které umožňují výrobu hlubokých děr (4 str. 147). K vrtání hlubokých otvorů slouží *hlavňové vrtáky*, *vrtací hlavy BTA* a *ejektorové vrtáky*. Charakteristiky těchto vrtáků jsou uvedeny v kapitole [2.3.8.]. Vrtání hlubokých otvorů je charakteristické velkým poměrem L/D, kdy je možné dosahovat délky vrtání až 20xD i více.

## 2.4. Třídění spotřeby času ve strojírenské výrobě

Výrobní a pracovní proces je charakterizován spotřebou času, ta je zároveň měřítkem kvality organizace a produktivity práce. Předmětem analýzy spotřeby času jsou tři základní činitelé: *výrobek* (předmět práce), *výrobní zařízení* (pracovní prostředek) a *pracovník*. [7]

Spotřebu času výrobního a pracovního procesu lze charakterizovat základním schématem, viz Obr. 2.25. Schéma člení spotřebu času na dvě základní skupiny. První skupinu tvoří *čas nutný* $T_N$, který je potřebný k realizaci výrobního a pracovního procesu, je tedy normovatelný. Druhou skupinu tvoří *čas ztrátový* $T_Z$, který není potřebný k realizaci výrobního a pracovního procesu, je nežádoucí a nedá se normovat. [7]

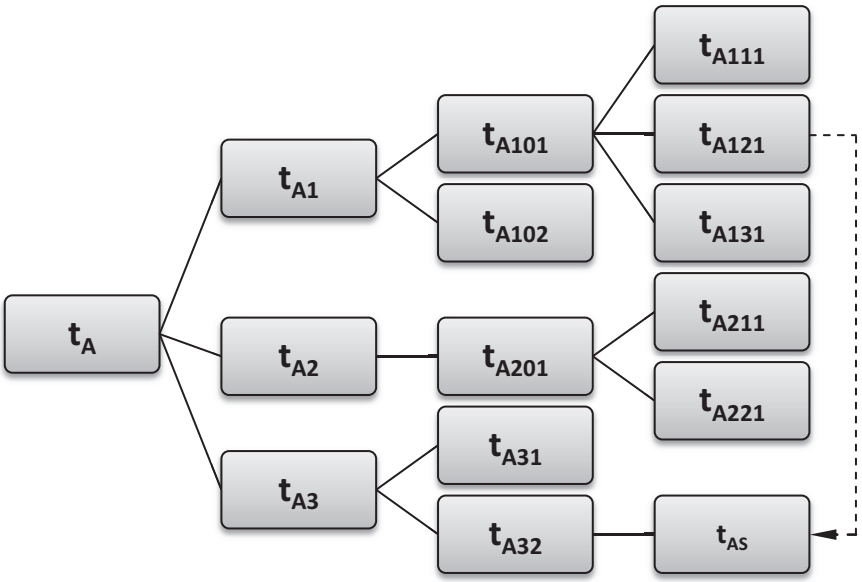



Obr. 2.25. Základní schéma třídění spotřeby času; zdroj: (7)

***Čas nutný*** $T_N$ se člení na *čas práce* $T_1$ (čas jednotkový, čas dávkový, čas směnový) a na *čas nutných přestávek*. Podrobnější členění, viz níže uvedený text.

## 2.4.10. Čas jednotkový

Pro ***čas jednotkový*** $t_A$ je charakteristické, že je vztahován na jednotku produkce výrobního a pracovního procesu (ks, kg, $m^2$ apod.) a je dále členěn, viz Obr. 2.26. [7]




Obr. 2.26. Členění jednotkového času $t_A$; zdroj: (7)

Význam symbolů; zdroj (7):

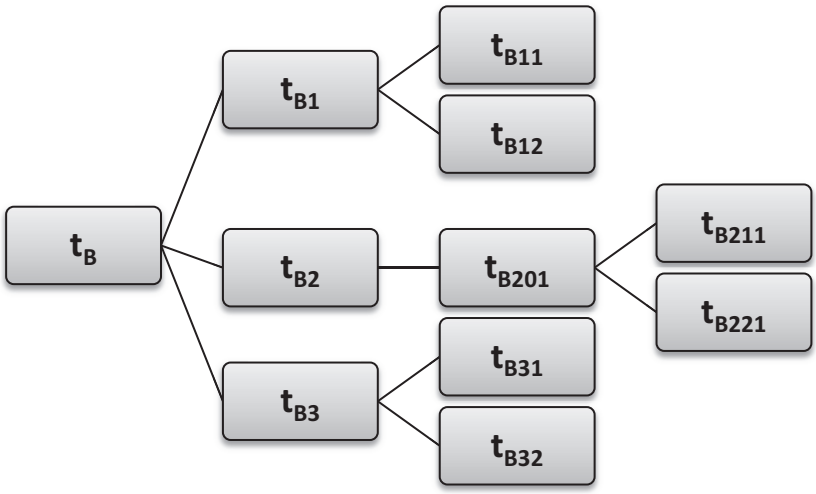
$t_A$ - čas jednotkový
$t_{A1}$ - čas jednotkové práce
$t_{A101}$ - čas jednotkové práce pravidelné
$t_{A102}$ - čas jednotkové práce nepravidelné (nepravidelná obsluha)
$t_{A111}$ - čas jednotkové práce pravidelné za klidu stroje
$t_{A121}$ - čas jednotkové práce pravidelné za chodu stroje

$t_{A131}$ - čas jednotkové práce pravidelné za řízeného chodu stroje (strojně ruční)
$t_{A2}$ - čas jednotkový obecně nutných přestávek
$t_{A201}$ - čas jednotkový obecně nutných přestávek - oddech
$t_{A211}$ - čas jednotkový obecně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{A221}$ - čas jednotkový obecně nutných přestávek za chodu stroje
$t_{A3}$ - čas jednotkový podmíněně nutných přestávek
$t_{A31}$ - čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{A32}$ - čas jednotkový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje
$t_{AS}$ - čas jednotkový strojní

*Čas jednotkové práce $t_{A1}$* zahrnuje úkony nezbytně nutné s vykonáním operace, tyto úkony musí být provedeny u každého kusu (např. čas upnutí, čas na opracování výrobku, čas odepnutí apod.). *Čas jednotkový obecně nutných přestávek $t_{A2}$* je určený pro nutný oddech pracovníka. *Čas jednotkový podmíněně nutných přestávek $t_{A3}$* je čas čekání pracovníka na ukončení automatického chodu výrobního zařízení (např. zahřátí stroje, čas chodu stroje dle CNC programu apod.). [7]

### 2.4.11. Čas dávkový

Pro ***čas dávkový $t_B$*** je charakteristické, že je vztahován k výrobní dávce (pozn. na velikosti dávky nezáleží) a členění dávkového času viz Obr. 2.27.




Obr. 2.27. Členění dávkového času $t_B$; zdroj: (7)

Význam symbolů; zdroj (7):

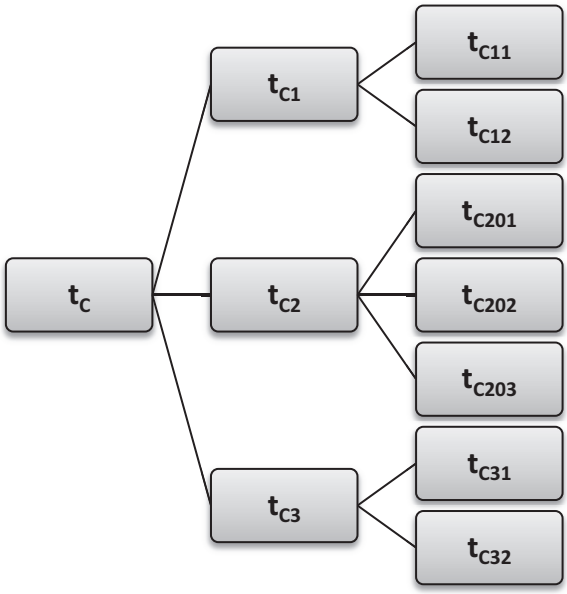
$t_B$ - čas dávkový
$t_{B1}$ - čas dávkové práce
$t_{B11}$ - čas dávkové práce za klidu stroje
$t_{B12}$ - čas dávkové práce za chodu stroje
$t_{B2}$ - čas dávkový obecně nutných přestávek
$t_{B201}$ - čas dávkový obecně nutných přestávek - oddech

$t_{B211}$ - čas dávkový obecně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{B221}$ - čas dávkový obecně nutných přestávek za chodu stroje
$t_{B3}$ - čas dávkový podmíněně nutných přestávek
$t_{B31}$ - čas dávkový podmíněně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{B32}$ - čas dávkový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje

*Čas dávkové práce* $t_{B1}$ zahrnuje úkony nezbytně nutné k přípravě, zakončení výrobního a pracovního procesu na jedné dávce (např. seřízení stroje a upínacího nářadí, prostudování výkresu a technologického postupu, napsání NC programu, vyžádání nástrojů apod.). *Čas dávkový obecně nutných přestávek* $t_{B2}$ je určený pro nutný oddech pracovníka. *Čas dávkový podmíněně nutných přestávek* $t_{B3}$ zahrnuje např. čekání pracovníka na přivolaný jeřáb. [7]

### 2.4.12. Čas směnový

Pro ***čas směnový*** $t_C$ je charakteristické, že je vztahován ke směně. Členění směnového času viz Obr. 2.28.




Obr. 2.28. Členění směnového času $t_C$; zdroj: (7)

Význam symbolů; zdroj (7):

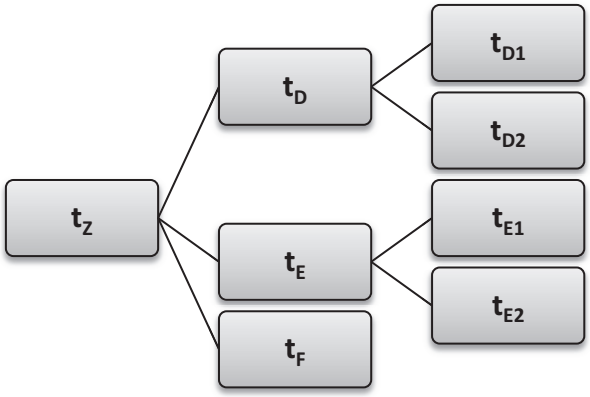
$t_C$ - čas směnový
$t_{C1}$ - čas směnové práce
$t_{C11}$ - čas směnové práce za klidu stroje
$t_{C12}$ - čas směnové práce za chodu stroje
$t_{C2}$ - čas směnový obecně nutných přestávek
$t_{C201}$ - čas směnový obecně nutných pravidelných přestávek - oddech
$t_{C202}$ - čas směnový obecně nutných nepravidelných přestávek - přirozené potřeby
$t_{C203}$ - čas směnový obecně nutných přestávek - svačina

$t_{C3}$ - čas směnový podmíněně nutných přestávek
$t_{C31}$ - čas směnový podmíněně nutných přestávek za klidu stroje
$t_{C32}$ - čas směnový podmíněně nutných přestávek za chodu stroje

*Čas směnové práce $t_{C1}$* zahrnuje úkony spojené s uspořádáním pracoviště na počátku směny a jeho úklidem na konci směny. Pokud se jedná o výrobu v nepřetržitém provozu, je čas směnové práce určen pro převzetí a předání práce. *Čas směnový obecně nutných přestávek $t_{C2}$* bezprostředně souvisí s fyziologickými potřebami člověka. *Čas směnový podmíněně nutných přestávek $t_{C3}$* je např. čas pro zahřátí stroje na začátku směny apod. [7]

### 2.4.13. Čas ztrátový

***Čas ztrátový $t_Z$*** je z hlediska výrobního a pracovního procesu nežádoucí (je spotřebovaný zbytečně), nedá se předem normovat a dle své příčiny se člení na skupiny: *čas ztrátový osobní $T_D$*, *čas ztrátový technologický a organizační $T_E$* a *čas ztrátový způsobený vyšší mocí $T_F$*. Podrobnější členění viz Obr. 2.29. a text uvedený níže. [7]




Obr. 2.29. Členění ztrátového času $t_z$; zdroj: (7)

Význam symbolů; zdroj (7):

$t_Z$ - čas ztrátový
$t_D$ - čas ztrátový osobní
$t_{D1}$ - čas ztrátový osobní zaviněný
$t_{D2}$ - čas ztrátový osobní nezaviněný
$t_E$ - čas ztrátový technologický a organizační
$t_{E1}$ - čas ztrátový technologický a organizační - vícepráce
$t_{E2}$ - čas ztrátový technologický a organizační - čekání
$t_F$ - čas ztrátový způsobený vyšší mocí

*Čas ztrátový osobní $t_D$* je způsobený pracovníkem a dle míry jeho zavinění se dále člení *čas ztrátový osobní zaviněný $t_{D1}$* (oprava zmetků, pozdní příchod na pracoviště apod.), *čas ztrátový osobní nezaviněný $t_{D2}$* (návštěva lékaře, ošetření zranění apod.). [7]

*Čas ztrátový technologický a organizační* $t_E$ je způsobený v důsledku špatné organizace výroby a je dále členěný na *vícepráce* $t_{E1}$ (oprava zmetků) a *čekání* $t_{E2}$ (čekání na opravu stroje apod.). [7]

*Čas ztrátový způsobený vyšší mocí* $t_F$ se nedá ovlivnit a je způsobený v důsledku živelných událostí (výpadek proudu, povodeň, požár apod.). [7]

# 3. PROBLEMATIKA VOLBY STROJE

## 3.1. Obráběcí stroj

Obráběcí stroj patří do soustavy S-N-O-P a zaujímá v této soustavě zásadní postavení při realizaci vlastního procesu obrábění. Obráběcí stroj lze definovat jako složitý energetický systém, který je možné z funkčního hlediska členit na jednotlivé subsystémy (statické – nosné, energetické – kinetické, regulační a pomocné), viz Obr. 3.1. (4 str. 90). Obráběcí stroje je možné obecně dále rozdělit dle charakteristických hledisek, viz Obr. 3.2. Výrazný technický pokrok posledních dvou desítek let se projevil i na trhu obráběcích strojů, který v současnosti oplývá širokou škálou nabízených strojů různých konstrukcí a charakteristik.


Obr. 3.1. Funkční členění obráběcího stroje; zdroj: (4 str. 91)


Obr. 3.2. Charakteristická hlediska rozdělení obráběcích strojů; zdroj: vlastní

## 3.2. Výběr nového stroje - strojový park

Problematiku volby stroje můžeme rozdělit na dvě spolu úzce související oblasti. První z nich se zaměřuje na pořízení nového stroje pro potřeby podniku, druhá se týká již samotného výběru stroje ze strojového parku pro danou výrobní operaci. Přičemž pořízení nového stroje přímo ovlivňuje další možnosti technologa při obsazování operací určitým strojem.

Při neodborném a nevhodném výběru nového stroje může dojít k situaci, že se následná výroba bude realizovat za vyšších nákladů a s horší produktivitou, což je naprosto nepřijatelné. Je tedy nutností věnovat výběru nového stroje maximální pozornost a hledat vhodné nástroje, které umožní eliminaci chybného rozhodnutí. Základním bodem při volbě nového stroje by měla být analýza výroby s ohledem na budoucnost a strategii podniku. Dalším krokem je určení jasné metodiky hodnocení s cílem eliminace široké nabídky trhu s obráběcími stroji.

Napomoci roztřídit a porovnat jednotlivé obráběcí stroje různých výrobců může nově vyvinutá metodika hodnocení. Jedná se o tzv. Index kvality obráběcího stroje představený v MM Průmyslovém spektru [8]. Tato metodika poskytuje návod, jak efektivně porovnávat vertikální a horizontální obráběcí centra. Při sjednocení vstupních technických parametrů porovnávaných strojů je možné porovnat technické a konstrukční parametry strojů od různých výrobců a získat tak potřebné podklady pro rozhodování [8]. Detailnější seznámení s touto metodou viz Příloha 3.

### 3.2.1. Analýza výroby a požadavků na nový stroj

Účelem analýzy je ucelený přehled a charakteristika výroby, i s ohledem budoucího vývoje a směřování podniku na základě jeho strategie. Výstupem by měla být bližší specifikace konkrétního typu a parametrů obráběcího stroje. Při nákupu nového stroje se musí zohlednit plné využití parametrů stroje. Není žádoucí pořizovat stroj s velkým množstvím funkcí a složitým řídicím systémem, velkým počtem řízených os, či dvěma vřeteny a podobně, pokud to výroba přímo nevyžaduje. Takovéto stroje jsou velice drahé a nevyužívání jejich plného potenciálu výrazně snižuje produktivitu.

## 3.3. Volba stroje pro výrobní operaci

Problematika volby stroje pro výrobní operaci je z hlediska výrobních nákladů zásadní. Při volbě stroje se porovnávají základní parametry stroje a požadavky na výsledný obrobek dle výkresové dokumentace, přičemž se hledá optimum. Obecně mezi základní rozhodující hlediska patří:

- *technologický charakter výrobní operace (frézovací, soustružnické, vrtací, brousicí apod.),*
- *hmotnost a rozměry obrobku,*
- *tvarová členitost obrobku,*
- *požadovaná přesnost obrobené plochy,*
- *požadovaná drsnost obrobené plochy,*
- *velikost výrobní dávky.*

Mezi další aspekty, které se podílejí na volbě stroje, lze zahrnout:

- *druh operace (hrubovací, dokončovací),*
- *tuhost stroje,*
- *celkové opotřebení stroje,*
- *možnosti automatizace stroje (automatická výměna nástrojů, možnost výměny palet stroje, počet vřeten na stroji),*
- *bezpečnost práce a hygiena pracoviště (úroveň zakrytování stroje)*

*Technologický charakter výrobní operace* – rozhoduje o základním zatřídění na konkrétní stroj (frézka, soustruh, bruska, vyvrtávačka apod.) a úzce souvisí i s požadovanou drsností obrobené plochy.

*Hmotnost a rozměry obrobku* – definují potřebnou upínací plochu stroje, maximální možnou hmotnost obrobku k upnutí na pracovním stole a rozjezdy v osách X, Y, Z.

*Tvarová členitost obrobku* – rozhoduje o počtu řízených os stroje. Pro jednodušší plochy (rotační, rovinné) je dostačující 3osý obráběcí stroj (konvenční či CNC). Složité tvarové plochy vyžadují výhradně 4 a víceosé CNC obráběcí stroje.

*Požadovaná přesnost obrobené plochy* – definuje požadavky na opakovatelnou přesnost a tuhost stroje.

*Velikost výrobní dávky* – je rozhodující z pohledu úrovně stupně automatizace konkrétního stroje. Definuje hranici použití univerzálního stroje, CNC stroje či jednoúčelového automatu.

*Druh operace* (hrubovací, dokončovací) – zohledňuje racionalitu použití CNC stroje. Realizace výroby na CNC stroji nemusí být vždy výhodná jak z ekonomického hlediska, tak i z hlediska produktivity. Pro hrubovací operace se i v dnešní době s výhodou využívají konvenční univerzální obráběcí stroje a dokončovací operace se přenechávají CNC strojům.

*Tuhost stroje* – z hlediska požadované přesnosti obrobené plochy jde o jeden z rozhodujících faktorů. Úzce souvisí i s celkovým opotřebením obráběcího stroje.

*Možnosti automatizace stroje* – prvky typu automatické výměny nástroje, možnosti výměny palet (pracovních stolů) či více vřeten na stroji výrazně umožňují zvyšovat výslednou produktivitu procesu výroby.

### 3.3.2. Určení mezní dávky

V momentě, kdy byla zohledněna výše uvedená hlediska a dojde na rozhodování mezi skupinou strojů s různým stupněm automatizace (např. mezi univerzálním soustruhem a soustružnickým automatem), je vhodným nástrojem určení mezní dávky (5 str. 45). *Mezní dávka* $d_m$ je velikost dávky, při které se rovnají celkové náklady na výrobu obou uvažovaných variant strojů (5 str. 46).

Celkové náklady na výrobní dávku *d* kusů lze definovat jako (5 str. 45):

$$N_C = N_n + N_z \cdot d \tag{3.1}$$

$N_C$ celkové náklady na výrobu dávky [Kč]

$N_n$ náklady fixní, nezávislé na počtu kusů v dávce [Kč na dávku]

$N_z$ náklady variabilní, závislé na počtu kusů v dávce[Kč na jeden kus]

$d$ počet kusů v dávce

Na základě vzorce 3.1 lze pro obě varianty strojů uvést vzorce:

$$N_{C1} = N_{n1} + N_{z1} \cdot d \tag{3.2}$$

$$N_{C2} = N_{n2} + N_{z2} \cdot d \tag{3.3}$$

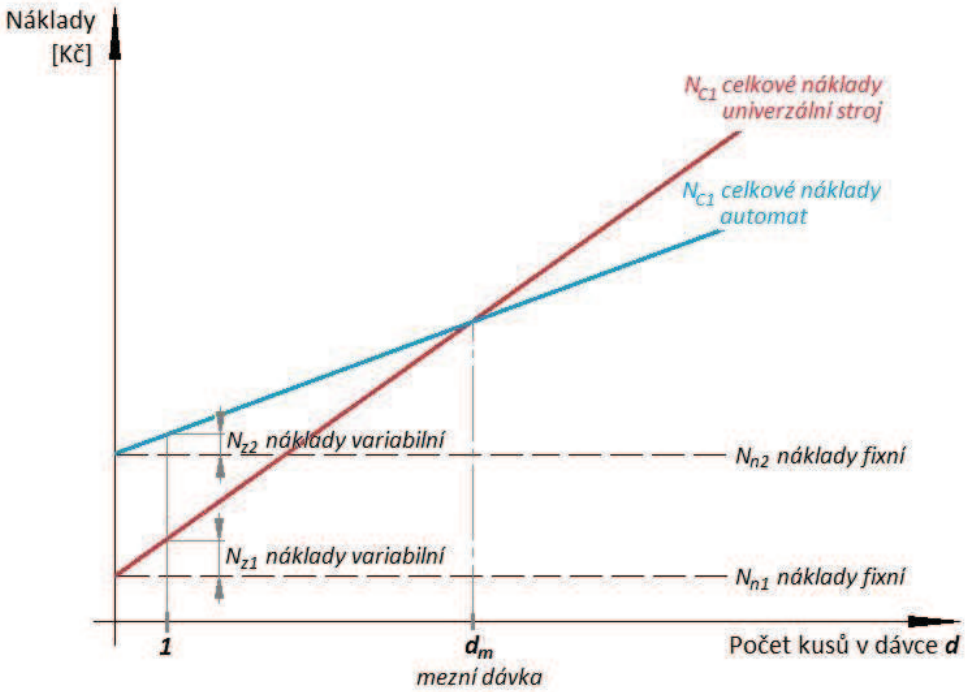
Dále porovnáním vztahů (3.2) a (3.3) získáme vztah pro určení mezní dávky $d_m$

$$N_{C1} = N_{C2}$$

$$N_{n1} + N_{z1} \cdot d_m = N_{n2} + N_{z2} \cdot d_m$$

Po úpravě lze velikost mezní dávky $d_m$ vyjádřit:

$$d_m = \frac{N_{n1} - N_{n2}}{N_{z2} - N_{z1}} \tag{3.4}$$




Obr. 3.3. Grafické znázornění určení mezní dávky; zdroj: (5 str. 46)

### 3.3.3. Moderní trendy volby stroje

S ohledem na uvedená hlediska v kapitole [3.3] a metodiku určení mezní dávky je snaha realizovat výrobu na jedno upnutí za minimálních vedlejších časů a zvýšených nároků na automatizaci výroby, při nižších energetických nákladech a s minimálním ekologickým dopadem.

Dalším důležitým aspektem je schopnost stroje, vzhledem k charakteristice moderních řezných nástrojů, využívat nové metody odebírání třísek, mezi které patří *vysokorychlostní obrábění (HSC)*, *vysokoposuvové obrábění (HFC)* a *vysokovýkonové obrábění (HPC)*. Tyto metody jsou charakteristické svými specifickými nároky na řezné podmínky, zejména vysokou řeznou a posuvovou rychlost. Aplikace těchto metod se vyznačuje výrazným zvýšením produktivity. Navíc při současné realizaci suchého obrábění snížením nákladů na řeznou kapalinu (úspora cca 15%), což je doprovázeno i sníženou ekologickou zátěží výroby.

Vzhledem k výše uvedeným faktům je častá realizace výroby na CNC strojích a CNC obráběcích centrech. V současné době jsou počítačem řízené obráběcí stroje

sofistikovanými systémy, které jsou schopny reagovat na aktuální situaci při vlastním řezném procesu, a bez lidského zásahu aplikovat opatření respektující požadovanou kvalitu obroku, při pokud možno maximální produktivitě. To vše i s možností automatizace (výměna nástrojů, zakládání polotovarů, upínání, výměna palet, zapojení do automatického výrobního systému).

## 3.4. Stroje střediska VSN3 - vhodné pro výrobní operace pohyblivého rámu

Vzhledem k charakteristice obrobku má technolog ze strojového parku na výběr z následujících možností:

- *3osá CNC horizontální vyvrtávačka FSQ 200 (TOS Kuřim),*
- *3osá CNC horizontální vyvrtávačka WHN 13A (TOS Varnsdorf),*
- *5osé vertikální portálové obráběcí centrum TRIMILL VF 4525 (TRIMILL Zlín),*
- *5osé vertikální portálové obráběcí centrum TRIMILL VU 3013 (TRIMILL Zlín).*

Podrobnější charakteristiky jednotlivých strojů viz Příloha 3 Tab. 3.1.

3osé CNC horizontální vyvrtávačky FSQ 200 a WHN 13A slouží zejména pro rovinné frézování a vrtací operace, jejich výhodou je skutečnost, že jsou již splacené a mají tudíž nižší hodinové provozní náklady, což se pozitivně projevuje na výrobních nákladech. Jejich nevýhodou je naopak nižší maximální pracovní posuv i rychloposuv a nižší rozsah otáček. 5osé vertikální portálové obráběcí centra patří mezi novější stroje a jejichž hodinové provozní náklady jsou vyšší, což se negativně projevuje na výši výrobních nákladů. Naopak výhodou jsou vysoké dosažitelné pracovní posuvy, rychloposuvy a vysoký rozsah otáček.

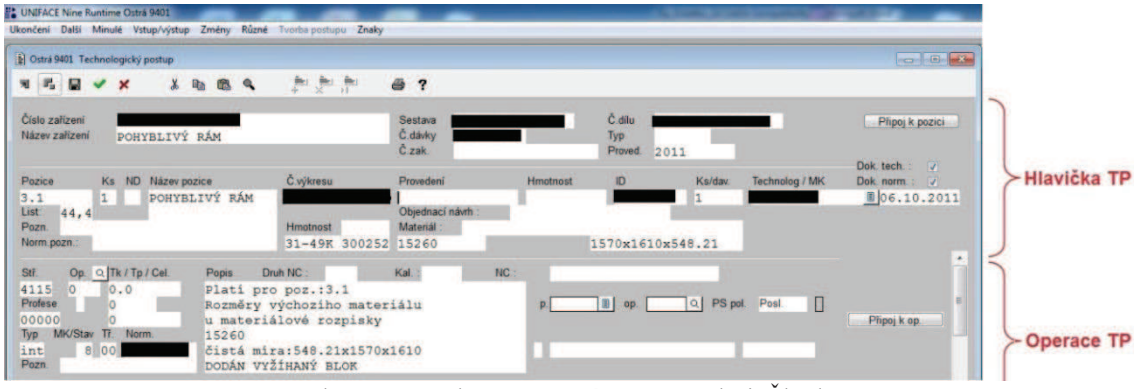
Technolog zvolil ze strojového parku pro vrtací operace na pohyblivém rámu formy stroj TRIMILL VF 4525. Důvodem je jeho největší rozsah pracovních pojezdů a velikost upínací plochy v porovnání s ostatními stroji, i schopnost dosáhnout vysokých řezných parametrů.

# 4. ZKOUŠKY A ANALÝZA VRTACÍCH OPERACÍ POHYBLIVÉHO RÁMU FORMY

## 4.1. Normování technologických postupů – ŠKODA AUTO a.s.

Před vlastní analýzou technologického postupu (dále TP) je nutné znát standardy ŠKODA při vytváření TP pro výrobu v nářaďovně v Mladé Boleslavi, včetně jejich následného normování. TP je realizován technologem pomocí podnikového systému PPS, přičemž každý TP je charakterizován unikátním *číslem dávky*, které umožňuje zatřídění TP do podnikové databáze s možností další editace a archivace.

TP je v hlavičce technologem dále specifikován *číslem zařízení* a *číslem výkresu*, zadávány jsou také základní informace o výrobku (název, jakost materiálu, rozměry, jméno technologa apod.), vše viz Obr. 4.1. Každá operace zadaná technologem do TP je charakteristická svým *číslem* (číslování je obkročné – 0; 10; 20 apod.), *pracovištěm*, *třídou pracovníka*, *normou spotřeby času* (Nr.1 kus, příprava) a příslušným *popisem operace*, vše viz Obr. 4.2.




Obr. 4.1. Tvorba TP v systému PPS; zdroj: Škoda


Obr. 4.2. Výsledná podoba TP ze systému PPS; zdroj: Škoda

Norma spotřeby času každé operace v TP je charakterizována časem *Nr.1kus* [Nmin] a *přípravným časem* [Nmin]. Hodnoty zadává do TP technolog, případně normovač (závisí na konkrétním středisku). Normování je realizováno s ohledem na třísměnný provoz se 7,5 hodinovou pracovní dobou, zbylá půlhodina je vyhrazena pro svačinu ($t_{c203}$), přestávku na přirozené potřeby ($t_{c202}$) a přestávku na oddech ($t_{c201}$).

***Nr.1kus*** [Nmin] – tento čas má charakteristiku jednotkové práce ($t_{A1}$) a vychází z členění rozebrané v kapitole [4.1]. *Nr.1kus* zahrnuje např. jednotkový čas strojní ($t_{AS}$), čas na manipulaci obrobku pomocí jeřábu, čas na upínání a odepínání, čas na výměnu nástroje či VBD apod.

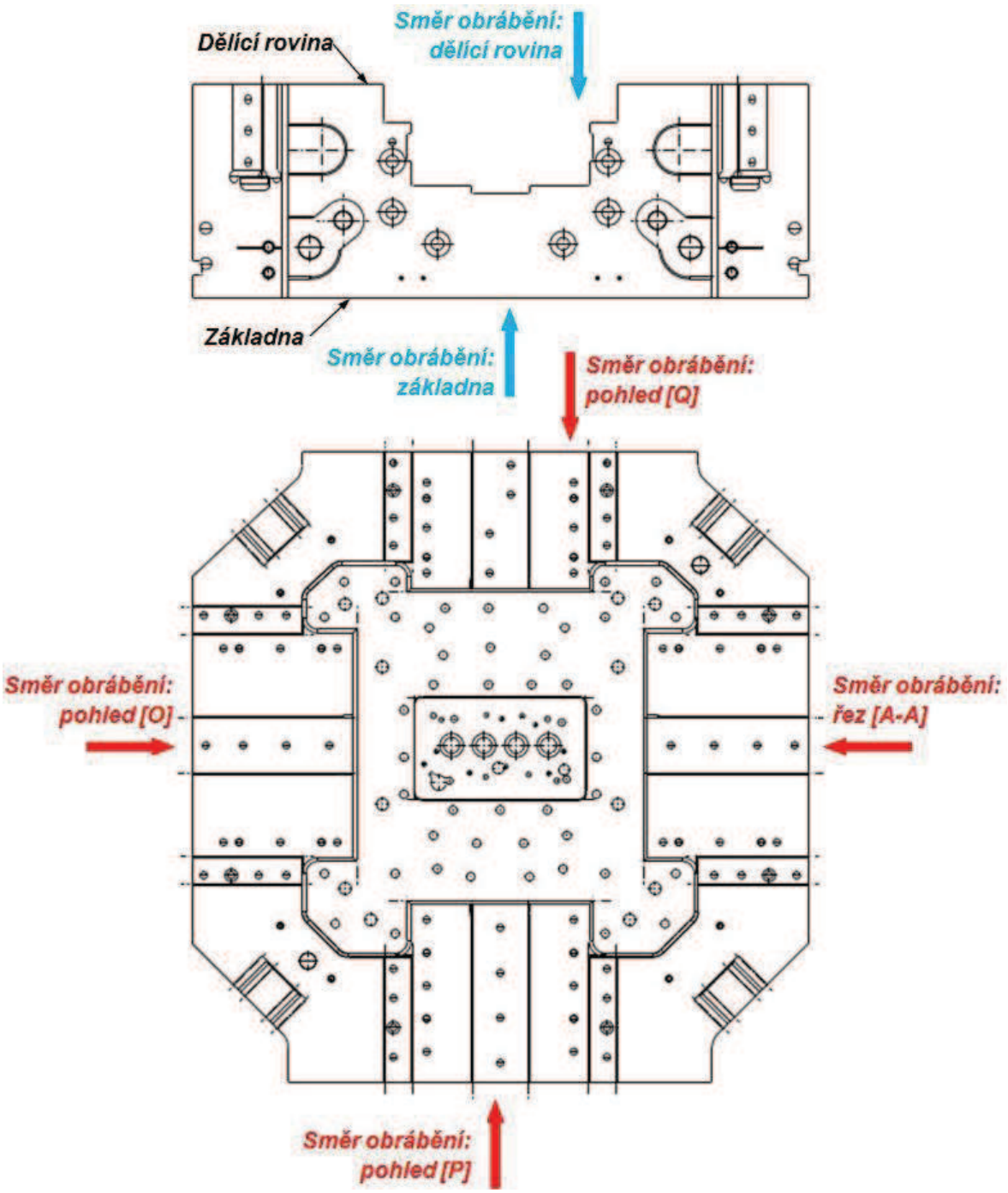
***Čas přípravný*** [Nmin] – má charakteristiku dávkové práce ($t_{B1}$) a vychází z členění rozebrané v kapitole [4.1]. *Přípravný čas* zahrnuje např. čas pro sepsání NC programu obsluhou stroje, čas na prostudování výkresu či NC programu od programátora, čas pro vyžádání, zajištění nástrojů, upínek a měřidel pro danou dávku apod. Přípravný čas se týká výhradně činností spojených s přípravou dávky.

Při normování spotřeby času pro danou výrobní dávku jsou v sumě normovaných časů (Nr.1kus; čas přípravný) zohledněny všechny obecně nutné přestávky ($t_{A2}$; $t_{B2}$), podmíněně nutné přestávky ($t_{A3}$; $t_{B3}$), i také čas směnové práce ($t_{c1}$).

Vzhledem k tomu, že je v nářaďovně realizována převážně kusová výroba, vlastní normování spotřeby času jednotlivých operací je realizováno prostřednictvím unikátních podnikových normativů nebo pomocí kvalifikovaného odhadu technologa.

## 4.2. Technologický postup – jeho charakteristika a analýza

Technologický postup pro výrobu pohyblivého rámu formy má celkem 12 operací, přičemž nultá operace je čistě informativní (týká se přijatého polotovaru – materiál, rozměry a hmotnost, atest, tvrdost) a operace 60 se provádí externě v kooperaci (jedná se o tepelné zpracování – zušlechtění). Zbylých 11 operací se realizuje v nářaďovně v Mladé Boleslavi v daném pořadí na 8 pracovištích (viz TP). Stručný mnou vypracovaný technologický postup viz Příloha 1, originální technologický postup viz Příloha 2. Polotovar (výkovek) je během výroby obráběn (frézování, vrtání) v 6-ti směrech (viz Obr. 4.3.), přičemž se ve většině případů jedná o rovinné obrábění. Podrobnější analýza technologického postupu viz níže uvedený text.



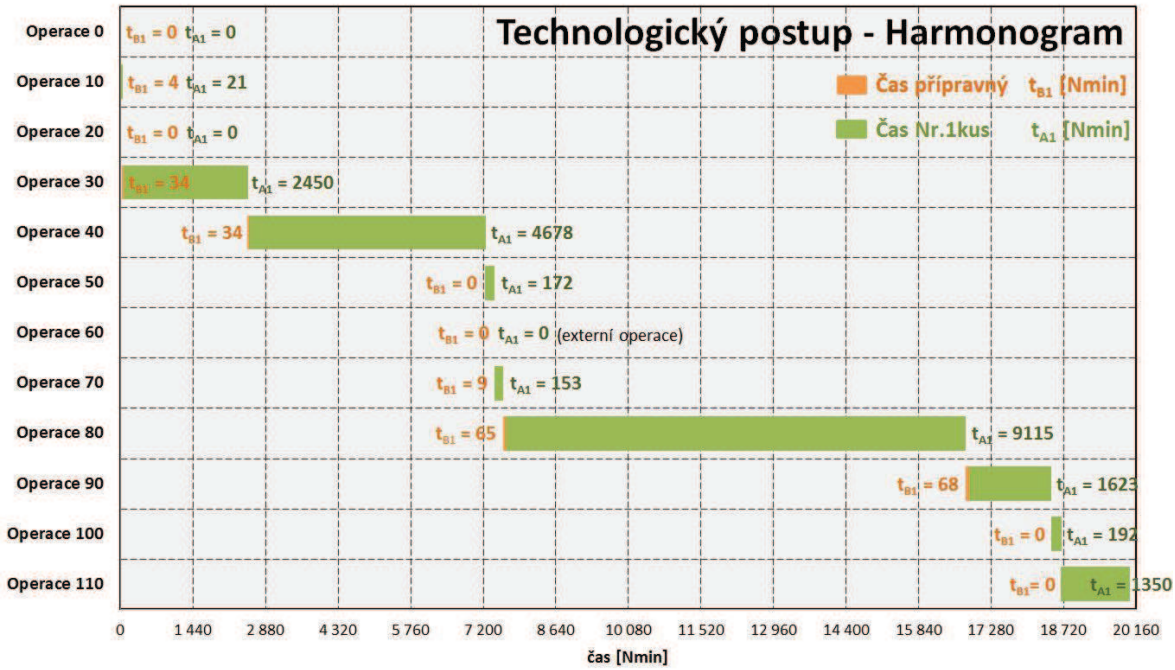

Obr. 4.3. Směry obrábění při výrobě pohyblivého rámu formy; zdroj: Škoda data upravené

### 4.2.1. Analýza spotřeby času

Při seznamování s technologickým postupem jsem vypracoval, na základě technologem stanovených norem spotřeby času, prvotní časovou analýzu pomocí Ganttova diagramu, viz Obr 4.3. Získal jsem tím jasný přehled o spotřebě času v jednotlivých operacích. Dle technologického postupu celá výroba pohyblivého rámu zaujímá 19 968 [Nmin] (332,8 Nhod.), pozn. jedná se o sumu časů *Nr.1kus* (jednotková práce $t_{A1}$) a *časů přípravných* (dávková práce $t_{B1}$). Z celkového objemu spotřeby času 19 968 [Nmin] výrazně převažuje jednotkový čas práce $t_{A1}$ s celkovou hodnotou 19 754 [Nmin], dávkový čas $t_{B1}$ je normovaný na celkovou hodnotu 214 [Nmin].

Z časové analýzy je patrné, že největší spotřebu času zaujímají operace číslo 30, 40 a 80. Racionalizace by měla být logicky soustředěna hlavně na tyto operace. V operaci číslo 30 je realizováno hrubé ofrézování polotovaru ($t_{A1}$ = 2 450 [Nmin]; $t_{B1}$ = 34 [Nmin]). Předmětem operace číslo 40 je hrubování tvaru pohyblivého rámu s přídavkem 5 [mm] na plochu ($t_{A1}$ = 4 678 [Nmin]; $t_{B1}$ = 34 [Nmin]). Operace číslo 80 má dokončovací charakter, přičemž se v ní frézují plochy na čisto a realizují se vrtací úseky ($t_{A1}$ = 9115 [Nmin]; $t_{B1}$ = 65 [Nmin]).

Na základě požadavku technologa je má diplomová práce zaměřena na operaci 80 a v ní obsažené vrtací úseky. Důvodem je požadavek ŠKODY na zvýšení řezivosti vrtáků, zvýšení produktivity vrtání, zvýšení stability procesu vrtání s následným vyhodnocením možných úsporných a racionalizačních opatření.




Obr. 4.4. Technologický postup – harmonogram výroby (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

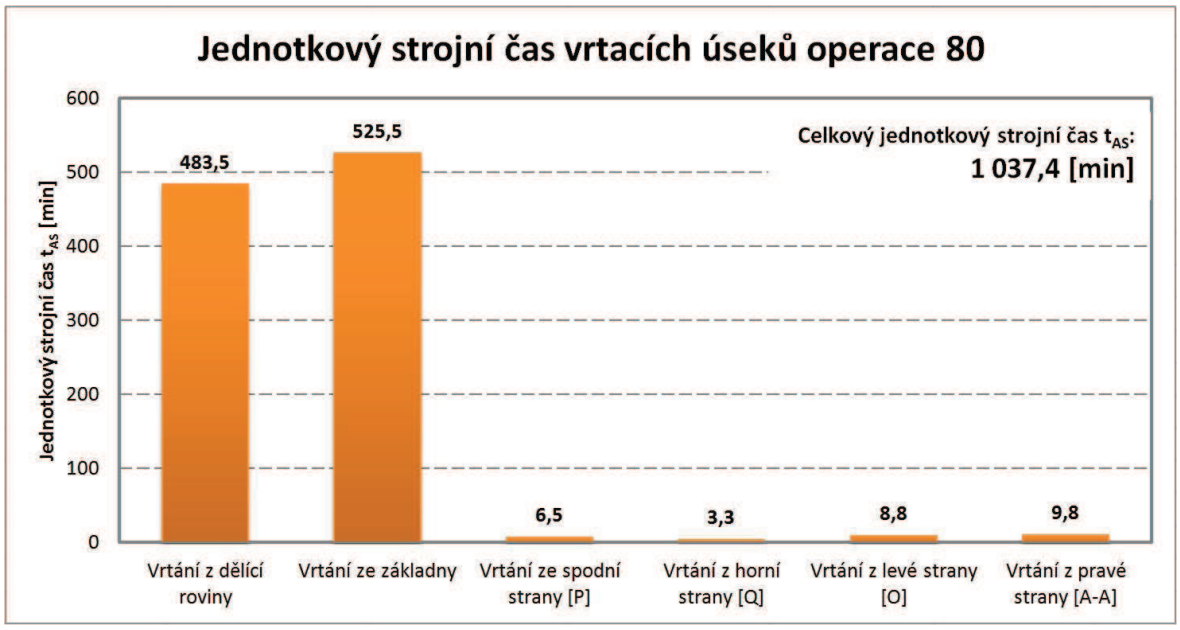
### 4.2.2. Analýza spotřeby jednotkového strojního času – vrtací úseky operace 80

Po obecnější analýze spotřeby času (viz kapitola 4.2.1.) jsem vypracoval detailní spotřebu jednotkového strojního času $t_{AS}$ vrtacích úseků operace 80. Cílem je nalézt úseky s potenciálem zvýšení produktivity.

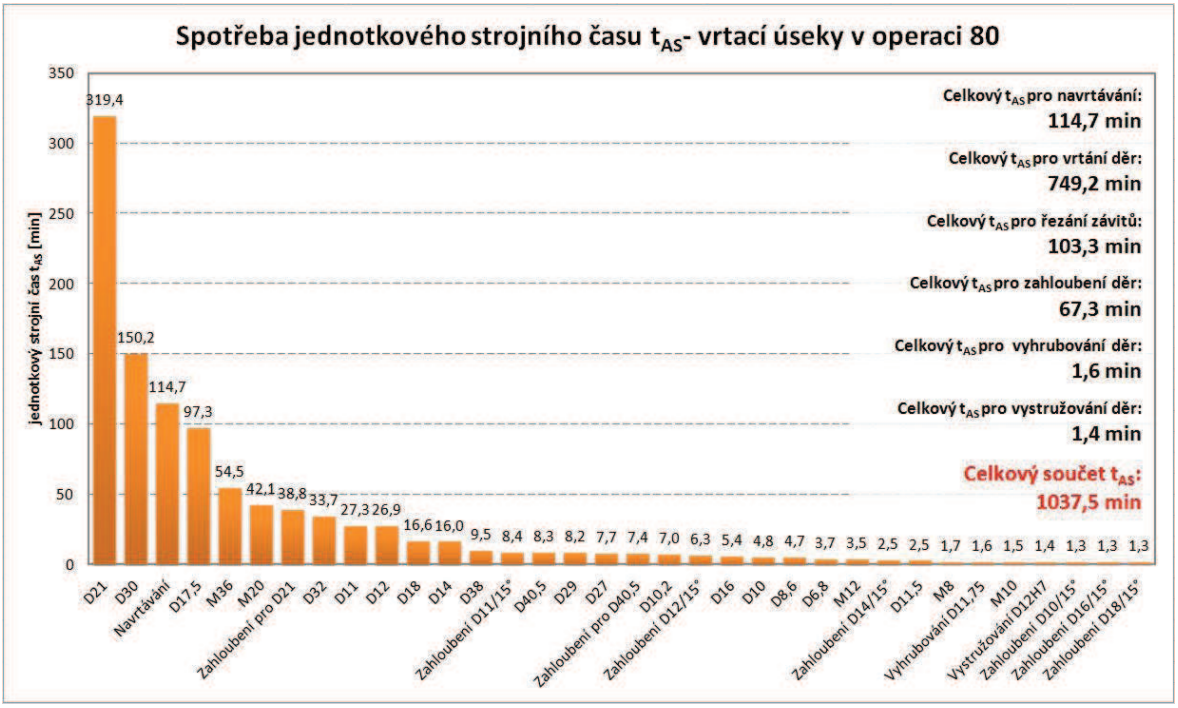
Největší objem (97%) zaujímají vrtací úseky v dělící rovině ($t_{AS}$ = 483,5 min) a základně ($t_{AS}$ = 525,5 min). Otvory realizované ze spodní strany pohyblivého rámu ($t_{AS}$ = 6,5 min), z horní strany ($t_{AS}$ = 3,3 min), z levé strany ($t_{AS}$ = 8,5 min) a z pravé strany ($t_{AS}$ = 9,8 min) tvoří pouze 3% celkové spotřeby jednotkového strojního času, viz Graf 4.1.

Největší spotřebu jednotkového strojního času mají úseky vrtání děr D = 21 mm (319,4 min), D = 30 mm (150,2 min) a D = 17,5 mm (97,3min ). Velkou spotřebou jednotkového strojního času se také vyznačuje navrtávání (114,7 min) a řezání závitů M36x3 (54,5 min) a M20x2,5 (42,1 min), viz Graf 4.2.

Z grafů 4.4 a 4.5 je patrné, že významné úseky z hlediska produktivity a spotřeby jednotkového strojního času jsou výše zmíněné otvory (D21; D30; D17,5), navrtávání a také řezání závitů (M36x3 a M20x2,5). Racionalizace by měla být tedy cílena hlavně na tyto výše uvedené úseky.




Graf. 4.1 Jednotkový strojní čas vrtacích úseků (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní




Graf. 4.2 Spotřeba jednotkového strojního času dle typu díry (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

### 4.2.3. Analýza vrtacích úseků v operaci 80

Předmětem analýzy vrtacích úseků v operaci 80 je získání výstupní informace, která definuje, na jaké otvory má být racionalizace cílena. S tím úzce souvisí i získání kvalitních podkladů pro ekonomické vyhodnocení současného stavu. V závislosti na sledu vrtacích úseků v technologickém postupu jsem vypracoval podrobné tabulky obsahující tyto informace:

- *číslo a popis úseku,*
- *použitý řezný nástroj a jeho označení,*
- *počet děr v daném úseku, průměr a hloubku vrtané díry,*
- *nastavené řezné podmínky ($v_c$, $n$, $f_{ot}$, $v_f$),*
- *trvanlivost vrtáku (počet vyvrtaných děr),*
- *jednotkový strojní čas $t_{AS}$,*
- *součinitel $k_r$ (poměr skutečného času, resp. délky obrábění kdy dochází k opotřebení břitu a strojního času, resp. délky automatického chodu nástroje),*
- *čas ostření řezného nástroje.*

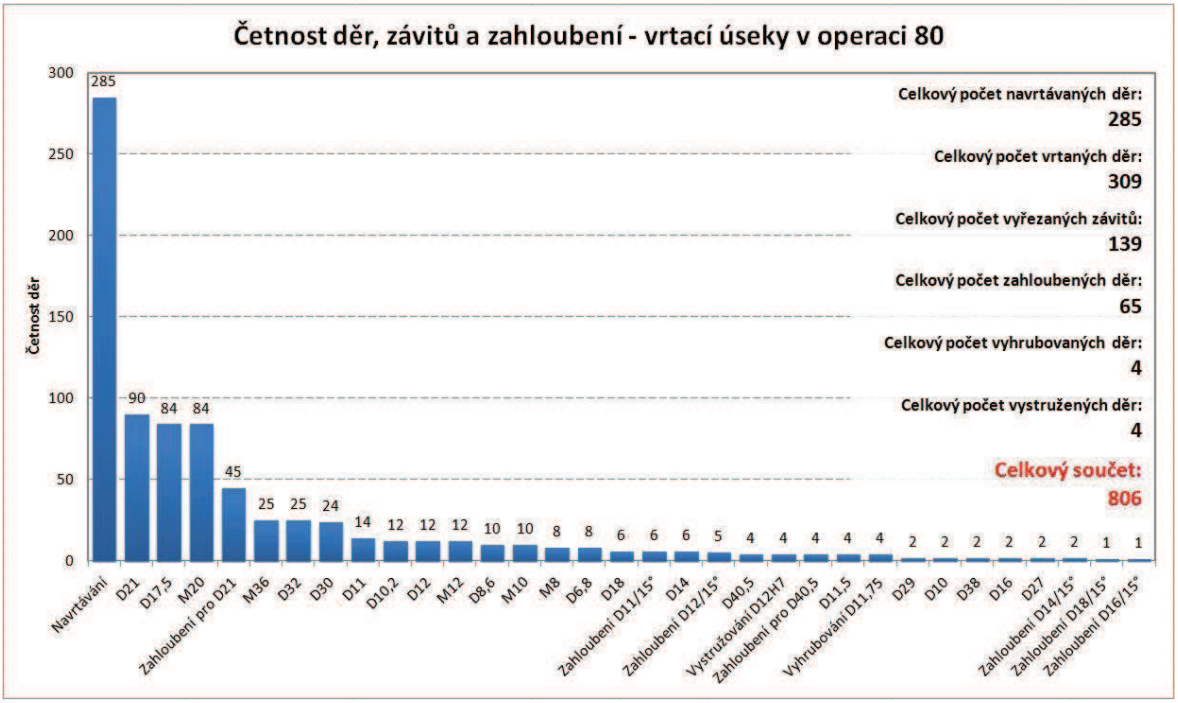
Vypracované tabulky Tab. 4.1; Tab. 4.2; Tab. 4.3; Tab. 4.4; Tab. 4.5 uvádím v Příloze 4. Na základě těchto podkladů jsem dále analyzoval úseky s ohledem na *počet děr*, *druhy používaných vrtáků*, *hloubku vrtání otvorů*, *strojní čas $t_{AS}$* a *výrobní náklady*.

### 4.2.4. Četnost děr, závitů a zahloubení v operaci 80

Většina děr realizovaných v operaci 80 je nejprve navrtávána. Důvodem je zlepšení vedení vrtáku a zvýšení rozměrové přesnosti, celkem je navrtáno 285 otvorů. Vlastní vrtání čítá celkem 309 děr v rozmezí průměrů D = 6,8 mm až D = 40,5 mm *(pozn. hluboké díry D38; D30; D29; D27; D21; D18; D16; D14; D12; D11 a D10 se vrtají z dělící roviny jen do poloviny skutečné hloubky díry dle výkresové dokumentace a dovrtávají se po přeupnutí obrobku ze základny. Důvodem je problém s dodržováním rozměrové přesnosti při vrtání těchto hlubokých otvorů na ráz).*

Nejvyšší četnost vrtaných otvorů mají průměry D = 21 mm (90 děr), D = 17,5 mm (84 děr), D = 32 mm (25 děr) a D = 30 mm (24 děr). Ostatní otvory se realizují v počtu od 1 do 14 děr. Do 5 děr se následně řeží závity (do D = 32 mm závit M36x3; do D = 17,5 mm závit M20x2,5; do D = 10,2 mm závit M12x1,75; do D = 8,6 mm závit M10x1,5 a do D = 6,8 mm závit M8x1,25.

Dle výkresové dokumentace je nutné zahloubit 65 otvorů, z nichž nejvyšší četnost zahloubení (45) zaujímá díra D = 21 mm. Na pohyblivém rámu formy se realizují i 4 otvory s tolerancí H7 (díra D = 11,5 mm se vyhrubuje na průměr D = 11,75 mm a dále vystružuje na průměr D = 12 mm). Souhrnný přehled viz Graf 4.3. a Tab. 4.6 v Příloze 5.




Graf. 4.3 Četnost děr, závitů a zahloubení (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

### 4.2.5. Druhy používaných nástrojů

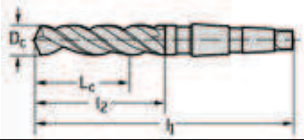
Vrtací úseky operace 80 byly, ve většině případů, realizovány pomocí HSS-E monolitních šroubovitých vrtáků firmy Walter. Díry D = 32 mm se vrtají frézovacím vrtákem s VBD ze slinutého karbidu od firmy Walter, rovněž zahloubení pro díru D = 21 mm je realizováno frézovacím vrtákem od firmy Walter. Navrtávání se provádí HSS navrtáváky z vlastní produkce nářaďovny. Pro 15° zahloubení děr D18; D16; D14; D12; D11 a D10 jsou využívány v nářaďovně upravené vrtáky ČSN 22 1144. Řezání závitů M36; M20; M12; M10 a M8 je realizováno klasickými závitníky od firem Fette a Emuge. Souhrnný přehled používaných druhů nástrojů ve vrtacích úsecích operace 80 viz Tab. 4.1. Vzhledem k výsledkům Paretovy analýzy vrtacích úseků v operaci 80 (viz kapitola [4.2.7.]) uvádím pouze detailnější charakteristiky vrtáků Titex A4247, viz Tab. 4.2.

Tab. 4.1 Počty vrtáků; zdroj: vlastní

| Nástroj | Množství |
|---|---|
| Šroubovitý vrták | 16 |
| Frézovací vrták | 2 |
| Speciální vrtáky | 2 |
| Navrtáváky | 4 |
| Závitníky | 5 |
| Výhrubníky | 1 |
| Výstružníky | 1 |

Tab. 4.2 Šroubovité vrtáky; zdroj: Souhrnný katalog Walter 2012

**Šroubovité vrtáky firmy Walter Titex – Alpha XE**
Označení: **A4247**



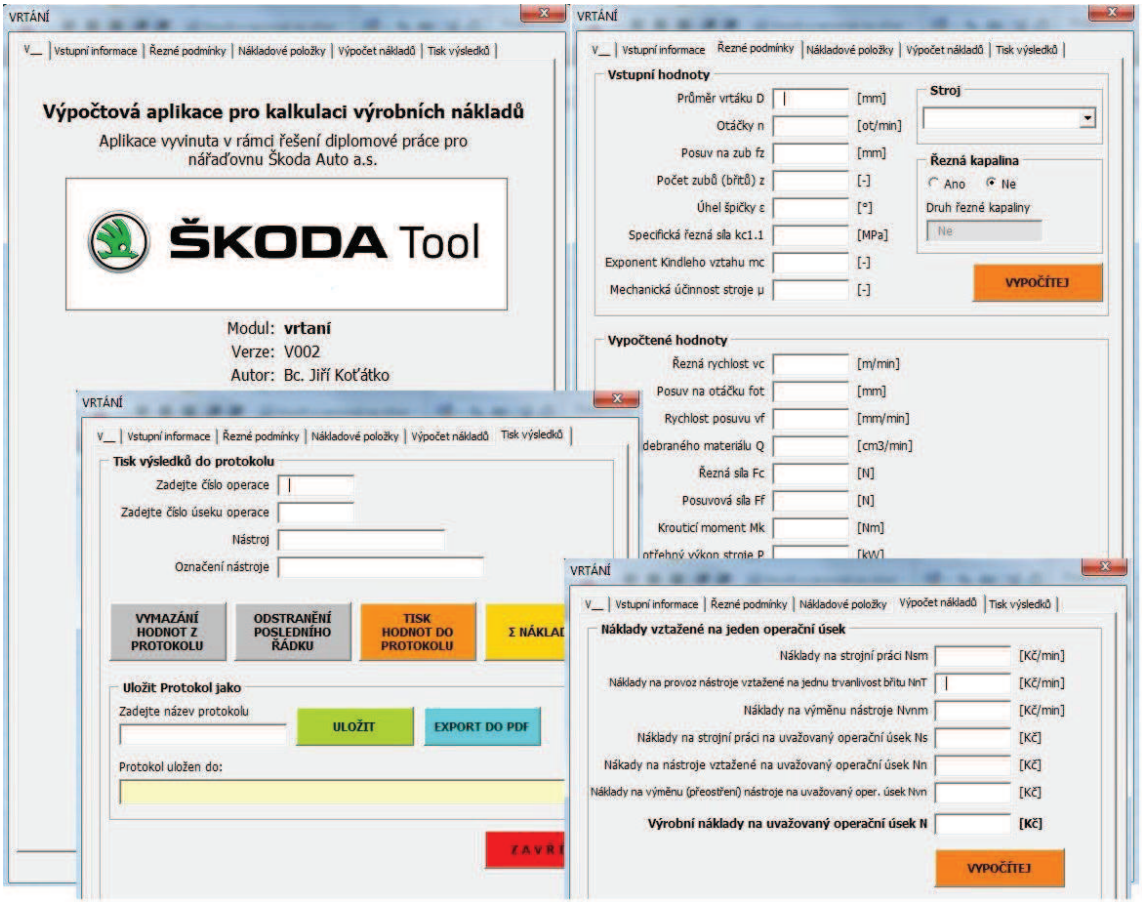

| $D_c$ [mm] | $L_c$ [mm] | $l_1$ [mm] | $l_2$ [mm] | Pozn. [-] |
|---|---|---|---|---|
| 6,8 | 60 | 155 | 75 | special |
| 8,6 | 71 | 168 | 87 | special |
| 10 | 71 | 168 | 87 | |
| 10,2 | 71 | 168 | 87 | |
| 11 | 76 | 175 | 94 | |
| 12 | 87 | 182 | 101 | |
| 14 | 94 | 189 | 108 | |
| 16 | 104 | 218 | 120 | |
| 17,5 | 112 | 228 | 130 | |
| 18 | 112 | 228 | 130 | |
| 21 | 123 | 243 | 145 | |
| 27 | 142 | 291 | 170 | |
| 29 | 145 | 296 | 175 | |
| 30 | 145 | 296 | 175 | |
| 38 | 160 | 349 | 200 | |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | HSS-E |
| Povlak: | fazetka oxidovaná párou (od Dc 23,02 mm bez oxidace) |
| Úhel špičky: | 130° |
| Hloubka vrtání: | ~8xD |
| Doporučená $v_c$: | 19 [m/min] |
| Doporučený $f_{ot}$: | 0,13 ÷ 0,33 |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Upínací stopka: | Morse kužel DIN 345 |

### 4.2.6. Kalkulace výrobních nákladů vrtacích úseků v operaci 80

Kalkulace výrobních nákladů je jedním ze základních prvků při analýze a následné racionalizaci výroby. Při analýze výrobních nákladů vrtacích úseků operace 80 jsem postrádal nějaký komplexní nástroj, který by umožňoval rychlou kalkulaci, která by navíc zohledňovala *náklady na strojní práci*, *na nástroje*, *na seřízení a výměnu opotřebovaného nástroje*. Technolog, který provádí v nářaďovně zkoušky nástrojů, navrhuje racionalizační opatření a vyčísluje úspory, nemá k dispozici žádný takový nástroj.

Začal jsem tedy pracovat na výpočtové aplikaci, která by umožňovala jednoduchou a rychlou kalkulaci výrobních nákladů s následným výstupem ve formě tisknutého formuláře. Náhled výpočtové aplikace viz Obr. 4.5. Očekával jsem od této aplikace reálné a dobře porovnatelné výsledky zohledňující výše uvedená hlediska, navíc i zvýšení produktivity při vyhodnocování zkoušek nástrojů v nářaďovně. Aplikaci jsem realizoval v tabulkovém editoru Microsoft Excel pomocí programovacího jazyka VBA (Visual Basic for Applications). Důvodem použití tohoto konkrétního editoru je jeho obrovské rozšíření mezi uživateli PC. Mnou navrhnutou aplikaci je tedy možné využívat na každém PC, na kterém je instalován kancelářský balík MS Office od firmy Microsoft.




Obr. 4.5. Náhled do výpočtové aplikace; zdroj: vlastní

*Pozn. 1 – bližší charakteristika a popis funkčnosti výpočtové aplikace viz Příloha 6. Tato aplikace je založena na metodice kalkulace výrobních nákladů popsané v kapitole [5]. Všechny kalkulace výrobních nákladů jsou v diplomové práci realizované pomocí výpočtové aplikace.*

*Pozn. 2 – aby výpočtová aplikace produkovala správné výsledky, musel jsem získat data týkající se výše režijních paušálů, mezd pracovníků, odpisy strojů, ceny nástrojů apod. Tato data jsem získal na ekonomickém úseku a dle pokynů Škody (resp. ekonomického úseku) je nesmím v diplomové práci uvádět. Na základě této podmínky uvádím pouze konečné výsledky kalkulací výrobních nákladů.*

Pomocí výše uvedené výpočtové aplikace jsem provedl kalkulaci výrobních nákladů současného stavu výroby otvorů. Výstupem z aplikace jsou formuláře ve formě tabulek, ze kterých lze vyčíst, jak vysoké jsou výrobní náklady jednotlivých druhů děr, použité řezné podmínky, označení nástrojů, i celková suma výrobních nákladů, příklad takového formuláře viz níže uvedený Obr. 4.6. (*pozn. všechny formuláře viz Příloha 7*). Z výsledků kalkulace výrobních nákladů lze sestavit grafy 4.4 a 4.5, které vykreslují hodnoty výrobních nákladů a jednotkových strojních časů v jednotlivých rovinách obrábění.

**Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | Technologie: | Vrtání | Poznámky: | |
| Oddělení: | | Název obrobku: | Pohyblivý rám formy | Vrtání z dělící roviny - původní technologie | |
| Telefon: | | Číslo výkresu: | | | |
| Datum: | 21.02.2013 | Číslo dávky: | | | |

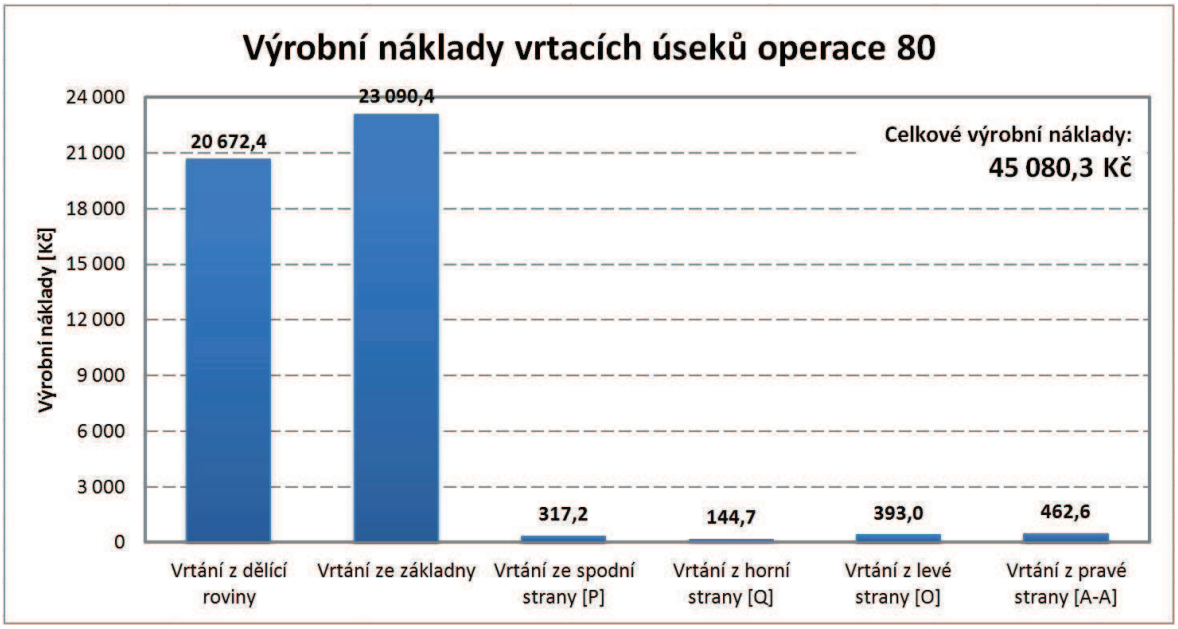
| Číslo oper. | Číslo úseku | Nástroj | Označení nástroje | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_z$ [mm] | $v_f$ [mm/min] | D [mm] | Řezná kapalina | Celkové Náklady [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 1 | NMB navrtávák D25 | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 78,5 | 1000,0 | 0,015 | 30,0 | 25,00 | Emulze | 2166,29 |
| 80 | 2 | NMB vrták D11,5 | VS221.12.110.11,5.70.CH.J.K. | 22,0 | 610,0 | 0,06 | 73,2 | 11,5 | Emulze | 92,37 |
| 80 | 3 | NMB výhrubník D11,75 | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 14,8 | 400,0 | 0,08 | 64,0 | 11,75 | Emulze | 61,34 |
| 80 | 4 | Clarkson výstružník D12H7 | C212SZVHM1200-G-EX | 60,0 | 1592,0 | 0,03 | 95,5 | 12,00 | Emulze | 56,30 |
| 80 | 5 | Titex D17,5 | A4247-17,5 | 17,6 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 17,5 | Emulze | 3393,58 |
| 80 | 6 | Fette M20x2,5 | 6432C-1396389 | 8,0 | 127,0 | 1,25 | 317,5 | 20,00 | Emulze | 2008,53 |
| 80 | 7 | Titex D21 | A4247-21 | 17,2 | 260,0 | 0,1 | 52,0 | 21,00 | Emulze | 7160,92 |
| 80 | 8 | Titex D30 | A4247-30 | 29,2 | 310,0 | 0,044 | 27,3 | 30,00 | Emulze | 3024,71 |
| 80 | 9 | Titex D18 | A4247-18 | 18,1 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 18,00 | Emulze | 364,87 |
| 80 | 10 | Titex D16 | A4247-16 | 19,1 | 380,0 | 0,08 | 60,8 | 16,00 | Emulze | 112,15 |
| 80 | 11 | Titex D14 | A4247-14 | 16,7 | 380,0 | 0,08 | 60,8 | 14,00 | Emulze | 339,07 |
| 80 | 12 | Titex D12 | A4247-12 | 18,9 | 500,0 | 0,07 | 70,0 | 12,00 | Emulze | 591,88 |
| 80 | 13 | Titex D11 | A4247-11 | 19,0 | 550,0 | 0,065 | 71,5 | 11,00 | Emulze | 655,94 |
| 80 | 14 | Titex D10 | A4247-10 | 19,2 | 610,0 | 0,06 | 73,2 | 10,00 | Emulze | 98,06 |
| 80 | 15 | Titex D38 | A4247-38 | 14,3 | 120,0 | 0,133 | 31,9 | 38,00 | Emulze | 212,92 |
| 80 | 16 | Titex D29 | A4247-29 | 14,1 | 155,0 | 0,125 | 38,8 | 29,00 | Emulze | 171,12 |
| 80 | 17 | Titex D27 | A4247-27 | 15,3 | 180,0 | 0,11 | 39,6 | 27,00 | Emulze | 162,32 |
| | | | | | | | | | | Σ 20672,37 |

Obr. 4.6. Formulář zpracovaný výpočtovou aplikací; zdroj: vlastní

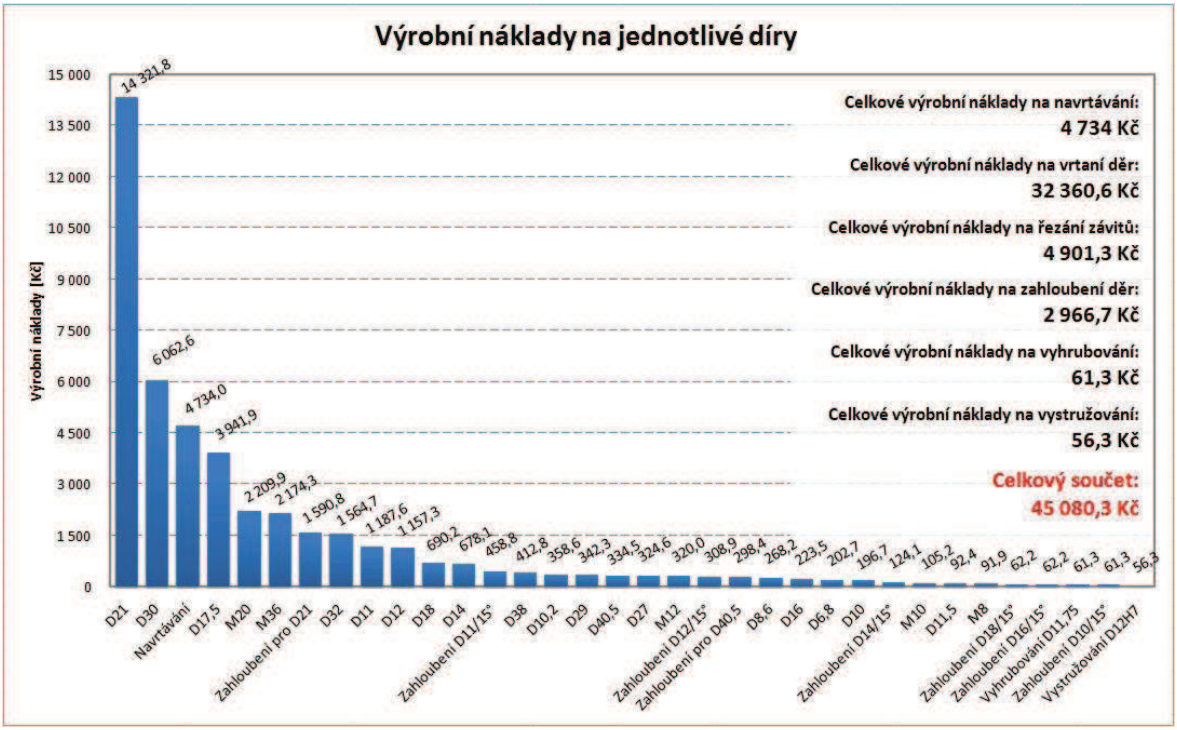
Celkové výrobní náklady vrtacích úseků operace 80 činí *45 080,3 Kč*, z nichž převážná část (97%) je generována výrobou otvorů v dělící rovině pohyblivého rámu formy (20 672,4 Kč) a výrobou otvorů v základně (23 090,4 Kč). Otvory realizované ze spodní strany pohyblivého rámu formy (317,2 Kč), z horní strany (144,7 Kč), z levé strany (393 Kč) a z pravé strany (462,6 Kč) tvoří pouze 3% celkových výrobních nákladů. Je to dáno skutečností, že největší počet děr je soustředěn v dělící rovině a základně. Bližší analýza se tedy musí zaměřit hlavně na vrtací úseky v dělící rovině a základně. Vše viz Graf 4.4.

Nejvyšší výrobní náklady jsou spojeny s výrobou otvorů o průměru D = 21 mm (14 321,8 Kč), D = 30 mm (6 062,6 Kč) a D = 17,5 mm (3 941,9 Kč). Vyšší výrobní náklady jsou spojeny i s navrtáváním (4 734 Kč) a řezáním závitů M20x2,5 (2 209,9 Kč) a M36x3 (2 174,3 Kč). Výsledky viz Graf 4.3.

Z grafu 4.5 je zřejmé, že úseky významné z hlediska vysokých výrobních nákladů jsou otvory uvedené výše (D21; D30; D17,5), úseky navrtávání a řezání závitů (M36x3 a M20x2,5).




Graf. 4.4 Výrobní náklady vrtacích úseků v jednotlivých rovinách obrábění (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní




Graf. 4.5 Jednotkový strojní čas vrtacích úseků (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

### 4.2.7. Vyhodnocení analýzy výrobních nákladů a jednotkového strojního času

Cílem vyhodnocení je rozhodnout, jaká oblast je pro racionalizaci vrtacích úseků klíčová. Snahou je nalézt a navrhnout řešení, které zvýší produktivitu vrtání při zachovaných či nižších výrobních nákladech. Výsledky analýzy technologického postupu a kalkulace výrobních nákladů současného stavu jsem podrobil Paretově analýze, která je založena na Paretově principu 80/20. Paretův princip lze obecně definovat tak, že 80% důsledků pramení z 20% příčin. V praxi to znamená, že pokud odhalíme klíčových 20% příčin a zaměříme se na jejich racionalizaci, ovlivníme tak výrazně celkový výsledek (80% důsledků).

Při zpracovávání Paretovy analýzy jsem se zaměřil na dva aspekty - *jednotkový strojní čas* a *výrobní náklady*. Oba aspekty jsou rozhodující z hlediska hlavních požadavků zadaní ze strany Škody Auto a.s., tedy zvýšení produktivity a snižování nákladů. V prvním kroku jsem zařadil potřebná data do tabulky (viz Tab. 4.3), což je základní předpoklad kvalitní analýzy.

Tab. 4.3 Četnost činností a jejich charakteristiky; zdroj: vlastní

| **Druh** | **četnost** [-] | **$t_{AS}$ celkem** [min] | **$t_{AS}$ na 1 díru** [min] | **VN celkem** [Kč] | **VN na 1 díru** [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|
| Navrtávání | 285 | 114,7 | 0,4 | 4 734,0 | 16,6 |
| D21 | 90 | 319,4 | 3,5 | 14 321,8 | 159,1 |
| D17,5 | 84 | 97,3 | 1,2 | 3 941,9 | 46,9 |
| M20 | 84 | 42,08 | 0,5 | 2 209,9 | 26,3 |
| Zahloubení pro D21 | 45 | 38,8 | 0,9 | 1 590,8 | 35,4 |
| D32 | 25 | 33,7 | 1,3 | 1 564,7 | 62,6 |
| M36 | 25 | 54,5 | 2,2 | 2 174,3 | 87,0 |
| D30 | 24 | 150,2 | 6,3 | 6 062,6 | 252,6 |
| D11 | 14 | 27,3 | 2,0 | 1 187,6 | 84,8 |
| D12 | 12 | 26,9 | 2,2 | 1 157,3 | 96,4 |
| D10,2 | 12 | 7 | 0,6 | 358,6 | 29,9 |
| M12 | 12 | 3,5 | 0,3 | 320,0 | 26,7 |
| D8,6 | 10 | 4,7 | 0,5 | 268,2 | 26,8 |
| M10 | 10 | 1,52 | 0,2 | 105,2 | 10,5 |
| D6,8 | 8 | 3,7 | 0,5 | 202,7 | 25,3 |
| M8 | 8 | 1,65 | 0,2 | 91,9 | 11,5 |
| D18 | 6 | 16,63 | 2,8 | 690,2 | 115,0 |
| D14 | 6 | 16 | 2,7 | 678,1 | 113,0 |
| Zahloubení D11/15° | 6 | 8,4 | 1,4 | 458,8 | 76,5 |
| Zahloubení D12/15° | 5 | 6,3 | 1,3 | 308,9 | 61,8 |
| D40,5 | 4 | 8,32 | 2,1 | 334,5 | 83,6 |
| D11,5 | 4 | 2,45 | 0,6 | 92,4 | 23,1 |
| Zahloubení pro D40,5 | 4 | 7,36 | 1,8 | 298,4 | 74,6 |
| Vyhrubování D11,75 | 4 | 1,6 | 0,4 | 61,3 | 15,3 |
| Vystružování D12H7 | 4 | 1,4 | 0,4 | 56,3 | 14,1 |
| D38 | 2 | 9,5 | 4,8 | 412,8 | 206,4 |
| D29 | 2 | 8,2 | 4,1 | 342,3 | 171,1 |
| D27 | 2 | 7,72 | 3,9 | 324,6 | 162,3 |
| D16 | 2 | 5,42 | 2,7 | 223,5 | 111,7 |
| D10 | 2 | 4,8 | 2,4 | 196,7 | 98,4 |
| Zahloubení D14/15° | 2 | 2,5 | 1,3 | 124,1 | 62,0 |
| Zahloubení D18/15° | 1 | 1,3 | 1,3 | 62,2 | 62,2 |
| Zahloubení D16/15° | 1 | 1,3 | 1,3 | 62,2 | 62,2 |
| Zahloubení D10/15° | 1 | 1,3 | 1,3 | 61,3 | 61,3 |
| **Celkem** | **806** | **1 037,4** | | **45 080,3** | |

** Pozn. význam symbolů v tabulce:* *VN* výrobní náklady
$t_{AS}$ jednotkový strojní čas

Tab. 4.3 obsahuje druh a četnost jednotlivých činností, jednotkový strojní čas $t_{AS}$ a výrobní náklady. Z celkových hodnot $t_{AS}$ a výrobních nákladů jsem vypočítal hodnoty vztažené na jednu díru, závit či zahloubení a rovněž je zahrnul do tabulky. Tím jsem získal dvě kritéria, která jsou důležitá pro další postup analýzy.

V druhém kroku jsem realizoval sestavení tabulky váhových koeficientů (viz Tab. 4.4), které udávají danému kritériu ($t_{AS}$/1díra; výrobní náklady/1 díra) důležitost. Dle hodnoty kritéria jsem pak přiřazoval potřebné váhové koeficienty a zadával je do příslušných řádků do Tab. 4.3.

Tab. 4.4 Tabulka váhových koeficientů; zdroj: vlastní

| **Náklady na 1 díru [Kč]** | **Váhový koeficient Náklady [-]** | **$t_{AS}$ na 1 díru [min]** | **Váhový koeficient $t_{AS}$ [-]** |
|---|---|---|---|
| 0 - 34,99 | 1 | 0 - 0,99 | 1 |
| 35,0 - 69,99 | 2 | 1,0 - 1,99 | 2 |
| 70,0 - 104,99 | 3 | 2,0 - 2,99 | 3 |
| 105,0 - 139,99 | 4 | 3,0 - 3,99 | 4 |
| 140,0 - 174,99 | 5 | 4,0 - 4,99 | 5 |
| 175,0 - 209,99 | 6 | 5,0 - 5,99 | 6 |
| 210,0 - 244,99 | 7 | 6,0 - 6,99 | 7 |

Dalším postupem je získání nových dvou sloupců do tabulky dat vynásobením váhových koeficientů s příslušnou četností děr, závitů či zahloubení (*pozn. násobím koeficient pro náklady na 1 díru s četností; násobím koeficient pro $t_{AS}$ na 1 díru s četností*), získal jsem tak klíčová data z hlediska konečné analýzy. Tato data jsem dále upravil do formy procentuálního vyjádření (vytvoření dalších dvou sloupců tabulky) a dopočítal kumulativní četnost. Dostal jsem tedy kompletní zdrojovou tabulku (viz Tab. 4.5) a mohl přistoupit k poslednímu kroku analýzy - vytvoření grafu.

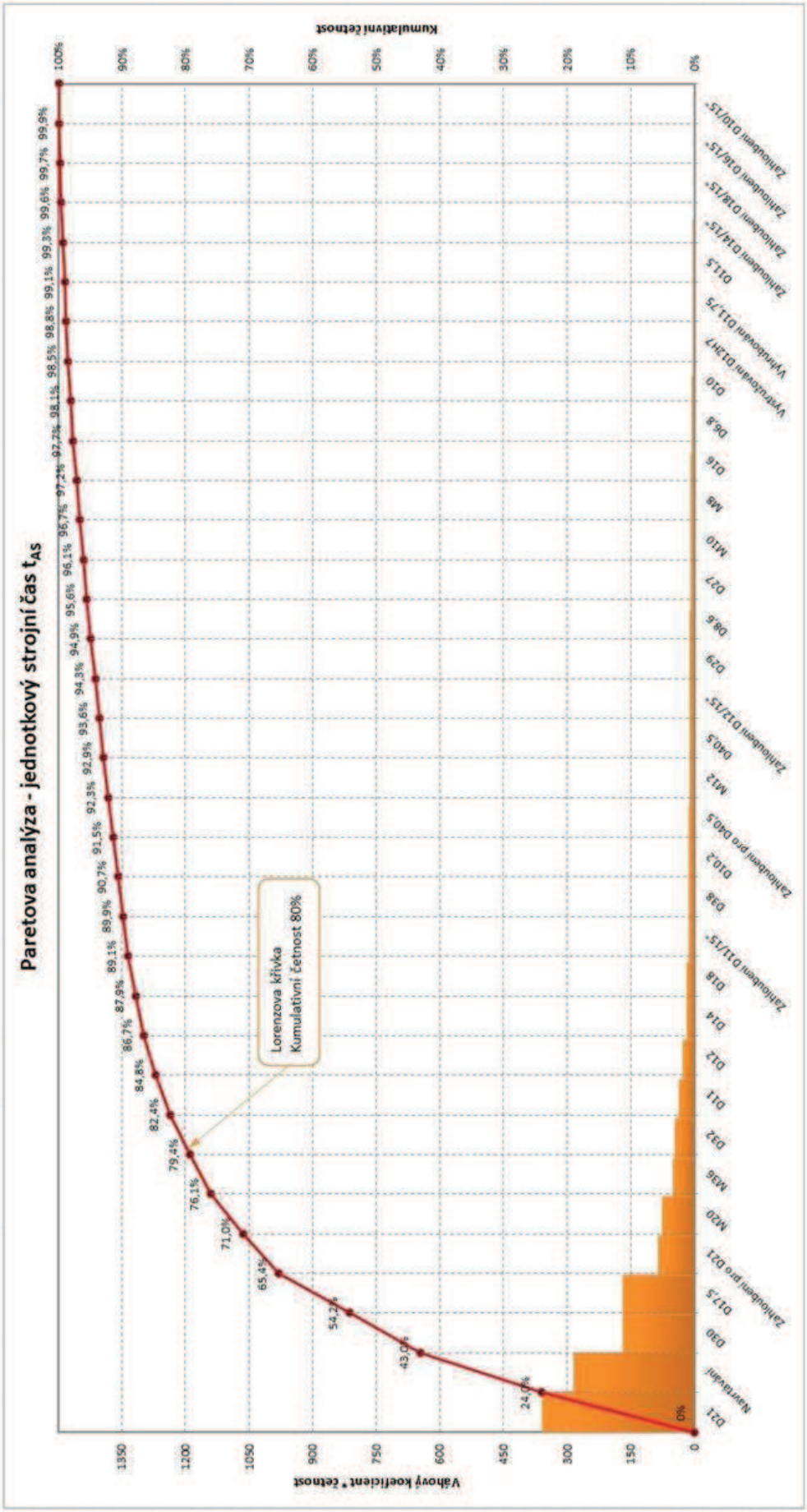
Grafy znázorňující výsledek Paretovy analýzy jsem vypracoval dva. Jeden pro kritérium jednotkového strojního času a druhý pro kritérium výrobních nákladů, viz Graf. 4.6 a Graf 4.7. Paretovu analýzu jsem realizoval celou v tabulkovém editoru Microsoft Excel, kdy jsem s výhodou využil výpočtových a analytických schopností tohoto programu, včetně tvorby grafů. Závěr a vyhodnocení Paretovy analýzy viz další text níže.

** Pozn. význam symbolů v Tab. 4.5:*

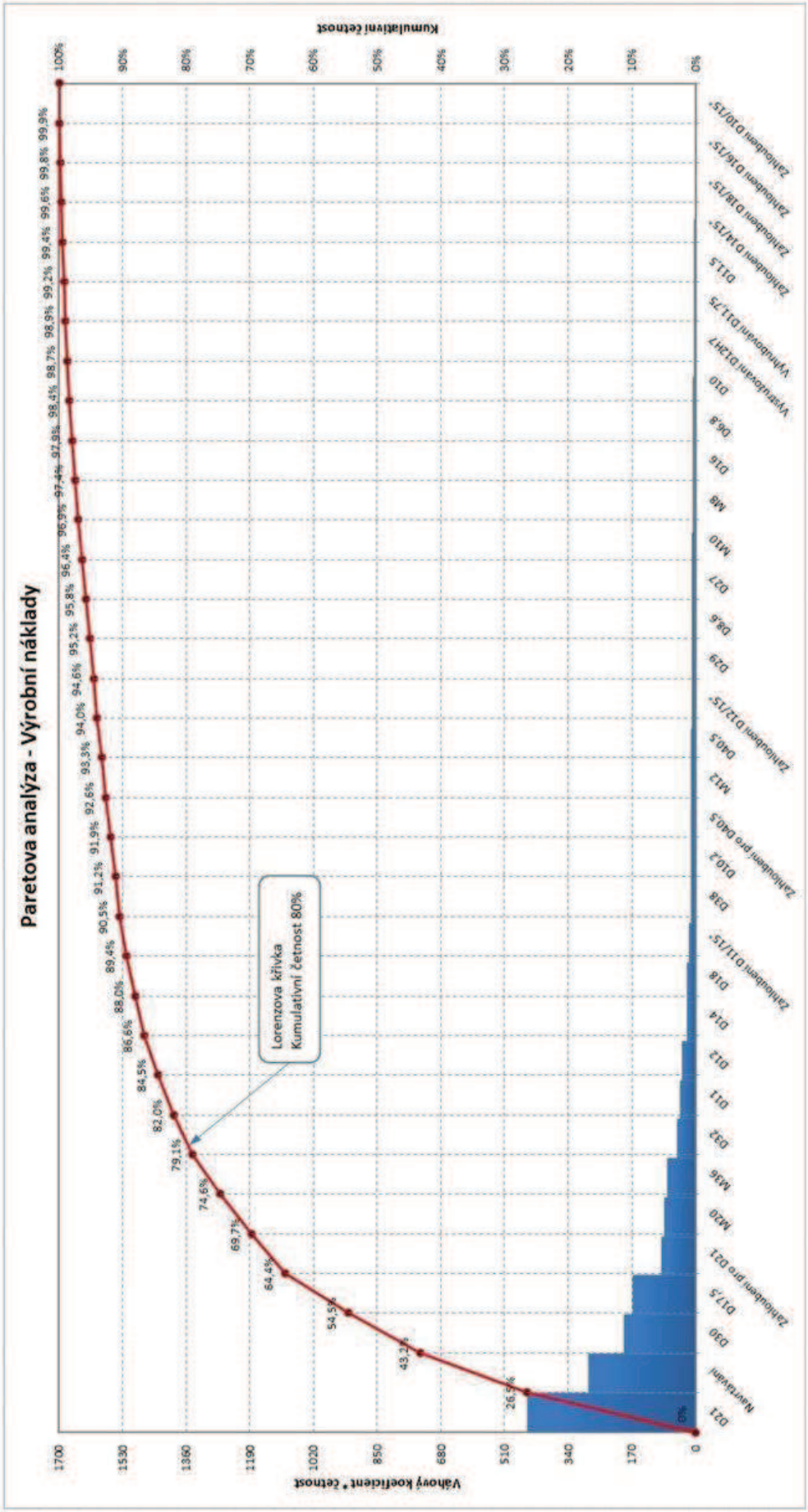
*VN* výrobní náklady
$t_{AS}$ jednotkový strojní čas
$VK_{tAS}$ váhový koeficient $t_{AS}$ na jednu díru
$VK_{nk}$ váhový koeficient výrobních nákladů na 1 díru

Tab. 4.5 Tabulka dat pro Paretovu analýzu; zdroj: vlastní

| Druh díry | četnost | $t_{AS}$ celk. [min] | $t_{AS}$ na 1 díru [min] | VN celk. [Kč] | VN na 1 díru [Kč] | $VK_{tAS}$ [-] | $VK_{tAS}$ * četnost | $VK_{vn}$ [-] | $VK_{vn}$ * četnost | Procenta $t_{AS}$ | Kumulativní četnost $t_{AS}$ | Procenta náklady | Kumulativní četnost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Navrtávání | 285 | 114,7 | 0,4 | 4 734,0 | 16,6 | 1 | 285 | 1 | 285 | 19,0% | 19,0% | 16,8% | 16,8% |
| D21 | 90 | 319,4 | 3,5 | 14 321,8 | 159,1 | 4 | 360 | 5 | 450 | 24,0% | 43,0% | 26,5% | 43,2% |
| D17,5 | 84 | 97,3 | 1,2 | 3 941,9 | 46,9 | 2 | 168 | 2 | 168 | 11,2% | 54,2% | 9,9% | 53,1% |
| M20 | 84 | 42,08 | 0,5 | 2 209,9 | 26,3 | 1 | 84 | 1 | 84 | 5,6% | 59,8% | 4,9% | 58,1% |
| Zahloubení pro D21 | 45 | 38,8 | 0,9 | 1 590,8 | 35,4 | 1 | 45 | 2 | 90 | 3,0% | 62,8% | 5,3% | 63,4% |
| D32 | 25 | 33,7 | 1,3 | 1 564,7 | 62,6 | 2 | 50 | 2 | 50 | 3,3% | 66,2% | 2,9% | 66,3% |
| M36 | 25 | 54,5 | 2,2 | 2 174,3 | 87,0 | 3 | 75 | 3 | 75 | 5,0% | 71,2% | 4,4% | 70,7% |
| D30 | 24 | 150,2 | 6,3 | 6 062,6 | 252,6 | 7 | 168 | 8 | 192 | 11,2% | 82,4% | 11,3% | 82,0% |
| D11 | 14 | 27,3 | 2,0 | 1 187,6 | 84,8 | 2 | 28 | 3 | 42 | 1,9% | 84,3% | 2,5% | 84,5% |
| D12 | 12 | 26,9 | 2,2 | 1 157,3 | 96,4 | 3 | 36 | 3 | 36 | 2,4% | 86,7% | 2,1% | 86,6% |
| D10,2 | 12 | 7 | 0,6 | 358,6 | 29,9 | 1 | 12 | 1 | 12 | 0,8% | 87,5% | 0,7% | 87,3% |
| M12 | 12 | 3,5 | 0,3 | 320,0 | 26,7 | 1 | 12 | 1 | 12 | 0,8% | 88,3% | 0,7% | 88,0% |
| D8,6 | 10 | 4,7 | 0,5 | 268,2 | 26,8 | 1 | 10 | 1 | 10 | 0,7% | 88,9% | 0,6% | 88,6% |
| M10 | 10 | 1,52 | 0,2 | 105,2 | 10,5 | 1 | 10 | 1 | 10 | 0,7% | 89,6% | 0,6% | 89,2% |
| D6,8 | 8 | 3,7 | 0,5 | 202,7 | 25,3 | 1 | 8 | 1 | 8 | 0,5% | 90,1% | 0,5% | 89,6% |
| M8 | 8 | 1,65 | 0,2 | 91,9 | 11,5 | 1 | 8 | 1 | 8 | 0,5% | 90,7% | 0,5% | 90,1% |
| D18 | 6 | 16,63 | 2,8 | 690,2 | 115,0 | 3 | 18 | 4 | 24 | 1,2% | 91,9% | 1,4% | 91,5% |
| D14 | 6 | 16 | 2,7 | 678,1 | 113,0 | 3 | 18 | 4 | 24 | 1,2% | 93,1% | 1,4% | 92,9% |
| Zahloubení D11/15° | 6 | 8,4 | 1,4 | 458,8 | 76,5 | 2 | 12 | 3 | 18 | 0,8% | 93,9% | 1,1% | 94,0% |
| Zahloubení D12/15° | 5 | 6,3 | 1,3 | 308,9 | 61,8 | 2 | 10 | 2 | 10 | 0,7% | 94,5% | 0,6% | 94,6% |
| D40,5 | 4 | 8,32 | 2,1 | 334,5 | 83,6 | 3 | 12 | 3 | 12 | 0,8% | 95,3% | 0,7% | 95,3% |
| D11,5 | 4 | 2,45 | 0,6 | 92,4 | 23,1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 0,3% | 95,6% | 0,2% | 95,5% |
| Zahloubení pro D40,5 | 4 | 7,36 | 1,8 | 298,4 | 74,6 | 2 | 8 | 3 | 12 | 0,5% | 96,1% | 0,7% | 96,2% |
| Vyhrubování D11,75 | 4 | 1,6 | 0,4 | 61,3 | 15,3 | 1 | 4 | 1 | 4 | 0,3% | 96,4% | 0,2% | 96,5% |
| Vystružování D12H7 | 4 | 1,4 | 0,4 | 56,3 | 14,1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 0,3% | 96,7% | 0,2% | 96,7% |
| D38 | 2 | 9,5 | 4,8 | 412,8 | 206,4 | 5 | 10 | 6 | 12 | 0,7% | 97,3% | 0,7% | 97,4% |
| D29 | 2 | 8,2 | 4,1 | 342,3 | 171,1 | 5 | 10 | 5 | 10 | 0,7% | 98,0% | 0,6% | 98,0% |
| D27 | 2 | 7,72 | 3,9 | 324,6 | 162,3 | 4 | 8 | 5 | 10 | 0,5% | 98,5% | 0,6% | 98,6% |
| D16 | 2 | 5,42 | 2,7 | 223,5 | 111,7 | 3 | 6 | 4 | 8 | 0,4% | 98,9% | 0,5% | 99,1% |
| D10 | 2 | 4,8 | 2,4 | 196,7 | 98,4 | 3 | 6 | 3 | 6 | 0,4% | 99,3% | 0,4% | 99,4% |
| Zahloubení D14/15° | 2 | 2,5 | 1,3 | 124,1 | 62,0 | 2 | 4 | 2 | 4 | 0,3% | 99,6% | 0,2% | 99,6% |
| Zahloubení D18/15° | 1 | 1,3 | 1,3 | 62,2 | 62,2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0,1% | 99,7% | 0,1% | 99,8% |
| Zahloubení D16/15° | 1 | 1,3 | 1,3 | 62,2 | 62,2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0,1% | 99,9% | 0,1% | 99,9% |
| Zahloubení D10/15° | 1 | 1,3 | 1,3 | 61,3 | 61,3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0,1% | 100,0% | 0,1% | 100,0% |
| **Celkem** | **806** | **1 037,4** | | **45 080,3** | | | **1499** | | **1700** | **100%** | | **100%** | |




Graf. 4.6 Grafické znázornění Paretovy analýzy pro jednotkový strojní čas $t_{AS}$ (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní




Graf. 4.7 Grafické znázornění Paretovy analýzy pro výrobní náklady (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

**Závěr a vyhodnocení analýzy** - z grafického vyjádření výsledků Paretovy analýzy (viz Graf 4.6 a Graf 4.7) lze vyčíst, že z celkového počtu 34 různých úseků (navrtávání, vrtání, řezání závitů, zahlubování) se na 80% důsledků podílí 7 úseků. Konkrétně se v obou případech (Graf 4.6 a Graf 4.7) jedná o následující úseky:

- *vrtání děr D = 21 mm,*
- *navrtávání děr,*
- *vrtání děr D = 30 mm,*
- *vrtání děr D = 17,5 mm,*
- *zahloubení děr D = 21 mm,*
- *řezání závitů M20x2,5,*
- *řezání závitů M36x3.*

Pokud tedy racionalizaci výroby zaměříme na těchto 7 úseků (pozn. těchto 7 úseků se rovná hledaným 20% příčinám), pokryjeme tím oblast 80% důsledků - tedy 80% výrobních nákladů a jednotkového strojního času. Okruh racionalizace je tím výrazně zúžen, protože dochází k eliminaci v celkovém objemu výrazně méně podstatných úseků a naopak dochází k zacílení na podstatnou a důležitou oblast.

Vrtání děr D21; D30; D17,5 je v současnosti realizováno šroubovitými vrtáky Titex (firma Walter) z HSS-E oceli. Navrhuji tedy provést zkoušky nových frézovacích vrtáků s cílem dosažení vyšší produktivity a zkrácení jednotkového strojního času, při pokud možno nižších výrobních nákladech.

Vzhledem k zadání a rozsahu diplomové práce se bude racionalizace týkat vrtacích úseků. Důraz bude kladen zejména na nejdůležitější vrtací úseky děr D21; D30; D17,5; dále pak na ostatní vrtací úseky. Mnou provedená Paretova analýza ovšem poukazuje na další úseky s potenciálem racionalizace (navrtávání, řezání závitů M20x2,5 a M36x3, zahloubení děr D21), na které se technolog v nářaďovně může v budoucnu zaměřit.

## 4.3. Zkoušky nových navrhovaných vrtáků

Základním požadavkem Škody Auto a.s. bylo zvýšení produktivity vrtacích operací, při pokud možno snížených výrobních nákladech. Technolog navíc požadoval zvýšení stability vrtacího procesu (klidný a plynulý proces vrtaní, zvýšení trvanlivosti) a zavedení vrtáků s VBD od průměru otvoru D = 20 mm a vyšších.

V návaznosti na kapitoly [4.2.1.]; [4.2.6.] a [4.2.7.] jsem se soustředil na zkoušku vrtáků pro vrtání děr o průměru D = 21 mm. V součinnosti s technologem a možnostmi výdejny nářadí v nářaďovně jsem vytipoval 3 vrtáky o průměru D21, které se podrobily zkouškám. Konkrétně se jedná o dva vrtáky s VBD od firmy Komet a jeden vrták s vyměnitelnou špičkou od firmy Walter. Následně jsem výsledky vyhodnotil a porovnal se současným stavem. Cílem bylo nalézt vrták, který by splňoval následující kritéria:

- *vysoká produktivita,*
- *nižší výrobní náklady,*
- *vyšší počet vyvrtaných otvorů na jednu trvanlivost břitu vrtáku,*
- *plynulý proces vrtání a řezání závitů.*

### 4.3.8. Popis zkoušek vrtáků D21

Vzhledem k vytížení strojů ve výrobě, nebylo možné provádět zkoušky vrtáků na speciálně vyhrazeném stroji. Dalším limitujícím faktorem byla cena obráběného materiálu 15 260, kdy nebylo možné obstarat zušlechtěný blok oceli 15 260 a na něm následně provádět pouze zkoušky vrtáků. Zkoušky vrtáků se tedy prováděly přímo při výrobě pohyblivého rámu na stroji TRIMILL VF 4525.

Řezné podmínky (otáčky, posuv na otáčku) jsem volil pro každý vrták individuálně s důrazem na fakt, aby jejich hodnoty byly nastaveny na horní hranici doporučených hodnot výrobce s ohledem na těžko obrobitelný polotovar. Důvodem byla snaha dosahovat vysoké produktivity vrtání a kratších jednotkových strojních časů. Navržené řezné podmínky byly navíc konzultovány s výrobci vrtáků a technologem v nářaďovně, aby se minimalizovala možnost případných komplikací (nízká trvanlivost, vibrace, rozměrové nepřesnosti, výroba zmetku apod.) při vlastních zkouškách na pohyblivém rámu formy. Při vrtání byla vždy použita řezná kapalina od firmy Cimcool, konkrétně Cimstar 506 (řezná kapalina na bázi emulze).

Do výroby byly zadány celkem tři pohyblivé rámy, takže každý vrták byl samostatně zkoušen na jednom pohyblivém rámu. Po započetí vrtání se v intervalu 10ti vyvrtaných otvorů prováděla kontrola opotřebení, sledoval se charakter vlastního procesu vrtání a zapisoval se počet opotřebených hran VBD.

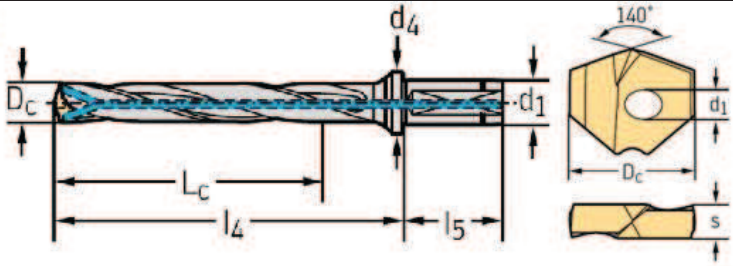
### 4.3.9. Zkouška vrtáku D21 Walter B4017

Jedná se o pravořezný vrták s vyměnitelnou špičkou určený pro vrtání do plna a hloubky vrtání 7xD (pozn. požadavek pro vrtání D21 je 6,5xD), disponuje válcovou stopkou s ploškou dle ISO 9767. Vyměnitelná špička je z povlakovaného slinutého karbidu typu ISO P s úhlem špičky 140°, více viz Tab. 4.6. Nastavené řezné parametry pro zkoušku vrtáku Walter B 4017.F20.21,0.Z02.147R viz Tab. 4.7.

Tab. 4.6 Detailní charakteristika vrtáku B 4017 od firmy Walter; zdroj: Souhrnný katalog Walter 2012 [11]

**Vrták do plna s vyměnitelnou špičkou od firmy Walter**

Označení: **B 4017.F20.21,0.Z02.147R**




| $D_c$ [mm] | $d_1$ (těleso) [mm] | $d_4$ [mm] | $l_4$ [mm] | $l_5$ [mm] | $L_c$ [mm] | Počet VBD | s [mm] | $d_1$ (VBD) [mm] | Typ VBD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 20 | 30 | 188 | 50 | 151 | 1 | 5,5 | 5 | P6001-D21-WXP45 |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | Slinutý karbid ISO P |
| Povlak: | Ano |
| Úhel špičky: | 140° |
| Hloubka vrtání: | 7xD |
| Doporučená $v_c$: | 80 [m/min] |
| Doporučený $f_{ot}$: | 0,12 ÷ 0,25 [mm/ot] |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Upínací stopka: | Válcová stopka s ploškou podle ISO 9767 |
| Cena tělesa: | 7 748 Kč (bez DPH) |
| Cena vyměnitelné špičky: | 1 543 Kč (bez DPH) |

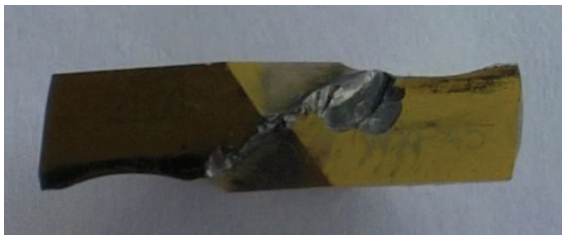
Tab. 4.7 Nastavené řezné parametry při zkoušce vrtáku Walter B 4017.F20.21,0.Z02.147R; zdroj: vlastní

| hl. vrtání [mm] | n [ot/min] | $v_c$ [m/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | řezná kapalina | CNC program |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 132 (6,5xD) | 1200 | 79,2 | 0,12 | 144 | Cimcool (Cimstar 506) | Ano |

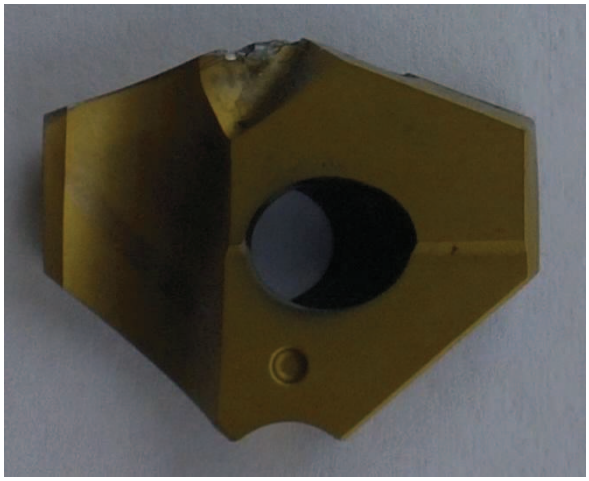
Během zkoušky byl vrtací proces klidný, nedocházelo k vibracím, ani i k nadměrnému zatížení vřetena. Na vyvrtání 90 děr bylo spotřebováno 12 vyměnitelných špiček, což odpovídá trvanlivosti jedné vyměnitelné špičky na 7,5 děr. Dominantní opotřebení vyměnitelné špičky bylo v oblasti hrotu (viz Obr. 4.8.), což se dá odůvodnit výrazně nižší řeznou rychlostí v této oblasti. Vrtací proces se vyznačoval vysokou produktivitou (jednotkový strojní čas $t_{AS}$ = 121,2 min), ale vysokými výrobními náklady ($N_{D21}$ = 25 876,7 Kč) způsobenými častou výměnou drahé vyměnitelné špičky. Během zkoušky v prostoru vrtání děr docházelo postupně v průběhu vrtacího procesu k hromadění řezné kapaliny, až do výše cca 40 mm, což znemožňovalo obsluze stroje sledovat najetí vrtáku do řezu. Navíc hromadící se řezná kapalina zabraňovala dobrému odvádění třísek z místa řezu. Přehled výsledků zkoušky viz Tab. 4.8.

Tab. 4.8 Výsledky zkoušky vrtáku Walter B 4017.F20.21,0.Z02.147R; zdroj: vlastní

| **Vrták** | **Trvanlivost $T_{min}$** [min] | **Strojní čas $t_{AS}$** [min] | **Náklady $N_{D21}$** [Kč] |
|---|---|---|---|
| Walter B 4017.F20.21,0.Z02.147R | 6,9 | 121,2 | 25 876,7 |



Obr. 4.7. Opotřebení vyměnitelné špičky; zdroj: vlastní



Obr. 4.8. Opotřebení vyměnitelné špičky; zdroj: vlastní

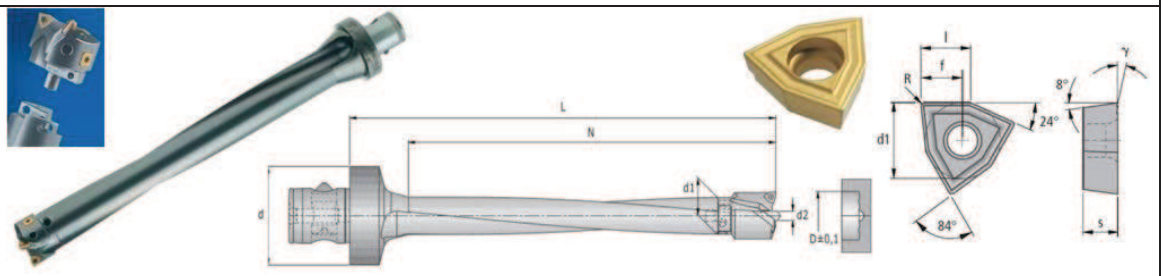
### 4.3.10. Zkouška vrtáku D21 Komet V46 50210

Jedná se o modulární pravořezný vrták určený pro vrtání do plna a do hloubky 8xD. Je tvořený dvěma částmi - řeznou hlavou (korunka) a tělesem. Korunka obsahuje dvě VBD a jeden středový vrták (špičku). Výhodou je možnost nasazování korunky na 3 různě dlouhá tělesa, která jsou přizpůsobena vrtání do odlišných hloubek, viz Obr. 4.9. VBD jsou z povlakovaného slinutého karbidu typu P. Podrobná charakteristika vrtáku viz Tab. 4.9. Nastavené řezné parametry pro zkoušku vrtáku Komet V46 50210 viz Tab. 4.10.

Tab. 4.9 Detailní charakteristika vrtáku V46 50210 od firmy Komet;
zdroj: Katalog Komet KUB Centron; Katalog Komet Insert

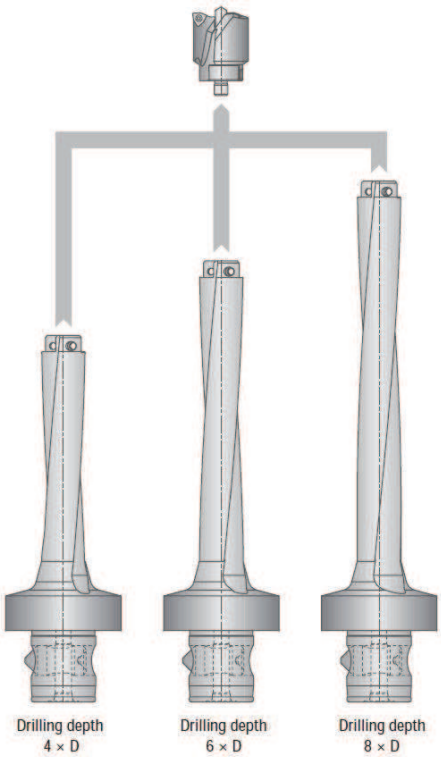
**Vrták do plna s vyměnitelnou korunkou a VBD od firmy Komet**

Označení: **V46 50210**




| D [mm] | d [mm] | $d_1$ [mm] | $d_2$ [mm] | L [mm] | N [mm] | $d_{1\ VBD}$ [mm] | s [mm] | l [mm] | γ [°] | f [mm] | R [mm] | Typ VBD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 50 | 19 | 5 | 235 | 200 | 5 | 2,29 | 3,2 | 8 | 2,7 | 0,4 | W29 10010.0484 |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | Slinutý karbid ISO P |
| Povlak: | Ano |
| Hloubka vrtání: | 8xD |
| Max $v_c$: | 160 [m/min] |
| Max $f_{ot}$: | 0,08 [mm/ot] |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Počet řezných hran na VBD | 3 |
| Upínací stopka: | ABS |
| Cena korunky: | 5 679 Kč (bez DPH) |
| Cena VBD: | 154 Kč (bez DPH) |
| Cena středového vrtáku (špičky): | 470 Kč (bez DPH) |




Obr. 4.9. Možné kombinace korunky a tělesa vrtáku; zdroj: Katalog Komet KUB Centron

Tab. 4.10 Nastavené řezné parametry při zkoušce vrtáku Komet V46 50210; zdroj: vlastní

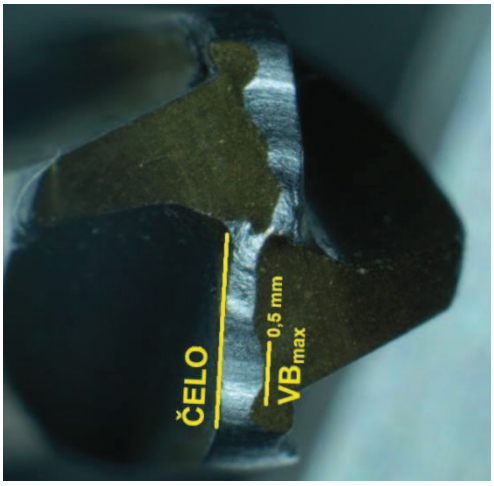
| **hl. vrtání** [mm] | **n** [ot/min] | $v_c$ [m/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | **řezná kapalina** | **CNC program** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 132 (6,5xD) | 1600 | 105,6 | 0,056 | 90 | Cimcool (Cimstar 506) | Ano |

Během zkoušky byl vrtací proces klidný, nedocházelo k vibracím, ani i k nadměrnému zatížení vřetena. Na vyvrtání 90 děr bylo spotřebováno 6 středových vrtáků (trvanlivost špičky 15 děr) a VBD bylo nutné otočit po vyvrtání 45 děr (trvanlivost jedné řezné hrany je 45 děr). K největšímu opotřebení docházelo v oblasti hrotu, tedy na středovém vrtáku, viz Obr. 4.10. Opotřebení VBD bylo soustředěno na hřbet a čelo, viz Obr. 4.11. Vrtací proces se vyznačoval dobrou produktivitou (jednotkový strojní čas $t_{AS}$ = 188,3 min) a zároveň dobrými výrobními náklady ($N_{D21}$ = 10 244,7 Kč). Během zkoušky docházelo opět v prostoru vrtání děr postupně v průběhu vrtacího procesu k hromadění řezné kapaliny, až do výše cca 40 mm, což znemožňovalo obsluze stroje sledovat najetí vrtáku do řezu. Navíc hromadící se řezná kapalina zabraňovala dobrému odvádění třísek z místa řezu. Přehled výsledků zkoušky viz Tab. 4.11.

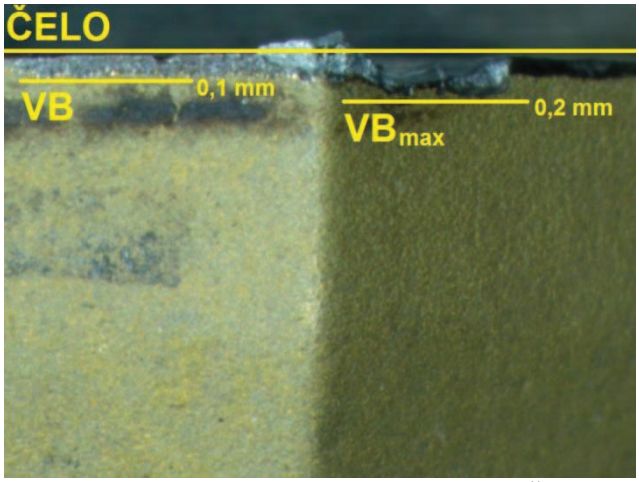
Tab. 4.11 Výsledky zkoušky vrtáku Komet V46 50210; zdroj: vlastní

| **Vrták** | **Trvanlivost VBD** [min] | **Trvanlivost špičky** [min] | **Strojní čas $t_{AS}$** [min] | **Náklady $N_{D21}$** [Kč] |
|---|---|---|---|---|
| Komet V46 50210 | 66* | 22 | 188,3 | 10 244,7 |

* trvanlivost jedné řezné hrany




Obr. 4.10. Opotřebení středového vrtáku; zdroj: Škoda




Obr. 4.11. Opotřebení VBD na hřbetě; zdroj: Škoda

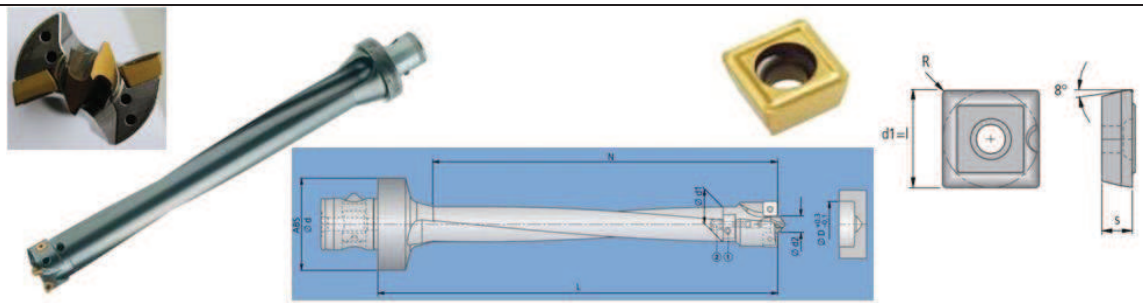
### 4.3.11. Zkouška vrtáku D21 Komet V46 22100

Jedná se o velice podobný modulární pravořezný vrták určený pro vrtání do plna a do hloubky 8xD. Je tvořený dvěma částmi - řeznou hlavou (korunka) a tělesem. Korunka obsahuje dvě VBD a jeden středový vrták (navrtávák). Výhodou je opět možnost nasazování korunky na 3 různě dlouhá tělesa, která jsou přizpůsobena vrtání do odlišných hloubek, viz Obr. 4.9 (kapitola 4.3.11). Čtvercové VBD jsou z povlakovaného slinutého karbidu typu P. Podrobná charakteristika vrtáku viz Tab. 4.12. Nastavené řezné parametry pro zkoušku vrtáku Komet V46 22100 viz Tab. 4.13.

Tab. 4.12 Detailní charakteristika vrtáku V46 22100 od firmy Komet;
zdroj: Katalog Komet Tools Plus Ideas 2013; Katalog Komet Insert

**Vrták do plna s vyměnitelnou korunkou a VBD od firmy Komet**

Označení: **V46 22100**




| D [mm] | d [mm] | $d_1$ [mm] | $d_2$ [mm] | L [mm] | N [mm] | $d_{1\ VBD}$ [mm] | s [mm] | l [mm] | R [mm] | Typ VBD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 50 | 19 | 10,3 | 235 | 200 | 6,35 | 3,17 | 6,35 | 0,4 | W83 18010.068425 |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | Slinutý karbid ISO P |
| Povlak: | Ano |
| Hloubka vrtání: | 8xD |
| Max $v_c$: | 160 [m/min] |
| Max $f_{ot}$: | 0,08 [mm/ot] |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Počet řezných hran na VBD | 4 |
| Upínací stopka: | ABS |
| Cena korunky: | 7 153 Kč (bez DPH) |
| Cena VBD: | 225 Kč (bez DPH) |
| Cena středového vrtáku (navrtávák): | 2 006 Kč (bez DPH) |

Tab. 4.13 Nastavené řezné parametry při zkoušce vrtáku Komet V46 50210; zdroj: vlastní

| hl. vrtání [mm] | n [ot/min] | $v_c$ [m/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | řezná kapalina | CNC program |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 132 (6,5xD) | 1250 | 82,5 | 0,096 | 120 | Cimcool (Cimstar 506) | Ano |

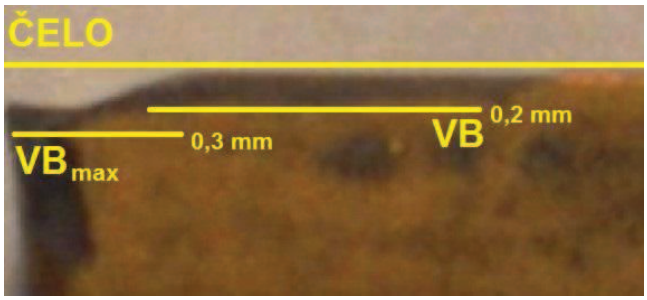
Během zkoušky byl vrtací proces klidný, nedocházelo k vibracím, ani i k nadměrnému zatížení vřetena. Na vyvrtání 90 děr byly spotřebovány 2 středové vrtáky (trvanlivost navrtáváku 45 děr). Jedna řezná hrana VBD zvládla vyvrtat všech 90 děr, ale pro další vrtací proces bylo nutné její otočení. Opotřebení VBD bylo soustředěno na čele a hřbetě, viz Obr. 4.12. a 4.13. Vrtací proces se vyznačoval dobrou produktivitou (jednotkový strojní čas $t_{AS}$ = 143,6 min) a zároveň velice příznivými výrobními náklady ($N_{D21}$ = 9 613,8 Kč). Během zkoušky docházelo opět v prostoru vrtání děr postupně v průběhu vrtacího procesu k hromadění řezné kapaliny, až do výše cca 40 mm, což znemožňovalo obsluze stroje sledovat najetí vrtáku do řezu. Navíc hromadící se řezná kapalina zabraňovala dobrému odvádění třísek z místa řezu. Přehled výsledků zkoušky viz Tab. 4.14.

Tab. 4.14 Výsledky zkoušky vrtáku Komet V46 22100; zdroj: vlastní

| **Vrták** | **Trvanlivost VBD** [min] | **Trvanlivost špičky** [min] | **Strojní čas $t_{AS}$** [min] | **Náklady $N_{D21}$** [Kč] |
|---|---|---|---|---|
| Komet V46 22100 | 99* | 49,5 | 143,6 | 9 613,8 |

* trvanlivost jedné řezné hrany

Obr. 4.12. Opotřebení VBD; zdroj: Škoda




Obr. 4.13. Opotřebení VBD na hřbetě; zdroj: Škoda

## 4.4. Vyhodnocení zkoušek vrtáků D21

Výsledky získané během zkoušek vrtáků o průměru D = 21 mm jsem zpracoval do souhrnné tabulky (viz Tab. 4.15) a dále analyzoval. Z hlediska produktivity vrtání dosahují všechny zkoušené vrtáky výrazně lepšího výsledku oproti stávající používané technologii.

V současnosti používaný vrták z RO od firmy Walter Titex A4247-21 vyvrtá 90 děr v jednotkovém strojním čase 319,4 min. Naopak vrták Walter B4017 vyvrtá díry za 121,2 min (úspora 62% oproti vrtáku Titex). O něco hůře si vedl vrták Komet V46 22100, který dosáhl výsledku 143,6 min (úspora 55% oproti vrtáku Titex). Spotřeba jednotkového strojního času vrtákem Komet V46 50210 činila 188,3 min (úspora 41% oproti vrtáku Titex). Přehled výsledků viz Graf 4.8.

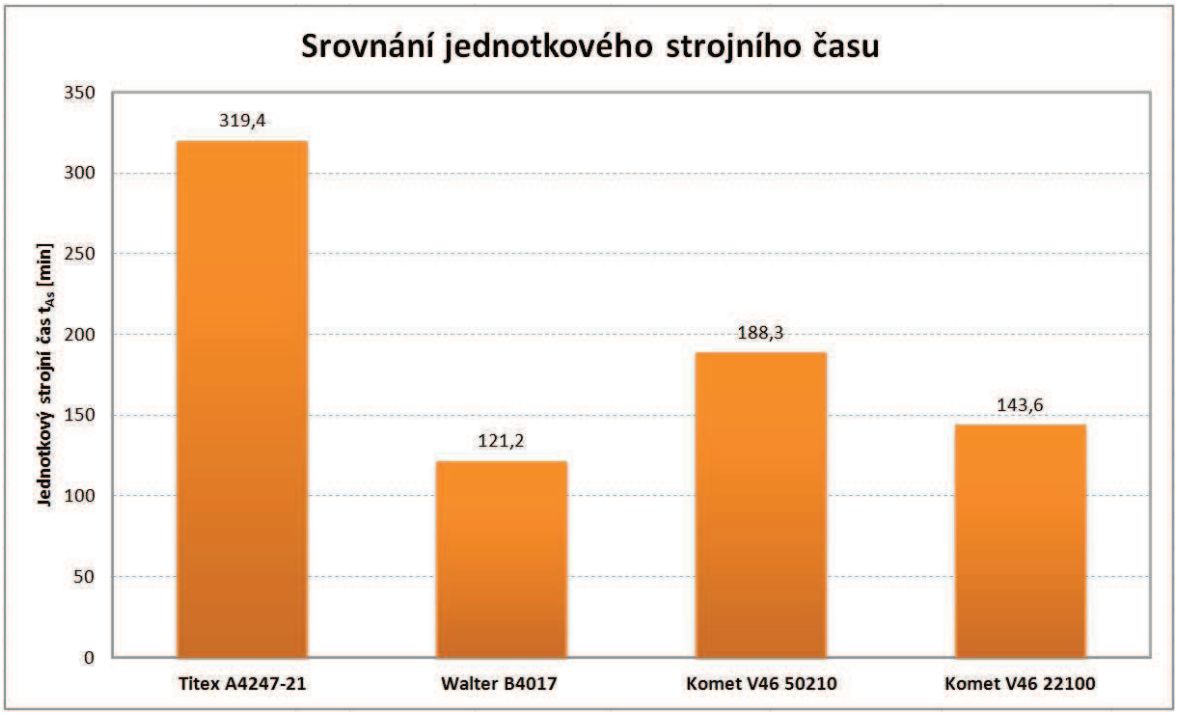
Výrobní náklady při použití vrtáku Titex A4247-21 činí 14 321,8 Kč. Nejnižších výrobních nákladů dosahuje vrták Komet V46 22100 s výsledkem 9 613,8 Kč (úspora 32,9% oproti vrtáku Titex). V těsném závěsu je vrták Komet V46 50210 s hodnotou výrobních nákladů 10 244,7 Kč (úspora 28,5% oproti vrtáku Titex). Naopak výrazného nárůstu výrobních nákladů dosáhl vrták Walter B4017, výsledkem je 25 876,7 Kč (nárůst o 80,7% oproti vrtáku Titex). Přehled výsledků viz Graf 4.9. Obrázky z průběhu zkoušek viz Příloha 8.

Z výsledků zkoušek lze vyvodit následující závěry:

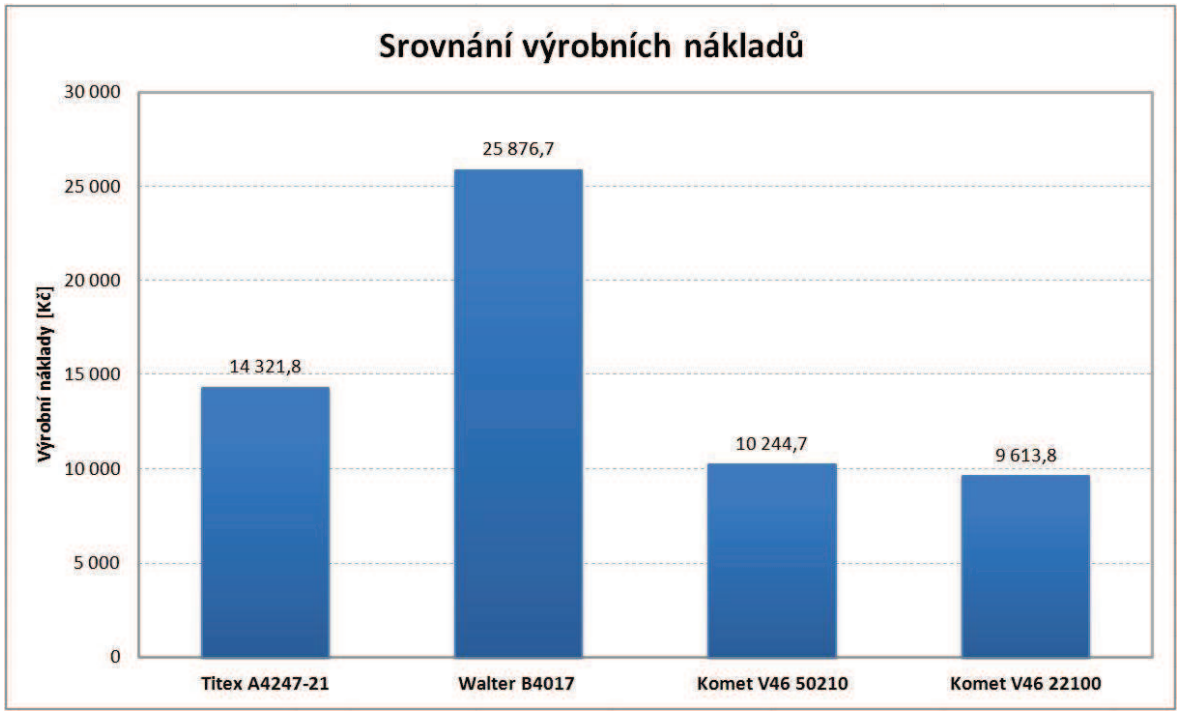
- *použití vrtáků s VBD ze slinutého karbidu i přes vyšší pořizovací náklady nástrojů a VBD výrazně zvyšuje produktivitu,*
- *použití vrtáků s VBD ze slinutého karbidu i přes vyšší pořizovací náklady nástrojů a VBD (kromě vrtáku Walter B4017) vede ke snížení výrobních nákladů,*
- *použití vrtáků s VBD ze slinutého karbidu (kromě vrtáku Walter B4017) vedlo ke zvýšení trvanlivosti břitu.*

Tab. 4.15 Porovnání vrtáků; zdroj: vlastní

| | | Titex A4247-21 | Walter B4017 | Komet V46 50210 | Komet V46 22100 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Výrobní náklady $N_{D21}$** | [Kč] | 14 321,8 | 25 876,7 | 10 244,7 | 9 613,8 |
| **Jednotkový strojní čas $t_{AS}$** | [min] | 319,4 | 121,2 | 188,3 | 143,6 |
| **Trvanlivost řezné hrany VBD** | [min] | 25,4 | 6,9 | 66,0 | 99,0 |
| **Trvanlivost středového vrtáku** | [min] | - | - | 22,0 | 49,5 |
| **Cena vrtací hlavy (nebo tělesa)** | [Kč] | 1 454,2 | 7 748,0 | 5 679,0 | 7 153,0 |
| **Cena VBD** | [Kč] | - | 1 543,0 | 154,0 | 225,0 |
| **Cena středového vrtáku** | [Kč] | - | - | 470,0 | 2 006,0 |




Graf 4.8 Srovnání výsledků zkoušek z hlediska dosaženého jednotkového strojního času $t_{As}$ (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

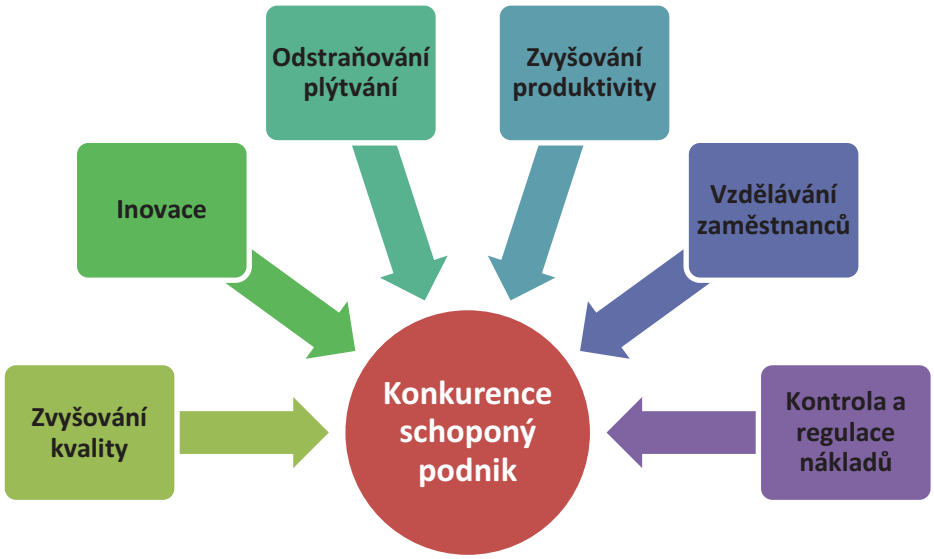



Graf 4.9 Srovnání výsledků zkoušek z hlediska dosažených výrobních nákladů (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

# 5. EKONOMIKA, PRODUKTIVITA A HOSPODÁRNOST OBRÁBĚCÍHO PROCESU

V době globalizace, kdy se konkurence na trhu strojírenských výrobků stále zvyšuje, musí každý podnik pravidelně inovovat sortiment svých výrobků, musí pružně reagovat na změny trhu, musí nabízet a produkovat kvalitní výrobky za co nejnižší ceny. Tento proces neustálého zvyšování kvality, zkracování doby dodávek a snižování cen výrobků je základem úspěchu každého podniku působícího na trhu strojírenských výrobků. Pro kontinuální proces zvyšování konkurenceschopnosti strojírenského podniku zaměřeného na technologii obrábění jsou, dle mého názoru, zásadní 3 body:

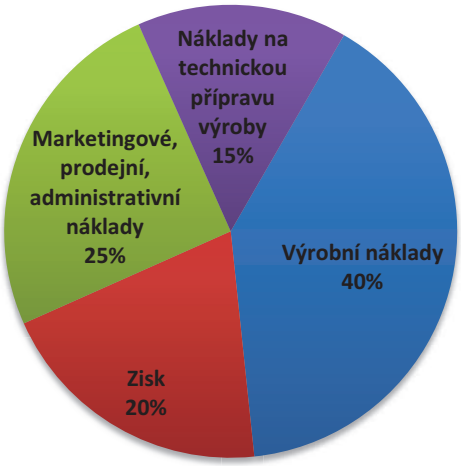
- *ekonomika (kontrola a regulace nákladů)*
- *produktivita (zvyšování produktivity, vzdělávání zaměstnanců, zvyšování kvality)*
- *hospodárnost (odstraňování plýtvání, inovace)*




Obr. 5.1. Kontinuální proces zvyšování konkurenceschopnosti; zdroj: vlastní

## 5.1. Ekonomika obráběcího procesu

Ekonomika obráběcího procesu, respektive výše výrobních nákladů, má na prosperitu a konkurenceschopnost podniku zásadní vliv, přičemž úzce souvisí s produktivitou a hospodárností. Je žádoucí mít o struktuře a chování nákladových položek dokonalý přehled. Do těchto nákladů musíme zařadit všechny činnosti podniku a obecně se jedná o *náklady na konstrukci*, *na technickou přípravu výroby*, *výrobní náklady*, *marketingové náklady*, *prodejní náklady* a *náklady na administrativu*. Přibližné procentuální zastoupení jednotlivých položek nákladů viz Obr. 5.2.




Obr. 5.2. Položky celkových nákladů; zdroj: (2 str. 7)

Jak je z Obr. 5.2. patrné, výrobní náklady se podílejí na celkových nákladech významným podílem, tvoří přibližně 40% ceny strojírenského výrobku. Základem procesu zvyšování produktivity, by měla být analýza výrobních nákladů spojená s kalkulací aktuální situace. Cílem je odhalení slabých míst, nákladových položek s možností optimalizace a oblasti výroby s potenciálem racionalizace.

### 5.1.1. Náklady výrobních středisek

Pro rozbor výrobních nákladů je nezbytná analýza střediskových nákladů (2 str. 52). Střediskovými náklady se rozumí ty náklady, které jsou spojeny s činností střediska, přičemž nejsou přímo závislé (případně jen slabě) na změnách v sortimentu vyráběných výrobků a lze je dále definovat na *přímé* a *nepřímé* (2 str. 52). *Přímé náklady* jsou ty náklady, které můžeme přímo přiřadit k danému výkonu, řadíme mezi ně přímé mzdy, přímý materiál, přímé nářadí a nástroje apod. (2 str. 52). *Nepřímé náklady* naopak nemůže jasně a jednoznačně přiřadit, nejčastěji se jedná o tzv. režijní náklady (2 str. 52). Mezi režijní náklady patří např. režijní mzdy, energie, odpisy hmotného a nehmotného majetku, sociální a zdravotní pojištění, školení, náklady na údržbu a opravy, leasing, náklady na prostor a odpad apod. *Přímé* a *nepřímé* náklady je vhodné ještě dále členit na *fixní* a *variabilní* (2 str. 55). Toto členění nám usnadňuje kalkulaci nákladů v závislosti na aktuální výrobě - kapacitě. *Fixní* náklady se s počtem vyráběných výrobků nemění. Mají tedy konstantní charakter, pokud dojde k jejich změně, je tato změna skoková. Naopak

*variabilní* náklady jsou závislé na počtu vyráběných výrobků, s rostoucím počtem výrobků narůstají a naopak. Lze tedy členění nákladů rozdělit následovně (2 str. 55):

- *přímé fixní,*
- *přímé variabilní,*
- *nepřímé (režijní) fixní,*
- *nepřímé (režijní) variabilní.*

K analýze střediskových nákladů by měl výrazně přispět ekonomický úsek, který má disponovat příslušnou evidencí nákladů. Tato evidence může být jednoduššího charakteru nebo se může jednat o variantu podrobné evidence.

*Podrobnější evidence* umožňuje přiřazení jednotlivých druhů nepřímých nákladů v rámci daného střediska k jednotlivým pracovištím a strojům (2 str. 54). Přiřazujeme danému pracovišti náklady na nástroje, spotřebu energie, náklady na opravu a údržbu, odpisy zařízení pracoviště, náklady na prostor pracoviště apod. (2 str. 54). Ty náklady, které nejsme schopni jednoznačně přiřadit danému pracovišti, ponecháme jako společné střediskové režijní (2 str. 54). Vedení podrobnější evidence je určitě dokonalejší, ale samozřejmě časově náročnější a pracnější.

Jednodušší variantou může být nepřiřazování nepřímých nákladů k jednotlivým pracovištím tak do hloubky, jako se děje u podrobné evidence. Ale zařadit všechny nepřímé náklady do společné střediskové režie a aplikovat např. metodu hodinových režijních paušálů (2 str. 55). Formát vedení evidence nákladů je závislý na zvyklostech a možnostech daného podniku a musí se s tím při analýze nákladů počítat.

V následné praktické části diplomové práci se zaměřím na aplikaci metody hodinových režijních paušálů, která je praktikovaná i ve firmě ŠKODA AUTO a.s. Cílem metody je stanovení sazby pro dané středisko. Tato sazba charakterizuje cenu časové jednotky (hodiny či normohodiny) v daném středisku podle výše společných režijních nákladů a stanoveného časového fondu (2 str. 56). Hodinový režijní paušál střediska je tedy definován (2 str. 57):

$$\boldsymbol{HRP} = \frac{\boldsymbol{RNS}}{\boldsymbol{KS}}, \tag{4.1}$$

$HRP$ hodinový režijní paušál [Kč/hod]
$RNS$ režijní náklady střediska [Kč]
$KS$ kapacita střediska [hod]

Hodinový režijní paušál střediska by měl být vždy stanovovaný pro reálnou kapacitu (2 str. 56). Při výpočtech bychom tedy měli počítat s reálně dosažitelnou hodnotou časového fondu, nikoliv s idealizovanou hodnotou časového fondu (2 str. 56).

### 5.1.2. Celkové výrobní náklady na obrobek

Při realizaci obrobku na daném obráběcím stroji či strojích je nutné zohlednit nákladové položky závislé na řezných podmínkách, nákladové položky vztažené na dávku a také nákladové položky vznikající na základě vedlejších časů.

*Pozn. Při vyjadřování a definování nákladů lze postupovat více způsoby, přičemž má práce vychází z literatury (2 str. 51 - 70) a využívá vztahů vyjádřených pomocí hodinových režijních nákladů. Zároveň tyto vztahy zohledňují práci jednoho pracovníka na jednom stroji a jedním nástrojem. Nelze je tedy využít pro výpočet nákladových položek při vícestrojové obsluze, obrábění více nástroji najednou, či při obrábění několika součástí současně! Vzhledem k charakteru řešení praktické části diplomové práce je toto omezení naprosto dostačující.*

Celkové výrobní náklady lze tedy vyjádřit (2 str. 62, 69):

$$\boldsymbol{N_c = \sum_1^{uu} N_i + N_v + \frac{N_B}{d} + \frac{N_{SZ}}{d}}, \tag{4.2}$$

$$\boldsymbol{N = N_S + N_n + N_{vn}} \tag{4.3}$$

$N_C$ celkové výrobní náklady na obrobek [Kč]
$N_i$ výrobní náklady na i-tý operační úsek [Kč]
$N_v$ náklady na vedlejší práci [Kč]
$N_B$ náklady dávkové [Kč]
$N_{SZ}$ náklady na speciální zařízení [Kč]
$d$ počet vyráběných kusů
$uu$ počet operačních úseků na obrobku
$N$ výrobní náklady na uvažovaný operační úsek [Kč]
$N_S$ náklady na strojní práci na operační úsek [Kč]
$N_n$ náklady na nástroje vztažené na operační úsek [Kč]
$N_{vn}$ náklady na výměnu resp. znovuseřízení opotřebovaného nástroje nebo výměnné břitové destičky vztažené na operační úsek

## Náklady na strojní práci na operační úsek $N_S$

Celkové náklady na strojní práci na operační úsek lze vyjádřit (2 str. 63):

$$\boldsymbol{N_s = t_{As} \cdot \left[k_c \cdot \left(\frac{M_o}{60} + \frac{HRP_{SP}}{60}\right) + \frac{N_{hs}}{60}\right] = t_{As} \cdot N_{sm}} \tag{4.4}$$

$t_{As}$ strojní čas [min]
$k_c$ přirážka směnového času (většinou 1,11 až 1,15)
$M_o$ mzda operátora (dělníka) včetně sociálního a zdravotního pojištění [Kč/hod]
$HRP_{SP}$ hodinový režijní paušál společných (střediskových) nákladů [Kč/hod]
$N_{hs}$ hodinové náklady na provoz stroje [Kč/hod]
$N_{sm}$ náklady na strojní práci [Kč/min]

Hodinové náklady na provoz stroje lze vyjádřit (2 str. 63):

$$\boldsymbol{N_{hs} = O_s k_{us} + C_E} \tag{4.5}$$

Odpis stroje lze definovat (1 str. 63):

$$\boldsymbol{O_s = \frac{C_s}{Z_s \cdot CFS_{EFPL} \cdot SM \cdot k_{vs}}} \tag{4.6}$$

$O_s$ odpis stroje [Kč/hod]
$C_s$ cena stroje [Kč]
$C_E$ cena elektrické energie (střední hodnota průměru za určité předchozí období, resp. kvalifikovaný odhad) [Kč/hod]
$Z_s$ životnost stroje v rocích
$CFS_{EFPL}$ časový fond stroje v [hod/rok] a směnu
$SM$ směnnost
$k_{us}$ koeficient oprav a údržby stroje
$k_{vs}$ koeficient časového využití stroje

## Náklady na nástroje vztažené na operační úsek $N_n$

Náklady na nástroje vztažené na operační úsek lze vyjádřit (2 str. 64):

$$\boldsymbol{N_n = z_v \cdot N_{nT}} \tag{4.7}$$

$z_v$ tzv. počet výměn nástroje, vztažený na jeden operační úsek
$N_{nT}$ náklady na provoz nástroje vztažené na jednu trvanlivost břitu [Kč]

Počet výměn nástroje na jeden operační úsek lze definovat (2 str. 65):

$$\boldsymbol{z_v = \frac{t_{As}}{T} \cdot k_r} \tag{4.8}$$

$T$ trvanlivost břitu nástroje [min]
$k_r$ poměr skutečného času, resp. délky obrábění (kdy dochází k opotřebení břitu) a strojního času, resp. délky automatického chodu nástroje

### $N_{nT}$ pro celistvé (přeostřované) nástroje

Náklady na nástroj vztažené na jednu trvanlivost břitu pro celistvé (přeostřované) nástroje lze vyjádřit (2 str. 65):

$$\boldsymbol{N_{nT} = \frac{C_n - C_{zn}}{z_o + 1} + t_{os} \cdot k_c \cdot \left(\frac{M_{os}}{60} + \frac{HRP_{os}}{60}\right) \cdot \frac{z_o}{z_o + 1}} \quad (4.9)$$

$C_n$ cena nástroje [Kč]
$C_{zn}$ zbytková cena nástroje [Kč]
$t_{os}$ čas ostření nástroje [min]
$z_o$ počet možných přeostření nástroje
$M_{os}$ mzda ostřiče včetně sociálního a zdravotního pojištění [Kč/hod]
$HRP_{os}$ hodinový režijní paušál ostřírny [Kč/hod]

### $N_{nT}$ pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami

Náklady na nástroj vztažené na jednu trvanlivost břitu pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami lze vyjádřit (2 str. 66):

$$\boldsymbol{N_{nT} = \frac{C_d \cdot z_d}{z_b \cdot s_b} + (1 + k_{ut}) \frac{C_{tn}}{z_u}} \quad (4.10)$$

$C_d$ cena břitové destičky [Kč]
$C_{tn}$ cena tělesa nástroje [Kč]
$z_d$ počet břitových destiček na nástroji
$z_b$ počet břitů na destičce
$z_u$ předpokládaný počet upnutí destiček za dobu životnosti tělesa nástroje
$s_b$ součinitel využití břitových destiček
$k_{ut}$ koeficient údržby tělesa nástroje

## Náklady na výměnu nástroje $N_{vn}$

Náklady na výměnu nástroje lze vyjádřit (2 str. 67):

$$\boldsymbol{N_{vn} = t_{vn} \cdot \left[k_c \cdot \left(\frac{M_s}{60} + \frac{HRP_{SP}}{60}\right) + \frac{O_s}{60}\right] = t_{vn} \cdot N_{vnm} \cdot z_v} \quad (4.11)$$

$t_{vn}$ čas na výměnu nástroje [min]
$M_s$ mzda seřizovače včetně sociálního a zdravotního pojištění [Kč/hod]

## Náklady na vedlejší práci $N_v$

Náklady na vedlejší práci lze vyjádřit (2 str. 70):

$$\boldsymbol{N_v = t_{Av} \cdot \left[k_C \cdot \left(\frac{M_O}{60} + \frac{HRP_{SP}}{60}\right) + \frac{O_S}{60}\right] = t_{Av} \cdot N_{vm}} \quad (4.12)$$

$N_{vm}$ náklady na vedlejší práci [Kč/min]
$t_{Av}$ čas jednotkový vedlejší [min]

## Náklady dávkové $N_B$

Náklady dávkové lze vyjádřit (2 str. 70):

$$N_B = t_{BC} \cdot \left[k_C \cdot \left(\frac{M_S}{60} + \frac{HRP_{SP}}{60}\right) + \frac{O_S}{60}\right] = t_{BC} \cdot N_{Bm} \qquad (4.13)$$

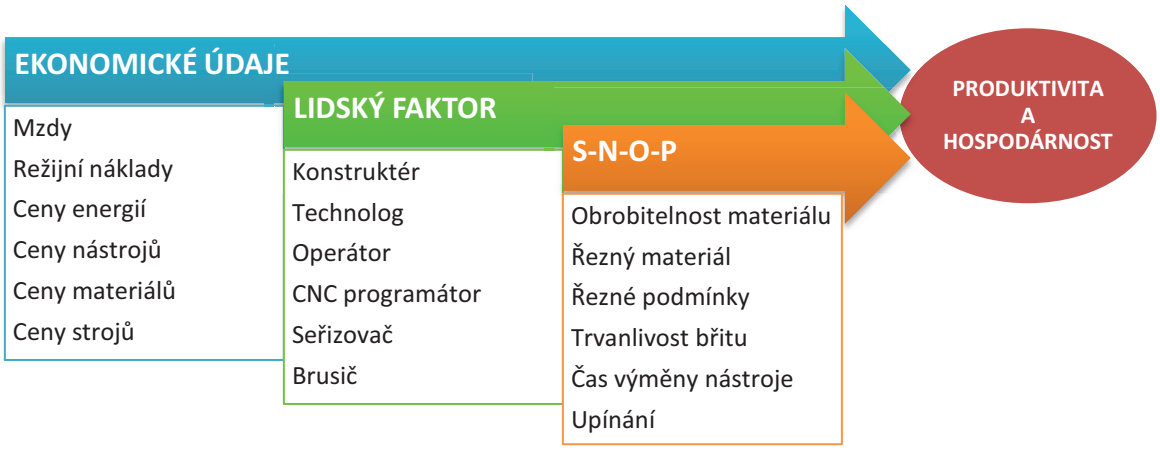
$N_{Bm}$ náklady na seřízení stroje [Kč/min]
$t_{BC}$ čas dávkový s přirážkou směnového času [min]

## 5.2. Produktivita a hospodárnost obráběcího procesu

*Produktivitou* se rozumí efektivnost, s jakou dokážeme využívat výrobní faktory ve vlastní výrobě a je to jeden z hlavních podnikových ukazatelů hodnocení. Produktivitu lze obecně definovat jako poměr množství výstupu k množství vstupu. Výstupem se rozumí polotovar, finální výrobek či služba. Vstupem naopak zdroje pro výrobu. Produktivita práce musí být tedy definována jako poměr množství výrobků k počtu pracovních hodin. Snahou je produktivitu práce neustále zvyšovat.

*Hospodárností* se rozumí úspornost, s jakou dokážeme využívat zdroje pro výrobu. Jedná se tedy o snahu vedoucí k minimalizaci vynaložených zdrojů a udržování nízkých nákladových položek.

Z výše uvedených charakteristik produktivity a hospodárnosti je patrné, že zvyšování produktivity slouží ke zvyšování zisku, kdežto hospodárnost souvisí se snižováním nákladů a zamezování plýtvání. Je třeba si uvědomit, že produktivita a hospodárnost výroby je ovlivňována mnoha faktory, přičemž obráběcí proces a s ním spojené operace mají na produktivitu a hospodárnost výroby výrazný vliv, viz Obr. 5.3.




Obr. 5.3. Faktory ovlivňující produktivitu a hospodárnost; zdroj: vlastní

Pokud se máme zaměřit na zvyšování produktivity a hospodárnosti, je nutné si udělat přesnou představu o struktuře nákladů výrobního procesu. Provádí-li se analýza

hospodárnosti výrobního procesu, jsou náklady základním měřítkem (2 str. 52). Před zavedením nové technologie či nového výrobního postupu se neobejdeme bez kalkulace výrobních nákladů této inovace a porovnání výsledků se stávajícím stavem. Sebelepší technická inovace, nová technologie či výrobní postup totiž nezaručují realizaci při zachování přijatelných nákladů (2 str. 52).

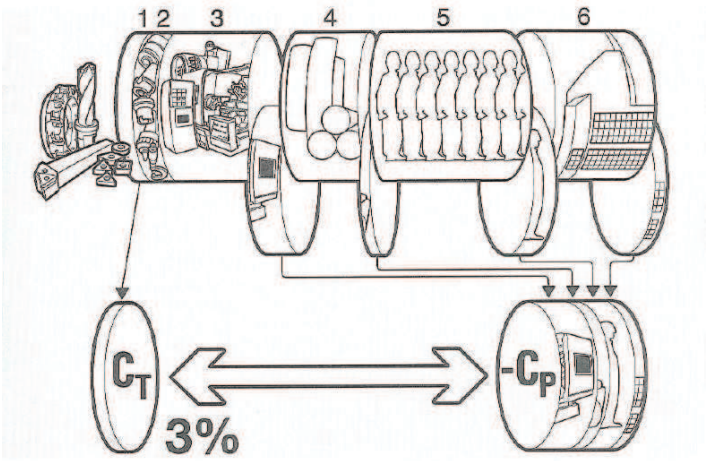
Současným trendem ve strojírenské výrobě je neustálá snaha *snižování výrobních nákladů*, která se nejčastěji realizuje zkracováním (či úplným odstraňováním) ztrátových časů, snižováním jednotkového strojního času a zaváděním technických inovací. To vše s cílem zvýšení produktivity a hospodárnosti výroby a zvýšení konkurenceschopnosti podniku.

## 5.3. Cesty ke zvýšení produktivity a hospodárnosti obráběcího procesu

Při zvyšování produktivity a hospodárnosti výroby je stěžejním bodem snižování výrobních nákladů a zkracování jednotkového strojního času. Při racionalizaci výroby cílené na obráběcí proces, se obecně na výrobních nákladech podílejí náklady na *obráběcí stroj* a *řezné nástroje*, *náklady na mzdy zaměstnanců*, *náklady na energie, materiál* a *odpisy*, *náklady na sociální a zdravotní pojištění apod.* (detailnější popis viz kapitola 5.1.1.). Zaměříme-li se vyloženě na racionalizaci obráběcího procesu, nabízejí se dvě možnosti, jak dosáhnout nižších nákladů:

- *zvýšením trvanlivosti řezného nástroje,*
- *zvýšením řezných podmínek.*

Např. světoznámá firma Sandvik Coromant uvádí, že řezné nástroje se na celkových výrobních nákladech podílí cca 3%, přičemž ale mají velký vliv na ostatní položky ovlivňující celkové výrobní náklady, viz Obr. 5.4. Úvaha, zda zvýšit trvanlivost řezného nástroje, či nastavit vyšší řezné podmínky obrábění, je tedy správná. Zbývá jen rozhodnout, která z nich má na snížení výrobních nákladů, resp. zvýšení produktivity kladný dopad.

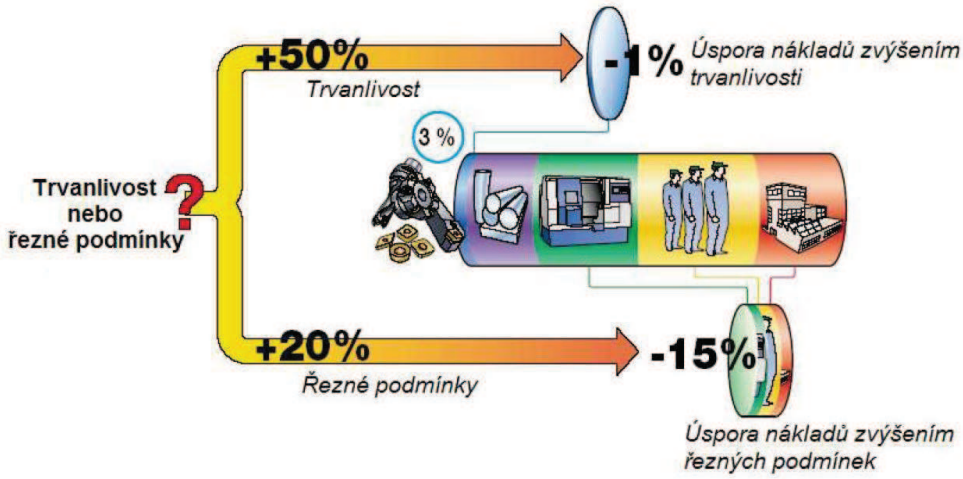



1 náklady na řezný nástroj
2 upínače obrobku a nástroje, měřidla
3 obráběcí stroj
4 materiál obrobku
5 mzdové náklady
6 všeobecné náklady (energie, odpisy apod.)

$C_T$ podíl řezných nástrojů na výrobních nákladech
$C_P$ výrobní náklady

Obr. 5.4. Vliv řezných nástrojů na výrobní náklady; zdroj: (3 str. V-3)

Jakým směrem se má technolog ubírat, napomáhá rozhodnout opět zkušenost firmy Sandvik Coromant, viz Obr. 5.5. Při zvýšení trvanlivosti o 50% dochází k úspoře nákladů pouze o 1%. Naopak při zvýšení řezných podmínek o 20% je docíleno úspory výrobních nákladů do výše 15%. Zvýšením řezných podmínek navíc dochází se zkrácení jednotkového strojního času, což umožňuje vyšší výrobnost a produktivitu. Fakt, že zvýšení řezných podmínek generuje vyšší úsporu výrobních nákladů, je dán tím, že dnešní CNC stroje mají vysoké hodinové provozní náklady.




Obr. 5.5. Vliv zvyšování trvanlivosti a řezných podmínek na výrobní náklady; zdroj: Sandvik Coromant

Při řešení mé diplomové práce a snaze zvýšit produktivitu vrtacích operací s nižšími výrobními náklady, jsem se zaměřil právě na *zvyšování řezných podmínek*. Důvodem je realizace vrtacích úseků na CNC stroji s vysokými provozními náklady. Zvyšování produktivity je spojeno s využitím nových moderních nástrojů, zejména z povlakovaných slinutých karbidů, které umožňují vysoké řezné rychlosti.

# 6. NÁVRH RACIONALIZACE TECHNOLOGIE A ZÁVĚREČNÉ VYHODNOCENÍ

Řešení diplomové práce mělo být cíleno hlavně na zvyšování produktivity (zkracování jednotkového strojního času) a snižování výrobních nákladů vrtacích úseků. Mnou navržená racionalizační opatření řeší v první řadě právě dle požadavku Škody vrtací úseky a jejich produktivitu a nákladovost, ale také se zaobírají zvyšováním produktivity technologa při vyhodnocování zkoušek vrtáků.

## 6.1. Návrh zařazení nových vrtáků

Při racionalizaci vrtacích úseků jsem se v první řadě soustředil na úseky D21; D30 a D17,5, které jsou, dle výsledků Paretovy analýzy (viz kapitola 4.2.7.), z hlediska produktivity a výrobních nákladů stěžejní a mají zásadní vliv. Až poté přišly na řadu ostatní vrtací úseky, které jsem z hlediska důležitosti mohl zařadit do druhého, méně zásadního sledu racionalizace.

### 6.1.1. Návrh zařazení nových vrtáků pro úseky D21; D30; D17,5

Návrhu zařadit do výroby nové vrtáky D21; D30 a D17,5 předcházely experimentální zkoušky vrtáků. Z kapacitních a nákladových důvodů jsem provedl, po konzultaci s technologem, zkoušky tří vrtáků o průměru D = 21 mm. Cílem bylo nalézt vrták s vysokou produktivitou a zároveň nižšími výrobními náklady, který by byl vhodný jako racionalizační opatření pro vrtací úseky D21 a zároveň by sloužil jako vzor pro racionalizaci zbylých vrtacích úseků (D30; D17,5). Tuto metodiku jsem musel volit z důvodů únosných nákladů spojených se zkouškami a také omezené výrobní kapacity.

Z výsledků zkoušek vrtáků je zřejmé, že se vyplatí na CNC strojích s vysokými hodinovými náklady na provoz stroje zařazovat moderní vrtáky disponující VBD z povlakovaných slinutých karbidů. I přes jejich vyšší pořizovací náklady dosahují nižších výrobních nákladů při podstatně vyšší produktivitě oproti dosud používaným šroubovitým vrtákům z rychlořezné oceli (viz kapitola 4.4. Vyhodnocení zkoušek vrtáků D21).

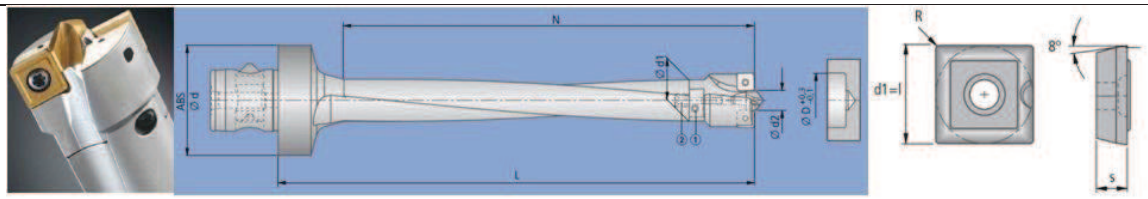
Po vyhodnocení výsledků zkoušek vrtáků proto navrhuji použít pro vrtací úseky D21 vrták od firmy Komet s označením V46 22100 s VBD z povlakovaného slinutého karbidu s označením W89 18010.068425 (detaily viz kapitola [4.3.11.] Tab. 4.12). Důvodem je jeho nejlepší poměr výrobních nákladů a produktivity oproti ostatním zkoušeným vrtákům.

Na základě výsledků zkoušek vrtáků D21 navrhuji použití vrtáků Komet i pro vrtací úseky D30 a D17,5. Dle možností výdejny nástrojů navrhuji pro vrtací úseky D30 použití vrtáku Komet V46 23000 s povlakovanou VBD ze slinutého karbidu (více viz Tab. 6.1) a pro vrtací úseky D17,5 navrhuji použít vrták Komet V30 91751 s povlakovanou VBD ze slinutého karbidu (více viz Tab. 6.3). Přehled navrhovaných řezných parametrů pro vrtáky D21; D30 a D17,5 viz Tab. 6.2.

Tab. 6.1 Detailní charakteristika vrtáku V46 23000 od firmy Komet;
zdroj: Katalog Komet KUB Centron Powerline - Solid drilling to 9 x D; Katalog Komet Insert

**Vrták do plna s VBD od firmy Komet**

Označení: **V46 23000**




| D [mm] | d [mm] | $d_1$ [mm] | $d_2$ [mm] | L [mm] | N [mm] | $d_{1\ VBD}$ [mm] | s [mm] | l [mm] | R [mm] | Typ VBD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 50 | 25 | 13,3 | 210 | 175 | 9,52 | 4,37 | 9,52 | 0,77 | W83 32010.088425 |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | Slinutý karbid ISO P |
| Povlak: | Ano |
| Hloubka vrtání: | až 6xD |
| Max $v_c$: | 145 [m/min] |
| Max $f_{ot}$: | 0,2 [mm/ot] |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Počet řezných hran na VBD | 4 |
| Upínací stopka: | ABS |
| Cena tělesa: | 7 425 Kč (bez DPH) |
| Cena středového vrtáku: | 1 931 Kč (bez DPH) |
| Cena VBD: | 246 Kč (bez DPH) |

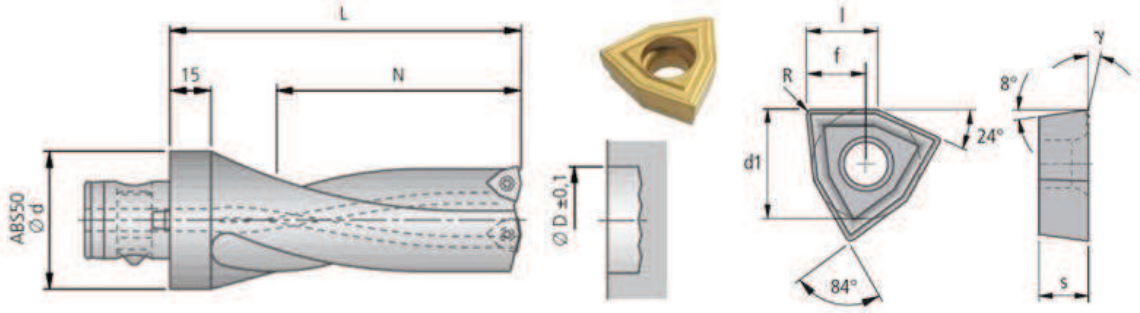
Tab. 6.2 Návrh použití nových vrtáků Komet - nastavené řezné parametry; zdroj: vlastní

| Vrtací úsek | Označení vrtáku | hl. vrtání [mm] | n [ot/min] | $v_c$ [m/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | řezná kapalina |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D21 | V46 22100 | 132 (6,5xD) | 1250 | 82,5 | 0,096 | 120 | Cimcool (Cimstar 506) |
| D30 | V46 23000 | 128 (4,5xD) | 870 | 82 | 0,096 | 83,5 | Cimcool (Cimstar 506) |
| D17,5 | V30 91751 | 45 (2,5xD) | 1490 | 81,9 | 0,056 | 83,8 | Cimcool (Cimstar 506) |

Tab. 6.3 Detailní charakteristika vrtáku V30 91751 od firmy Komet;
zdroj: Katalog Komet Bore machining 2013; Katalog Komet Insert

**Vrták do plna s VBD od firmy Komet**

Označení: **V30 91751**



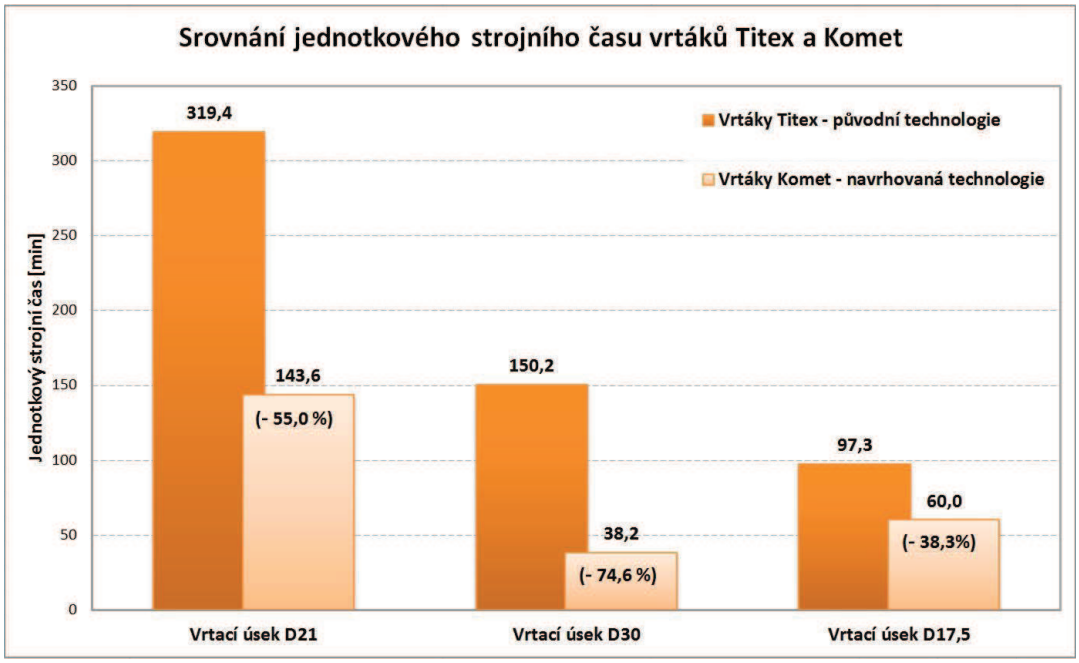

| D [mm] | d [mm] | L [mm] | N [mm] | $d_1$ [mm] | s [mm] | l [mm] | γ [°] | f [mm] | R [mm] | Typ VBD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17,5 | 50 | 89 | 54 | 5 | 2,29 | 3,2 | 8 | 2,7 | 0,4 | W29 10010.048425 |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | Slinutý karbid ISO P |
| Povlak: | Ano |
| Hloubka vrtání: | 3xD |
| Max $v_c$: | 160 [m/min] |
| Max $f_{ot}$: | 0,08 [mm/ot] |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Počet řezných hran na VBD | 3 |
| Upínací stopka: | ABS |
| Cena tělesa: | 7 425Kč (bez DPH) |
| Cena VBD: | 153 Kč (bez DPH) |

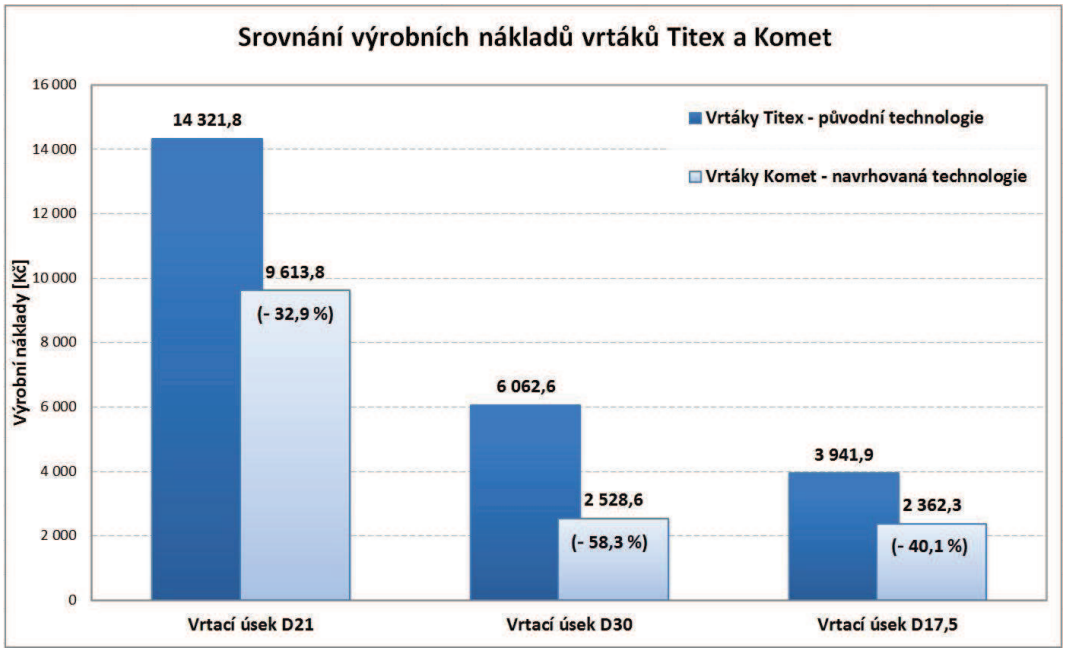
## 6.1.2. Vyhodnocení nových vrtáků pro úseky D21; D30; D17,5

Zařazením nových vrtáků od firmy Komet s povlakovanými VBD pro vrtací úseky D21; D30 a D17,5 lze očekávat pozitivní nárůst produktivity (snížení jednotkového strojního času $t_{As}$) v řádech desítek procent, viz Graf 6.1. Zmíněné zvýšení produktivity by navíc mělo být dosaženo při nižších výrobních nákladech (opět v řádech desítek procent), viz Graf 6.2. Vyhodnocení důsledků návrhu racionalizace na jednotlivé vrtací úseky viz níže uvedený text.

**Vrtací úsek D21** – vrták Komet V46 22100 dosahuje při srovnání s původním vrtákem Titex A4247-21 nižších výrobních nákladů o 32,9% (viz Graf 6.2) a vyšší produktivity vrtacího procesu o 55% (viz Graf 6.1). Navržený vrták Komet dosahuje i vyšší trvanlivosti břitu - 90 vyvrtaných děr na jednu řeznou hranu VBD; 45 vyvrtaných děr na jednu řeznou hranu středového vrtáku. Vrták Titex dosahoval trvanlivosti 10ti vyvrtaných děr na jedno naostření. Pozitivní výsledky vrtáku Komet byly dosaženy i přes výrazně vyšší pořizovací náklady, viz Graf 6.3.




Graf 6.1 Srovnání původní a navrhované technologie z hlediska jednotkového strojního času $t_{As}$ na daný operační úsek (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

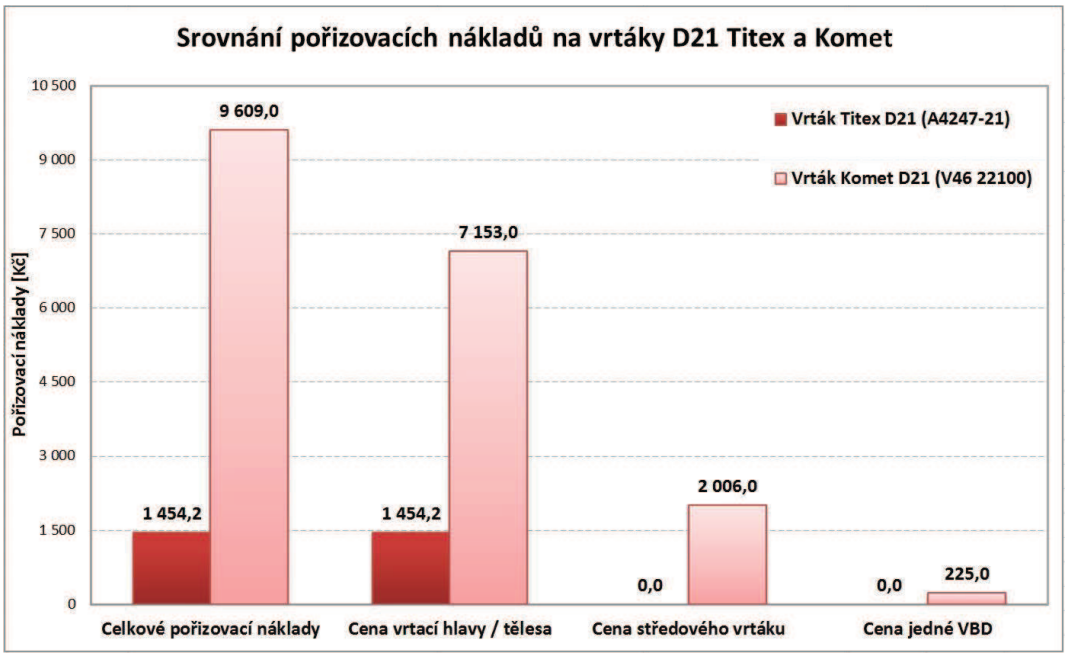



Graf 6.2 Srovnání původní a navrhované technologie z hlediska výrobních nákladů na daný operační úsek (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

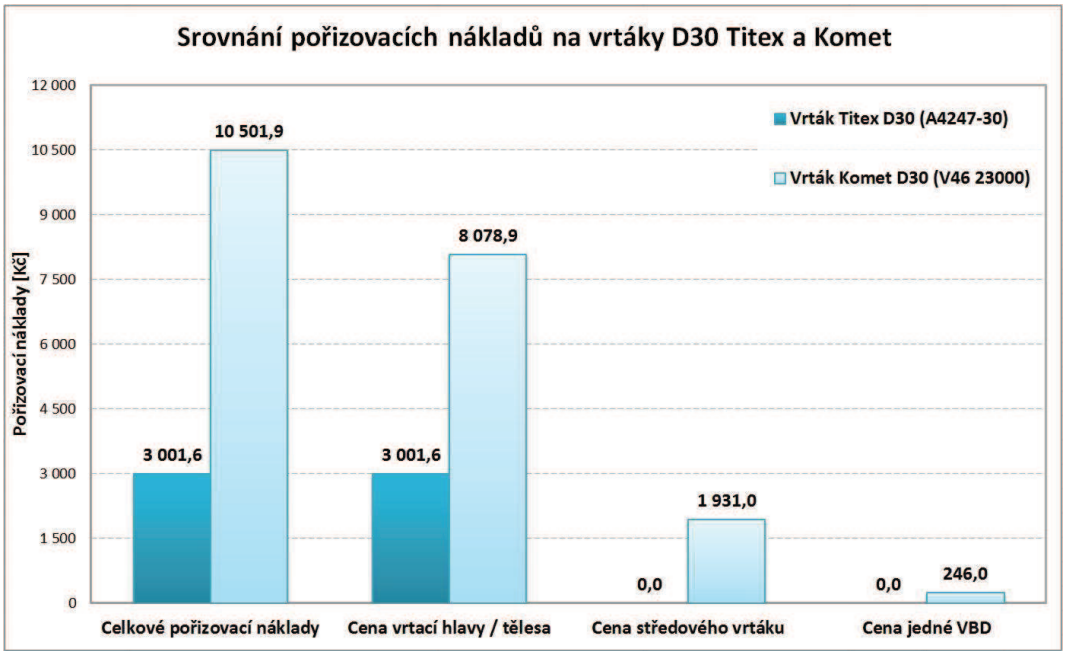
**Vrtací úsek D30** – vrták Komet V46 23000 dosahuje při srovnání s původním vrtákem Titex A4247-30 nižších výrobních nákladů o 58,3% (viz Graf 6.2) a vyšší produktivity vrtacího procesu o 74,6% (viz Graf 6.1). Navržený vrták Komet dosahuje i vyšší trvanlivosti břitu - 92 vyvrtaných děr na jednu řeznou hranu VBD; 46 vyvrtaných děr na jednu řeznou hranu středového vrtáku. Vrták Titex dosahoval trvanlivosti 20ti

vyvrtaných děr na jedno naostření. Pozitivní výsledky vrtáku Komet byly dosaženy i přes výrazně vyšší pořizovací náklady, viz Graf 6.4.

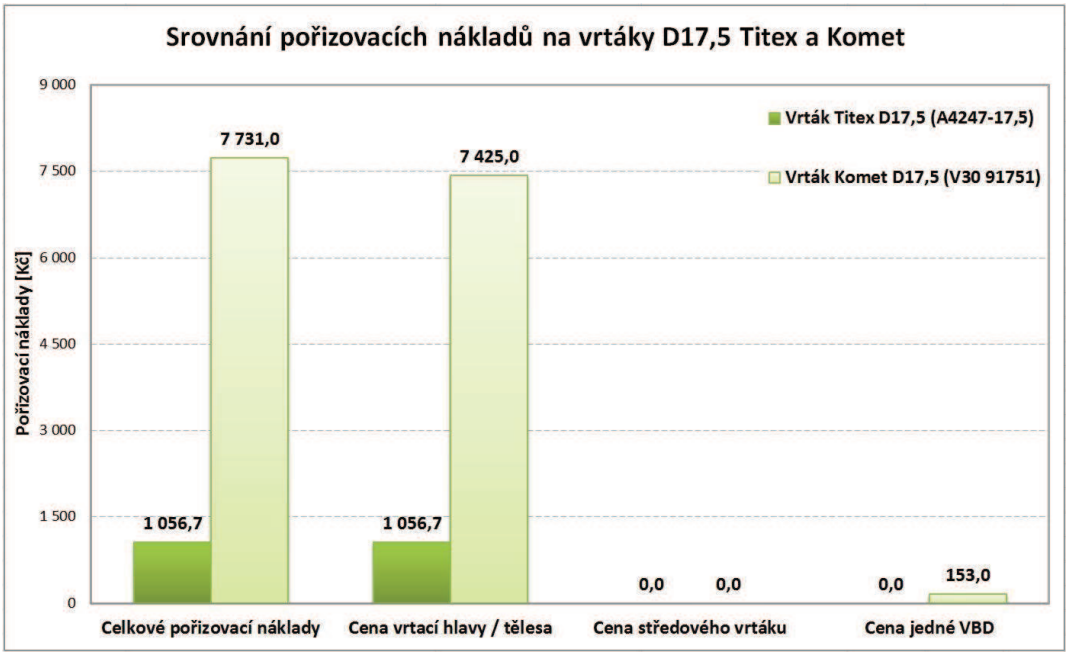
**Vrtací úsek D17,5** – vrták Komet V30 91751 dosahuje při srovnání s původním vrtákem Titex A4247-17 nižších výrobních nákladů o 40,1% (viz Graf 6.2) a vyšší produktivity vrtacího procesu o 38,3% (viz Graf 6.1). Navržený vrták Komet dosahuje i vyšší trvanlivosti břitu - 132 vyvrtaných děr na jednu řeznou hranu VBD. Vrták Titex dosahoval trvanlivosti 10ti vyvrtaných děr na jedno naostření. Pozitivní výsledky vrtáku Komet byly dosaženy i přes výrazně vyšší pořizovací náklady, viz Graf 6.5.




Graf 6.3 Srovnání vrtáků D21 Titex a Komet z hlediska pořizovacích nákladů; zdroj: vlastní




Graf 6.4 Srovnání vrtáků D30 Titex a Komet z hlediska pořizovacích nákladů; zdroj: vlastní




Graf 6.5 Srovnání vrtáků D17,5 Titex a Komet z hlediska pořizovacích nákladů; zdroj: vlastní

**Přínosy vrtáků Komet** – výrazné zvýšení produktivity je dosaženo skrze možnosti nastavení vyšších řezných parametrů u vrtáků Komet s VBD z povlakovaného slinutého karbidu typu P ($v_c \cong 82$ m/min; $v_f = 83$ až 120 mm/min). *Pozn. dosahované řezné parametry u vrtáků Titex z HSS-E: vc ≅ 18 m/min; vf = 20 až 50 mm/min).* Zvýšení řezných parametrů, i přes vyšší pořizovací náklady vrtáků Komet, se pozitivně projevuje rovněž ve snížených výrobních nákladech na vrtací úseky D21; D30 a D17,5.

Snížené výrobní náklady lze přisoudit výrazně kratším jednotkovým strojním časům, které eliminují vysoké hodinové náklady na provoz stroje a vysoké pořizovací náklady na navrhované vrtáky Komet. Potvrzuje se tedy zkušenost firmy Sandvik Coromant, že zvyšování řezných parametrů, i za cenu vyšších nákladů za moderní řezné nástroje, pozitivně ovlivňuje výši výrobních nákladů a produktivity.

### 6.1.3. Návrh zařazení nových vrtáků pro ostatní úseky

Z výsledků zkoušek vrtáků D21 je zřejmé, jaký vliv na produktivitu vrtání mají moderní vrtáky disponující řezným materiálem s lepší řezivostí. Možnost nastavit na stroji vyšší řezné podmínky pozitivně ovlivňuje výrobní náklady, navíc lepší řezivost slinutých karbidů oproti rychlořezné oceli má za důsledek i vyšší trvanlivost břitu a s tím spojenou méně častou výměnu vrtáků resp. VBD.

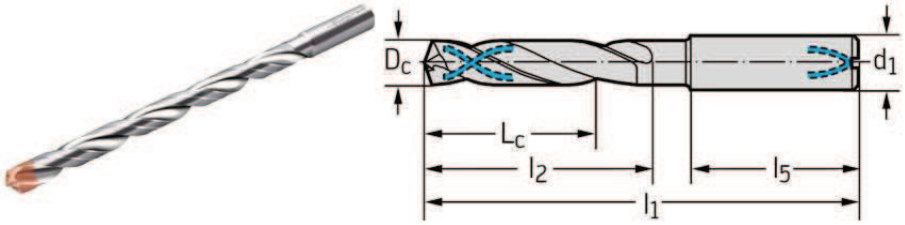
Pro ostatní vrtací úseky tedy navrhuji rovněž použití vrtáků disponující řezným materiálem z povlakovaného slinutého karbidu. V závislosti na průměru vrtaného otvoru

navrhuji použití tvrdokovových šroubovitých vrtáků a vrtáků s VBD. Tvrdokovové šroubovité vrtáky navrhuji použít, dle požadavku technologa Škody, do průměru díry D ≤ 20 mm, frézovací vrtáky s VBD ze slinutého karbidu navrhuji použít od průměru díry D ≥ 20 mm.

Dle možnosti výdejny navrhuji použít pro vrtací úseky D10; D11; D12; D14; D16; D18 tvrdokovové vrtáky Titex A6589DPP (více viz Tab. 6.4). Opět dle možnosti výdejny navrhuji pro vrtací úsek D27; D29; D38 frézovací vrtáky s VBD ze slinutého karbidu. Konkrétně pro úsek D27 vrták Tungaloy TDX270LB5W32-5 s dvěma VBD XPMT08T308R-DJ-AH740, pro úsek D29 vrták Tungaloy TDX290L145W32-5 s dvěma VBD XPMT08T308R-DJ-AH740 (více viz Tab. 6.5). Pro úsek D38 navrhuji vrták Walter B4214-5650387R-special s dvěma VBD (středová P4841C-8R-A57-WXP45; vnější P4840P-8R-A57-WKP35), viz Tab. 6.6. Souhrn navrhovaných řezných podmínek, které jsem navrhl v součinnosti s technologem viz Tab. 6.7.

Tab. 6.4 Tvrdokovové šroubovité vrtáky; zdroj: Souhrnný katalog Walter 2012

**Šroubovité vrtáky firmy Walter Titex – X-treme**
Označení: **A6589DPP**



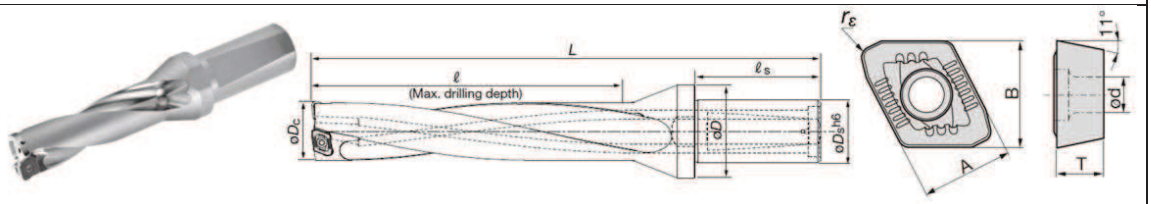

| $D_c$ [mm] | $d_1$ [mm] | $L_c$ [mm] | $l_1$ [mm] | $l_2$ [mm] | $l_5$ [mm] |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 10 | 123 | 180 | 138 | 40 |
| 11 | 12 | 140 | 206 | 158 | 45 |
| 12 | 12 | 140 | 206 | 158 | 45 |
| 14 | 14 | 168 | 230 | 182 | 45 |
| 16 | 16 | 192 | 260 | 208 | 48 |
| 18 | 18 | 216 | 285 | 234 | 48 |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | SK typu P |
| Povlak: | Dvojitě povlakovaná špička |
| Hloubka vrtání: | 12xD |
| Max $v_c$: | 80 [m/min] |
| Doporučený $f_{ot}$: | 0,16 ÷ 0,23 |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Upínací stopka: | DIN 6535 HA |

Tab. 6.5 Detailní charakteristika vrtáku TDX od firmy Tungaloy; zdroj: Katalog Tungaloy Cutting Tools

**Vrták do plna s VBD od firmy Tungaloy**

Označení: **TDX270LB5W32-5 ; TXD290L145W32-5**



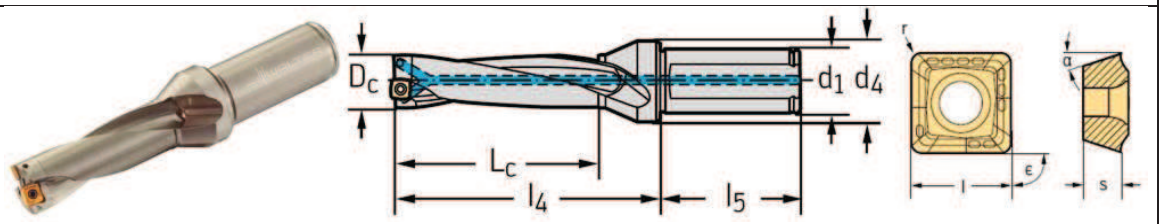

| $D_c$ [mm] | D [mm] | $D_s$ [mm] | L [mm] | l [mm] | $l_s$ [mm] | A [mm] | B [mm] | T [mm] | d [mm] | $r_\varepsilon$ [mm] | Typ VBD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 40 | 32 | 225 | 135 | 55 | 8,5 | 9,9 | 3,97 | 3,4 | 0,8 | XPMT08T308R-DJ-AH740 |
| 29 | 40 | 32 | 237 | 145 | 55 | 8,5 | 9,9 | 3,97 | 3,4 | 0,8 | XPMT08T308R-DJ-AH740 |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | Slinutý karbid ISO P |
| Povlak: | Ano |
| Hloubka vrtání: | 5xD |
| Max $v_c$: | 200 [m/min] |
| Max $f_{ot}$: | 0,12 [mm/ot] |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Počet řezných hran na VBD | 2 |
| Cena tělesa D27: | 8 573 Kč (bez DPH) |
| Cena tělesa D27: | 10 314,3 Kč (bez DPH) |
| Cena VBD: | 222 Kč (bez DPH) |

Tab. 6.6 Detailní charakteristika vrtáku B4214 od firmy Walter; zdroj: Souhrnný katalog Walter 2012

**Vrták do plna s VBD od firmy Walter**

Označení: **B4214-5650387R-special**




| $D_c$ [mm] | $d_1$ [mm] | $d_4$ [mm] | $L_c$ [mm] | $l_4$ [mm] | $l_5$ [mm] | l [mm] | s [mm] | r [mm] | α [°] | ε [°] | Typ VBD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 40 | 50 | 152 | 192 | 70 | 16,5 | 5,53 | 1,0 | 11 | 90 | vnější P4840P-8R-A57-WKP35 |
| | | | | | | 17,49 | 5,53 | 1,0 | 11 | 90 | středová P4841C-8R-A57-WXP45 |

| | |
|---|---|
| Řezný materiál: | Slinutý karbid ISO P |
| Povlak: | Ano |
| Hloubka vrtání: | 4xD |
| Max $v_c$: | 150 [m/min] |
| Max $f_{ot}$: | 0,15 [mm/ot] |
| Smysl otáčení: | pravořezný |
| Počet řezných hran na VBD | 4 |
| Upínací stopka: | Válcová stopka s ploškou dle ISO 9768 |
| Cena tělesa: | 13 107,9 Kč (bez DPH) |
| Cena vnější VBD: | 221 Kč (bez DPH) |
| Cena středové VBD: | 183 Kč (bez DPH) |

Tab. 6.7 Návrh použití nových tvrdokovových a frézovacích vrtáků - nastavené řezné parametry

| Vrtací úsek | Označení vrtáku | hl. vrtání [mm] | n [ot/min] | $v_c$ [m/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | řezná kapalina |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D10 | A6589DPP-10 | 113 (11,5xD) | 1440 | 45,2 | 0,12 | 172,8 | Cimcool (Cimstar 506) |
| D11 | A6589DPP-11 | 113 (10,5xD) | 1440 | 49,8 | 0,12 | 172,8 | Cimcool (Cimstar 506) |
| D12 | A6589DPP-12 | 113 (9,5xD) | 1350 | 50,9 | 0,12 | 162 | Cimcool (Cimstar 506) |
| D14 | A6589DPP-14 | 113 (8,5xD) | 1140 | 50,1 | 0,14 | 159,6 | Cimcool (Cimstar 506) |
| D16 | A6589DPP-16 | 113 (7,5xD) | 990 | 49,8 | 0,16 | 158,4 | Cimcool (Cimstar 506) |
| D18 | A6589DPP-18 | 113 (6,5xD) | 890 | 50,3 | 0,16 | 142,4 | Cimcool (Cimstar 506) |
| D27 | TDX270LB5W32-5 | 118 (4,5xD) | 943 | 80 | 0,12 | 113,2 | Cimcool (Cimstar 506 |
| D29 | TDX290L145W32-5 | 120 (4,5xD) | 878 | 80 | 0,12 | 105,4 | Cimcool (Cimstar 506 |
| D38 | B4214-5650387R special | 120 (3,5xD) | 670 | 80 | 0,12 | 80,4 | Cimcool (Cimstar 506 |

### 6.1.4. Vyhodnocení nových vrtáků pro ostatní úseky

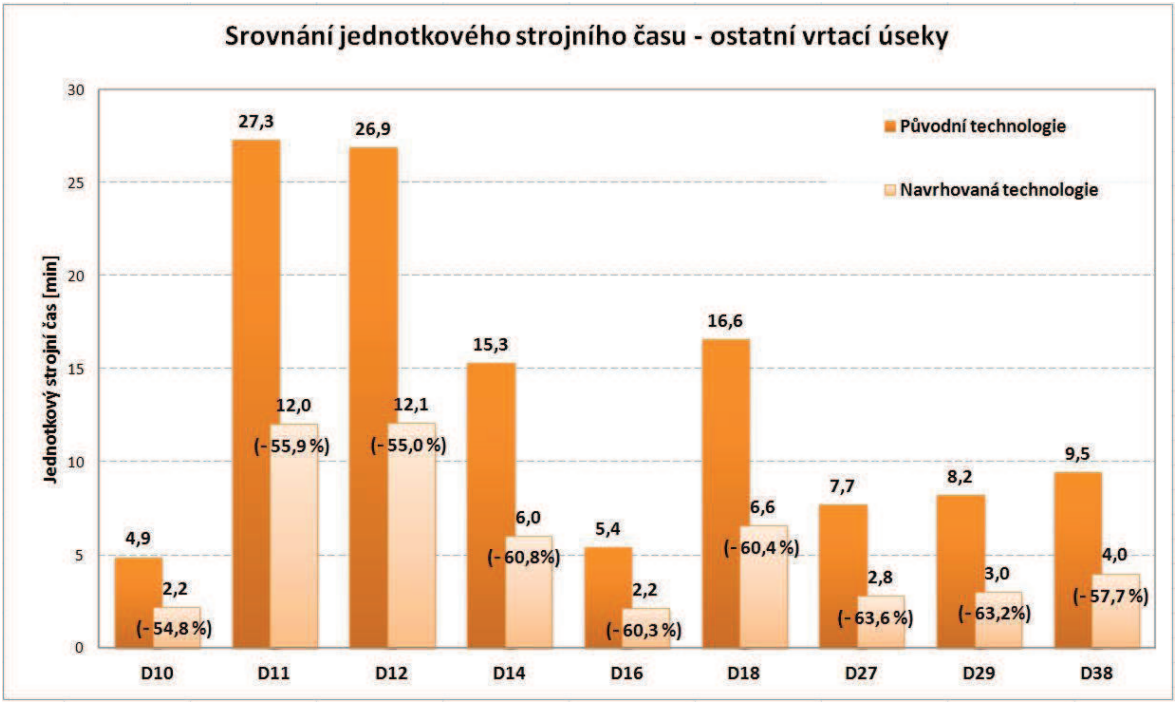
Zařazením nových tvrdokovových vrtáků Titex A6589DPP s dvojitě povlakovanou špičkou, frézovacích vrtáků firem Tungaloy TDX a Walter B4214 s povlakovanými VBD z SK lze očekávat pozitivní nárůst produktivity (snížení jednotkového strojního času $t_{As}$) v řádech desítek procent, viz Graf 6.6. Zmíněné zvýšení produktivity by navíc mělo být dosaženo při nižších výrobních nákladech (opět v řádech desítek procent), viz Graf 6.7.

Kromě vyšší produktivity a nižších výrobních nákladů dosahují vrtáky Titex A6589DPP vyšší trvanlivosti břitu - 50 vyvrtaných otvorů na trvanlivost jednoho břitu oproti původně používaným vrtákům Titex A4247 - 20 vyvrtaných otvorů na jednu trvanlivost břitu. Pozitivní výsledky jsou dosaženy i přes vyšší pořizovací náklady na vrtáky Titex A6589DPP, viz Graf 6.8.

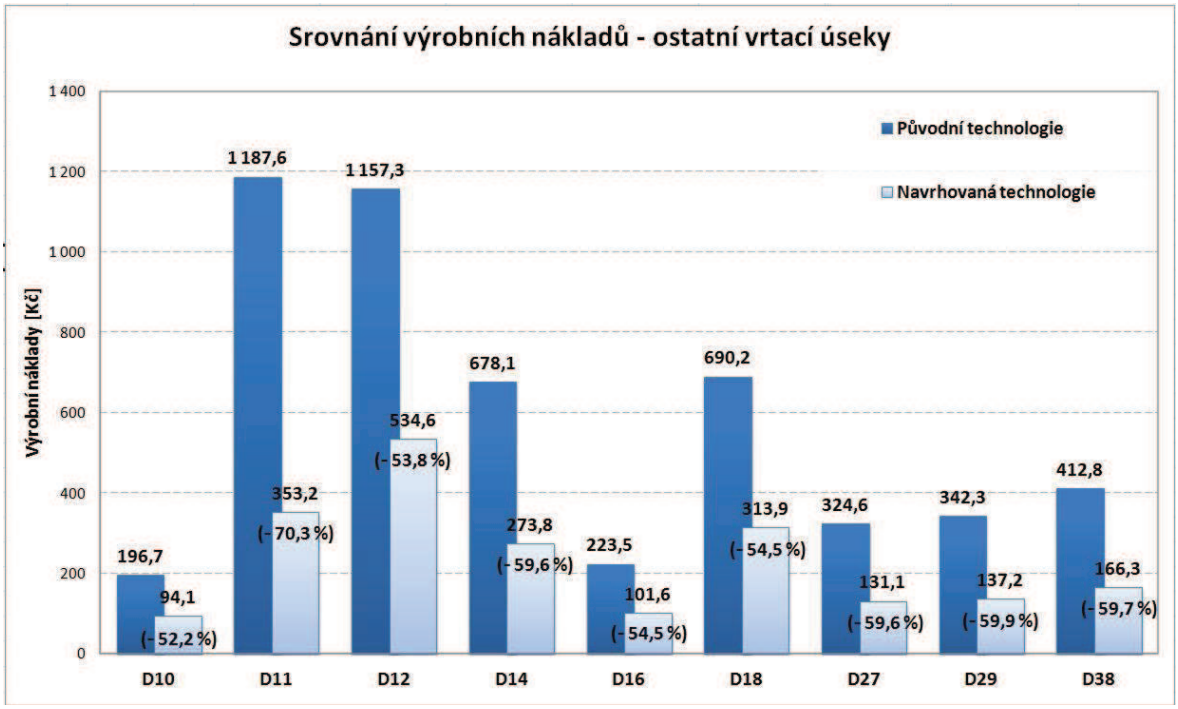
Rovněž frézovací vrtáky Tungaloy TDX a Walter B4214 dosahují vyšší trvanlivosti břitu (25 vyvrtaných otvorů na jednu řeznou hranu VBD) oproti původně využívaným vrtákům Titex A4247 (20 vyvrtaných otvorů na jednu trvanlivost břitu). Pozitivních výsledků je dosaženo i přes vyšší pořizovací náklady na vrtáky Tungaloy a Walter, viz Graf 6.9.

Zařazení tvrdokovových vrtáků Titex A6589DPP, frézovacích vrtáků Tungaloy TDX a Walter B4214 přináší ve výsledku úsporu výrobních nákladů na vrtacích úsecích D10; D11; D12; D14; D16; D18; D27; D29; D38 jednoho pohyblivého rámu formy v celkové výši 3 107,3 Kč (úspora 59,6%; původní výrobní náklady 5 213,1 Kč, po

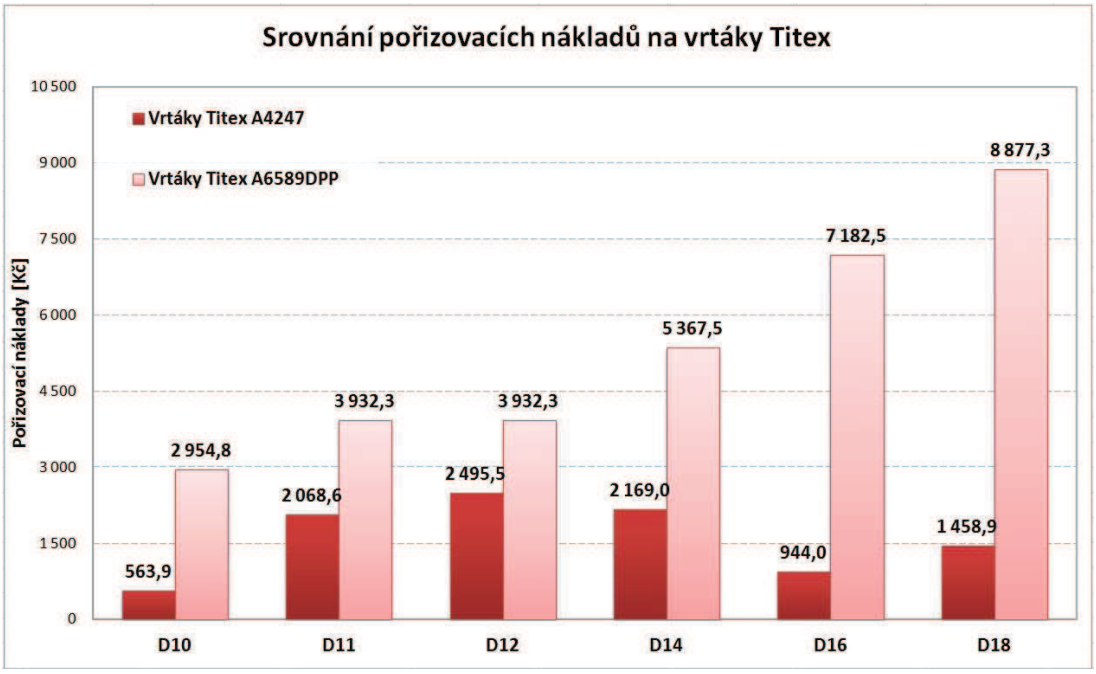
racionalizaci 2 105,8 Kč). Zařazení navrhovaných vrtáků se rovněž pozitivně projevuje ve snížení jednotkového strojního času o 70,9 min (úspora 58,2%; původní $t_{As}$ 121,8 min, po racionalizaci 50,9 min) oproti původnímu stavu.



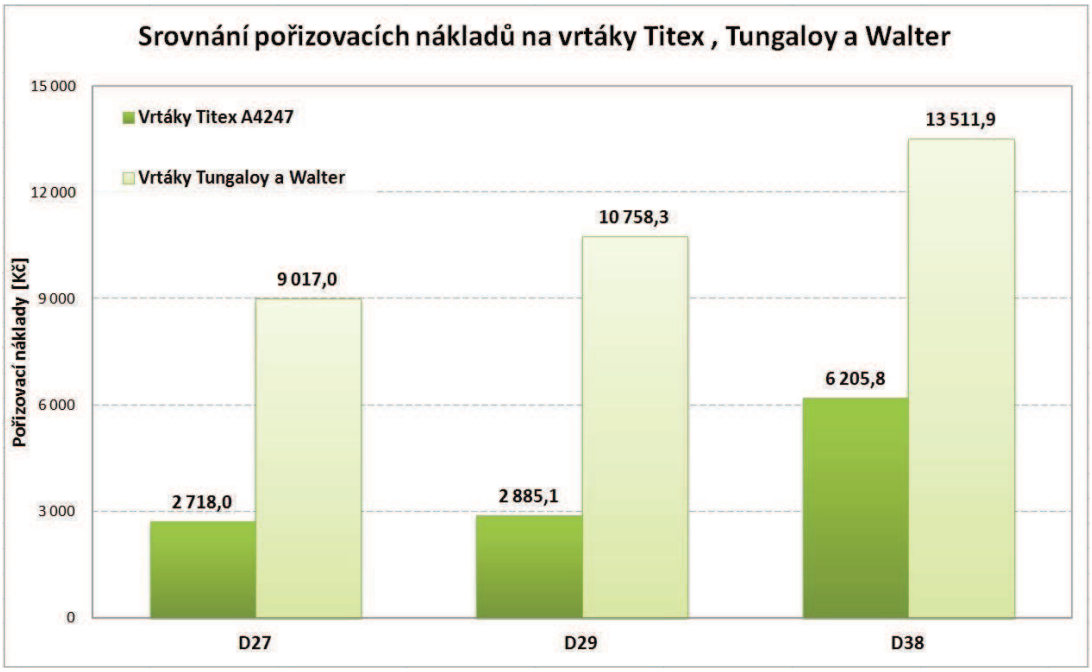

Graf 6.6 Vyhodnocení úspory jednotkového strojního času na vrtacích úsecích pohyblivého rámu formy; zdroj: vlastní




Graf 6.7 Vyhodnocení úspory výrobních nákladů na vrtacích úsecích pohyblivého rámu formy; zdroj: vlastní




Graf 6.8 Srovnání pořizovacích nákladů na vrtáky Titex A4247 a Titex A6589DPP; zdroj: vlastní




Graf 6.9 Srovnání pořizovacích nákladů na vrtáky Titex A4247 a vrtáky Tungaloy TDX (D27; D29) a Walter (D38); zdroj: vlastní

### 6.1.5. Závěrečné vyhodnocení racionalizace vrtacích úseků

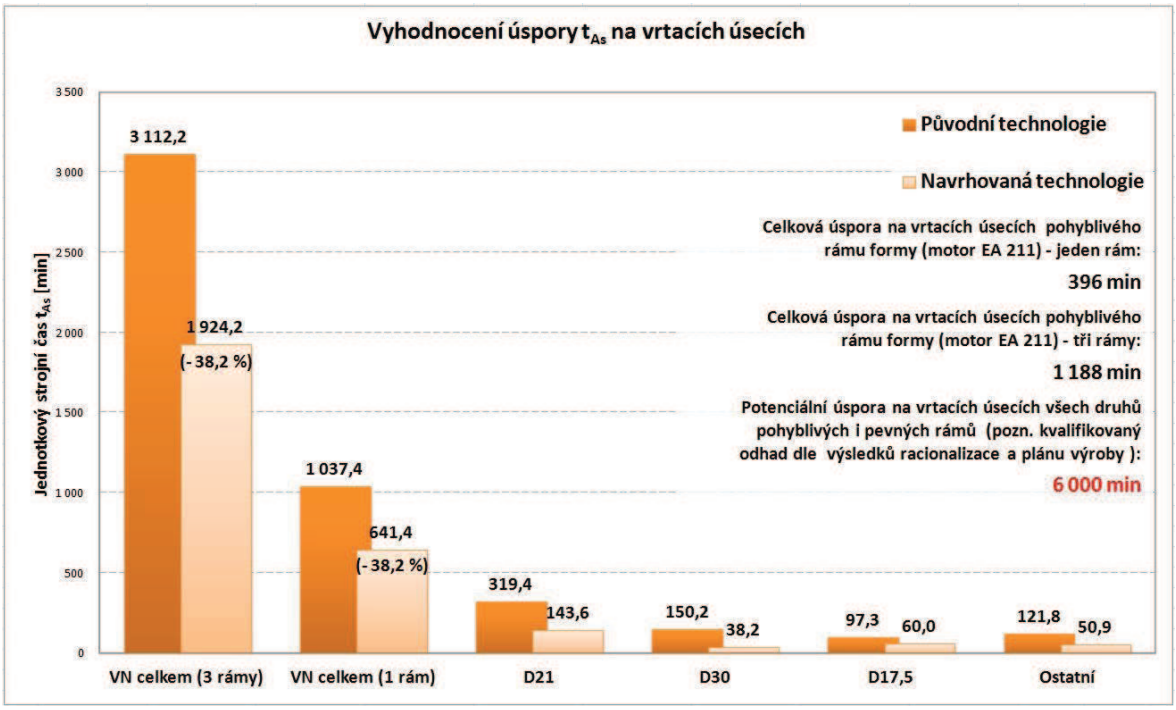
Při zavedení racionalizačního návrhu do výroby pohyblivého rámu formy bloku motoru EA 211 lze docílit snížení výrobních nákladů na vrtací úseky na jeden pohyblivý rám z původních 45 tisíc Kč na 32 tisíc Kč (úspora 12 928,9 Kč; 28,7%), viz Graf 6. 11.

Z hlediska produktivity se racionalizace promítne ve snížení jednotkového strojního času vrtacích úseků z původních 1 037,4 min na 641,4 min (úspora 396 min; 38,2%).

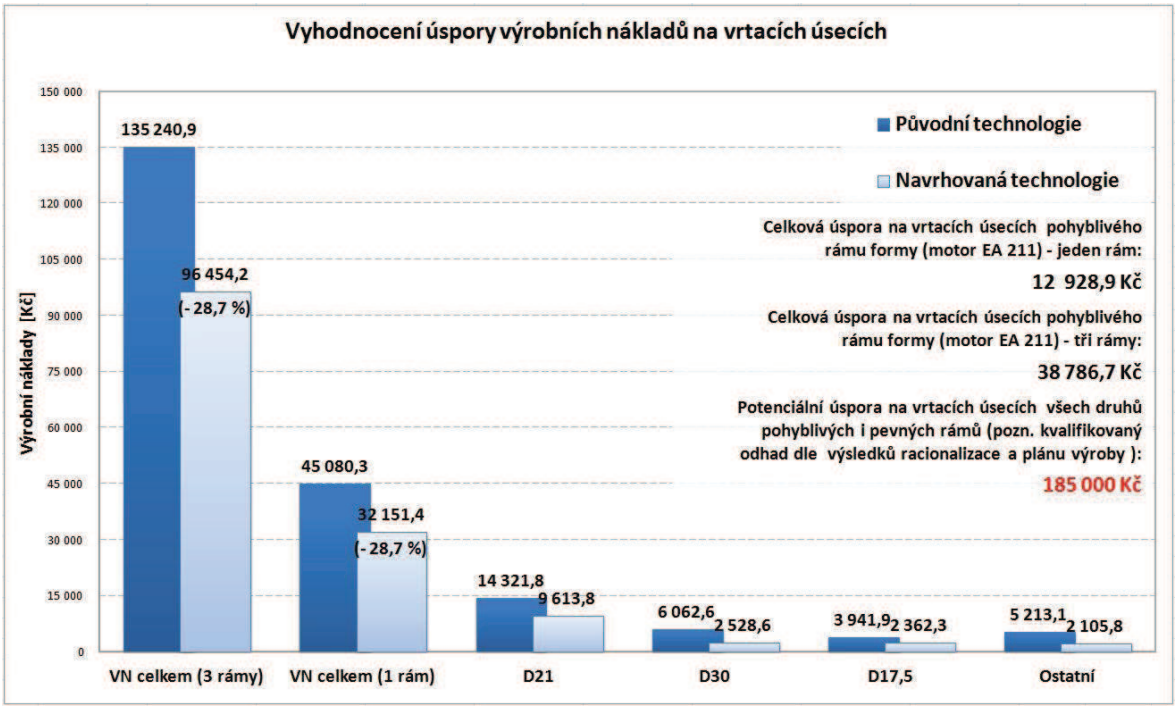
Na rok 2013 je plánována výroba 3 kompletních forem pro bloky motoru EA 211 (pozn. to odpovídá třem pevným a třem pohyblivým rámům). Při kalkulaci výrobních nákladů vrtacích úseků na 3 pohyblivé rámy úspora činí 38 786,7 Kč (úspora 28,7%), viz Graf 6. 11. Uspořený jednotkový strojní čas dosahuje v případě tří vyrobených pohyblivých rámů hodnoty 1188 min (úspora 38,2%), viz Graf 6.10.

V nářaďovně se vyrábí dalších 6 typů podobných forem pro jiné bloky motorů. Tyto formy, resp. jejich pohyblivé a pevné rámy, se od sebe liší jen málo (např. jiné umístění otvorů, nepatrný rozdíl v počtu otvorů, absence otvorů pro vyhazovače v pevném rámu) a mnou navržená racionalizace bude tedy využita i na těchto formách.

Na základě výsledků racionalizace vrtacích úseků a plánu výroby na rok 2013 jsem provedl, vzhledem k výše uvedeným rozdílům mezi rámy, kvalifikovaný odhad úspory výrobních nákladů a jednotkového strojního času u všech typů forem pro lití bloků motorů. Zavedením nových vrtáků do výroby všech typů forem lze snížit výrobní náklady na vrtací úseky o cca 185 000 Kč a zároveň uvolnit výrobní kapacitu o cca 6 000 min (úspora jednotkového strojního času), viz Graf 6.10.




Graf 6.10 Vyhodnocení úspory jednotkového strojního času na vrtacích úsecích pohyblivého rámu formy; zdroj: vlastní




Graf 6.11 Vyhodnocení úspory výrobních nákladů na vrtacích úsecích pohyblivého rámu formy; zdroj: vlastní

Základním požadavkem Škody bylo zvýšení produktivity vrtacích úseků při pokud možno snížených výrobních nákladech a zařazení frézovacích vrtáků od průměru vrtané díry D = 20 mm. Mnou navržená racionalizace vrtacích úseků tyto požadavky splňuje a při jejím zařazení do výroby lze očekávat:

- *snížení jednotkového strojního času potřebného k vrtacím úsekům na jeden pohyblivý rám formy bloku motoru EA 211 o 38%,*
- *při aplikaci racionalizace na ostatní typy forem lze očekávat celkovou úsporu jednotkového strojního času na vrtací úseky o 6 000 min,*
- *uvolnění výrobní kapacity stroje TRIMILL VF 4525 v důsledku snížení jednotkových strojních časů,*
- *snížení výrobních nákladů na vrtací úseky na jeden pohyblivý rám formy bloku motoru EA 211 o 29%,*
- *při aplikaci racionalizace na ostatní typy forem, lze očekávat celkovou úsporu výrobních nákladů času na vrtací úseky o 185 000 Kč,*
- *eliminace prostojů při výrobě v důsledku snížení počtu výměn nástroje díky dosahované vyšší trvanlivosti břitu,*

## 6.2. Návrh kalkulačního programu pro ekonomickou analýzu výroby

Kalkulace výrobních nákladů je jedním ze základních prvků při analýze a následné racionalizaci výroby. Pro objektivnější a realističtější vyhodnocování zkoušek vrtáků v nářaďovně navrhuji využívat mnou navrženou výpočtovou aplikaci. Může se stát pro technologa velice užitečným nástrojem pro rychlou a jednoduchou kalkulaci výrobních nákladů zohledňující střediskovou režii, hodinové náklady stroje, náklady na ostření, seřízení a výměnu VBD. Aplikace je navržená tak, aby bylo možné její použití na prakticky každém počítači. Její použití je omezeno pouze kancelářským balíkem MS Office od firmy Microsoft. Při realizaci výpočtové aplikace jsem kladl důraz také na intuitivní a uživatelsky přátelské prostředí aplikace a možnost usnadnit si výpočet předdefinovanými vstupními hodnotami.

### 6.2.6. Vyhodnocení využití kalkulačního programu

Výpočtová aplikace umožňuje zvyšovat produktivitu technologa při zpracovávání a vyhodnocování výsledků zkoušek vrtáků. Mám pocit, že se zvyšování produktivity dost často omezuje pouze na vlastní výrobu a na potenciál úspory na straně kancelářského personálu se zapomíná. Proto je tato výpočtová aplikace právě cílena na tuto oblast. Vyčíslení úspory by bylo obtížné, ale lze s určitostí říci, že úspora při využívání výpočtové aplikace existuje.

Další přínos ve výpočtové aplikaci vidím v určité standardizaci hodnocení zkoušek. Pomocí výpočtové aplikace dostane jakýkoliv uživatel stejná výstupní data zpracovaná do přehledného formuláře. Vzniká tedy standardní výstup, který zabraňuje vzniku možných nepřesností ve výpočtech od různých technologů. Výsledek kalkulace tedy není závislý na zvyklostech konkrétního technologa. Jádro programu a metodika výpočtu lze navíc jednoduše upravit pro konkrétní středisko. Při osvědčení výpočtové aplikace vidím potenciál v rozšíření aplikace o moduly Soustružení, Frézování a Broušení. Charakteristika a potenciální přínos výpočtové aplikace:

- *jednoduché a intuitivní využívání aplikace,*
- *zvýšení produktivity vyhodnocování zkoušek vrtáků,*
- *objektivní a reálné výsledky výrobních nákladů,*
- *standardizace metodiky výpočtů a výstupu ve formě formuláře,*
- *potenciál pro rozšíření aplikace o moduly Soustružení, Frézování a Broušení.*

# Závěr

Na počátku diplomové práce jsem provedl analýzu současného stavu výroby, zejména vrtacích úseků. Nashromáždil jsem potřebná vstupní data pro kalkulaci výrobních nákladů, jako jsou režijní náklady střediska, mzdy zaměstnanců, odpis stroje, ceny řezných nástrojů (vrtáků), výši přirážky směnového času, trvanlivosti vrtáků, nastavované řezné podmínky jednotlivých vrtáků apod., abych zajistil objektivnost výsledků kalkulace.

Vlastní kalkulaci výrobních nákladů vrtacích úseků jsem provedl pomocí mnou navržené výpočtové aplikace realizované v softwaru Microsoft Excel. Metodika výpočtu zahrnutá v aplikaci zohledňuje všechny důležité vstupní nákladové položky a výsledky jsou automaticky zpracovávány do přehledného formuláře.

Výroba součástí je v dnešní době převážně realizována na CNC obráběcích strojích, které mají vzhledem ke svým vyšším pořizovacím nákladům vysoké provozní hodinové náklady oproti konvenčním obráběcím strojům. Produktivitu a výrobní náklady tedy značně ovlivňuje jednotkový strojní čas, který je závislý na používaných řezných nástrojích a nastavovaných řezných parametrech. Při využívání moderních řezných nástrojů spolu s optimálně zvolenými řeznými podmínkami lze docílit efektivní a ekonomické výroby.

Z výsledků zkoušek moderních vrtáků provedených v rámci praktické časti této diplomové práce je zřejmé, že i přes výrazně vyšší pořizovací náklady moderních vrtáků lze dosahovat nižších výrobních nákladů, i navíc při zvýšené produktivitě vrtacího procesu. Tato skutečnost je způsobena možností nastavit vyšší řezné parametry a snížit tak hodnotu jednotkového strojního času. Dochází tedy jak k eliminaci vysokých provozních nákladů CNC obráběcího stroje, tak i k využití potenciálu stroje z hlediska jeho parametrů. Pozitivně se výsledky projevují i v uvolněné výrobní kapacitě.

Z hlediska konkurence schopnosti strojírenského podniku je snižování výrobních nákladů a zvyšování produktivity rozhodující činností. Je důležité, aby racionalizační proces výroby probíhal kontinuálně a bez ustání. Pracovníci odpovědní za racionalizaci výroby musí stále hledat lepší řešení, optimalizovat řezné podmínky, zkoušet nové řezné nástroje a vyhodnocovat výsledky s cílem nalezení optimální technologie.

## Seznam použité literatury

[1] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

[2] MÁDL, Jan a Ivo KVASNIČKA. *Optimalizace obráběcího procesu*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1998, 168 s. ISBN 80-010-1864-4.

[3] *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. české vyd. Překlad Miroslav Kudela. Praha: Scientia, c1997, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 91-972-2994-6.

[4] KOCMAN, Karel. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: CERM, 2005, 270 s. ISBN 80-214-3068-0.

[5] MÁDL, Jan. *Technologie obrábění*. 1. díl. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007c1999, 3 sv. (80, 84, 88 s.). ISBN 978-80-01-03752-2.

[6] FOREJT, Milan. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

[7] FRINTA, Jan. *Soubor fólií pro přednášky z předmětu - Projektování výroby*. Liberec, 2009.

**Elektronické zdroje**

[8] BERNARD, Josef a Martin KUKAČKA. Index kvality obráběcích strojů. *Index kvality obráběcích strojů*. 2006, č. 12. Dostupné z: http://www.mmspektrum.com/clanek/index-kvality-obrabecich-stroju.html

[9] VOTOČEK, Jaroslav. *Praktika ze strojírenství: Vrtání* [online]. Liberec, 2013 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://www.techno-mat.cz/data/katedry/kom/KOM_PZS_CV_04_CZE_Votocek_Vrtani.pdf. Cvičení č. 4. TU v Liberci.

[10] Dvořáčková, Štěpánka. *Teorie montáže: Technologické základy, rozměrové řetězce* [online]. Liberec, 2013 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: http://www.techno-mat.cz/data/katedry/kom/KOM_TM_PR_02_CZE_Dvorackova_Vyrobek_struktura_zakladna_roz_retezce.pdf. Přednáška č. 2. TU v Liberci.

[11] Walter. In: *Souhrnný katalog 2012: Soustružení, vrtání, závitování, frézování, upínání* [online]. 2012 [cit. 2013-02-9]. Dostupné z: http://www.waltertools.blaetterkatalog.de/gc2012/cz/

[12] CoroDrill 460. *Sandvik Coromant* [online]. 2013 [cit. 2013-03-3]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill_460/

[13] CoroDrill 800. *Sandvik Coromant* [online]. 2013 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill_800/

[14] CoroDrill 801. *Sandvik Coromant* [online]. 2013 [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill_801/

[15] CoroDrill 870. *Sandvik Coromant* [online]. 2013 [cit. 2013-03-1]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill_870/

[16] CoroDrill 880. *Sandvik Coromant* [online]. 2013 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corodrill_880/

[17] Delové vrtáky. *Isotek* [online]. 2008 [cit. 2013-03-6]. Dostupné z: http://www.isotek.sk/brecht.html

[18] Ejector System. *Botec USA* [online]. 2013 [cit. 2013-04-2]. Dostupné z: http://www.botekusa.com/dte/index.html

[19] Monolitní vrtáky. *Pramet* [online]. 2013 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: http://www.pramet.com/cz/produkty/vrtani/monolitni-vrtaky.html

[20] Speciální nástroje. *Komet Group* [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://www.kometgroup.com/plus-navigation/plus/komet-servicesuprsup/partnerseiten/zero-systems-cz/home/1/specialni-nastroje.html

[21] System BTA. *Botek USA* [online]. 2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://www.botekusa.com/bta/index.html

[22] Vrták středící. *Kovonástroje* [online]. 2013 [cit. 2013-03-4]. Dostupné z: http://www.kovonastroje.cz/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Soustruzeni/Stredici-vrtaky-navrtavaky/Vrtak-stredici-A-6-3-vybrusovany-A-6-3-mm.html

[23] Vrtání. *JCZ Tools* [online]. 2009 [cit. 2013-03-2]. Dostupné z: http://www.jcz.cz/?map=vrtani

# Seznam příloh

**Příloha 1** Stručný technologický postup pohyblivého rámu formy. Obsahuje zjednodušený technologický postup.

**Příloha 2** Originální technologický postup. Obsahuje originální technologický postup ze ŠKODY AUTO a.s.

**Příloha 3** Parametry strojů a Index kvality obráběcích strojů. Obsahuje tabulku s příslušnými parametry strojů střediska VSN3 a metodiku výpočtu Indexu kvality obráběcích strojů včetně vzorového příkladu.

**Příloha 4** Analýza vrtacích úseků v operaci 80. Obsahuje příslušné tabulky s potřebnými údaji pro kalkulaci výrobních nákladů.

**Příloha 5** Četnost děr v operaci 80. Obsahuje příslušnou tabulku s údaji o typu a počtu děr v jednotlivých vrtacích úsecích. Dále obsahuje graf, který je utříděn dle četnosti děr.

**Příloha 6** Výpočtová aplikace pro kalkulaci výrobních nákladů vrtacích úseků. Obsahuje popis a návod vytvořené výpočtové aplikace v softwaru Microsoft Excel.

**Příloha 7** Výstupní formuláře kalkulace výrobních nákladů současného stavu. Obsahuje příslušné výstupní formuláře (tabulky) generované výpočtovou aplikací, ve které byla provedena kalkulace výrobních nákladů současně používané technologie.

**Příloha 8** Zkoušky vrtáků. Obsahuje fotografie z průběhu zkoušek vrtáků.

**Příloha 9** Vytvořená výpočtová aplikace v softwaru Microsoft Excel. Slouží ke kalkulaci výrobních nákladů vrtacích úseků. Výpočtová aplikace je uložena na přiloženém CD.

**Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

# PŘÍLOHA

2013

Bc. Jiří Koťátko

# Příloha 1 – Stručný technologický postup pohyblivého rámu formy

Tab. 1 Stručný technologický postup

| **Číslo oper.** | **Nr.1kus $t_{A1}$[min]** | **Příprava $t_{B1}$ [min]** | **Celkem $t_{\Sigma}$ [min]** | **Pracoviště (stroj)** | **Popis operace** (stručný popis - podrobnosti viz org. TP) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 00000 | Dodán polotovar - výkovek,<br>čistá míra: 548.21x1570x1610<br>(polotovar je vyžíhán) |
| 10 | 21 | 4 | 25 | 09444 | Příprava pozice pro výrobu,<br>odebrání vzorku pro chemickou analýzu<br>(min. 40mmx40mm/síla 10mm),<br>označit vzorek |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 08621 | Kontrola před tepelným zpracováním,<br>porovnání atestu a výsledku chemické<br>analýzy vzorku materiálu |
| 30 | 2450 | 34 | 2484 | 45295 | Ofrézovat obvod a sílu s přídavkem 5 mm,<br>z úhlovat |
| 40 | 4678 | 34 | 4712 | 35323 | 6x M48/hl. 74 a montáž přenosných<br>závitových ok,<br>hrubování zámků, drážek, zámkových<br>vložek, vybrání pro šoupata, vše s<br>přídavkem 5 mm na plochu,<br>12x D30 průchozí |
| 50 | 172 | 0 | 172 | 09444 | srazit ostří a hrany, připravit pozici pro<br>kalení, označit |
| 60 | 0 | 0 | 0 | 09171 | EXTERNĚ:<br>zušlechtit na 900+150 Mpa,<br>zkouška tvrdosti, pískovat manipulační<br>otvory M48 |
| 70 | 153 | 9 | 162 | 09444 | závity pročistit, montáž závěsných ok |

Tab. 1 (pokračování) Stručný technologický postup – originální TP viz Příloha

| **Číslo oper.** | **Nr.1kus $t_{A1}$[min]** | **Příprava $t_{B1}$ [min]** | **Celkem $t_{\Sigma}$ [min]** | **Pracoviště (stroj)** | **Popis operace** (stručný popis - podrobnosti viz org. TP) |
|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 9115 | 65 | 9180 | 45366 | frézovat načisto zámky, drážky, zámkové vložky, vybrání pro šoupata,<br>otvory provést dle možnosti nejprve z dělící roviny,<br>VRTAT Z DĚLÍCÍ ROVINY:<br>pozn. Vrtat jen do poloviny hloubky<br>- 4x D12H7/hl. 20 [A]<br>- 64x M20 závity vyřezat [B]<br>- 12x D30 PRŮCHOZÍ [K]<br>- 6x D11/15° [L]<br>- 5x D12/15° [O]<br>- 3x D14/15° [P]<br>- 1x D10/15° [220]<br>- 1x D16/15° [222]<br>- 1x D18/15° [223]<br>- 1x D11 PRŮCHOZÍ [221]<br>- 1x D29 PRŮCHOZÍ [227]<br>- 1x D18 PRŮCHOZÍ [224]<br>- 1x D27 PRŮCHOZÍ [228]<br>- 1x D18 PRŮCHOZÍ [225]<br>- 1x D12 PRŮCHOZÍ [229]<br>- 1x D38 PRŮCHOZÍ [226]<br>ZE ZÁKLADNY:<br>frézovat 3x zámek a 11x drážku<br>- 12x M12 závity vyřezat [N]<br>- 8x M8 závity vyřezat [G-G]<br>dovrtání otvorů:<br>- 45x D21/D34 [I]<br>- 12x D30 PRŮCHOZÍ UPRAVIT [K]<br>- 6x D11/15° [L]<br>- 5x D12/15° [O]<br>- 3x D14/15° [P]<br>- 1x D10/15° [220]<br>- 1x D16/15° [222]<br>- 1x D18/15° [223]<br>- 1x D11 PRŮCHOZÍ [221]<br>- 1x D29 PRŮCHOZÍ [227]<br>- 1x D18 PRŮCHOZÍ [224]<br>- 1x D27 PRŮCHOZÍ [228]<br>- 1x D18 PRŮCHOZÍ [225]<br>- 1x D12 PRŮCHOZÍ [229] |

Tab. 1 (pokračování) Stručný technologický postup – originální TP viz Příloha

| **Číslo oper.** | **Nr.1kus $t_{A1}$[min]** | **Příprava $t_{B1}$ [min]** | **Celkem $t_{\Sigma}$ [min]** | **Pracoviště (stroj)** | **Popis operace** (stručný popis - podrobnosti viz org. TP) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | - 1x D38 PRŮCHOZÍ [226]<br>- 1x D11 rozfrézovat do D29 [221]<br>- 1x D18 rozfrézovat do D38 [225]<br>- 1x D12 rozfrézovat do D38 [229]<br>- 23x M36 závity vyřezat [E]<br>- 4x D24/120°/D40.5/hl.40 [H]<br><br>ZE STRAN:<br>obvod 1570x1610 hotově, čistě, zúhlovat,<br><br>SPODNÍ STRANA: POHLED [P]<br>- 2x M48/HL.74 závity upravit [M]<br>- 2x M20 závity vyřezat [B]<br>- 4x M40 závity vyřezat [R]<br><br>HORNÍ STRANA: POHLED [Q]<br>- 4x M48/HL.74 závity upravit [M]<br>- 2x M20 závity vyřezat [B]<br><br>LEVÁ STRANA: POHLED [O]<br>- 1x upínací drážku po obvodě 36 s R3/25<br>- 4x M20 závity vyřezat [B]<br>- 2x M40 závity vyřezat [R]<br><br>PRAVÁ STRANA: ŘEZ [A-A]<br>- 1x upínací drážku po obvodě 36 s R3/25<br>- 4x M20 závity vyřezat [B]<br>- 4x M40 závity vyřezat [R]<br><br>- 2x rohy pod 45° s R50 [SPODNÍ]<br>- 2x rohy pod 47° s R50 [HORNÍ]<br>hotově, čistě<br><br>- 8x D30/hl.105 hotově<br>4x vybrání pro lícovací destičky<br>vyhrubovat s přídavkem 3 mm na plochu<br>4x vybrání 106/hl.102 hotově |
| 90 | 1623 | 68 | 1691 | 54828 | 6x propojení ze základny neprovádět!,<br>chlazení rámu:<br>SPODNÍ STRANA: POHLED [P]<br>- 4x D22/Rp 3/4"/D30 závity vyřezat<br>[CH2, 6, 11, 13] |

Tab. 1 (pokračování) Stručný technologický postup – originální TP viz Příloha

| **Číslo oper.** | **Nr.1kus $t_{A1}$[min]** | **Příprava $t_{B1}$ [min]** | **Celkem $t_{\Sigma}$ [min]** | **Pracoviště (stroj)** | **Popis operace** (stručný popis - podrobnosti viz org. TP) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | HORNÍ STRANA: POHLED [Q]<br>- 4x D22/Rp 3/4"/D30 závity vyřezat [CH6, 11, 13, 18]<br>otvory pro chladící trubky:<br>- 2x D22/80.5°<br>- 2x D22/86°<br><br>LEVÁ STRANA: POHLED [O]<br>- 4x D22/Rp 3/4"/D30 závity vyřezat [CH4, 8, 10, 12]<br>otvory pro chladící trubky:<br>- 2x D22/80°<br><br>PRAVÁ STRANA: ŘEZ [A-A]<br>- 4x D22/Rp 3/4"/D30 závity vyřezat [CH4, 12, 15, 17]<br>- 4x D22/Rp 3/4"/D33 závity vyřezat [CH1, 19]<br>otvory pro chladící trubky:<br>- 2x D22/80° |
| 100 | 192 | 0 | 192 | 09444 | Srazit ostří a hrany,<br>připravit pro další opracování |
| 110 | 1350 | 0 | 1350 | 38749 | Kontrola úkonů,<br>určení rozměrů pohyblivého vložky<br>poz. 4.1 a desky jader poz. 4.6 |

## **Příloha 2 – Originální technologický postup** (zdroj: ŠKODA AUTO a.s.)

Tab. 2 Originální technologický postup

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŠKODA VSN | [redacted] | Datum: [redacted] | List: 1 |
|---|---|---|---|

| List: | Pozice: | Provedení: | Obj.návrh: | Zakázkové číslo: | Obj.ks | Číslo dávky: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44,45,46 | 3.1 | | | | 1 | [redacted] |

| Mat.dílna | Číslo výkresu: | Název: | Typ: Č.dílu: |
|---|---|---|---|
| 4115 | [redacted] | POHYBLIVÝ RÁM | [redacted] |

| Jakost mat.: | Hm.: | Pol.: |
|---|---|---|
| 15260 | | |

| Pozn.: | 1570x1610x548.21 | ID: [redacted] |
|---|---|---|
| P.R.: | Technolog: [redacted] Tech.MK: | Sch.: [redacted] Konst.: |

| Op. Stř. | TŘ. Tř. | Nr.1kus Přípravný | Pracoviště Celkem | Popis operace / NC Program | OTK Os.číslo |
|---|---|---|---|---|---|
| 0<br>4115 | 0<br>0 | [redacted]<br>[redacted] | 00000<br>0.00 | Platí pro poz.:3.1<br>Rozměry výchozího materiálu<br>u materiálové rozpisky<br>15260<br>čistá míra:548.21x1570x1610<br>DODÁN VYŽÍHANÝ BLOK<br><br>Poslední změna:<br>Datum: Rozpiska: List:<br>11/2012 2/5326/12 L44<br>---------- ---------- L45<br>---------- ---------- L46<br><br>**********<br>* Číslo atestu : *<br>* Dodavatel : *<br>* Materiál : _____*<br>* Číslo tavby : _____*<br>* Číslo modelu : _____*<br>* Ultrazvuk : *<br>* Tvrdost : *<br>* Hmotnost polotovaru : _____*<br>********** | |
| 10<br>4116 | 5<br>H | [redacted]<br>[redacted] | 09444<br>25.00 | příprava poz. pro výrobu,<br>z rohu rámu uříznout vzorek<br>(trojúhelník min.40mmx40mm/síla 10mm)<br>frikční pilou pro chemickou analýzu<br>jakosti materiálu, vzorek označit | |
| 20<br>4052 | 0 | [redacted]<br>[redacted] | 08621<br>0.00 | kontrola před tepelným zpracováním,<br>porovnání atestu a výsledku chemické<br>analýzy vzorku materiálu uříznutého<br>z rohu rámu | |
| 30<br>4312 | 5<br>H | [redacted]<br>[redacted] | 45295<br>2464.00 | =POZOR,PŘI VÁZE DO 12500kg NA FSQ 200=<br>=BEZ UŘÍZNUTÉHO VZORKU a KONTROLY<br>MATERIÁLU POZICI NENASAZOVAT!=<br>=15260 - VŠE S PŘÍD.5mm NA PLOCHU !=<br><br>ofrézovat obvod 1570x1610<br>a silu 548.21 s příd.5mm na plochu,<br>zúhlovat | |

Poslední operace: 110 Tisk postupu(pokračování na další straně...)

Tab. 2 (pokračování) Originální technologický postup

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŠKODA VSN | [redacted] | Datum : [redacted] | List : 2 |
|---|---|---|---|

| List : | Pozice : | Provedení : | Obj.návrh : | Zakázkové číslo : | Obj.ks | Číslo dávky : |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44,45,46 | 3.1 | | | | 1 | [redacted] |

| Mat.dílna | Číslo výkresu : | Název : | Typ : Č.dílu : |
|---|---|---|---|
| 4115 | [redacted] | POHYBLIVÝ RÁM | [redacted] |

| Jakost mat.: | 15260 | Hm.: | Pol.: |
|---|---|---|---|

| Pozn.: | 1570x1610x548.21 | ID : [redacted] |
|---|---|---|
| P.R.: | Technolog : [redacted] Tech.MK : | Sch.: [redacted] Konst.: |

| Op. Stř. | TŘ. Tř. | Nr.1kus Přípravný | Pracoviště Celkem | Popis operace / NC Program | OTK Os.číslo |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | OSTATNÍ NEPROVÁDĚT ! | |
| 40 | 6 | [redacted] | 35323 | =OBVOD A SÍLA S PŘÍD.5mm NA PLOCHU !=<br>=15260 - VŠE S PŘÍD.5mm NA PLOCHU != | |
| 4115 | G | [redacted] | 4712.00 | ZE STRAN:<br>6x M48/hl.74/D110/hl.2 závity vyřezat[M]<br>[MONTÁŽ PŘENOSNÝCH ZÁVITOVÝCH OK !]<br>2x upínací drážku 36 na 32<br>pro upnutí na úhelníky na FSQ 200 CNC<br><br>2x rohy pod 45° s R50 [SPODNÍ]<br>2x rohy pod 47° s R50 [HORNÍ]<br>rovně s příd.5mm na plochu<br><br>Z DĚLÍCÍ ROVINY:<br>VYCHÁZET OD BODU"0"od základny 250+-0.1<br>1x zámek<br>X=-505H7+505H7 x Y=+470H7-540H7/40-0.05<br>2x rohy 45° s R40 a R10 [SPODNÍ]<br>2x rohy 43° s R40 a R10 [HORNÍ]<br><br>1x zámek 750H7x805H7/0 s R10<br><br>VYBRÁNÍ PRO ZÁMKOVÉ VLOŽKY:<br>[rohové kameny, využít horní tolerance]<br>1x roh 278x253.5/45°/hl.0 s R40,R10<br>1x roh 278x253.5/45°/hl.0 s R40,R10<br>1x roh 278x183.5/43°/hl.0 s R40,R10<br>1x roh 278x183.5/43°/hl.0 s R40,R10<br><br>SPODNÍ A HORNÍ VYBRÁNÍ PRO ŠOUPATA:<br>2x vybrání šíře [455mm]<br>-227.5+0.7+0.3 +227.5+0.7+0.3/40-0.05,<br>4x odstup ve vybrání šíře [597mm]<br>-298.5+0.5+0.2+298.5+0.5+0.2/198.21+0.05<br>2x drážku 150H8/hl.20-0.05<br>vše od bodu [0] dle nárysu,pohledu P,Q<br>4x drážku 70/hl.10 s R4 NEPROVÁDĚT !<br><br>BOČNÍ VYBRÁNÍ PRO ŠOUPATA:<br>2x vybrání šíře [574mm]<br>-287+0.7+0.3 +287+0.7+0.3/40-0.05,<br>4x odstup ve vybráních šíře [716mm]<br>-358+0.5+0.2+358+0.5+0.2/hl.198.21+0.05<br>2x drážky 150H8/hl.20-0.05<br>vše od bodu [0] dle nárysu,řezu A-A,<br>pohledu O | |

Poslední operace: 110

Tisk postupu(pokračování na další straně..)

Tab. 2 (pokračování) Originální technologický postup

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŠKODA VSN | | | [redacted] | | Datum : [redacted] | List : 3 |
| List : 44,45,46 | Pozice : 3.1 | Provedení : | Obj.návrh : | Zakázkové číslo : | Obj.ks 1 | Číslo dávky : [redacted] |
| Mat.dílna 4115 | Číslo výkresu : [redacted] | | Název : POHYBLIVÝ RÁM | | Typ : Č.dílu : [redacted] | |
| Jakost mat.: 15260 | | Hm.: | Pol.: | | | |
| Pozn.: | | | | 1570x1610x548.21 | | ID : [redacted] |
| P.R.: | | | | Technolog : [redacted] Tech.MK : | | Sch.: [redacted] Konst.: |

| Op. Stř. | TŘ. Tř. | Nr.1kus Přípravný | Pracoviště Celkem | Popis operace / NC Program | OTK Os.číslo |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 4x drážku 70/h1.10 s R4 NEPROVÁDĚT !<br>1x vybrání 265x440 s R20/h1.35H8<br>vše vyhrubovat s příd.5mm na plochu<br>12x D30 PRŮCHOZÍ [K]<br>OSTATNÍ NEPROVÁDĚT ! | |
| 50<br>4116 | 4<br>I | [redacted] | 09444<br>172.00 | srazit ostří a hrany,<br>připravit poz. pro kalení,označit | |
| 60<br>4000 | 0<br>0 | [redacted] | 09171<br>0.00 | EXTERNĚ:<br>zušlechtit na 900+150 MPa,<br>zk. tvrdosti,pískovat<br>manipulační otvory M48 dodat čisté,<br>schopné montáže manipulačních ok! | |
| 70<br>4116 | 4<br>I | [redacted] | 09444<br>162.00 | závity pročistit,montáž závěsných ok | |
| 80<br>4115 | 7<br>F | [redacted] | 45366<br>9180.00 | =OBVOD,SÍLA A VYBRÁNÍ VYHRUBOVÁNY<br>15260 S PŘÍD.5mm NA PLOCHU !=<br>=POZOR,DLE VYHRUB. TVARŮ,PROMĚŘIT!=<br>=OTVORY PROVÉST DLE MOŽNOSTI<br>NEJPRVE Z DĚLÍCÍ ROVINY !=<br>*<br>ZE ZÁKLADNY:<br>základnu hotově,čistě,dle tvaru<br><br>Z DĚLÍCÍ ROVINY:<br>horní plochu na míru 548.21-0.3 hotově<br>vycházet od BODU "0"<br>[od základny 250+-0.1]<br>1x zámek [využít horní tolerance]<br>X=-505H7+505H7 x Y=+470H7-540H7/40-0.05<br>2x rohy 45° s R40 a R10 [SPODNÍ]<br>2x rohy 43° s R40 a R10 [HORNÍ]<br><br>1x zámek [využít horní tolerance] | |

Poslední operace: 110

Tisk postupu(pokračování na další straně...)

Tab. 2 (pokračování) Originální technologický postup

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŠKODA VSN | [redacted] | Datum: [redacted] | List: 4 |
|---|---|---|---|

| List: | Pozice: | Provedení: | Obj.návrh: | Zakázkové číslo: | Obj.ks | Číslo dávky: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44,45,46 | 3.1 | | | | 1 | [redacted] |

| Mat.dílna | Číslo výkresu: | Název: | Typ: Č.dílu: |
|---|---|---|---|
| 4115 | [redacted] | POHYBLIVÝ RÁM | [redacted] |

| Jakost mat.: | Hm.: | Pol.: |
|---|---|---|
| 15260 | | |

| Pozn.: | 1570x1610x548.21 | ID: [redacted] |
|---|---|---|
| P.R.: | Technolog: [redacted] Tech.MK: | Sch.: [redacted] Konst.: |

| Op. Stř. | TŘ. Tř. | Nr.1kus Přípravný | Pracoviště Celkem | Popis operace / NC Program | OTK Os.číslo |
|---|---|---|---|---|---|

```
  750H7x805H7/0 s R10

VYBRÁNÍ PRO ZÁMKOVÉ VLOŽKY:
[rohové kameny, využít horní tolerance]
1x roh 278x253.5/45°/hl.0 s R40,R10
1x roh 278x253.5/45°/hl.0 s R40,R10
1x roh 278x183.5/43°/hl.0 s R40,R10
1x roh 278x183.5/43°/hl.0 s R40,R10
včetně odlehčení 0.5mm,
vše hotově, čistě,

SPODNÍ A HORNÍ VYBRÁNÍ PRO ŠOUPATA:
2x vybrání šíře [455mm]
-227.5+0.7+0.3 +227.5+0.7+0.3/40-0.05,
4x odstup ve vybrání šíře [597mm]
-298.5+0.5+0.2+298.5+0.5+0.2/198.21+0.05
horní plochu s přid.0.5mm na plochu,
2x šíři drážek 150H8 s přid.1mm na pl.,
hl. drážek 20-0.05 hotově
4x odlehčení drážek 150H8
[u zámku vložky] 25mm/šíře 152mm
vše od bodu [0] dle nárysu,pohledu P,Q
4x drážku 70/hl.10 s R4

BOČNÍ VYBRÁNÍ PRO ŠOUPATA:
2x vybrání šíře [574mm]
-287+0.7+0.3 +287+0.7+0.3/40-0.05,
4x odstup ve vybráních šíře [716mm]
-358+0.5+0.2+358+0.5+0.2/hl.198.21+0.05
horní plochu s přid.0.5mm na plochu,
2x šíři drážek 150H8 s přid.1mm na pl.,
hl. drážek 20-0.05 hotově
4x odlehčení drážek 150H8
[u zámku vložky] 25mm/šíře 152mm
vše od bodu [0] dle nárysu,řezu A-A,
pohledu O
4x drážku 70/hl.10 s R4

1x vybrání 265x440 s R20/hl.35H8
4x D60/hl.70 s R10

 =POZOR,VŠECHNY PRŮCHOZÍ OTVORY VRTAT
 NEJPRVE DLE MOŽNOSTI Z DĚLÍCÍ ROVINY!=
4x D12H7/hl.20 v osách lic. destiček
2x D40H7 NEPROVÁDĚT !                [A]
64x M20 závity vyřezat               [B]
16x D16H7 NEPROVÁDĚT !               [C]
8x D32H7 NEPROVÁDĚT !
                /M20 závity vyřezat  [D]
45x D21/D34                          [I]
```

Poslední operace: 110

Tisk postupu(pokračování na další stránce..)

Tab. 2 (pokračování) Originální technologický postup

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŠKODA VSN | [redacted] | Datum : [redacted] | List : 5 |
|---|---|---|---|

| List : | Pozice : | Provedení : | Obj.návrh : | Zakázkové číslo : | Obj.ks | Číslo dávky : |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44,45,46 | 3.1 | | | | 1 | [redacted] |

| Mat.dílna | Číslo výkresu : | Název : | Typ : |
|---|---|---|---|
| 4115 | [redacted] | POHYBLIVÝ RÁM | Č.dílu : [redacted] |

| Jakost mat.: | 15260 | Hm.: | Pol.: |
|---|---|---|---|

| Pozn.: | 1570x1610x548.21 | ID : [redacted] |
|---|---|---|
| P.R.: | Technolog : [redacted]<br>Tech.MK : | Sch.: [redacted]<br>Konst.: |

| Op. Stř. | TŘ. Tř. | Nr.1kus Přípravný | Pracoviště Celkem | Popis operace | NC Program | OTK Os.číslo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 12x D30 PRŮCHOZÍ | [K] | |
| | | | | 8x D17H7/hl.25/M16/D12/hl.64+0.4-0.2 | [T] | |
| | | | | 6x D11/15° | [L] | |
| | | | | 5x D12/15° | [O] | |
| | | | | 3x D14/15° | [P] | |
| | | | | 1x D10/15° | [220] | |
| | | | | 1x D16/15° | [222] | |
| | | | | 1x D18/15° | [223] | |
| | | | | 1x D11 PRŮCHOZÍ | [221] | |
| | | | | 1x D29 PRŮCHOZÍ | [227] | |
| | | | | 1x D18 PRŮCHOZÍ | [224] | |
| | | | | 1x D27 PRŮCHOZÍ | [228] | |
| | | | | 1x D18 PRŮCHOZÍ | [225] | |
| | | | | 1x D12 PRŮCHOZÍ | [229] | |
| | | | | 1x D38 PRŮCHOZÍ | [226] | |
| | | | | naznačit plochy obvodu | | |
| | | | | ZE ZÁKLADNY: | | |
| | | | | 1x zámek 65x104 s R10/hl.25 | | |
| | | | | 1x zámek 68x76 s R10/hl.25 | | |
| | | | | 1x zámek 78x106 s R10/hl.25 | | |
| | | | | 12x M12 závity vyřezat | [N] | |
| | | | | 4x drážky 15 v hl.25/hl.40/hl.55 | | |
| | | | | včetně rozšíření s R10.5 a zámků 76x78 | | |
| | | | | 8x M8 závity vyřezat | [G-G] | |
| | | | | 1x drážku 24/hl.25 | | |
| | | | | 6x drážku 16/hl.25 | [nárys,G-G] | |
| | | | | dovrtání otvorů a provést zahloubení | | |
| | | | | u otvorů z dělící roviny: | | |
| | | | | 45x D21/D34 | [I] | |
| | | | | 12x D30 PRŮCHOZÍ UPRAVIT ! | [K] | |
| | | | | 6x D11/15° | [L] | |
| | | | | 5x D12/15° | [O] | |
| | | | | 3x D14/15° | [P] | |
| | | | | 1x D10/15° | [220] | |
| | | | | 1x D16/15° | [222] | |
| | | | | 1x D18/15° | [223] | |
| | | | | 1x D11 PRŮCHOZÍ | [221] | |
| | | | | 1x D29 PRŮCHOZÍ | [227] | |
| | | | | 1x D18 PRŮCHOZÍ | [224] | |
| | | | | 1x D27 PRŮCHOZÍ | [228] | |

Poslední operace 110

Tisk postupu(pokračování na další straně..)

Tab. 2 (pokračování) Originální technologický postup

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŠKODA VSN | [redacted] | Datum : [redacted] | List : 6 |
|---|---|---|---|

| List : | Pozice : | Provedení : | Obj.návrh : | Zakázkové číslo : | Obj.ks | Číslo dávky : |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44,45,46 | 3.1 | | | | 1 | [redacted] |

| Mat.dílna | Číslo výkresu : | Název : | Typ : Č.dílu : |
|---|---|---|---|
| 4115 | [redacted] | POHYBLIVÝ RÁM | [redacted] |

| Jakost mat.: | 15260 | Hm.: | Pol.: |
|---|---|---|---|

| Pozn.: | 1570x1610x548.21 | ID : [redacted] |
|---|---|---|
| P.R.: | Technolog : [redacted]<br>Tech.MK : | Sch.: [redacted]<br>Konst.: |

| Op. Stř. | TŘ. Tř. | Nr.1kus Přípravný | Pracoviště Celkem | Popis operace / NC Program | OTK Os.číslo |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1x D18 PRŮCHOZÍ [225]<br>1x D38 PRŮCHOZÍ [226]<br>1x D12 PRŮCHOZÍ [229]<br><br>1x D11 rozfrézovat do D29 [221]<br>1x D18 rozfrézovat do D38 [225]<br>1x D12 rozfrézovat do D38 [229]<br><br>23x M36 závity vyřezat [E]<br>2x D50H8 NEPROVÁDĚT !/<br>M36 závity vyřezat [G]<br>4x D24/120°/D40.5/hl.40 [H]<br><br>ZE STRAN:<br>obvod 1570x1610 hotově,čistě,zúhlovat<br><br>SPODNÍ STRANA: POHLED [P]<br>2x M48/hl.74/D106 závity upravit [M]<br>2x M20 závity vyřezat [B]<br>4x M10 závity vyřezat [R]<br><br>HORNÍ STRANA: POHLED [Q]<br>4x M48/hl.74 závity upravit [M]<br>2x M20 závity vyřezat [B]<br><br>LEVÁ STRANA: POHLEDU [O]<br>1x upínací drážku po obvodě 36 s R3/25<br>4x M20 závity vyřezat [B]<br>2x M10 závity vyřezat [R]<br><br>PRAVÁ STRANA: ŘEZ [A-A]<br>1x upínací drážku po obvodě 36 s R3/25<br>4x M20 závity vyřezat [B]<br>4x M10 závity vyřezat [R]<br><br>2x rohy pod 45° s R50 [SPODNÍ]<br>2x rohy pod 47° s R50 [HORNÍ]<br>hotově,čistě<br><br>8x D30/hl.105 hotově<br>4x vybrání pro licovací destičky<br>vyhrubovat s přid.3mm na plochu<br><br>4x vybrání 106/hl.102 hotově<br><br>OSTATNÍ NEPROVÁDĚT !<br>* | |

Poslední operace: 110 Tisk postupu(pokračování na další straně..)

Tab. 2 (pokračování) Originální technologický postup

| TECHNOLOGICKÝ POSTUP ŠKODA VSN | [redacted] | Datum : [redacted] | List : 7 |
|---|---|---|---|

| List : | Pozice : | Provedení : | Obj.návrh : | Zakázkové číslo : | Obj.ks | Číslo dávky : |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 44,45,46 | 3.1 | | | | 1 | [redacted] |

| Mat.dílna | Číslo výkresu : | Název : | Typ : Č.dílu : |
|---|---|---|---|
| 4115 | [redacted] | POHYBLIVÝ RÁM | [redacted] |

| Jakost mat.: | 15260 | Hm.: | Pol.: |
|---|---|---|---|

| Pozn.: | 1570x1610x548.21 | ID : [redacted] |
|---|---|---|
| P.R.: | Technolog : [redacted]<br>Tech.MK : | Sch.: [redacted]<br>Konst.: |

| Op. Stř. | TŘ. Tř. | Nr.1kus Přípravný | Pracoviště Celkem | Popis operace / NC Program | OTK Os.číslo |
|---|---|---|---|---|---|
| 90<br>4115 | 7<br>F | [redacted]<br>[redacted] | 54828<br>1691.00 | =POZOR,6x PROPOJENÍ CHLAZENÍ ZE ZÁKLADNY NEPROVÁDĚT !=<br>*<br>chlazení rámu:<br>SPODNÍ STRANA: POHLED [P]<br>4x D22/Rp 3/4"/D30 závity vyřezat [CH2,6,11,13]<br>HORNÍ STRANA: POHLED [Q]<br>4x D22/Rp 3/4"/D30 závity vyřezat [CH6,11,13,18]<br>otvory pro chladicí trubky:<br>2x D22/80.5°<br>2x D22/86°<br><br>LEVÁ STRANA: POHLED [O]<br>4x D22/Rp 3/4"/D30 závity vyřezat [CH4,8,10,12]<br>otvory pro chladicí trubky:<br>2x D22/80°<br><br>PRAVÁ STRANA: ŘEZ [A-A]<br>4x D22/Rp 3/4"/D30 závity vyřezat [CH4,12,15,17]<br>4x D22/Rp 3/4"/D33 závity vyřezat [CH1,19]<br>otvory pro chladicí trubky:<br>2x D22/80°<br>* | |
| 100<br>4116 | 4<br>1<br>I | [redacted]<br>[redacted] | 09444<br>192.00 | srazit ostří a hrany,<br>připravit pro další opracování | |
| 110<br>4052 | 0 | [redacted]<br>[redacted] | 38749<br>1350.00 | kontrola úkonů označených *<br>+určení rozměrů pohyblivé vložky poz.4.1<br>a desky jader poz.4.6<br><br>=DÁLE POZ.3.1 U POZ.3 != | |

Poslední operace: 110 Tisk postupu(Konec)

# Příloha 3 – Parametry strojů a Index kvality obráběcích strojů

Tab. 3 Charakteristiky obráběcích strojů; zdroj: Škoda

| | **FSQ 200**<br>TOS Kuřim | **WHN 13A**<br>TOS Varnsdorf | **TRIMILL VF 4525**<br>TRIMILL Zlín | **TRIMILL VU 3013**<br>TRIMILL Zlín |
|---|---|---|---|---|
| **Počet řízených os** | 3 osy (X,Y,Z) | 3 osy (X,Y,Z) | 5 os (X,Y,Z,B,C) | 5 os (X,Y,Z,B,C) |
| **Pracovní pojezdy X,Y,Z** | 3 500 x 2 000 x 1 250 | 2 000 x 2 000 x 1 250 | 4 500 x 2 500 x 1 300 | 3 000 x 1 300 x 1 000 |
| **Upínací plocha stolu** | 2 000 x 2 000 | 1 780 x 1 600 | 5 000 x 2 800 | 1 800 x 1 800 |
| **Upínací drážky** | 28H7 x 200 | 23H7 x 160 | 14H7 x 180 | 18H7 x 160 |
| **Řídicí systém** | SINUMERIC 840D | HEIDENHAIN TNC 426 | FIDIA C20 | FIDIA C20 |
| **Osa B** | - | - | -/+ 185° | -95°/+2° |
| **Osa C** | - | - | -2°/+95° | 0 - 360° (otočný stůl) |
| **Otočný stůl** | 0 - 360° | 0 - 360° | - | 0 - 360° |
| **Výkon vřetene (S1/100%)** | 28 kW / ISO 50 | | 25 kW, HSK 100 | 25 kW, HSK 100 |
| **Rozsah otáček** | 0 - 4 000 [mm/min] | 0 - 800 [mm/min] | 0 - 10 000 [mm/min] | 0 - 10 000 [mm/min] |
| **Počet nástrojů v zásobníku** | 40 | - | 30 | 10 |
| **Pracovní posuv** | 10 000 [mm/min] | 4 500 [mm/min] | 20 000 [mm/min] | 20 000 [mm/min] |
| **Rychloposuv** | 10 000 [mm/min] | 6 000 [mm/min] | 30 000 [mm/min] | 30 000 [mm/min] |
| **Hmotnost stroje** | 31 000 [kg] | | 52 000 [kg] | 24 000 [kg] |
| **Max. hmotnost obrobku** | 15 000 [kg] | 12 000 [kg] | 30 000 [kg] | 20 000 [kg] |
| **Chlazení** | vnitřní / vnější | vnější | vnitřní / vnější | vnitřní / vnější |

## Index kvality obráběcích strojů

V momentě, kdy jsou jasné představy o parametrech nového stroje, přichází na řadu selekce nabídky trhu s obráběcími stroji. Napomoci roztřídit a porovnat jednotlivé obráběcí stroje různých výrobců může nově vyvinutá metodika hodnocení. Jedná se o tzv. Index kvality obráběcího stroje představený v MM Průmyslovém spektru [6].

Tato metodika poskytuje návod, jak efektivně porovnávat vertikální a horizontální obráběcí centra. Při sjednocení vstupních technických parametrů porovnávaných strojů, je možné porovnat technické a konstrukční parametry strojů od různých výrobců a získat tak potřebné podklady pro rozhodování [6].

Metoda disponuje stupnicí, do které se zařazuje získaný index kvality $I_k$ a jednoznačně se tím určuje zařazení stroje. Stupnice je rozdělena do pěti charakteristických skupin, přičemž platí, že čím nižší je vypočítaný index kvality, tím kvalitnější stroj je. Index kvality obráběcího stroje $I_k$ se získá jako aritmetický průměr patnácti dílčích podskupin vynásobených koeficientem navýšení kvality. [6]

**Stupnice - Index kvality obráběcích strojů $I_k$**

$I_k$ *0 až 1 = super kvalita*

$I_k$ *1 až 2 = výborná kvalita*

$I_k$ *2 až 3 = velmi dobrá kvalita*

$I_k$ *3 až 4 = dobrá kvalita*

$I_k$ *4 až 5 = vyhovující kvalita*

$I_k$ *5 a více = nevyhovující kvalita*

**Podskupiny indexu kvality**

$I_{k1}$ *Poměr půdorysu stroje proti rozjezdu v osách X, Y, Z*

$I_{k2}$ *Poměr hmotnosti stroje proti hmotnosti obrobku*

$I_{k3}$ *Vřeteno ($M_k$, n, chlazení)*

$I_{k4}$ *Rychloposuvy v osách*

$I_{k5}$ *Zrychlení v osách*

$I_{k6}$ *Opakovatelná přesnost najetí lineárních os X, Y, Z*

$I_{k7}$ *Opakovatelná přesnost najetí otočných os A, B, C*

$I_{k8}$ *Počet os stroje*

$I_{k9}$ *Počet výměnných palet (stolů)*

$I_{k10}$ *Zásobník nástrojů*

$I_{k11}$ *Čas výměny nástroje (tříska - tříska)*

$I_{k12}$ *Počet vřeten*

$I_{k13}$ *Elektrický příkon proti počtu os a vřeten*

$I_{k14}$ *Zakrytování stroje*

$I_{k15}$ *Možnosti zařazení stroje do automatického výrobního systému*

**Koeficient navýšení kvality pro centra $k_n$**

*tříosá = 1*

*čtyřosá = 0,9*

*pětiosá = 0,8*

**Výpočet Indexu kvality obráběcího stroje**

$$I_k = \left(\frac{1}{15}\sum_{i=1}^{15} I_{ki}\right) \cdot k_n \qquad (1)$$

**Modelový příklad stanovení a výpočtu indexu kvality** [8]

$I_{k1}$ *Poměr půdorysu stroje proti rozjezdu v osách X, Y, Z v metrech čtverečních dělený konstantou 5*

Dáno: půdorys stroje 4000 x 2200 [mm]
rozjezdy X,Y,Z 900/900/600 [mm]
pozn. hodnoty zadávat do rovnice v metrech!

Výpočet: $I_{k1} = \frac{\frac{4 \cdot 2{,}2}{0{,}9 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}6}}{5} = 3{,}62$

$I_{k2}$ *Poměr hmotnosti stroje proti hmotnosti obrobku dělený konstantou 5*

Dáno: hmotnost stroje 10 800 [kg]
hmotnost obrobku [kg]

Výpočet: $I_{k2} = \frac{\frac{10\,800}{1\,000}}{5} = 2{,}16$

$I_{k3}$ *Vřeteno ($M_k$, n, chlazení)*

Dáno: max. otáčky vřetena 12 000 [ot/min]
krouticí moment 125 [Nm]
vnitřní chlazení 60 barů

pozn. a) $I_{k3ot} = 1$ platí pro 18 000 [ot/min]

b) $I_{k3vch}$ pro vnitřní chlazení:
60 barů = 1
40 barů = 2
20 barů = 3
bez chlazení = 4

c) $I_{k3km} = 1$ pro krouticí moment 200 Nm

Výpočet: $I_{k3} = \frac{I_{k3ot}+I_{k3vch}+I_{k3km}}{3} = \frac{\frac{18\,000}{12\,000}+1+\frac{200}{125}}{3} = 1{,}37$

$I_{k4}$ <u>*Rychloposuvy v osách*</u>

Dáno: rychloposuv v ose X = 60 [m/min]
rychloposuv v ose Y = 60 [m/min]
rychloposuv v ose Z = 60 [m/min]
rychloposuv v ose A = 38 [m/min]
rychloposuv v ose B = 23 [m/min]
pozn. $I_{k4} = 1$ platí pro rychloposuv 90 [m/min]

Výpočet: $I_{k4} = \frac{90}{\frac{60+60+60+38+23}{5}} = 1{,}87$

$I_{k5}$ <u>*Zrychlení v osách*</u>

Dáno: zrychlení v ose X = 10 [m/s$^2$]
zrychlení v ose Y = 10 [m/s$^2$]
zrychlení v ose Z = 10 [m/s$^2$]
zrychlení v ose A = 12 [m/s$^2$]
zrychlení v ose B = 6 [m/s$^2$]
pozn. $I_{k5} = 1$ platí pro zrychlení 15 [m/s$^2$]

Výpočet: $I_{k5} = \frac{15}{\frac{10+10+10+12+6}{5}} = 1{,}56$

$I_{k6}$ <u>*Opakovatelná přesnost najetí lineárních os X, Y, Z*</u>

Dáno: opak. přesnost najetí v ose X = 0,005 [mm]
opak. přesnost najetí v ose Y = 0,003 [mm]
opak. přesnost najetí v ose Z = 0,002 [mm]
$I_{k6} = 1$ platí pro 0,001 [mm]
$I_{k6} = 1{,}5$ platí pro 0,002 [mm]
$I_{k6} = 2$ platí pro 0,003 [mm]
$I_{k6} = 2{,}5$ platí pro 0,005 [mm]
$I_{k6} = 3$ platí pro 0,010 [mm]
$I_{k6} = 3{,}5$ platí pro 0,015 [mm]
$I_{k6} = 4$ platí pro 0,020 [mm]
$I_{k6} = 4{,}5$ platí pro 0,025 [mm]
$I_{k6} = 5$ platí pro 0,030 [mm]

Výpočet: $I_{k6} = \frac{0{,}005+0{,}003+0{,}002}{3} = 0{,}00333\ [mm] \rightarrow I_{k6} = 2$

*$I_{k7}$ Opakovatelná přesnost najetí otočných os A, B, C*

Dáno: opak. přesnost najetí v ose A = 5 [s]
opak. přesnost najetí v ose B = 3 [s]
$I_{k7} = 1$ platí pro 2 [s]
$I_{k7} = 1{,}5$ platí pro 3 [s]
$I_{k7} = 2$ platí pro 4 [s]
$I_{k7} = 2{,}5$ platí pro 5 [s]
$I_{k7} = 3$ platí pro 10 [s]
$I_{k7} = 3{,}5$ platí pro 15 [s]
$I_{k7} = 4$ platí pro 20 [s]
$I_{k7} = 4{,}5$ platí pro 30 [s]
$I_{k7} = 5$ platí pro 60 [s]

Výpočet: $I_{k7} = \frac{5+3}{2} = 4\ [s] \rightarrow I_{k7} = 2$

*$I_{k8}$ <u>Počet os stroje</u>*

3 osy: $I_{k8} = 4$
4 osy: $I_{k8} = 2{,}5$
5 os: $I_{k8} = 1{,}5$
více než 5 os: $I_{k8} = 1$

*$I_{k9}$ <u>Počet výměnných palet (stolů)</u>*

pevný stůl: $I_{k9} = 3$
dvě palety (stoly): $I_{k9} = 2$
více palet: $I_{k9} = 1$

*$I_{k10}$ <u>Zásobník nástrojů</u>*

Dáno: zásobník nástrojů má 2x24 pozic
pozn. $I_{k10} = 1$ platí pro 60 pozic

Výpočet: $I_{k10} = \frac{60}{2 \cdot 24} = 1{,}25$

*$I_{k11}$ <u>Čas výměny nástroje (tříska - tříska)</u>*

Dáno: čas výměny nástroje = 3,6 [s]
pozn. $I_{k11} = 1$ platí pro čas výměny nástroje 1 [s]

Výpočet: $I_{k11} = 3{,}6$

*$I_{k12}$ <u>Počet vřeten</u>*

Dáno: stroj má 1 vřeteno
pozn. $I_{k12} = 1$ platí pro 2 vřetena na stroji

Výpočet: $I_{k12} = \frac{2}{1} = 2$

$I_{k13}$ *Elektrický příkon proti počtu os a vřeten děleno konstantou 5*

Dáno: stroj má příkon 74 [kVA]
stroj má 4 osy
stroj má 2 vřetena

Výpočet: $I_{k1} = \frac{\frac{74}{(4+2)}}{5} = 2{,}46$

$I_{k14}$ *Zakrytování stroje*

$I_{k14} = 1$ platí pro kompletně zakrytovaný stroj včetně stropu a zásobníků nástrojů s vynašeče třísek z pracovní kabiny a ven ze stroje
$I_{k14} = 2$ platí pro kompletně zakrytovaný stroj včetně stropu a zásobníků nástrojů bez vynašeče třísek z pracovní kabiny
$I_{k14} = 3$ platí pro kompletně zakrytovaný stroj včetně stropu a zásobníků nástrojů bez vynašeče třísek z pracovní kabiny a ven ze stroje
$I_{k14} = 4$ zakrytování stroje bez stropu
$I_{k14} = 5$ zakrytování pouze pracovní kabiny

$I_{k15}$ *Možnosti zařazení stroje do automatického výrobního systému*

$I_{k15} = 1$ je možnost zařadit stroje do pružného výrobního systému
$I_{k15} = 2$ je možnost zařadit stroje vedle sebe do linky a výměnu palet řídit ze stroje
$I_{k15} = 3$ stroj není možné použít v automatickém systému - musí pracovat samostatně

$I_k$ *výsledný index kvality*

Výpočet konečné hodnoty indexu kvality Ik se provede na základě vztahu (1). Tento postup se opakuje pro všechny porovnávané obráběcí stroje a výsledky se zanesou do tabulky. Ohodnocení kvality jednotlivých obráběcích strojů se provede na základě výše uvedené stupnice.

$$I_k = \left(\frac{1}{15}\sum_{i=1}^{15} I_{ki}\right) \cdot k_n \qquad (1)$$

Tab. 4.1 **Vrtací úseky realizované z dělící roviny**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | Ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet děr}$ [-] | $T_{min v řezu}$ [min] | $t_{AS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{os}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Navrtání děr | NMB Navrtávák D25/90st<br>*NVC 25.100.25.30.K.90/120* | - | 145 | 8 | 78,5 | 1000 | 0,03 | 30 | 3000 | 800,0 | 56,9 | 0,57 | 13 |
| 2 | Vrtání pro D12H7 | NMB Vrták D11,5<br>*VS221.12.110.11,5.70.CH.J.K.MG* | 11,5 | 4 | 30 (3D) | 22,04 | 610 | 0,12 | 73,2 | 500 | 204,9 | 2,4 | 0,7 | 7 |
| 3 | Vyhrubování D12H7 | NMB Výhrubník D11,75<br>*NVC 25.100.25.30.K.90/120* | 11,75 | 4 | 20 (2D) | 14,77 | 400 | 0,16 | 64 | 500 | 234,4 | 1,6 | 0,8 | 7 |
| 4 | Vystružování D12H7 | Clarkson D12H7<br>*C212SZVHM1200-G-EX* | 12,0 | 4 | 20 (2D) | 60 | 1592 | 0,06 | 95,52 | 300 | 62,8 | 1,4 | 0,7 | 7 |
| 5 | Vrtání pro M20 | Titex D17,5<br>*A4247-17,5* | 17,5 | 72 | 45 (2,5D) | 17,59 | 320 | 0,17 | 54,4 | 60 | 49,6 | 83,8 | 0,7 | 7,6 |
| 6 | Řezání závitů M20 | Fette M20x2,5<br>*6432C-1396389* | M20 | 72 | 35 (2D) | 8 | 127 | 2,5 | 317,5 | 64 | 6,0 | 38,8 | 0,2 | 22 |
| 7 | Vrtání D21/D34<br>(bez zahloubení D34) | Titex D21<br>*A4247-21* | 21,0 | 45 | 132 (6,5D) | 17,15 | 260 | 0,2 | 52 | 10 | 25,4 | 159,7 | 0,7 | 10,5 |
| 8 | Vrtání D30 | Titex D30<br>*A4247-30* | 30,0 | 12 | 128 (4,5D) | 18,8 | 200 | 0,12 | 24 | 20 | 93,8 | 75,1 | 0,75 | 10,5 |
| 9 | Vrtání D18+D18/15°<br>(bez 15° zahloubení) | Titex D18<br>*A4247-18* | 18,0 | 3 | 115 (6,5D) | 18,1 | 320 | 0,17 | 54,4 | 20 | 42,3 | 8,84 | 0,7 | 7,6 |
| 10 | Vrtání D16/15°<br>(bez 15° zahloubení) | Titex D16<br>*A4247-16* | 16,0 | 1 | 115 (7,5D) | 19,1 | 380 | 0,16 | 60,8 | 20 | 37,8 | 2,72 | 0,7 | 7,6 |
| 11 | Vrtání D14/15°<br>(bez 15° zahloubení) | Titex D14<br>*A4247-14* | 14,0 | 3 | 113 (6,5D) | 16,71 | 380 | 0,16 | 60,8 | 20 | 37,2 | 8 | 0,7 | 7,6 |
| 12 | Vrtání D12+D12/15°<br>(bez 15° zahloubení) | Titex D12<br>*A4247-12* | 12,0 | 6 | 113 (9,5D) | 18,85 | 500 | 0,14 | 70 | 20 | 32,3 | 13,7 | 0,7 | 7 |

Tab. 4.1 List: 1

Tab. 4.1 (pokračování) **Vrtací úseky realizované z dělící roviny**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | Ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet děr}$ [-] | $T_{min v řezu}$ [min] | $t_{AS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{vs}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | Vrtání D11+D11/15° (bez 15° zahloubení) | Titex D11 *A4247-11* | 11,0 | 7 | 113 (10,5D) | 19,01 | 550 | 0,13 | 71,5 | 20 | 31,6 | 15,3 | 0,7 | 7 |
| 14 | Vrtání D10/15° (bez 15° zahloubení) | Titex D10 *A4247-10* | 10,0 | 1 | 113 (11,5D) | 19,16 | 610 | 0,12 | 73,2 | 20 | 30,9 | 2,4 | 0,6 | 7 |
| 15 | Vrtání D38 | Titex D38 *A4247-38* | 38,00 | 1 | 120 (3,5D) | 14,33 | 120 | 0,266 | 31,9 | 20 | 75,2 | 4,9 | 0,8 | 13,5 |
| 16 | Vrtání D29 | Titex D29 *A4247-29* | 29,0 | 1 | 120 (4,5D) | 14,12 | 155 | 0,25 | 38,75 | 20 | 61,9 | 4,1 | 0,75 | 10,5 |
| 17 | Vrtání D27 | Titex D27 *A4247-27* | 27,0 | 1 | 118 (4,5D) | 15,27 | 180 | 0,22 | 39,6 | 20 | 59,6 | 3,86 | 0,8 | 10,5 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Tab. 4.2 **Vrtací úseky realizované ze základny**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet děr}$ [-] | $T_{min v řezu}$ [min] | $t_{AS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{os}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | Navrtání děr | Navrtávák D40<br>*Vrták 40 ČSN 22 1140 - upraveny* | - | 74 | 8 | 125,7 | 1000 | 0,03 | 30 | 60 | 16,0 | 39,11 | 0,5 | 16 |
| 19 | Navrtání děr | Navrtávák D16<br>*NVC.16.150.16.30.K.90/120* | - | 12 | 6 | 50,27 | 1000 | 0,03 | 30 | 3000 | 600,0 | 4,44 | 0,55 | 9,5 |
| 20 | Navrtání děr | Navrtávák D12<br>*NVC.12.150.12.30.K.90/120* | - | 32 | 3,5 | 37,7 | 1000 | 0,03 | 30 | 3000 | 350,0 | 9,1 | 0,4 | 7 |
| 21 | Vrtání D30 | Titex D30<br>*A4247-30* | 30,0 | 12 | 128 (4,5D) | 18,8 | 200 | 0,12 | 24 | 20 | 93,8 | 75,1 | 0,75 | 10,5 |
| 22 | Vrtání D21/D34<br>(bez zahloubení D34) | Titex D21<br>*A4247-21* | 21,0 | 45 | 132 (6,5D) | 17,15 | 260 | 0,2 | 52 | 10 | 25,4 | 159,7 | 0,7 | 10,5 |
| 23 | Zahloubení pro D21/D34 | Walter D34 B2074-500246 -special<br>*2xVBD - CCMT 09T304-PNPWAP20* | 34,0 | 45 | 40 (1,5D) | 101,5 | 950 | 0,079 | 75,05 | 45 | 24,0 | 38,8 | 0,6 | - |
| 24 | Vrtání D24/D40,5<br>(bez zahloubení) | Vrták D40,5<br>*Vrták 40,5 ČSN 22 1140* | 40,5 | 4 | 56,5 (1,5D) | 19,09 | 150 | 0,23 | 34,5 | 10 | 16,4 | 8,25 | 0,8 | 10,5 |
| 25 | Zahloubení D24/D40,5 | Vrták D40,5<br>*Vrták 40,5 ČSN 22 1140 - upraveny* | 40,5 | 4 | 50 (1,5D) | 19,09 | 150 | 0,23 | 34,5 | 10 | 16,4 | 7,36 | 0,8 | 10,5 |
| 26 | Vrtání D32 pro M36 | Walter D32 - B3214.N5.032.Z01.128R<br>*2xVBD - P28475-VEL.4-WTP35* | 32,0 | 25 | 75 (2,5D) | 98,52 | 980 | 0,08 | 78,4 | 25 | 23,9 | 33,7 | 0,7 | - |
| 27 | Vrtání D18+D18/15°<br>(bez 15° zahloubení) | Titex D18<br>*A4247-18* | 18,0 | 3 | 115 (6,5D) | 18,1 | 320 | 0,17 | 54,4 | 20 | 42,3 | 7,79 | 0,8 | 7,6 |
| 28 | Vrtání D16/15°<br>(bez 15° zahloubení) | Titex D16<br>*A4247-16* | 16,0 | 1 | 115 (7,5D) | 19,1 | 380 | 0,16 | 60,8 | 20 | 37,8 | 2,7 | 0,7 | 7,6 |

Tab. 4.2 (pokračování) **Vrtací úseky realizované ze základny**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | Ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet\ děr}$ [-] | $T_{min\ v\ řezu}$ [min] | $t_{AS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{os}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29 | Vrtání D16/15° (bez 15° zahloubení) | Titex D16 *A4247-16* | 16,0 | 1 | 115 (7,5D) | 19,1 | 380 | 0,16 | 60,8 | 20 | 37,8 | 2,7 | 0,7 | 7,6 |
| 30 | Vrtání D14/15° (bez 15° zahloubení) | Titex D14 *A4247-14* | 14,0 | 3 | 113 (6,5D) | 16,71 | 380 | 0,16 | 60,8 | 20 | 37,2 | 8 | 0,7 | 7,6 |
| 31 | (bez 15° zahloubení) | Titex D12 *A4247-12* | 12,0 | 6 | 113 (9,5D) | 18,85 | 500 | 0,14 | 70 | 20 | 32,3 | 13,2 | 0,7 | 7 |
| 32 | Vrtání D11+D11/15° (bez 15° zahloubení) | Titex D11 *A4247-11* | 11,0 | 7 | 88 (8D) | 19,01 | 550 | 0,13 | 71,5 | 20 | 24,6 | 12,0 | 0,7 | 7 |
| 33 | Vrtání D10/15° (bez 15° zahloubení) | Titex D10 *A4247-10* | 10,0 | 1 | 113 (11,5D) | 19,16 | 610 | 0,12 | 73,2 | 20 | 30,9 | 2,4 | 0,65 | 7 |
| 34 | Vrtání D38 | Titex D38 *A4247-38* | 38,0 | 1 | 120 (3,5D) | 14,33 | 120 | 0,266 | 31,9 | 20 | 75,2 | 4,6 | 0,8 | 13,5 |
| 35 | Vrtání D29 | Titex D29 *A4247-29* | 29,0 | 1 | 120 (4,5D) | 14,12 | 155 | 0,25 | 38,75 | 20 | 61,9 | 4,1 | 0,75 | 10,5 |
| 36 | Vrtání D27 | Titex D27 *A4247-27* | 27,0 | 1 | 118 (4,5D) | 15,27 | 180 | 0,22 | 39,6 | 20 | 59,6 | 3,86 | 0,8 | 10,5 |
| 37 | Zahloubení D11/15° | Navrtávák D15,75 *Vrták 15,75 ČSN 22 1140 - upraveny* | 15,75 | 6 | 8 | 14,84 | 300 | 0,066 | 19,8 | 10 | 4,1 | 8,4 | 0,3 | 7,6 |
| 38 | Zahloubení D12/15° | Navrtávák D15,75 *Vrták 15,75 ČSN 22 1140 - upraveny* | 15,75 | 5 | 5 | 14,84 | 300 | 0,066 | 19,8 | 16 | 4,1 | 6,3 | 0,2 | 7,6 |
| 39 | Zahloubení D10/15° | Navrtávák D15,75 *Vrták 15,75 ČSN 22 1140 - upraveny* | 15,75 | 1 | 5 | 14,84 | 300 | 0,066 | 19,8 | 16 | 4,1 | 1,25 | 0,2 | 7,6 |

Tab. 4.2 (pokračování) **Vrtací úseky realizované ze základny**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | Ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet děr}$ [-] | $T_{min v řezu}$ [min] | $t_{AS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{os}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | Zahloubení D14/15° | Navrtávák D25<br>*Vrták 25 ČSN 22 1140 - upraveny* | 25,00 | 2 | 5 | 25,6 | 300 | 0,066 | 19,8 | 16 | 4,1 | 2,5 | 0,2 | 13 |
| 41 | Zahloubení D16/15° | Navrtávák D25<br>*Vrták 25 ČSN 22 1140 - upraveny* | 25,00 | 1 | 5 | 25,6 | 300 | 0,066 | 19,8 | 16 | 4,1 | 1,25 | 0,2 | 13 |
| 42 | Zahloubení D18/15° | Navrtávák D25<br>*Vrták 25 ČSN 22 1140 - upraveny* | 25,00 | 1 | 5 | 25,6 | 300 | 0,066 | 19,8 | 16 | 4,1 | 1,25 | 0,2 | 13 |
| 43 | Vrtání D6,8 pro M8 | Titex D6,8<br>*A4247 - special* | 6,8 | 8 | 22 (3,5D) | 19,23 | 900 | 0,088 | 79,2 | 20 | 5,6 | 3,7 | 0,6 | 5,5 |
| 44 | Řezání závitů M8 | Fette M8x1,25 | M8 | 8 | 15 (2D) | 8 | 318 | 1,25 | 397,5 | 64 | 2,5 | 1,65 | 0,2 | 12 |
| 45 | Vrtání D10,2 pro M12 | Titex D10,2<br>*A4247-10,2* | 10,2 | 12 | 30 (3D) | 19,55 | 610 | 0,12 | 73,2 | 20 | 8,2 | 7 | 0,7 | 7 |
| 46 | Řezání závitu M12 | Fette M12x1,75<br>*6412C-1393960* | M12 | 12 | 23 (2D) | 8 | 212 | 1,75 | 397,5 | 64 | 3,7 | 3,5 | 0,2 | 15,3 |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | |

Tab. 4.3 **Vrtací úseky realizované ze spodní strany – pohled [P]**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | Ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet\ děr}$ [-] | $T_{min\ v\ řezu}$ [min] | $t_{AS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{os}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51 | Navrtání děr | NMB Navrtávák D25/90st<br>*NVC 25.100.25.30.K.90/120* | - | 6 | 5 | 78,5 | 1000 | 0,03 | 30 | 3000 | 500,0 | 1,2 | 0,3 | 13 |
| 52 | Vrtání pro M20 | Titex D17,5<br>*A4247-17,5* | 17,5 | 2 | 45 (2,5D) | 17,59 | 320 | 0,17 | 54,4 | 60 | 49,6 | 2,3 | 0,7 | 7,6 |
| 53 | Řezání závitů M20 | Fette M20x2,5<br>*6432C-1396389* | M20 | 2 | 35 (2D) | 8 | 127 | 2,5 | 317,5 | 64 | 7,1 | 0,53 | 0,4 | 22 |
| 54 | Vrtání D8,6 pro M10 | NMB vrták D8,6<br>*VS221.10.110.8,6.70.CH.J.G.MG* | 8,6 | 4 | 22 (3D) | 18,9 | 700 | 0,1 | 70 | 20 | 6,3 | 1,9 | 0,6 | 5,5 |
| 55 | Řezání závitů M10 | Fette M10x1,5<br>*6412C-1393964* | M10 | 4 | 17 (2D) | 8 | 254 | 1,5 | 381 | 64 | 2,9 | 0,62 | 0,3 | 13,7 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Tab. 4.3 **Vrtací úseky realizované z horní strany – pohled [Q]**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | Ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet děr}$ [-] | $T_{min v řezu}$ [min] | $t_{NS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{os}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 56 | Navrtání děr | NMB Navrtávák D25/90st<br>*NVC 25.100.25.30.K.90/120* | - | 2 | 5 | 78,5 | 1000 | 0,03 | 30 | 3000 | 500,0 | 0,5 | 0,3 | 13 |
| 57 | Vrtání pro M20 | Titex D17,5<br>*A4247-17,5* | 17,5 | 2 | 45 (2,5D) | 17,59 | 320 | 0,17 | 54,4 | 60 | 49,6 | 2,3 | 0,7 | 7,6 |
| 58 | Řezání závitů M20 | Fette M20x2,5<br>*6432C-1396389* | M20 | 2 | 35 (2D) | 8 | 127 | 2,5 | 317,5 | 64 | 7,1 | 0,53 | 0,4 | 22 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Tab. 4.4 **Vrtací úseky realizované z levé strany – pohled [O]**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | Ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet\ děr}$ [-] | $T_{min\ v\ řezu}$ [min] | $t_{AS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{os}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 59 | Navrtání děr | NMB Navrtávák D25/90st<br>*NVC 25.100.25.30.K.90/120* | - | 6 | 5 | 78,5 | 1000 | 0,03 | 30 | 3000 | 500,0 | 1,5 | 0,3 | 13 |
| 60 | Vrtání pro M20 | Titex D17,5<br>*A4247-17,5* | 17,5 | 4 | 45 (2,5D) | 17,59 | 320 | 0,17 | 54,4 | 60 | 49,6 | 4,7 | 0,7 | 7,6 |
| 61 | Řezání závitů M20 | Fette M20x2,5<br>*6432C-1396389* | M20 | 4 | 35 (2D) | 8 | 127 | 2,5 | 317,5 | 64 | 7,1 | 1,02 | 0,4 | 22 |
| 62 | Vrtání D8,6 pro M10 | NMB vrták D8,6<br>*VS221.10.110.8,6.70.CH.J.G.MG* | 8,6 | 2 | 22 (3D) | 18,9 | 700 | 0,1 | 70 | 20 | 6,3 | 1,0 | 0,6 | 5,5 |
| 63 | Řezání závitů M10 | Fette M10x1,5<br>*6412C-1393964* | M10 | 2 | 17 (2D) | 8 | 254 | 1,5 | 381 | 64 | 2,9 | 0,3 | 0,3 | 13,7 |

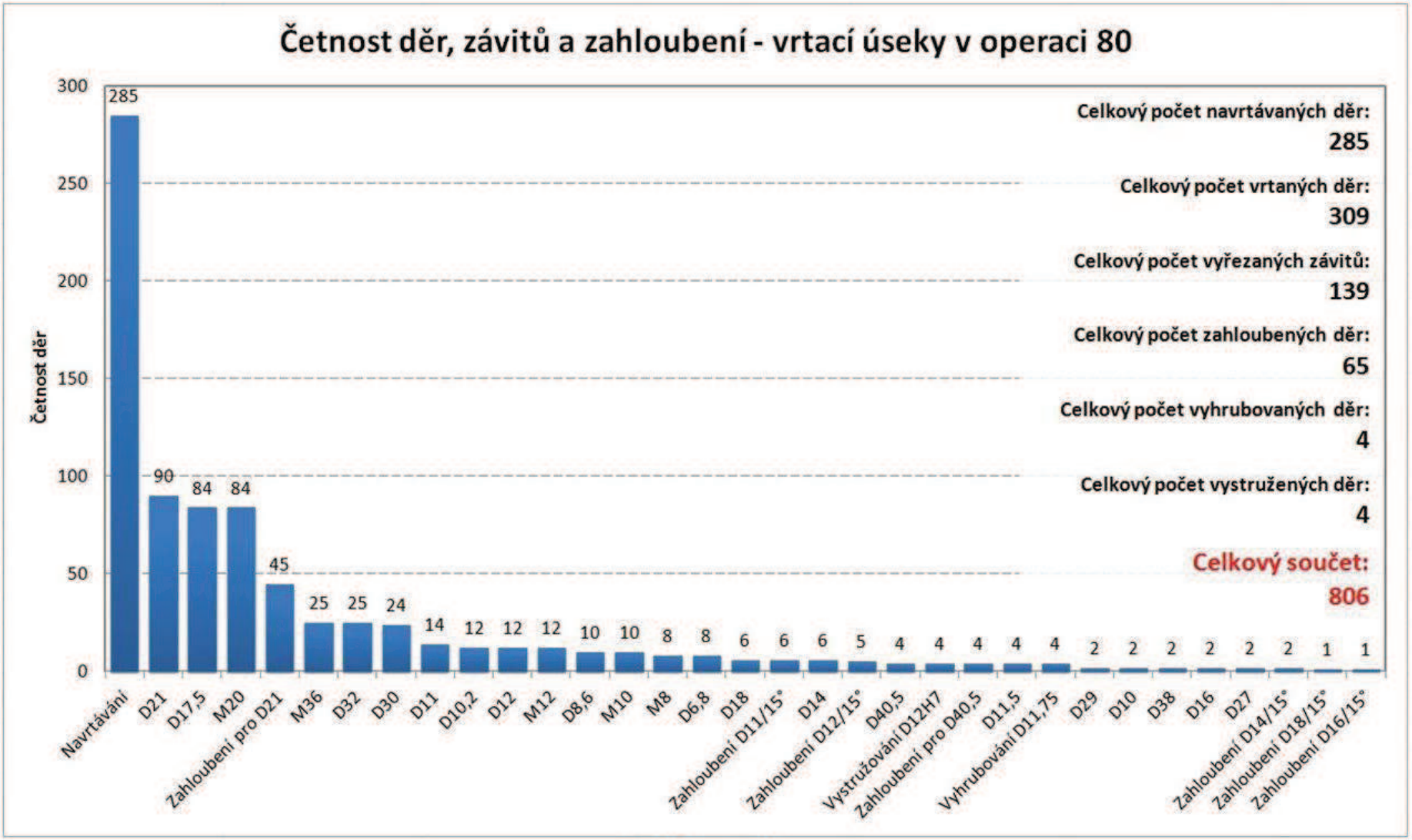
Tab. 4.5 **Vrtací úseky realizované z pravé strany – řez [A-A]**

| Číslo úseku | Popis úseku | Nástroj/označení | Ø díry [mm] | Počet děr [-] | Hl. vrtání [mm] | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_{ot}$ [mm/ot] | $v_f$ [mm/min] | $T_{počet děr}$ [-] | $T_{min v řezu}$ [min] | $t_{AS}$ [min] | $k_r$ [-] | $t_{os}$ [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 64 | Navrtání děr | NMB Navrtávák D25/90st<br>*NVC 25.100.25.30.K.90/120* | - | 8 | 5 | 78,5 | 1000 | 0,03 | 30 | 3000 | 500,0 | 1,9 | 0,6 | 13 |
| 65 | Vrtání pro M20 | Titex D17,5<br>*A4247-17,5* | 17,5 | 4 | 45 (2,5D) | 17,59 | 320 | 0,17 | 54,4 | 60 | 49,6 | 4,2 | 0,8 | 7,6 |
| 66 | Řezání závitů M20 | Fette M20x2,5<br>*6432C-1396389* | M20 | 4 | 35 (2D) | 8 | 127 | 2,5 | 317,5 | 64 | 7,1 | 1,2 | 0,4 | 22 |
| 67 | Vrtání D8,6 pro M10 | Titex 8,6<br>*A4247-8,6* | 8,6 | 4 | 22 (3D) | 18,9 | 700 | 0,1 | 70 | 20 | 6,3 | 1,9 | 0,6 | 5,5 |
| 68 | Řezání závitů M10 | Fette M10x1,5<br>*6412C-1393964* | M10 | 4 | 17 (2D) | 8 | 254 | 1,5 | 381 | 64 | 2,9 | 0,6 | 0,3 | 13,7 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

# Příloha 5 – Četnost děr v operaci 80

Tab. 5. Četnost děr v operaci 80

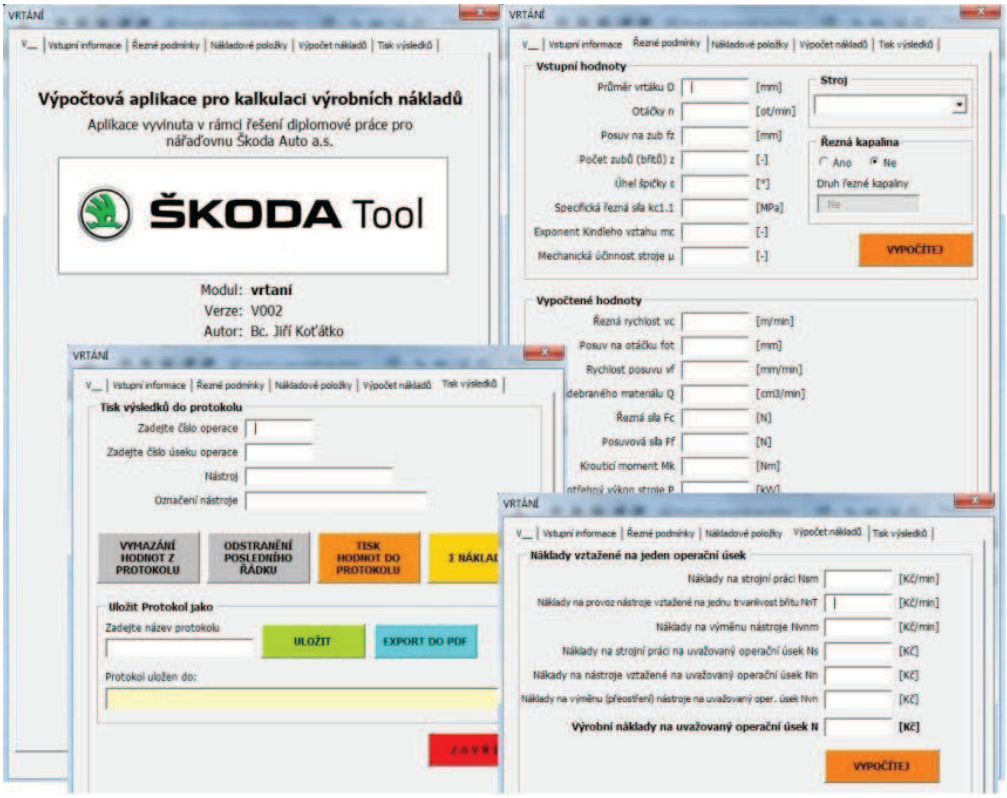
| | Směr obrábění | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dělící rovina | Základna | Pohled [P] | Pohled [Q] | Pohled [O] | Řez [A-A] |
| Navrtávání | 145 | 118 | 6 | 2 | 6 | 8 |
| | | | | | | |
| D11,5 (pro D12H7) | 4 | - | - | - | - | - |
| D17,5 (pro M20) | 72 | - | 2 | 2 | 4 | 4 |
| D21 | 45 | 45 | - | - | - | - |
| D30 | 12 | 12 | - | - | - | - |
| D18 | 3 | 3 | - | - | - | - |
| D16 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| D14 | 3 | 3 | - | - | - | - |
| D12 | 6 | 6 | - | - | - | - |
| D11 | 7 | 7 | - | - | - | - |
| D10 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| D38 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| D29 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| D27 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| D40,5 | - | 4 | - | - | - | - |
| D32 (pro M36) | - | 25 | - | - | - | - |
| D6,8 (pro M8) | - | 8 | - | - | - | - |
| D10,2 (pro M12) | - | 12 | - | - | - | - |
| D8,6 (pro M10) | - | - | 4 | - | 2 | 4 |
| | | | | | | |
| Řezání závitů M20 | 72 | - | 2 | 2 | 4 | 4 |
| Řezání závitů M36 | - | 25 | - | - | - | - |
| Řezání závitů M8 | - | 8 | - | - | - | - |
| Řezání závitů M12 | - | 12 | - | - | - | - |
| Řezání závitů M10 | - | - | 4 | - | 2 | 4 |
| | | | | | | |
| Zahloubení pro D21 | - | 45 | - | - | - | - |
| Zahloubení pro D40,5 | - | 4 | - | - | - | - |
| Zahloubení D11/15° | - | 6 | - | - | - | - |
| Zahloubení D12/15° | - | 5 | - | - | - | - |
| Zahloubení D10/15° | - | 1 | - | - | - | - |
| Zahloubení D14/15° | - | 2 | - | - | - | - |
| Zahloubení D16/15° | - | 1 | - | - | - | - |
| Zahloubení D18/15° | - | 1 | - | - | - | - |
| | | | | | | |
| Vyhrubování D11,75 (D12H7) | 4 | - | - | - | - | - |
| Vystružování D12H7 | 4 | - | - | - | - | - |




Graf. 5. Četnost děr

# Příloha 6 – Výpočtová aplikace pro kalkulaci výrobních nákladů

Výpočtová aplikace je realizována v tabulkovém editoru Microsoft Excel za využití programovacího jazyka VBA. Níže uvedený text popisuje funkčnost aplikace a její možnosti.



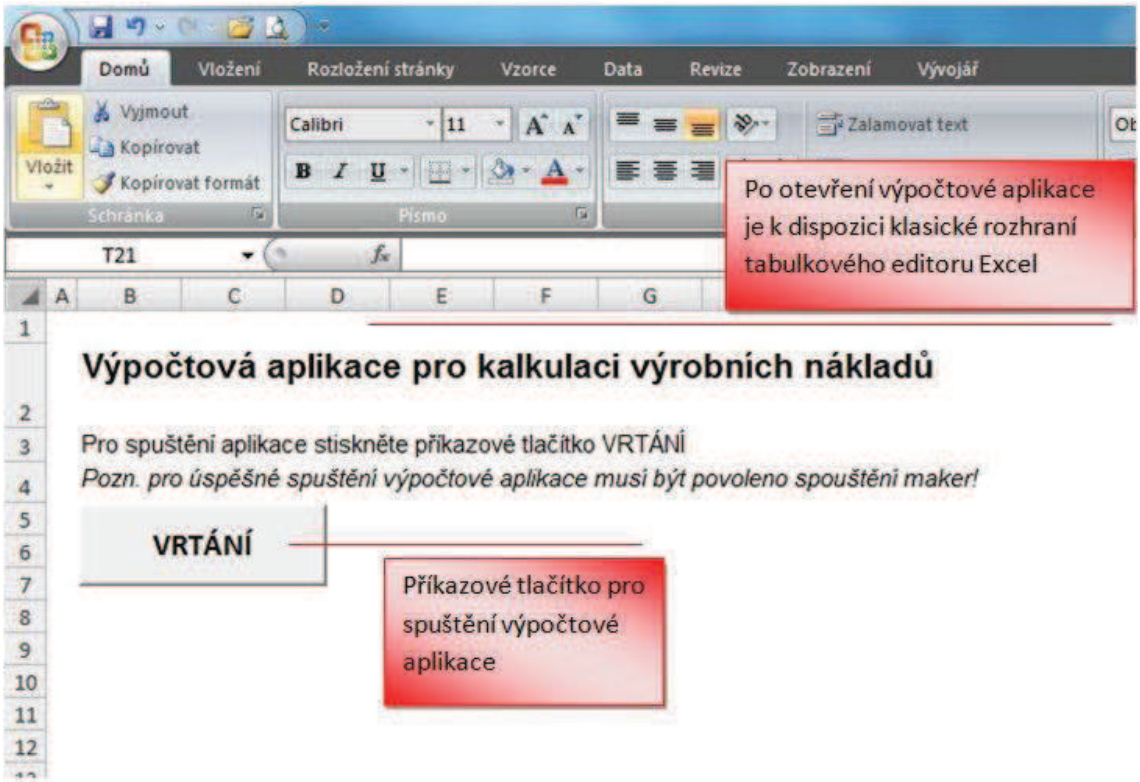

Obr. 6.1. Náhled do výpočtové aplikace; zdroj: vlastní

## Detailní popis výpočtové aplikace

1. *Spuštění výpočtové aplikace*

Základem je mít soubor s výpočtovou aplikací uložený na pevném disku počítače, či uložený na přenosném USB flash disku a mít nainstalovaný kancelářský balík Microsoft Office s tabulkovým editorem Excel.

K vlastnímu spuštění výpočtové aplikace. Spustíme tabulkový editor Excel a přes volbu otevřít (klávesová zkratka CTRL+O) načteme umístění výpočtové aplikace u pevného či USB flash disku. Po otevření aplikace se nás Excel dotáže zda má být povoleno spouštění maker, potvrdíme povolení spouštět makra (pozn. bez povolení spouštění maker nebude výpočtové aplikace fungovat!). Po povolení spouštění maker je vše připraveno k jednoduchému spuštění a fungování výpočtové aplikace, přičemž vlastní spuštění provedeme stisknutím příkazového tlačítka VRTÁNÍ, viz Obr. 6.2.




Obr. 6.2. Otevření výpočtové aplikace; zdroj: vlastní

2. *Základní navigace výpočtovou aplikací*

Po stisknutí příkazového tlačítka VRTÁNÍ se otevře výpočtová aplikace na úvodním okně, viz Obr. 6.3. Ve vrchní části úvodního okna nalezneme pás navigačních karet, pomocí kterých se výpočtová aplikace ovládá. Jednotlivé navigační karty slouží:

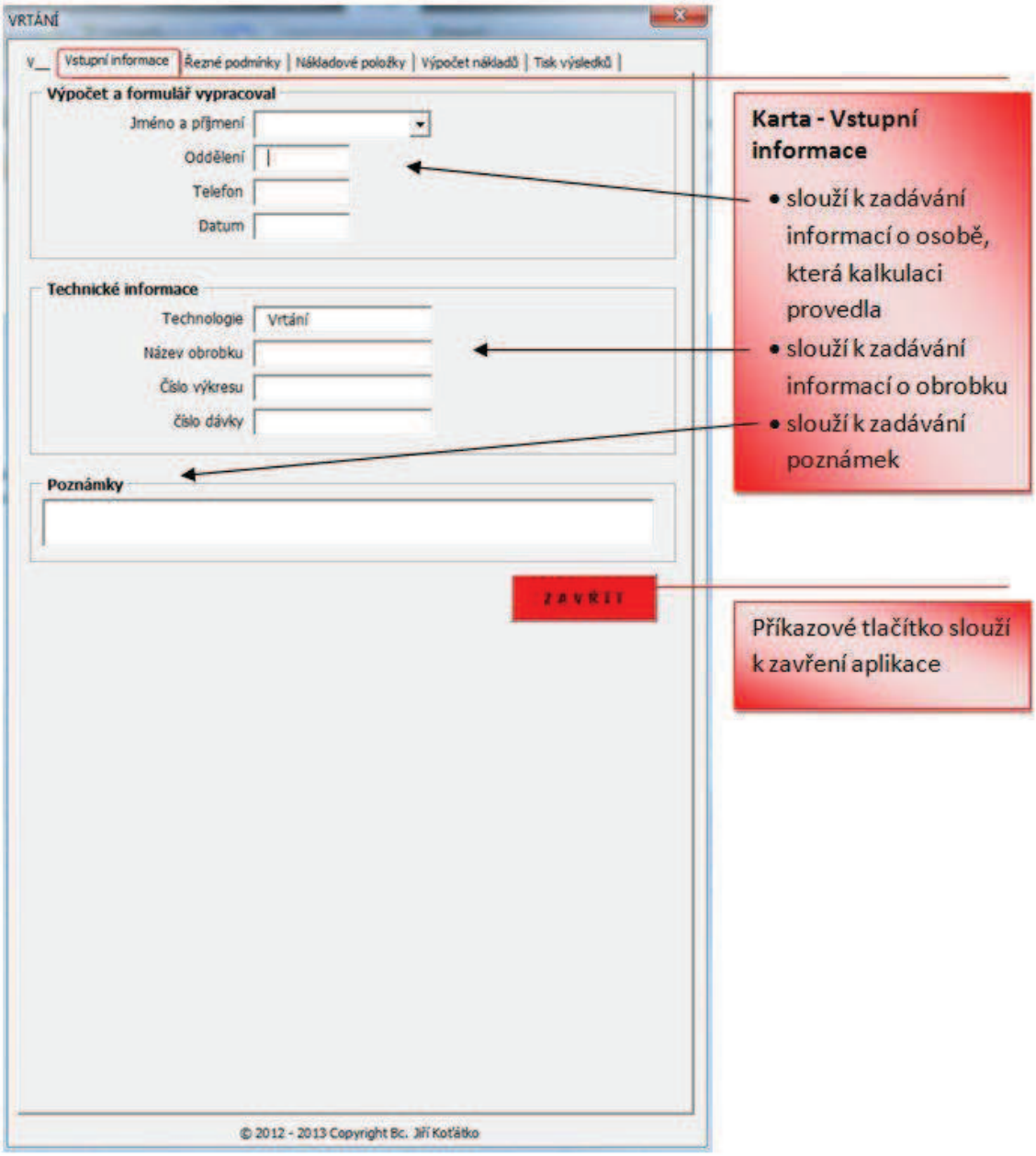
- k zadávání potřebných hodnot pro výpočet,
- k vlastní kalkulaci výrobních nákladů,
- k zadávání výsledků do výstupního formuláře.

Podrobnější popis jednotlivých navigačních karet viz text uvedený níže.


Obr. 6.3. Úvodní okno výpočtové aplikace; zdroj: vlastní

3. *navigační karta - Vstupní informace*

Slouží jako informační zdroj pro výsledný formulář. Obsahuje položky určené k identifikaci osoby, která kalkulaci výrobních nákladů prováděla (jméno a příjmení, oddělení, telefon a datum). Dále je možné zadat informace ohledně vlastního obrobku (použitá technologie, název obrobku, číslo výkresu, číslo dávky). Navigační karta umožňuje i zadávání poznámek, zavření výpočtové aplikace pomocí příkazového tlačítka „Zavřít“, vše viz Obr. 6.4.



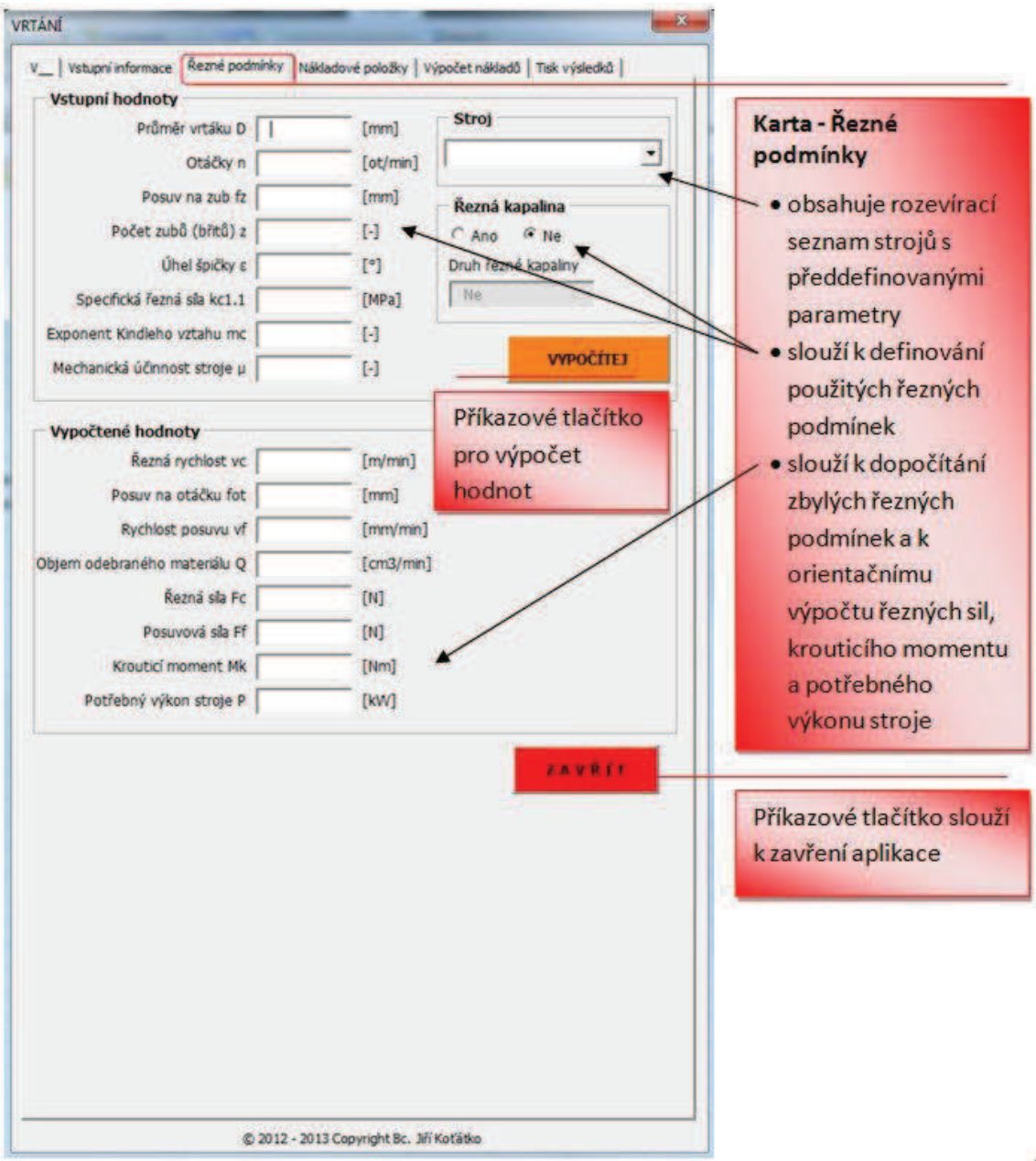

Obr. 6.4. Navigační karta - Vstupní informace; zdroj: vlastní

4. *Navigační karta - Řezné podmínky*

Slouží pro zadávání základních řezných parametrů (otáčky, posuv na zub, průměr vrtáku, počet břitů, úhel špičky, specifická řezná síla, exponent Kindleho vztahu, zadání řezné kapaliny). Výběr stroje, na kterém je výroba realizována, je usnadněn rozevíracím seznamem (je naplněn obráběcími stroji), díky kterému se s volbou konkrétního stroje automaticky vyplní příslušná pole (mechanická účinnost, hodinové náklady na provoz stroje, odpis stroje, čas na výměnu nástroje).

Pomocí příkazového tlačítka „Vypočítej“ je realizován dopočet chybějících parametrů (řezná rychlost, posuv na otáčku, rychlost posuvu, objem odebraného

materiálu). Provede se rovněž orientační výpočet řezné a posuvové síly, krouticího momentu a potřebného výkonu stroje. Příkazové tlačítko „Zavřít“ opět umožňuje zavření výpočtové aplikace. Detailní popis navigační karty řezných podmínek viz Obr. 6.5.

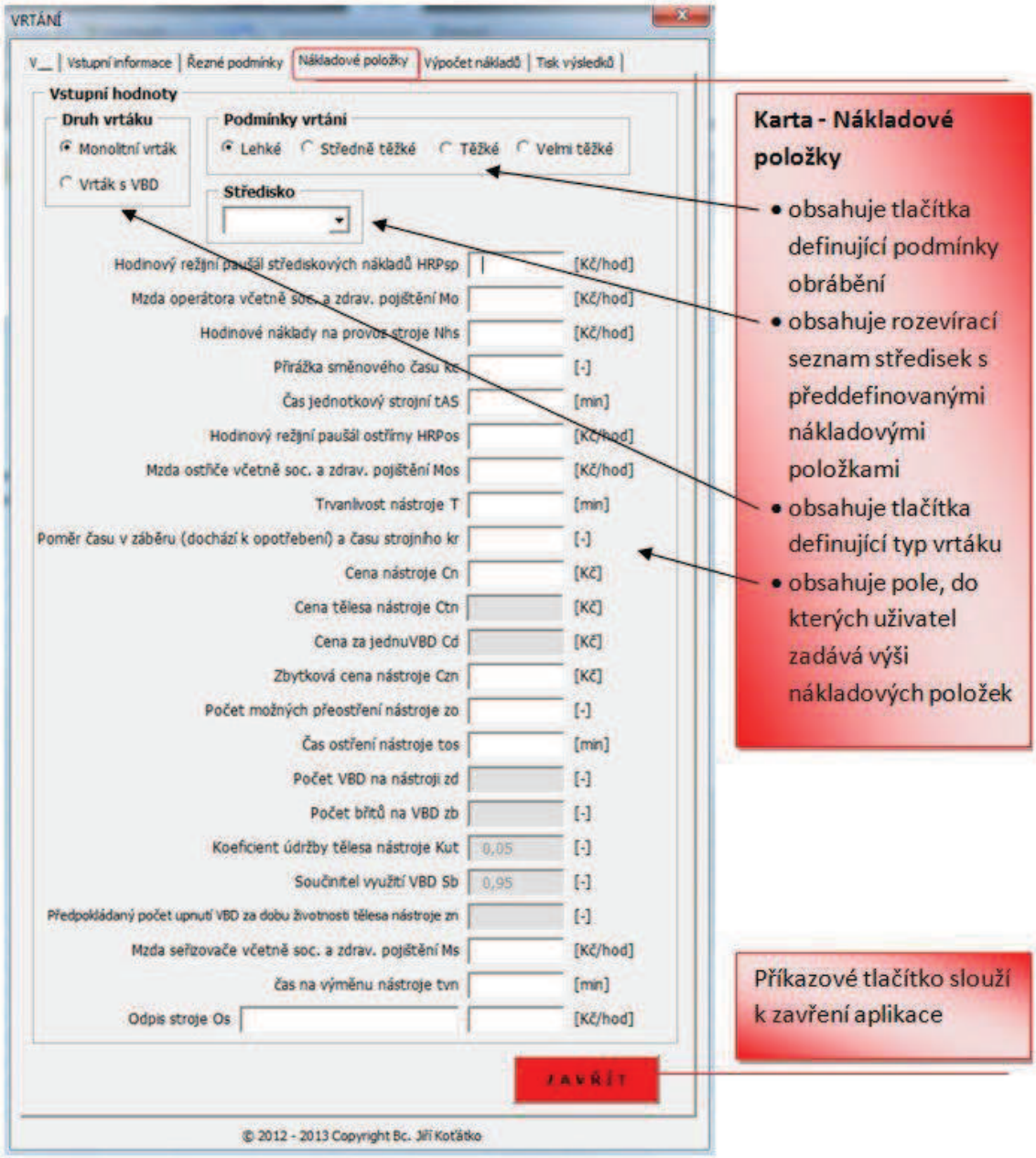



Obr. 6.5. Navigační karta - Řezné podmínky; zdroj: vlastní

5. *Navigační karta - Nákladové položky*

Slouží pro zadávání nákladových položek nezbytných pro výpočet. Navigační karta obsahuje pole s tlačítky (Druh vrtáku; Podmínky obrábění) a rozevírací seznam (Středisko), které uživateli šetří čas při vyplňování nákladových položek, protože při

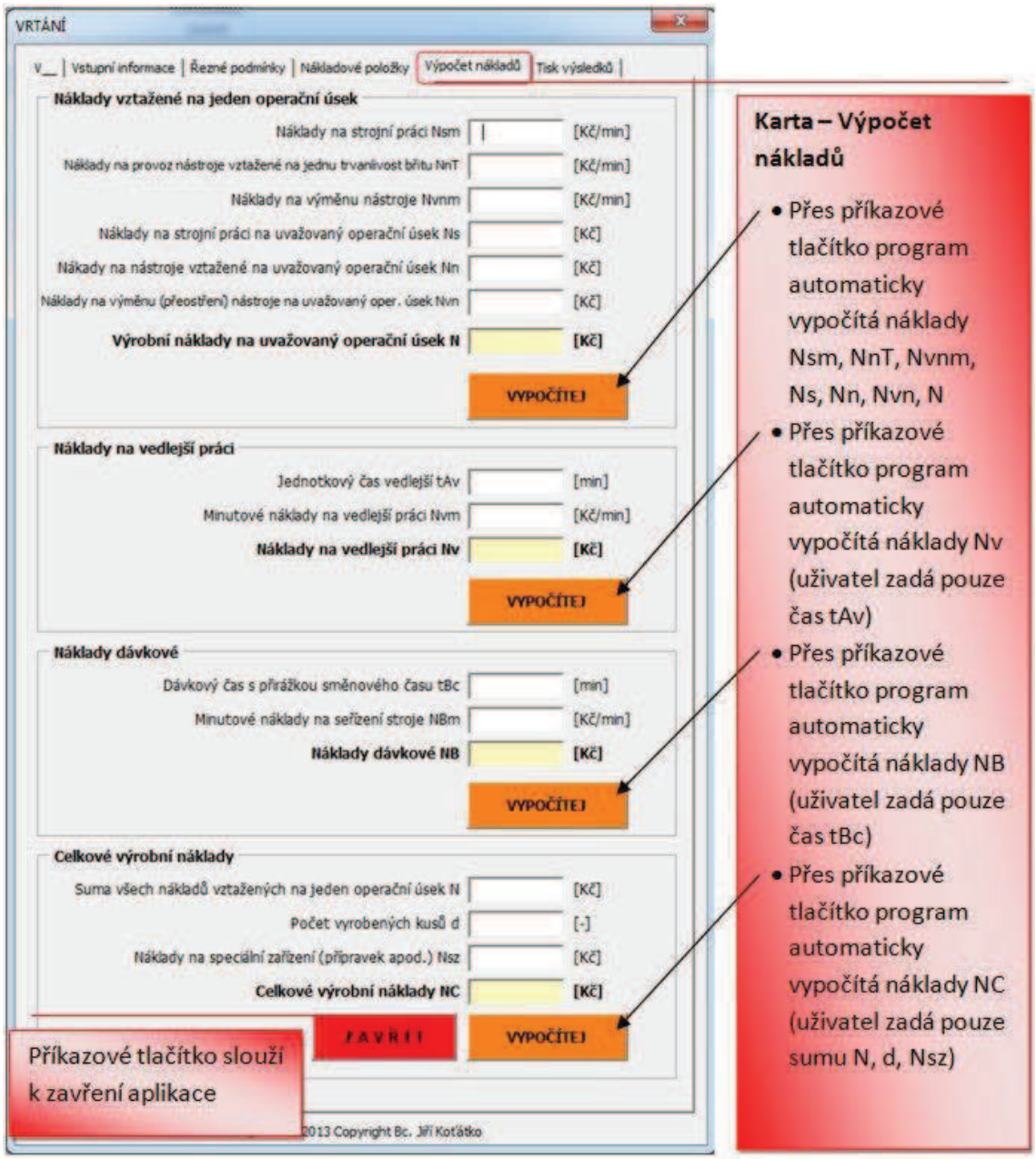
jejich volbě dochází k automatickému načtení hodnot. Na uživateli je pouze zadat informace o hodnotě jednotkového strojního času, trvanlivosti břitu, součinitele $k_r$, ceny nástroje a čas ostření či případně počet VBD. I přes automatické vyplnění většiny polí má uživatel volný prostor k editaci hodnot. Navíc jednoduchou úpravou jádra programu lze přidávat střediska, či měnit automaticky načítané hodnoty nákladových položek. Tato karta je stěžejní z hlediska vlastního výpočtu, protože z vyplněných polí čerpá následně spuštěný výpočet hodnoty. Více viz Obr. 6.6.




Obr. 6.6. Navigační karta - Nákladové položky; zdroj: vlastní

6. *Navigační karta – Výpočet nákladů*

Slouží již k vlastní realizaci výpočtu výrobních nákladů na základě uživatelem zadaných hodnot. Výpočet se provádí prostřednictvím příkazového tlačítka „Vypočítej“. Výpočtová aplikace umožňuje výpočet *výrobních nákladů na daný úsek*, *výpočet nákladů na vedlejší práci*, *výpočet dávkových nákladů* a *výpočet celkových výrobních nákladů*. Více viz Obr. 6.7.




Obr. 6.7. Navigační karta – Výpočet nákladů; zdroj: vlastní

7. *Navigační karta – Tisk výsledků*

Slouží k poslednímu zadávání detailů ohledně výpočtů nákladů připadajících na konkrétní úsek (číslo operace, číslo úseku, nástroj). Po výpočtu výrobních nákladů na daný úsek se přes příkazové tlačítko „Tisk hodnot do protokolu“ zapíší výsledky do mnou navrženého protokolu (viz Obr. 6.8.). Po automatickém zapsání hodnot do protokolu uživatel přejde k výpočtu nákladů dalšího úseku a celý postup opakuje. Po ukončení výpočtů a zadávání hodnot do protokolu může uživatel přes příkazové tlačítko „∑ Nákladů“ provést výpočet celkových nákladů v dané operaci (program provede výpočet a zapíše výsledek do protokolu). Příklad vyplněného protokolu viz Obr. 6.9.

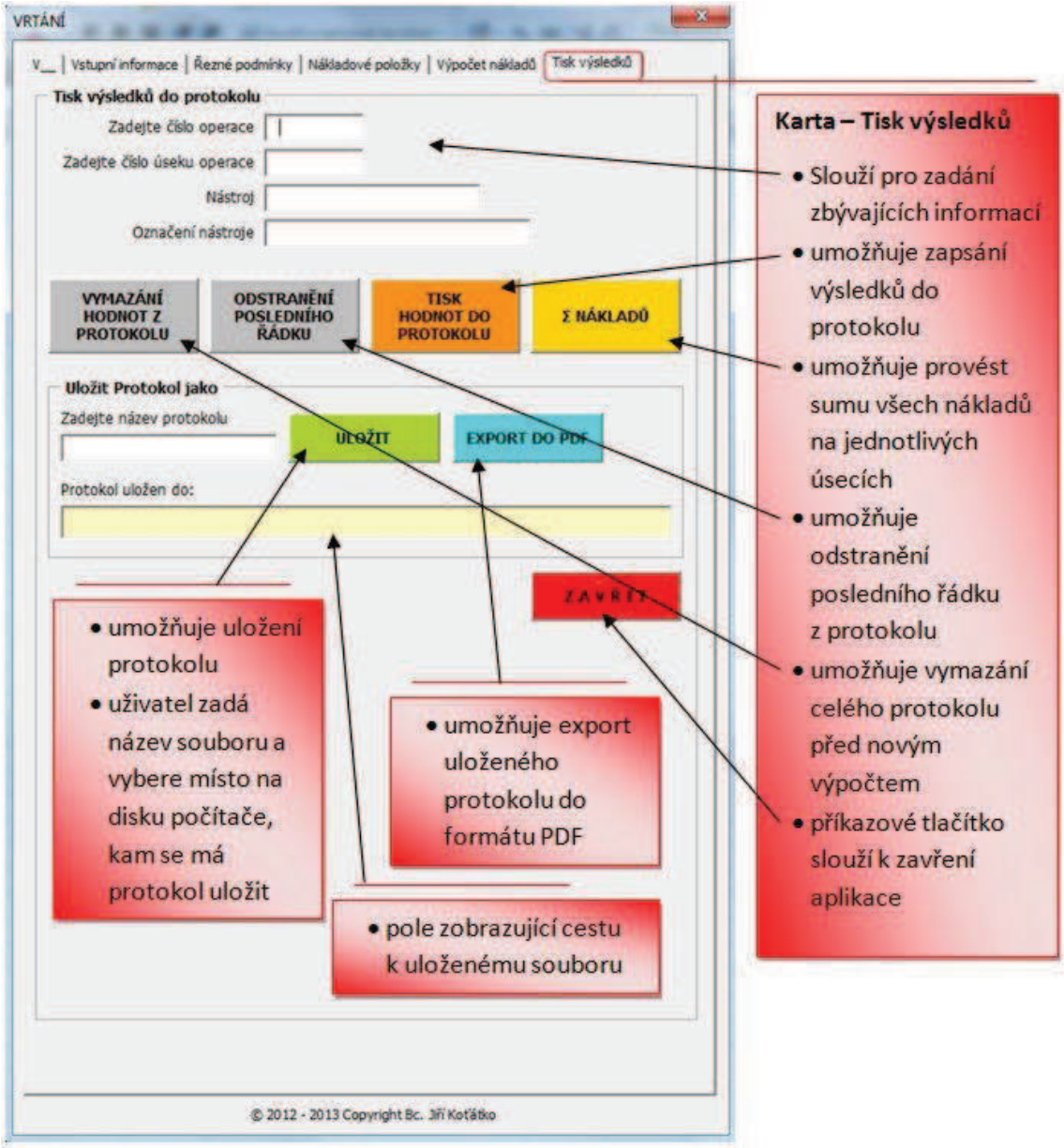
Navigační karta „Tisk výsledků“ (viz. Obr. 6.10.) navíc umožňuje uživateli přes příkazová tlačítka další povely jako „Vymazání hodnot z protokolu“, „Odstranění posledního řádku v protokolu“, „Uložení výsledků“ a rovněž „Export protokolu do formátu PDF“. Při ukládání protokolu je uživatel dotázán na cílové místo uložení protokolu, přičemž je následně cesta, kam byl protokol uložen, zobrazena v poli pod příkazovým tlačítkem (užitečná funkce pro orientaci na disku osobního počítače).

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů** | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Vypracoval: | | | | | Technologie: | | | | Poznámky: | | | |
| 3 | Oddělení: | | | | | Název obrobku: | | | | | | | |
| 4 | Telefon: | | | | | Číslo výkresu: | | | | | | | |
| 5 | Datum: | | | | | Číslo dávky: | | | | | | | |
| 6 | **Číslo** | **Číslo** | **Nástroj** | | **Označení** | | **$v_c$** | **n** | **$f_z$** | **$v_f$** | **D** | **Řezná** | **Celkové** |
| 7 | **oper.** | **úseku** | | | **nástroje** | | **[m/min]** | **[ot/min]** | **[mm]** | **[mm/min]** | **[mm]** | **kapalina** | **Náklady [Kč]** |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | |

Obr. 6.8. Protokol pro zadávání výsledků; zdroj: vlastní

| **Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů** | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | | Technologie: | Vrtání | | | Poznámky: | | | |
| Oddělení: | | | Název obrobku: | Pohyblivý rám formy | | | **Vrtání ze spodní strany pohled [P]** - původní technologie | | | |
| Telefon: | | | Číslo výkresu: | | | | | | | |
| Datum: | 25.02.2013 | | Číslo dávky: | | | | | | | |
| **Číslo oper.** | **Číslo úseku** | **Nástroj** | **Označení nástroje** | **$v_c$ [m/min]** | **n [ot/min]** | **$f_z$ [mm]** | **$v_f$ [mm/min]** | **D [mm]** | **Řezná kapalina** | **Celkové Náklady [Kč]** |
| 80 | 51 | NMB navrtávák D25 | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 78,5 | 1000,0 | 0,015 | 30,0 | 25,00 | Emulze | 45,64 |
| 80 | 52 | Titex D17,5 | A4247-17,5 | 17,6 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 17,5 | Emulze | 93,15 |
| 80 | 53 | Fette M20x2,5 | 6432C-1396389 | 8,0 | 127,0 | 2,5 | 317,5 | 20,00 | Emulze | 32,54 |
| 80 | 54 | Titex D8,6 | A4247-8,6 | 18,9 | 700,0 | 0,05 | 70,0 | 8,6 | Emulze | 106,16 |
| 80 | 55 | Fette M10x1,5 | 6412C-1393964 | 8,0 | 254,0 | 1,5 | 381,0 | 10,00 | Emulze | 39,70 |
| | | | | | | | | | | **Σ 317,19** |

Obr. 6.9. Příklad možného vzhledu vyplněného protokolu; zdroj: vlastní




Obr. 6.10. Navigační karta – Tisk hodnot; zdroj: vlastní

# Příloha 7 – Výstupní formuláře kalkulace výrobních nákladů současného stavu

Tab. 7.1 Vrtání z dělící roviny - současný stav

## Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | Technologie: | Vrtání | Poznámky: |
| Oddělení: | | Název obrobku: | Pohyblivý rám formy | Vrtání z dělící roviny - původní technologie |
| Telefon: | | Číslo výkresu: | | |
| Datum: | 21.02.2013 | Číslo dávky: | | |

| Číslo oper. | Číslo úseku | Nástroj | Označení nástroje | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_z$ [mm] | $v_f$ [mm/min] | D [mm] | Řezná kapalina | Celkové Náklady [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 1 | NMB navrtávák D25 | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 78,5 | 1000,0 | 0,015 | 30,0 | 25,00 | Emulze | 2166,29 |
| 80 | 2 | NMB vrták D11,5 | VS221.12.110.11,5.70.CH.J.K. | 22,0 | 610,0 | 0,06 | 73,2 | 11,5 | Emulze | 92,37 |
| 80 | 3 | NMB výhrubník D11,75 | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 14,8 | 400,0 | 0,08 | 64,0 | 11,75 | Emulze | 61,34 |
| 80 | 4 | Clarkson výstružník D12H7 | C212SZVHM1200-G-EX | 60,0 | 1592,0 | 0,03 | 95,5 | 12,00 | Emulze | 56,30 |
| 80 | 5 | Titex D17,5 | A4247-17,5 | 17,6 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 17,5 | Emulze | 3393,58 |
| 80 | 6 | Fette M20x2,5 | 6432C-1396389 | 8,0 | 127,0 | 1,25 | 317,5 | 20,00 | Emulze | 2008,53 |
| 80 | 7 | Titex D21 | A4247-21 | 17,2 | 260,0 | 0,1 | 52,0 | 21,00 | Emulze | 7160,92 |
| 80 | 8 | Titex D30 | A4247-30 | 29,2 | 310,0 | 0,044 | 27,3 | 30,00 | Emulze | 3024,71 |
| 80 | 9 | Titex D18 | A4247-18 | 18,1 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 18,00 | Emulze | 364,87 |
| 80 | 10 | Titex D16 | A4247-16 | 19,1 | 380,0 | 0,08 | 60,8 | 16,00 | Emulze | 112,15 |
| 80 | 11 | Titex D14 | A4247-14 | 16,7 | 380,0 | 0,08 | 60,8 | 14,00 | Emulze | 339,07 |
| 80 | 12 | Titex D12 | A4247-12 | 18,9 | 500,0 | 0,07 | 70,0 | 12,00 | Emulze | 591,88 |
| 80 | 13 | Titex D11 | A4247-11 | 19,0 | 550,0 | 0,065 | 71,5 | 11,00 | Emulze | 655,94 |
| 80 | 14 | Titex D10 | A4247-10 | 19,2 | 610,0 | 0,06 | 73,2 | 10,00 | Emulze | 98,06 |
| 80 | 15 | Titex D38 | A4247-38 | 14,3 | 120,0 | 0,133 | 31,9 | 38,00 | Emulze | 212,92 |
| 80 | 16 | Titex D29 | A4247-29 | 14,1 | 155,0 | 0,125 | 38,8 | 29,00 | Emulze | 171,12 |
| 80 | 17 | Titex D27 | A4247-27 | 15,3 | 180,0 | 0,11 | 39,6 | 27,00 | Emulze | 162,32 |
| | | | | | | | | | | Σ 20672,37 |

Tab. 7.2 Vrtání ze základny - současný stav

## Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | Technologie: | Vrtání | Poznámky: |
| Oddělení: | | Název obrobku: | Pohyblivý rám formy | Vrtání ze základny - původní technologie |
| Telefon: | | Číslo výkresu: | | |
| Datum: | 21.02.2013 | Číslo dávky: | | |

| Číslo oper. | Číslo úseku | Nástroj | Označení nástroje | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_z$ [mm] | $v_f$ [mm/min] | D [mm] | Řezná kapalina | Celkové Náklady [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 18 | Navrtávák D40 | Vrták D40 ČSN 22 1140 - upraveny | 125,7 | 1000,0 | 0,03 | 60,0 | 40,00 | Emulze | 1858,28 |
| 80 | 19 | NMB Navrtávák D16 | NVC.16.150.16.30.K.90/120 | 50,3 | 1000,0 | 0,03 | 60,0 | 16,00 | Emulze | 168,92 |
| 80 | 20 | NMB Navrtávák D12 | NVC.12.150.12.30.K.90/120 | 37,7 | 1000,0 | 0,03 | 60,0 | 12,00 | Emulze | 346,15 |
| 80 | 21 | Titex D30 | A4247-30 | 29,2 | 310,0 | 0,044 | 27,3 | 30,00 | Emulze | 3037,84 |
| 80 | 22 | Titex D21 | A4247-21 | 17,2 | 260,0 | 0,1 | 52,0 | 21,00 | Emulze | 7160,92 |
| 80 | 23 | Walter D34 | B2074-500246-special | 101,5 | 950,0 | 0,0395 | 75,1 | 34,00 | Emulze | 1590,81 |
| 80 | 24 | Vrták D40,5 | Vrták D40,5 ČSN 22 1140 | 19,1 | 150,0 | 0,115 | 34,5 | 40,5 | Emulze | 334,53 |
| 80 | 25 | Vrták D40,5 | Vrták D40,5 ČSN 22 1140-upraveny | 19,1 | 150,0 | 0,115 | 34,5 | 40,5 | Emulze | 298,44 |
| 80 | 26 | Walter D32 | B3214.N5.032.Z01.128R | 98,5 | 980,0 | 0,04 | 78,4 | 32,00 | Emulze | 1564,72 |
| 80 | 27 | Emuge M36x3 | C0503000-0534 | 2,6 | 23,0 | 3,00 | 69,0 | 36,00 | Emulze | 2174,31 |
| 80 | 28 | Titex D18 | A4247-18 | 18,1 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 18,00 | Emulze | 325,36 |
| 80 | 29 | Titex D16 | A4247-16 | 19,1 | 380,0 | 0,08 | 60,8 | 16,00 | Emulze | 111,33 |
| 80 | 30 | Titex D14 | A4247-14 | 16,7 | 380,0 | 0,08 | 60,8 | 14,00 | Emulze | 339,07 |
| 80 | 31 | Titex D12 | A4247-12 | 18,9 | 500,0 | 0,07 | 70,0 | 12,00 | Emulze | 565,83 |
| 80 | 32 | Titex D11 | A4247-11 | 19,0 | 550,0 | 0,065 | 71,5 | 11,00 | Emulze | 531,69 |
| 80 | 33 | Titex D10 | A4247-10 | 17,3 | 550,0 | 0,06 | 66,0 | 10,00 | Emulze | 98,67 |
| 80 | 34 | Titex D38 | A4247-38 | 14,3 | 120,0 | 0,133 | 31,9 | 38,00 | Emulze | 199,88 |
| 80 | 35 | Titex D29 | A4247-29 | 14,1 | 155,0 | 0,125 | 38,8 | 29,00 | Emulze | 171,12 |
| 80 | 36 | Titex D27 | A4247-27 | 15,3 | 180,0 | 0,22 | 79,2 | 27,00 | Emulze | 162,32 |
| 80 | 37 | Navrtávák D15,75 | Vrták D15,75 ČSN 22 1140-upraveny | 14,9 | 300,0 | 0,033 | 19,8 | 15,75 | Emulze | 458,82 |
| 80 | 38 | Navrtávák D15,75 | Vrták D15,75 ČSN 22 1140-upraveny | 14,9 | 300,0 | 0,033 | 19,8 | 15,75 | Emulze | 308,85 |
| 80 | 39 | Navrtávák D15,75 | Vrták D15,75 ČSN 22 1140-upraveny | 14,9 | 300,0 | 0,033 | 19,8 | 15,75 | Emulze | 61,28 |
| 80 | 40 | Navrtávák D25 | Vrták D25 ČSN 22 1140-upraveny | 23,6 | 300,0 | 0,033 | 19,8 | 25,00 | Emulze | 124,00 |

Tab. 7.2 (Pokračování) - Vrtání ze základny - současný stav

## Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | Technologie: | Vrtání | Poznámky: |
| Oddělení: | | Název obrobku: | Pohyblivý rám formy | Vrtání ze základny - původní technologie |
| Telefon: | | Číslo výkresu: | | |
| Datum: | 21.02.2013 | Číslo dávky: | | |

| Číslo oper. | Číslo úseku | Nástroj | Označení nástroje | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_z$ [mm] | $v_f$ [mm/min] | D [mm] | Řezná kapalina | Celkové Náklady [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 41 | Navrtávák D25 | Vrták D25 ČSN 22 1140-upraveny | 23,6 | 300,0 | 0,033 | 19,8 | 25,00 | Emulze | 62,00 |
| 80 | 42 | Navrtávák D25 | Vrták D25 ČSN 22 1140-upraveny | 23,6 | 300,0 | 0,033 | 19,8 | 25,00 | Emulze | 62,00 |
| 80 | 43 | Titex D6,8 | A4247-6,8 | 19,2 | 900,0 | 0,044 | 79,2 | 6,8 | Emulze | 202,67 |
| 80 | 44 | Fette M8x1,25 | 6412C-1393962 | 8,0 | 318,0 | 1,25 | 397,5 | 8,00 | Emulze | 91,92 |
| 80 | 45 | Titex D10,2 | A4247-10,2 | 19,6 | 610,0 | 0,06 | 73,2 | 10,2 | Emulze | 358,63 |
| 80 | 46 | Fette M12x1,75 | 6412C-1393960 | 8,0 | 212,0 | 1,75 | 371,0 | 12,00 | Emulze | 320,03 |
| | | | | | | | | | | Σ 23090,39 |

Tab. 7.3 Vrtání ze spodní strany (pohled [P]) - současný stav

## Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | Technologie: | Vrtání | Poznámky: |
| Oddělení: | | Název obrobku: | Pohyblivý rám formy | Vrtání ze spodní strany pohled [P] - původní technologie |
| Telefon: | | Číslo výkresu: | | |
| Datum: | 25.02.2013 | Číslo dávky: | | |

| Číslo oper. | Číslo úseku | Nástroj | Označení nástroje | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_z$ [mm] | $v_f$ [mm/min] | D [mm] | Řezná kapalina | Celkové Náklady [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 51 | NMB navrtávák D25 | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 78,5 | 1000,0 | 0,015 | 30,0 | 25,00 | Emulze | 45,64 |
| 80 | 52 | Titex D17,5 | A4247-17,5 | 17,6 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 17,5 | Emulze | 93,15 |
| 80 | 53 | Fette M20x2,5 | 6432C-1396389 | 8,0 | 127,0 | 2,5 | 317,5 | 20,00 | Emulze | 32,54 |
| 80 | 54 | Titex D8,6 | A4247-8,6 | 18,9 | 700,0 | 0,05 | 70,0 | 8,6 | Emulze | 106,16 |
| 80 | 55 | Fette M10x1,5 | 6412C-1393964 | 8,0 | 254,0 | 1,5 | 381,0 | 10,00 | Emulze | 39,70 |
| | | | | | | | | | | Σ 317,19 |

Tab. 7.4 Vrtání z horní strany (pohled [Q]) - současný stav

## Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | Technologie: | Vrtání | Poznámky: |
| Oddělení: | | Název obrobku: | Pohyblivý rám formy | Vrtání z horní strany pohled [Q] - původní technologie |
| Telefon: | | Číslo výkresu: | | |
| Datum: | 25.02.2013 | Číslo dávky: | | |

| Číslo oper. | Číslo úseku | Nástroj | Označení nástroje | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_z$ [mm] | $v_f$ [mm/min] | D [mm] | Řezná kapalina | Celkové Náklady [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 56 | NMB navrtávák D25 | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 78,5 | 1000,0 | 0,015 | 30,0 | 25,00 | Emulze | 19,02 |
| 80 | 57 | Titex D17,5 | A4247-17,5 | 17,6 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 17,5 | Emulze | 93,15 |
| 80 | 58 | Fette M20x2,5 | 6432C-1396389 | 8,0 | 127,0 | 2,5 | 317,5 | 20,00 | Emulze | 32,54 |
| | | | | | | | | | | Σ 144,71 |

Tab. 7.5 Vrtání z levé strany (pohled [O]) - současný stav

## Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | Technologie: | Vrtání | Poznámky: |
| Oddělení: | | Název obrobku: | Pohyblivý rám formy | Vrtání z levé strany pohled [O] - původní technologie |
| Telefon: | | Číslo výkresu: | | |
| Datum: | 25.02.2013 | Číslo dávky: | | |

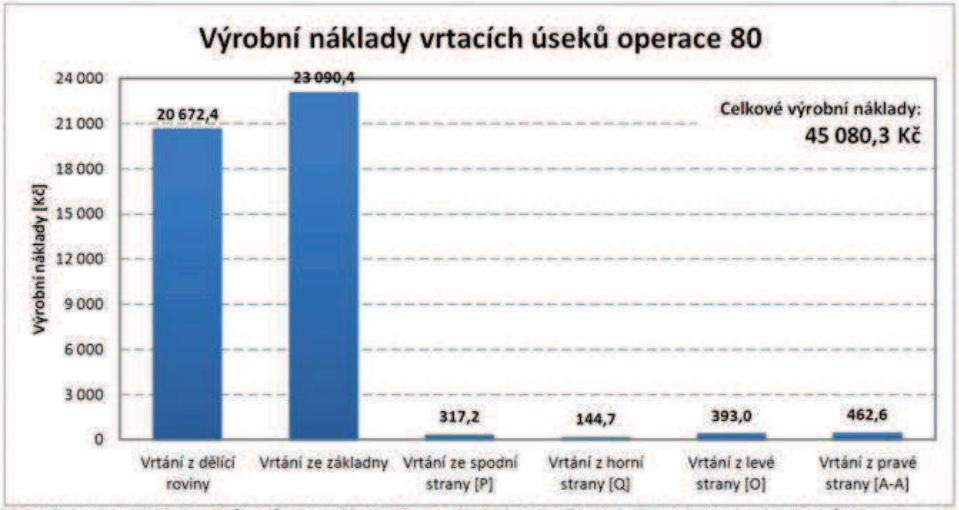
| Číslo oper. | Číslo úseku | Nástroj | Označení nástroje | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_z$ [mm] | $v_f$ [mm/min] | D [mm] | Řezná kapalina | Celkové Náklady [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 59 | NMB navrtávák | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 78,5 | 1000,0 | 0,015 | 30,0 | 25,00 | Emulze | 57,05 |
| 80 | 60 | Titex D17,5 | A4247-17,5 | 17,6 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 17,5 | Emulze | 190,34 |
| 80 | 61 | Fette M20x2,5 | 6432C-1396389 | 8,0 | 127,0 | 2,5 | 317,5 | 20,00 | Emulze | 62,62 |
| 80 | 62 | NMB vrták D8,6 | VS221.10.110.8,6.70.CH.J.G.MG | 18,9 | 700,0 | 0,05 | 70,0 | 8,6 | Emulze | 55,88 |
| 80 | 63 | Fette M10x1,5 | 6412C-1393964 | 8,0 | 254,0 | 1,5 | 381,0 | 10,00 | Emulze | 27,07 |
| | | | | | | | | | | Σ 392,96 |

Tab. 7.6 Vrtání z levé strany (pohled [O]) - současný stav

## Protokol - testování a vyhodnocování nástrojů

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Vypracoval: | Jiří Koťátko | Technologie: | Vrtání | Poznámky: |
| Oddělení: | | Název obrobku: | Pohyblivý rám form | Vrtání z pravé strany řez [A-A] - původní technologie |
| Telefon: | | Číslo výkresu: | | |
| Datum: | 27.02.2013 | Číslo dávky: | | |

| Číslo oper. | Číslo úseku | Nástroj | Označení nástroje | $v_c$ [m/min] | n [ot/min] | $f_z$ [mm] | $v_f$ [mm/min] | D [mm] | Řezná kapalina | Celkové Náklady [Kč] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 64 | NMB navrtávák D25 | NVC25.100.25.30.K.90/120 | 78,5 | 1000,0 | 0,015 | 30,0 | 25,00 | Emulze | 72,66 |
| 80 | 65 | Titex D17,5 | A4247-17,5 | 17,6 | 320,0 | 0,085 | 54,4 | 17,5 | Emulze | 171,69 |
| 80 | 66 | Fette M20x2,5 | 6432C-1396389 | 8,0 | 127,0 | 2,5 | 317,5 | 20,00 | Emulze | 73,67 |
| 80 | 67 | NMB vrták D8,6 | VS221.10.110.8,6.70.CH.J.G.MG | 18,9 | 700,0 | 0,05 | 70,0 | 8,6 | Emulze | 106,16 |
| 80 | 68 | Fette M10x1,5 | 6412C-1393964 | 8,0 | 254,0 | 1,5 | 381,0 | 10,00 | Emulze | 38,42 |
| | | | | | | | | | | Σ 462,6 |




Graf. 7 Výrobní náklady vrtacích úseků v jednotlivých rovinách obrábění (platí pro výrobu jednoho rámu); zdroj: vlastní

# Příloha 8 – Zkoušky vrtáků


Obr. 8.1. 5osé vertikální portálové obráběcí centrum TRIMILL VF 4525, na kterém byly realizovány zkoušky vrtáků; charakteristika stroje viz Příloha 3; zdroj: Škoda

Obr. 8.2. Hromadění řezné kapaliny během vrtacího procesu; zdroj: Škoda

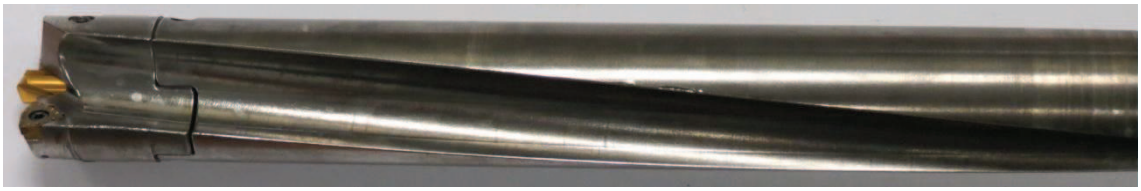
Obr. 8.3. Zkouška vrtáku Komet V46 50210; zdroj: Škoda

Obr. 8.4. Zkouška vrtáku Komet V46 22100; zdroj: Škoda

Obr. 8.5. Hromadění třísek a řezné kapaliny během vrtacího procesu; zdroj: Škoda

Obr. 8.6. Zkouška vrtáku Walter B 4017.F20.21,0.Z02.147R; zdroj: Škoda

Obr. 8.7. Zkouška vrtáku Komet V46 22100; zdroj: Škoda



Obr. 8.8. Zkouška vrtáku Komet V46 50210; zdroj: Škoda