



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZVOLENÉ SOUČÁSTI A
APLIKACE NAVRŽENÝCH ZMĚN DO VÝROBNÍHO
PROCESU**

TECHNOLOGY DESIGN OF A SELECTED PART AND APPLICATION OF THE DESIGNED CHANGES IN THE
MANUFACTURING PROCESS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jiří Turčín

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Slaný, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Jiří Turčín
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Martin Slaný, Ph.D.
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh technologie výroby zvolené součásti a aplikace navržených změn do výrobního procesu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce se zaměřuje na navržení změn ve stávajícím technologickém postupu pro zefektivnění výroby u zvolené součásti z výrobního portfolia firmy. Navržené změny předpokládají podrobnou analýzu současného stavu výroby a technologického postupu, dále pak zhodnocení možností přerozdělení nebo sloučení operací na navrženém strojírenském vybavení, případně i převedení výroby na nový stroj. Předpokládané výsledky práce by pak měly sloužit jako podklad při rozhodování o změně výroby.

Cíle diplomové práce:

- Shrnutí teoretických předpokladů potřebných pro řešení zvolené problematiky
- Analýza současného stavu technologického postupu
- Návrh možných variant přesunu výroby na jiné strojní zařízení
- Návrh změn technologického postupu
- Zhodnocení dosavadní varianty výroby a navržené vhodné varianty
- Technicko–ekonomické hodnocení

Seznam doporučené literatury:

SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. Základy konstruování. 5. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2013. 236 s. ISBN 978-80-7204-839-7.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem technologie výroby součásti „přítlačná deska“. U zvolené součásti je proveden konstrukční a materiálový rozbor. V práci jsou shrnuty teoretické předpoklady potřebné k řešení zvolené problematiky. Je provedena podrobná analýza současného stavu výroby, která se zabývá seznámením s výrobními možnostmi firmy, současnou technologií výroby a časovým záznamem výroby. V návaznosti na analýzu současného stavu jsou vypracovány návrhy změn technologie výroby. Mezi tyto změny řadí sjednocení výrobního zařízení, což vede k inovaci technologického postupu a způsobu upnutí součásti. Další změny jsou zaměřeny na stabilizaci procesu vrtání, čehož je docíleno volbou nových nástrojů a úpravou řezných podmínek. Dále je navrženo variabilní kódování nástrojů při automatické výměně nástrojů. S ohledem na navržené změny jsou sestaveny dvě výrobní varianty, které jsou spolu s navrženými nástroji posouzeny v technicko-ekonomickém hodnocení.

Klíčová slova

technologie výroby, výroba, vrtání, vrták, výměna nástrojů

ABSTRACT

This master thesis deals with a design of technological process description for a mechanical engineering part called „pressure plate“. The component is analyzed in regards to its mechanical engineering design and used material. Some brief theoretical prerequisites for an effective solution of the problem are summarized in the paper. A detailed research of current technological methods is provided, together with an analysis of the State-of-the-Art in manufacturing, introduction of technological possibilities of the company and a timeline records of the manufacturing process. In regards to the current methods and technologies, changes to the technological process are applied. Among these changes is a unification of machinery used in the process. This leads to an innovation of the methodology and the ways to clamp the component. Other applied alternations focus on a stabilization of the drilling process, which is reached by a choice of new tools and adjustment of cutting parameters. Furthermore, a variable coding of tools in case of automatic tool change is designed. This paper then provides two possible solutions based on proposed changes and alternations. These solutions, together with the tools mentioned, are subjects to a techno-economical assessment.

Key words

technological process description, manufacturing, drilling, drilling tool, tool change

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TURČÍN, J. *Návrh technologie výroby zvolené součásti a aplikace navržených změn do výrobního procesu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 79 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Slaný, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh technologie výroby zvolené součásti a aplikace navržených změn do výrobního procesu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Jiří Turčín

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto mému vedoucímu práce Ing. Martinovi Slanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD	9
1 TECHNOLOGIČNOST SOUČÁSTI.....	10
1.1 Představení zvolené součásti	10
1.2 Konstrukční rozbor	11
1.3 Materiálový rozbor	12
2 TECHNOLOGIE VÝROBY	15
2.1 Plochy na obrobnku	15
2.2 Vrtání	15
2.2.1 Tvar třísky	16
2.2.2 Řezné síly	19
2.2.3 Jednotkový strojní čas	21
2.3 Řezné prostředí	22
2.3.1 Technologické požadavky procesního média	23
2.3.2 Procesní kapaliny	23
2.4 Trvanlivost a životnost nástroje	24
3 VÝROBNÍ EKONOMIKA	26
3.1 Měření spotřeby času	26
3.2 Spotřeba času CNC stroje	26
3.3 Nákladové položky	26
4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	28
4.1 Představení výrobního podniku	28
4.2 Strojní vybavení	28
4.2.1 Stroje využívané pro aktuální technologii výroby	29
4.3 Stávající technologický postup	32
4.4 Nástrojový list	34
4.5 Časové rozložení výroby	35
4.5.1 Časový záznam výroby na stroji FCV 63 NCA	35
4.5.2 Časový záznam výroby na stroji MCFV 1060	36
4.5.3 Časový záznam výroby na stroji MCV 1220	38
4.6 Prostor pro zlepšení současného stavu výroby	40
4.6.1 Současné strojní vybavení	40
4.6.2 Stávající technologický postup	40
4.6.3 Vysoké opotřebení těla vrtáků s VBD	40
4.6.4 Analýza časového záznamu výroby	41
5 NAVRŽENÍ ZMĚN TECHNOLOGIE VÝROBY	42
5.1 Sjedení výrobního zařízení	42
5.1.1 Změny technologického postupu	42
5.1.2 Změna upnutí součásti	43
5.2 Nástroje pro operaci vrtání	44
5.2.1 Současné nástroje – Perfomax	45

5.2.2 Výpočet parametrů vrtání současných nástrojů	47
5.2.3 Přehled možných nástrojů	49
5.2.4 Navržení nástrojů	55
5.2.5 Výpočet parametrů vrtání	56
5.2.6 Praktické ověření parametrů s ohledem na nepřímé ukazatele	59
5.3 Úprava systémů automatické výměny nástrojů	60
5.4 Dokumentace výroby podle navržených změn	62
5.4.1 Navržená výrobní varianta 1	62
5.4.2 Navržená výrobní varianta 2	62
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	63
6.1 Porovnání nástrojů	63
6.1.1 Jednotkové strojní časy	63
6.1.2 Náklady na nástroje vztažené k trvanlivosti	64
6.1.3 Vyhodnocení	65
6.2 Nákladové položky	66
6.2.1 Spotřeba času CNC stroje	66
6.2.2 Výpočet operačních nákladů	67
6.2.3 Porovnání výrobních variant	68
7 DISKUSE	71
ZÁVĚR	73
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	74
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	76
SEZNAM PŘÍLOH	79

ÚVOD

Úlohou diplomové práce je navržení technologie výroby "přítlačné desky", tedy součásti, která slouží jako prvek konstrukce pro uchycení trakčních motorů v kolejových vozidlech. Přítlačná deska byla za hlavní téma zvolena po konzultaci se zástupci společnosti ZAKO Turčín s.r.o., a to zejména s ohledem na aktuálně zvyšující se tlak na snížení výrobních nákladů a na zkracování termínů dodání zákazníkovi. Na základě těchto úvodních podnětů byla zpracována analýza současného stavu výroby, během níž byly odhaleny nedostatky a rezervy vyskytující se ve stávajícím výrobním cyklu.

Z tohoto stavu logicky vyplynul i cíl diplomové práce, totiž navržení takových účelných změn v technologii výroby, které budou s odstraněním zjištěných rezerv a nedostatků napomáhat.

Na základě navržených změn došlo následně k vypracování dvou výrobních variant, které jsou následně vzájemně porovnány v technicko-ekonomickém hodnocení.

1 TECHNOLOGIČNOST SOUČÁSTI

V kapitole jsou shrnuty vstupní informace zvolené součásti.

1.1 Představení zvolené součásti

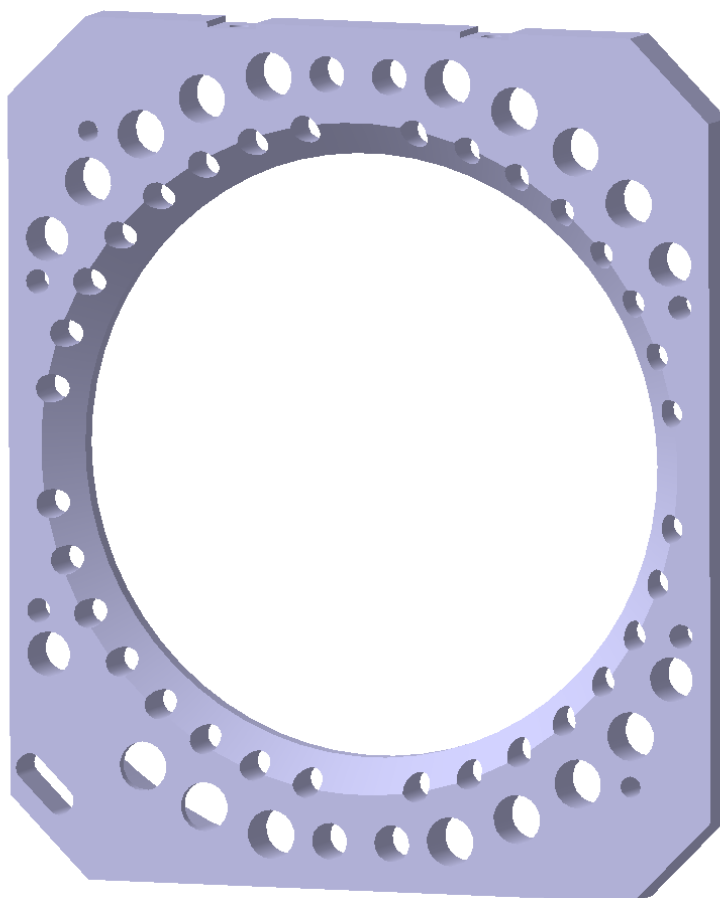
Byla zvolena součást „pressplatte“ dále nazývaná jako „přítlačná deska“ (Obr. 1.1, Obr. 1.2). „Přítlačná deska“ slouží k uchycení trakčních motorů, které se dále montují jako sestava do kolejových vozidel.

Tato součást byla vytipována po konzultaci se zástupci firmy ZAKO Turčín s r.o., vzhledem ke zvýšenému tlaku na redukci výrobních nákladů a tedy i nezbytnou racionalizaci samotné výroby.

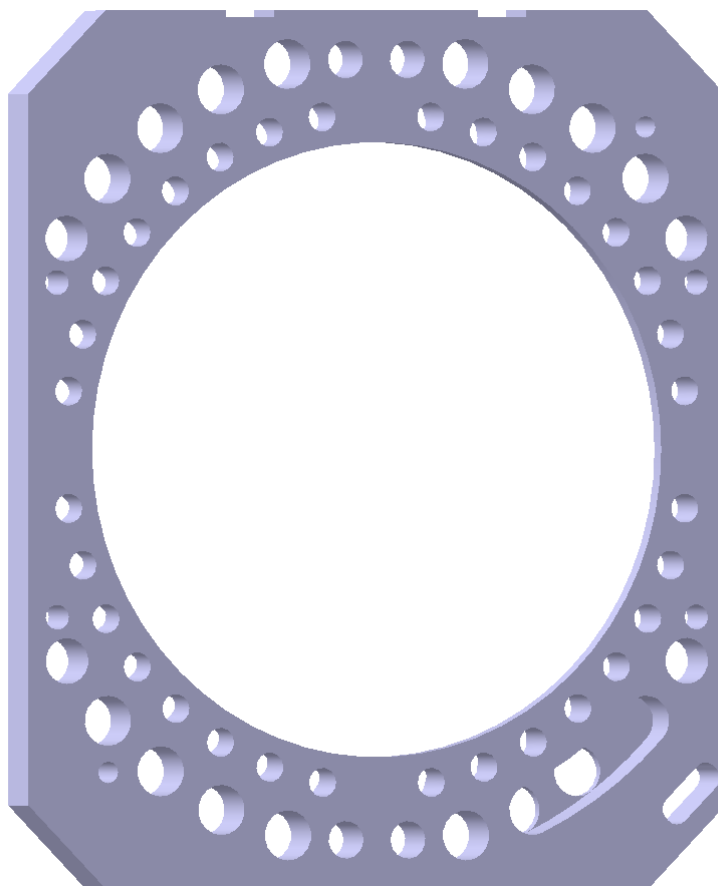
Základní informace o součásti jsou uvedeny v tabulce (Tab.1.1)

Tab.1.1 Informace o zvolené součásti.

Název součásti	Přítlačná deska
Číslo výkresu	ZA170313
Materiál součásti	S355J2+N
Hmotnost součásti	11,01 kg
Hmotnost polotovaru - výpalek	19,4 kg



Obr. 1.1 Izometrický pohled 1 - „přítlačná deska“



Obr. 1.2 Izometrický pohled 2 - „přítlačná deska“.

1.2 Konstrukční rozbor

Součást „přítlačná deska“ má předdefinovány tři konstrukční základny. Konstrukční základna A, primární základna, je vztažena k rovinné dosedací ploše součásti. Konstrukční základna B, sekundární základna, je předepsána na plochu vnitřního $\varnothing 294$. Konstrukční základna C, terciální základna, je spjatá s povrchem díry $\varnothing 14$, která se nachází na roztečné kružnici $\varnothing 323$.

Obrys součásti je obdélníkového tvaru s rozměry 420×360 se zkosenými rohy $40 \times 45^\circ$. Tloušťka obrobené součásti je 25. Ve středu obrobku je díra $\varnothing 294_0^{+0,2}$ s tolerančním polem o velikosti 0,2 a geometrickou tolerancí kolmosti 0,5 k základní rovině A. Tato díra je průchozí a je ve vzdálenosti 8,5 od základní roviny A, poté navazuje na zkosení 45° , které vede až k povrchu součásti. Průměrná aritmetická odchylka povrchu těchto prvků je $Ra\ 12,5$.

Na roztečné kružnici $\varnothing 323$ je konstruováno 32 děr $\varnothing 14$, krajní díra je 10° od středu souměrnosti součásti. Rozteč následujících děr je $7 \times 10^\circ$. Na roztečné kružnici $\varnothing 380$ je umístěno 15 děr $\varnothing 24$. Krajní díra je umístěna 14° od středu souměrnosti, rozteč následujících děr je $3 \times 11^\circ$ s výjimkou třetího kvadrantu, kde jsou díry pouze 3.

Dále jsou zde díry $4 \times \varnothing 18$, jejichž poloha je popsána teoreticky přesnými rozměry 16 a 186,5 od středů symetrie. Díry $4 \times \varnothing 22$ s polohou 160 a 101 od středů symetrie. Díry $4 \times \varnothing 12$ s polohou 165 a 80 od středu symetrie.

Na všechny vrtané díry je předepsána geometrická tolerance polohy osy vztažená ke konstrukční základně A, B, C. Osa musí ležet uvnitř válcového tolerančního pole o průměru 0,5. Poloha děr je popsána teoreticky přesnými rozměry, které nesčítají své odchylky. [1]

Ve třetím kvadrantu je drážka o velikosti 35x14 s rádiusem R6. Poloha středu symetrie je 45°. Na roztečné kružnici Ø415 jsou 2x M12. Na konstrukční rovině A je vyhotovena drážka rádiusového tvaru do hloubky 20. Na boku součásti jsou dvě symetrické drážky do hloubky 3 ve vzdálenosti od středu 52,5 a 77,5. V těchto drážkách jsou vyhotoveny závity 2xM12 do hloubky 20.

1.3 Materiálový rozbor

Pro výrobu součásti „přítlačná deska“ byl zvolen materiál s označením S355J2+N. Materiál je popsán normou ČSN EN 10025-2: 2005. Vlastnosti oceli jsou blíže popsány v tabulkách (Tab.1.3, Tab.1.4). Norma stanovuje požadavky na dlouhé a ploché výrobky válcované za tepla z nelegovaných jakostních ocelí. Využití materiálů popsanych normou je pro svařované, šroubované a nýtované konstrukce jeřábů, hal a budov. Využití také na nosné konstrukce strojů a strojní díly, které jsou méně namáhány. [2]

Ocel S355 je dodávána v jakostních stupních JR, J0, J2 a K2. Hodnota nárazové práce při zkoušce rázem v ohybu KV pro jakostní stupeň J2 je prováděna při teplotě -20°C a je popsána normou EN 10027. Jakostní stupeň J popisuje hodnotu nárazové práce v plochem ohybu v závislosti na zkušební teplotě. Hodnota nárazové práce je pro tento případ 27 J. Ocel pro jakostní stupeň J2 musí být plně uklidněná (FF). Plně uklidněná ocel obsahuje prvky, které vážou dusík. Obsah těchto prvků (jako například Al) musí být dostatečná pro správné navázání dusíku. [2; 3]

Za již vyznačenými symboly mohou následovat symboly přídatné, ty musejí být zapsány se znaménkem +. Tyto přídatné symboly určují tepelné zpracování výrobku. V tomto případě je uveden přídatný symbol +N, který předepisuje normalizační žhání nebo normalizační válcování. [3]

Svařitelnost těchto ocelí je ovlivněna výskytem trhlin za studena. Výskyt trhlin za studena je úzce spojen s rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí pevností. Příčinou vzniku takovýchto trhlin může být množství vodíku, který je schopný difundovat do svárového kovu, křehká struktura v TOO nebo výrazná koncentrace tahového napětí ve svárovém spoji. [2]

Omezení tvorby trhlin za studena je možno dosáhnout sníženým množstvím difuzního vodíku, čehož je možné docílit svařováním v prostředí s nízkou relativní vlhkostí. Další možností je potlačit vznik základné struktury v TOO využitím předehřevu. Koncentraci tahových napětí ve svarových spoji lze předejít vhodným postupem svařování. [3]

Oceli, které jsou popsány normou ČSN EN 10025-2: 2005 jsou vhodné k běžnému mechanickému opracování, avšak vlivem dobré tažnosti u jakostního stupně J2 se mohou projevit problémy při lámání třísky a ve finální kvalitě opracovaného povrchu. Všeobecně platí, že zvýšený obsah S v materiálu zvyšuje jeho vhodnost pro operaci obrábění. [2]

Porovnání označení oceli podle různých norem je znázorněno v tabulce (Tab.1.2).

Tab.1.2 Porovnání označení oceli S355J2 podle různých norem. [2]

Porovnání označení podle jednotlivých norem				
EN 10025-2 2004	EN 10025 1990+A1:1993	EN 10025 1990	DIN 17100	ČSN řada 41 ...
S355J2	S355J2G4 S355K2G3	Fe 510 D2 Fe 510 DD1	St 52-3 N	11 503

Tab.1.3 Přehled vlastností oceli a jejich chemické složení. [4; 5]

Přehled vlastností oceli S355J2						
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel					
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005					
Chemické složení v % hmot.						
Rozbor tavby						
C tl. 16≤40	Mn	Si	P	S	Al	N
max 0,20	max 1,60	max 0,55	max 0,025	max 0,025	-	-
Složení hotového výrobku						
max 0,23	max 1,70	max 0,60	max 0,035	max 0,035	-	-
Inspekční certifikát oceli S355J2+N s rozměry 30-2500-12000 mm						
0,173	1,141	0,360	0,013	0,002	0,037	0,004

Tab.1.4 Mechanické vlastnosti oceli pro zkoušky v podélném směru. [4; 5]

Přehled vlastností oceli S355J2				
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel			
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005			
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru				
Složení hotového výrobku				
Minimální mez kluzu pro tl. 16≤40 ReH [MPa]	Pevnost v tahu pro tl. 3≤100 Rm [MPa]	Minimální tažnost pro tl. 3≤40 A5 [%]	Minimální nárazová práce pro tl. ≤150 KV(-20°C) [J]	Hodnota CEV pro tl. ≤30
345	470-630	22	27	0,45
Inspekční certifikát oceli S355J2+N s rozměry 30-2500-12000 mm				
398	550	30,7	203	0,42

Polotovarem pro výrobu součástí je výpalek. Výhody tohoto polotovaru spočívají ve větší výtěžnosti obráběného materiálu, nižší nároky na čas obrábění a menší opotřebení řezných nástrojů. Z volby tohoto polotovaru tedy vyplývají nižší náklady na výrobu součástí.

Je zapotřebí zohlednit chování oceli při vypalování. V blízkosti vypalované mezery se nachází kritická oblast, ve které je citelně ovlivněn povrch materiálu. V kritické oblasti může docházet ke změnám vlastností materiálu především vlivem nauhličení. Nauhličení je způsobeno difundováním uhlíku ze strusky, která vzniká při pálení. Tímto procesem se může původně nízký obsah uhlíku i několikanásobně zvýšit. Rizikem je tedy vznik trhlin na hranách výpalku, které se mohou projevit bezprostředně po vypálení nebo až s odstupem času. Náchylnost ke vzniku takovýchto trhlin vzrůstá s obsahem uhlíku a tloušťkou vypalovaného materiálu. Vhodným technologickým postupem při vypalování, je možno vznik trhlin eliminovat. [2]

2 TECHNOLOGIE VÝROBY

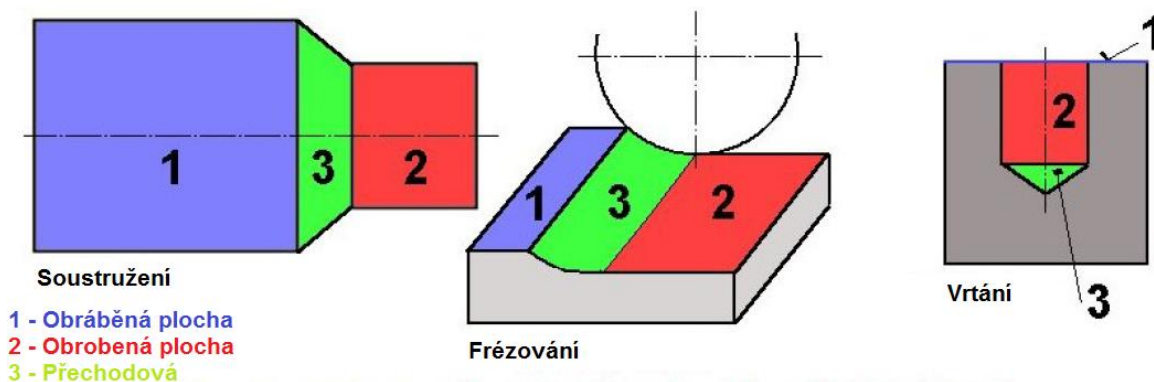
Technologie obrábění umožňuje v mnoha technologických procesech vytvořit z polotovaru, výrobek požadovaného tvaru, rozměrové přesnosti a jakosti obrobených ploch. [6]

Proces obrábění je realizován v soustavě stroj (S), řezný nástroj (N), obrobek (O) a přípravek (P). Běžně je využívána také soustava složená ze tří částí (SNO), ve které absentuje přípravek. [7]

2.1 Plochy na obrobku

Obrobek je z geometrického hlediska charakterizován obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou. (2.1Obr. 2.1Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.) [6]

- Obráběná plocha je část povrchu, která bude obrobená. [6]
- Obrobená plocha je část povrchu, která již byla obrobená. [6]
- Přechodová (okamžitá) plocha, je plocha, která vzniká při obrábění působením ostří řezného nástroje. [6]



Obr. 2.1 Plochy na obrobku [6]

2.2 Vrtání

Vrtání je technologická operace, při níž jsou vytvářeny otvory do plného materiálu, nebo se zvětšují otvory již předpracované. Hlavní řezný pohyb je rotační a vykonává jej ve většině případů nástroj. Vedlejší pohyb je přímočarý posuvný a má směr shodný s osou nástroje. Z technologického hlediska je vhodné, aby plocha pro zhotovení otvoru byla rovinná. [7]

Řezná rychlost je zmenšována podél hlavního ostří nástroje, ve směru od obvodu ke středu, v ose nástroje je tak hodnota nulová. Za hodnotu řezné rychlosti v_c je považována obvodová rychlost na jmenovitém průměru nástroje (2.1). [7; 6]

Hodnota řezné rychlosti v_c se vypočte dle vztahu (2.1). [8]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

Kde:

v_c	$[m \cdot min^{-1}]$	řezná rychlost
D	$[mm]$	průměr obráběné díry
n	$[min^{-1}]$	otáčky nástroje

Otáčky nástroje n jsou vyjádřeny vztahem (2.2).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (2.2)$$

Kde:

n	$[min^{-1}]$	otáčky nástroje
v_c	$[m \cdot min^{-1}]$	řezná rychlost
D	$[mm]$	průměr obráběné díry

Hodnota posuvové rychlosti v_f se vypočte dle vztahu (2.3). [9]

$$v_f = f \cdot n \quad (2.3)$$

Kde:

v_f	$[mm \cdot min^{-1}]$	posuvová rychlost
f	$[mm]$	posuv nástroje na jednu otáčku
n	$[min^{-1}]$	posuv nástroje na jednu otáčku

Rychlost řezného pohybu v_e se vypočte dle vztahu (2.4). [9]

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad (2.4)$$

Kde:

v_e	$[m \cdot min^{-1}]$	rychlost řezného pohybu
v_c	$[m \cdot min^{-1}]$	řezná rychlost
v_f	$[mm \cdot min^{-1}]$	posuvová rychlost

Hodnotu posuvu na zub f_z se vypočte dle vztahu (2.5). [9]

$$f_z = \frac{f}{z} \quad (2.5)$$

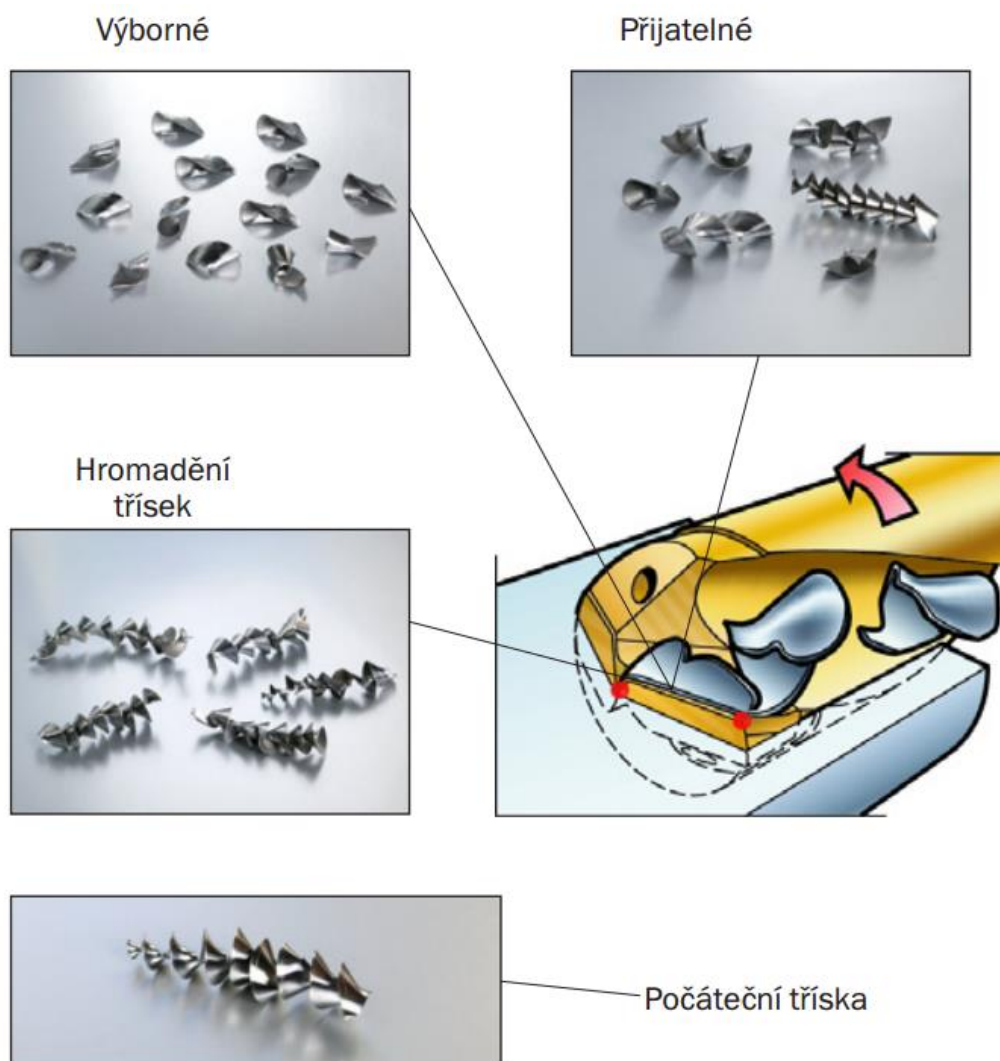
Kde:

f_z	$[mm]$	hodnotu posuvu na zub
f	$[mm]$	posuv nástroje na jednu otáčku
z	$[-]$	počet zubů (břitů) nástroje

2.2.1 Tvar třísky

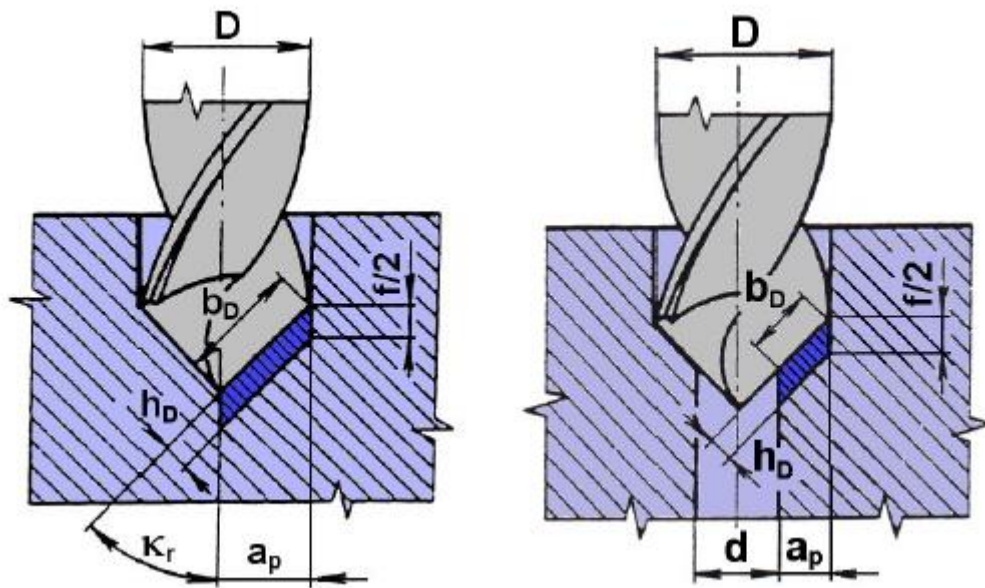
Mezi nejdůležitější faktory při vrtání patří utváření a odvádění třísky z místa řezu. Tyto faktory ovlivňují kvalitu díry a stabilitu celého procesu. Nejvhodnějším kritériem jak sledovat proces je naslouchat zvuku, který vrták vydává při procesu. Pokud je zvuk spojitý, je vše v pořádku. Pokud je zvuk při vrtání přerušovaný, signalizuje to, že dochází k nevhodnému odvádění třísky. Třísky se kumulují a hromadí v místě řezu. Dalšími možnými kritérii je sledování posuvové síly a výkonu stroje, pokud dochází ke kolísání těchto parametrů, dochází ke kumulování třísek. [10]

Třísky, které mají rovinný nebo ohnutý tvar aniž by byl stočený do spirály, jsou pro proces vrtání nevhodné. Tvar třísek a jejich vhodnost je znázorněna na obrázku (Obr. 2.2). Počáteční tříska, která vznikla při vrtání šroubovým vrtákem, je vždy dlouhá a nezpůsobuje žádné problémy. [10]



Obr. 2.2 Tvary třísek a jejich vhodnost při vrtání šroubovým vrtákem. [10]

Průřez třísky při vrtání dvoubřítým šroubovým vrtákem je znázorněn na obrázku (Obr. 2.3) a vyjádřen dle vztahu (2.6).



Obr. 2.3 Průřez třísky při vrtání dvoubřítým šroubovým vrtákem. [9]

Průřez třísky odebírané jedním břitem nástroje do plného materiálu (2.6). [8]

$$A_D = h_D \cdot b_D = \frac{D \cdot f}{4} \quad (2.6)$$

Kde:

A_D	[mm ²]	průřez třísky
b_D	[mm]	jmenovitá šířka třísky
h_D	[mm]	jmenovitá tloušťka třísky
f	[mm]	posuv nástroje na jednu otáčku

Jmenovité hodnoty šířky a tloušťky třísky se při vrtání šroubovým vrtákem vyjádří dle vztahů (2.7), (2.8) a (2.9).

Jmenovitá tloušťka třísky (2.7). [8]

$$h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r \quad (2.7)$$

Jmenovitá šířka třísky při vrtání do plného materiálu (2.8). [8]

$$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r} \quad (2.8)$$

Jmenovitá šířka třísky při vrtání do předpracované díry (2.9). [8]

$$b_D = \frac{D - d}{2 \cdot \sin \kappa_r} \quad (2.9)$$

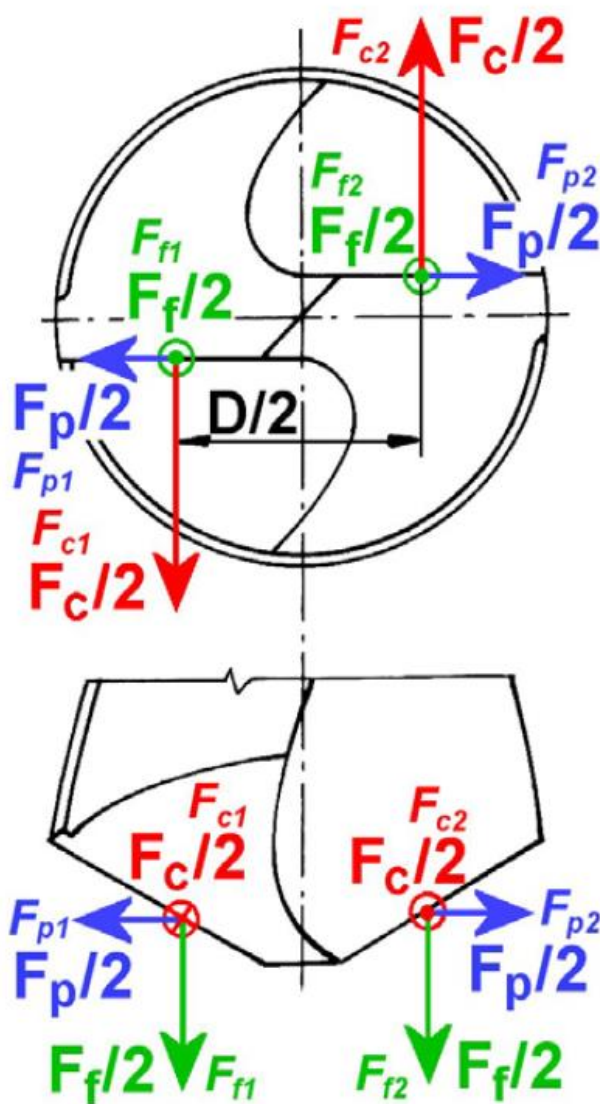
Kde:

h_D	[mm]	jmenovitá tloušťka třísky
b_D	[mm]	jmenovitá šířka třísky
f	[mm]	posuv na jednu otáčku

κ_r	[°]	úhel nastavení hlavního ostří
D	[mm]	průměr vrtáku
d	[mm]	průměr předpracované díry

2.2.2 Řezné síly

Běžné vrtání je prováděno zároveň dvěma břity. Výsledné síly vycházejí ze silové rovnováhy na břitech nástroje, směry působících sil jsou znázorněny na obrázku (Obr. 2.4). Posuvová síla je vyjádřena vtahem (2.10), pasivní síla se vypočte ze vztahu (2.11), ze kterého je patrné, že síly se vzájemně vyruší, je-li vrták přesně naostřen a ustaven. Hodnota řezné síly se pak určí ze silové rovnováhy uvedené ve vztahu (2.12).



Obr. 2.4 Řezné síly při vrtání

Posuvová síla (2.10). [8]

$$F_f = F_{f1} + F_{f2} \quad (2.10)$$

Je-li vrták správně a souměrně naostřen, pak: $F_{f/2} = F_{f1} = F_{f2}$

Kde:

F_f	[N]	posuvová síla
F_{f1}	[N]	posuvová síla na prvním břitu
F_{f2}	[N]	posuvová síla na druhém břitu

Pasivní síla (2.11). [8]

$$F_p = F_{p1} - F_{p2} \quad (2.11)$$

Je-li vrták správně a souměrně naostřen, pak: $F_{p/2} = F_{p1} = F_{p2} \Rightarrow F_p = 0$

Kde:

F_p	[N]	pasivní síla
F_{p1}	[N]	pasivní síla na prvním břitu
F_{p2}	[N]	pasivní síla na druhém břitu

Řezná síla (2.12). [8]

$$F_c = F_{c1} + F_{c2} \quad (2.12)$$

Je-li vrták správně a souměrně naostřen, pak: $F_{c/2} = F_{c1} = F_{c2}$

Kde:

F_c	[N]	řezná síla
F_{c1}	[N]	řezná síla na prvním břitu
F_{c2}	[N]	řezná síla na druhém břitu

Pro stanovení jednotlivých sil (odporů) se také využívá empirických vztahů, které jsou vyjádřeny rovnicemi (2.13) a (2.14). S odkazem na rovnici (2.11) je patrné, že při správném ostření nástroje je pasivní složka síly nulová, proto je v empirických vztazích zanedbána.

Empirický vztah pro posuvovou sílu (2.13). [8]

$$F_f = C_{Ff} \cdot D^{x_{Ff}} \cdot f^{y_{Ff}} \quad (2.13)$$

Empirický vztah pro řeznou sílu (2.14). [8]

$$F_c = C_{Fc} \cdot D^{x_{Fc}} \cdot f^{y_{Fc}} \quad (2.14)$$

Kde:

F_f	[N]	posuvová síla
F_c	[N]	řezná síla
C_{Ff}, C_{Fc}	[-]	konstanty vyjadřující vliv obráběného materiálu
x_{Ff}, x_{Fc}	[-]	exponenty vyjadřující vliv průměru vrtáku
y_{Ff}, y_{Fc}	[-]	exponenty vyjadřující vliv posuvu na otáčku
D	[mm]	průměr vrtáku
f	[mm]	posuv na jednu otáčku

Za předpokladu, že platí vztahy (2.13) a (2.14) lze pro výpočet krouticího momentu k ose vrtáku odvodit empirický vztah (2.15).

Odvození empirického vztahu pro kroutící moment.

$$M_k = 2 \cdot \frac{F_c}{2} \cdot \frac{D}{4} = \frac{1}{4} \cdot F_c \cdot D = \frac{1}{4} \cdot C_{Fc} \cdot D^{x_{Fc}} \cdot f^{y_{Fc}} \cdot D = \frac{1}{4} \cdot C_{Fc} \cdot D^{(x_{Fc}+1)} \cdot f^{y_{Fc}}$$

Substituce

$$\frac{1}{4} \cdot C_{Fc} = C_M, x_{Fc} + 1 = x_M$$

Empirický vztah pro výpočet kroutícího momentu (2.15). [9]

$$M_k = C_M \cdot D^{x_M} \cdot f^{y_{Fc}} \quad (2.15)$$

Kde:

M_k	[N . mm]	kroutícího momentu
F_c	[N]	řezná síla
x_{Ff}, x_{Fc}	[-]	exponenty vyjadřující vliv průměru vrtáku
y_{Ff}, y_{Fc}	[-]	exponenty vyjadřující vliv posuvu na otáčku
D	[mm]	průměr vrtáku
f	[mm]	posuv na jednu otáčku

Řezný výkon při vrtání (2.16). [9]

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} = \frac{F_c \cdot v_c}{1,2 \cdot 10^5} \quad (2.16)$$

Kde:

P_c	[kW]	řezný výkon při vrtání
F_c	[N]	řezná síla
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost

2.2.3 Jednotkový strojní čas

Jednotkový strojní čas pro vrtání průchozích děr je znázorněn na obrázku (Obr. 2.5) a vyjádřen je vztahem (2.17). Velikost přeběhu je popsána vztahem (2.18) a velikost náběhu vrtáku je popsána vztahem (2.19) pro standartní vrtáky.

Jednotkový strojní čas (2.17). [9]

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \quad (2.17)$$

Délka přeběhu vrtáku (2.18). [9]

$$l_p = \frac{D}{2} \cdot tg \varepsilon_r + (0,5 \div 2,0) \quad (2.18)$$

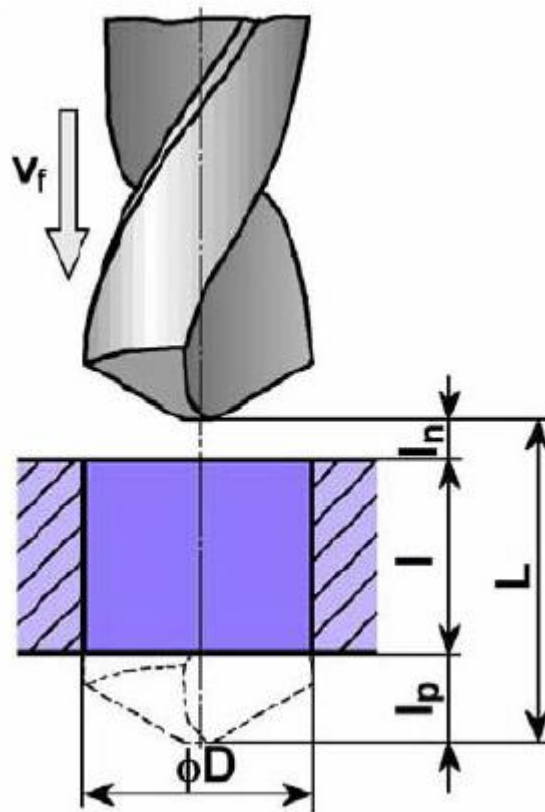
Délka náběhu vrtáku (2.19). [9]

$$l_n = (0,5 \div 2,0) \quad (2.19)$$

Kde:

t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas
L	[mm]	délka skládající se z náběhu, délky vrtané díry a přeběhu
v_f	[mm . min ⁻¹]	posuvová rychlost
l_n	[mm]	délka náběhu vrtáku

l	[mm]	délka vrtané díry
l_p	[mm]	délka přeběhu vrtáku
n	[min ⁻¹]	otáčky vrtáku
f	[mm]	posuv vrtáku na jednu otáčku
D	[mm]	průměr vrtáku
ε_r	[°]	úhel špičky vrtáku



Obr. 2.5 Výpočet strojního času vrtání. [9]

2.3 Řezné prostředí

Volba vhodného řezného prostředí je zásadním faktorem, který ovlivňuje trvanlivost a životnost řezných nástrojů a kvalitu obrobenej plochy. Při porovnání práce za sucha je možno dosáhnout (vhodnou volbou řezného prostředí) vyššího hospodárního úběru o 50 až 200 %. V praxi však existují procesy obrábění, které se provádějí za sucha. Jako příklad může sloužit obrábění s povlakovanými slinutými karbidy nebo řeznou keramikou. Litina se díky přítomnosti grafitu, který zde může působit jako pevné mazivo, nemusí chladit. Pro operaci vrtání je významný požadavek na mazání. [8]

Praktické zásady pro volbu procesního média vycházejí z následujících poznatků:

- Z mechanismu tvorby třísky,
- z vlastností obráběného materiálu,
- z vlastností použitých nástrojových materiálů,
- z požadavku na jakost opracování součásti. [11]

Na základě těchto poznatků se dále určuje:

- charakteristika procesního média (chladicí a mazací účinek),
- způsob přívodu média do místa řezu,
- vhodná koncentrace média,
- dostupnost na trhu a cena média se stanovenými požadavky,
- způsob likvidace média s ohledem na ekologii. [11]

2.3.1 Technologické požadavky procesního média

Mazací účinek

Mazací účinek je významným faktorem pro snížení tření na stykových plochách bříty. Snížené tření má pozitivní efekt ve všech oblastech tvorby třísky, lepší kvalité obrobeného povrchu a napomáhá také klidnějšímu chodu stroje. Pro správný mazací účinek je důležité, aby byl vytvořen účinný mazací film ve stykové ploše, musí tedy být zajištěn adekvátní přístup média na tuto plochu. Zlepšování vlastností obrobeného povrchu, který se vyznačuje vnikem troucích se povrchů, lze dosáhnout zvýšením pevnosti mazacího filmu díky přidáním aktivních přísad. [8]

Čistící účinek

Čistící účinek se vyznačuje odstraňováním třísek, drobných částeczek rezného materiálu a nečistot z místa řezu. Nežádoucím jevem je slepování fází, které jsou z místa řezu odstraňovány. Medium by tedy nemělo napomáhat ke spojování takovýchto fází, které by mohli tvořit větší seskupení. Pokud dochází ke vzniku takovýchto seskupení, je zapotřebí dané medium filtrovat. [8]

Ochranný účinek

Procesní medium přichází ke styku nejen s obrobkem, ale také s vodíci částmi stroje, gumovým těsněním, přípravky a nepřímo také s použitými měřidly. Z tohoto důvodu je důležitým faktorem ochranný účinek, který má za úkol tyto součásti chránit a zabránit vzniku koroze a degradace. [8; 11]

Zdravotní nezávadnost

Procesní kapaliny se běžně dostávají do styku s lidskou pokožkou. Biologicky aktivní kapaliny tak představují potenciální příčinu vzniku kožních onemocnění a alergických reakcí. Zdravotní nezávadnost tak musí být vždy deklarována prodejcem. [8]

2.3.2 Procesní kapaliny

Procesní kapaliny se řadí do následujících skupin a jejich volba je závislá na technologických požadavcích.

- Vodné roztoky
- Kapaliny pro třískové obrábění kovů
 - Vodou mísitelné – emulze
 - Ve vodě rozpustné – syntetické a polysyntetické roztoky
- Řezné oleje, zušlechtěné řezné oleje
- Chlazení plynem

- Chlazení řeznou mlhou
- Mazání pomocí pevných látek (gelů, past) [8]

2.4 Trvanlivost a životnost nástroje

Trvanlivost je charakterizována jako doba, po kterou je nástroj schopen efektivně plnit požadovaný proces s příslušnými parametry. Příslušnou trvanlivost určuje interval mezi nasazením nástroje do řezného procesu a vznikem poruchy, která ukončuje tento interval. [12]

Poruchy nástroje lze z technologického hlediska rozdělit na postupné a náhlé. Postupné poruchy se projevují například změnou jednoho nebo více parametrů. Mezi základní změny patří změna rozměrů obrobených prvků a zhoršení obrobeného povrchu. Účelně lze také sledovat změny zatížení stroje při procesu. Náhlá porucha se projevuje prudkou změnou jednoho či více parametrů. Mezi náhlé poruchy patří například vylomení bříty či úplné zničení nástroje. Je obtížné predikovat náhlou poruchu, zatímco postupnou poruchu je možné predikovat v závislosti na čase. [12]

Trvanlivost se v technologické praxi často vztahuje ke kritériu opotřebení bříty nástroje. [12]

Trvanlivost a životnost bříty nástroje je nejčastěji vyjadřována jako čas řezného procesu v minutách [min] nebo jako dráha řezu v metrech [m]. Pro vrtání je často využíváno vyjádření v metrech [m] pro délku obrobené díry. [12]

Trvanlivost bříty je obecně závislá na řezných podmínkách. Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti se pro jinak konstantní podmínky popisuje Taylorovým vztahem (2.20) a (2.21). [12]

Taylorův vztah (2.20). [12]

$$T = C_T \cdot v_c^{-m} \quad (2.20)$$

Další vyjádření Taylorova vztahu (2.21). [12]

$$v_c = C_v \cdot T^{\frac{-1}{m}} \quad (2.21)$$

Vyjádření konstanty C_v (2.22). [12]

$$C_v = C_t^{\frac{1}{m}} \quad (2.22)$$

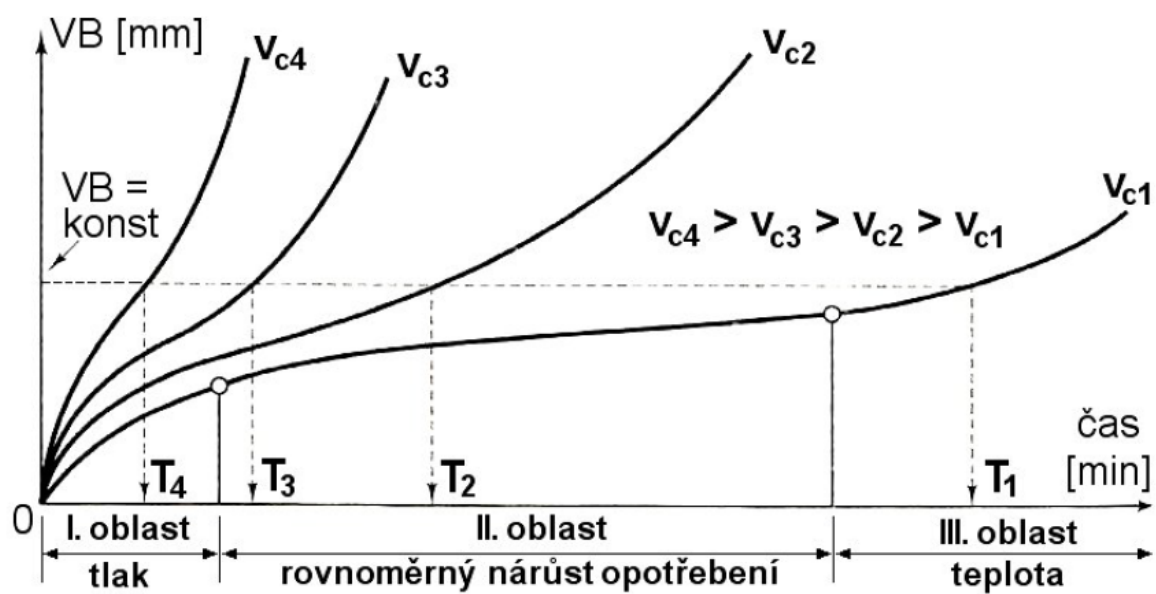
Kde:

T	[min]	trvanlivost bříty
C_T	[-]	konstanta
C_v	[-]	konstanta
m	[-]	exponent
v_c	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost

Konstanta C_T je závislá především na materiálu obrobku a nástroje. Běžně nabývá hodnot 10^8 až 10^{12} . [12]

Velikost exponentu m charakterizuje především vlastnosti řezného nástroje a způsob obrábění. [12]

Na obrázku (Obr. 2.6) je znázorněna časová závislost opotřebení pro různé řezné rychlosti.



Obr. 2.6 Časová závislost opotřebení pro různé řezné rychlosti. [6]

3 VÝROBNÍ EKONOMIKA

3.1 Měření spotřeby času

Spotřeba času je ukazatelem organizovanosti práce a vybrané výrobní metody. Měřením spotřeby času při obrábění získáváme informace, které můžeme využít jako podklad pro úpravu organizace práce a odstraňování rezerv ve výrobním procesu. [13]

V závislosti na získaných informacích můžeme také účelně motivovat a odměňovat pracovníky.

3.2 Spotřeba času CNC stroje

Jednotkový čas CNC stroje t_{mA} (3.1). [14]

$$t_{mA} = t_{mA5} + t_{mA4} + t_{mA6} \quad (3.1)$$

Kde:

t_{mA}	[min]	jednotkový čas CNC stroje
t_{mA5}	[min]	jednotkový čas klidu CNC stroje
t_{mA4}	[min]	jednotkový čas chodu CNC stroje
t_{mA6}	[min]	jednotkový čas interference CNC stroje

Při obsluze jednoho stroje je $t_{mA6} = 0$.

Dávkový čas CNC stroje t_{mB} (3.2). [14]

$$t_{mB} = t_{mB5} + t_{mB4} \quad (3.2)$$

Kde:

t_{mB}	[min]	dávkový čas CNC stroje
t_{mB5}	[min]	dávkový čas klidu CNC stroje
t_{mB4}	[min]	dávkový čas chodu CNC stroje

3.3 Nákladové položky

Jednicové nákladové položky N_{Aps} (3.3). [14]

$$N_{Aps} = \frac{N_{hS}}{60} \cdot t_{mA} \quad (3.3)$$

Kde:

N_{Aps}	[Kč · ks ⁻¹]	jednicové nákladové položky
N_{hS}	[Kč · h ⁻¹]	náklady na hodinu provozu stroje
t_{mA}	[min]	jednotkový čas CNC stroje

Dávkové náklady provozu stroje N_{Bps} (3.4). [14]

$$N_{Bps} = \frac{N_{hpS}}{60} \cdot \frac{t_{mB}}{d_v} \quad (3.4)$$

Kde:

N_{Bps}	[Kč · ks ⁻¹]	dávkové náklady provozu stroje
N_{hpS}	[Kč · h ⁻¹]	náklady na hodinu přípravy stroje
t_{mA}	[min]	jednotkový čas CNC stroje
d_v	[ks]	výrobní dávka

Režijní náklady N_{Rps} (3.5). [14]

$$N_{Rps} = (N_{Aps} + N_{Bps}) \cdot \frac{R}{100} \quad (3.5)$$

Kde:

N_{Rps}	[Kč · ks ⁻¹]	režijní náklady
N_{Aps}	[Kč · ks ⁻¹]	jednicové nákladové položky
N_{Bps}	[Kč · ks ⁻¹]	dávkové náklady provozu stroje
R	[%]	provozní režie

Operační náklady N_{op} (3.6). [14]

$$N_{op} = N_{Aps} + N_{Bps} + N_{Rps} \quad (3.6)$$

Kde:

N_{op}	[Kč · ks ⁻¹]	operační náklady
N_{Aps}	[Kč · ks ⁻¹]	jednicové nákladové položky
N_{Bps}	[Kč · ks ⁻¹]	dávkové náklady provozu stroje
N_{Rps}	[Kč · ks ⁻¹]	režijní náklady

Náklady na nástroj (3.7). [6]

$$N_n = N_T \cdot z_v \quad (3.7)$$

Kde:

N_n	[Kč]	náklady na nástroj
N_T	[Kč]	náklady na nástroj a jeho výměnu vtažené na jednotku trvanlivosti
z_v	[-]	počet výměn nástroje, vztažený na obrobení jednoho kusu

Počet výměn nástroje, vztažený na obrobení jednoho kusu (3.8). [6]

$$z_v = \frac{t_{AS}}{T} \quad (3.8)$$

Kde:

z_v	[-]	počet výměn nástroje, vztažený na obrobení jednoho kusu
T	[min]	trvanlivost nástroje
t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas

4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

4.1 Představení výrobního podniku

Firma ZAKO Turčín s r. o. se nachází ve Zlínském kraji v obci Březnice. Založení podniku se datuje k roku 1996 a do současnosti je vlastněna výhradně Českými majiteli.

Hlavní činností firmy je zakázková výroba obráběných a svařovaných celků včetně požadovaných povrchových úprav a to i s možností následné montáže.



Obr. 4.1 Firma ZAKO Turčín s r. o.

4.2 Strojní vybavení

V tabulce (Tab. 4.1) Jsou uvedeny maximální rozjezdy strojů, kterými firma disponuje.

Tab. 4.1 Strojní vybavení obrobny. [15]

CNC vertikální stroje MCFV	Rozjezdy v ose $X_{\max}$	2000
	Rozjezdy v ose $Y_{\max}$	800
	Rozjezdy v ose $Z_{\max}$	720
CNC pětiosé stroje	Rozjezdy v ose $X_{\max}$	345
	Rozjezdy v ose $Y_{\max}$	900
	Rozjezdy v ose $Z_{\max}$	600
	Průměr točného otočného stolu D_{osmax}	800
CNC soustruhy	Točná délka L_{tmax}	2000
	Točný průměr D_{smax}	800
CNC horizontální obrábění	Rozjezdy v ose $X_{\max}$	5000
	Rozjezdy v ose $Y_{\max}$	2500
	Rozjezdy v ose $Z_{\max}$	2200

Frézky klasické	Rozjezdy v ose $X_{\max}$	400
	Rozjezdy v ose $Y_{\max}$	500
	Rozjezdy v ose $Z_{\max}$	1250
Soustruhy konvenční	Točná délka $L_{\max}$	2500
	Točný průměr $D_{\max}$	500

4.2.1 Stroje využívané pro aktuální technologii výroby

Při současné technologii výroby součásti jsou využívány tři stroje. Prvním je klasická konzolová frézka, na níž se vykonávají operace přípravného charakteru. Druhým strojem je vertikální obráběcí centrum, na kterém je vyráběna většina prvků zvolené součásti. Stroj pracuje převážně ve třech osách. Je tedy nutný do výrobního taktu zařadit i třetí stroj, kterým je portálové obráběcí centrum. Toto centrum umožňuje plynulé obrábění v pěti osách.

Konzolová frézka FCV 63 NCA (FK)

Konzolová frézka FCV 63 NCA (Obr. 4.2) je klasická frézka s rozměry stolu 1800x600. Tento stroj je repasován a doplněn číslicově řízeným systémem Sinumerik 840D.



Obr. 4.2 Konzolová frézka FCV 63 NCA [16]

Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060 (MCFV)

Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060 (Obr. 4.3) umožňuje obrábění v osách X, Y, Z. Stroj je osazen vřetenem s upínacím kuzelem ISO 40, které se pohybuje ve vertikálním směru (osa Z). Vrchní plocha pracovního stolu slouží pro upnutí obrobku a pohybuje se ve směru osy X, po vedení na křížovém supportu. Křížový support se pohybuje v příčném směru osy Y, po vedení umístěném na základně. Stroj je také

osazen elektrickou kompenzací teplotních dilatací. Technické parametry jsou podrobně uvedeny v tabulce (Tab. 4.2). [17]

Tab. 4.2 Technické parametry stroje MCFV 1060 [17]

Pracovní stůl	Pracovní plocha	1270 × 590
Pojezdy	Osa X (pracovní stůl)	1016
	Osa Y (křížový suport)	610
	Osa Z (vřeteník)	760
	Vzdálenost čela vřetena od stolu	150 ÷ 910
	Maximální pracovní posuv	15 [m·min ⁻¹]
	Rychloposuv	40 [m·min ⁻¹]
Vřeteno	Upínací kužel	ISO 40
	Maximální otáčky vřetena	12000 [min ⁻¹]
	Maximální kroutící moment	141 [Nm]
Zásobník nástrojů	Počet míst v zásobníku	33
	Teoretický čas výměny nástroje	3,5 [s]
Rychloposuv	V ose X	20 [m·min ⁻¹]
	V ose Z	24 [m·min ⁻¹]
	V ose C – polohování vřetena	56 [m·min ⁻¹]
Spotřeba energií	Příkon	35 [kVA]
Rozměry stroje	Výška stroje	3150
	Půdorys stroje	2750 x 2120
	Hmotnost stroje	7700 [kg]



Obr. 4.3 Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060 [16]

Portálové obráběcí centrum MCV 1220 (MCV)

Toto frézovací centrum (Obr. 4.4) umožňuje lineární vedení ve 3 až 5 osách. Pracovní prostor je vybaven jedním pevným a jedním otočným stolem. Stroj také disponuje tepelnou stabilizací vřetene, měřicí sondou na nástroje i obrobek a regálovým zásobníkem nástrojů o maximální kapacitě osmdesáti položek. [16; 18; 19]

Vysoká dynamika, tuhost a tlumící vlastnosti umožňují také využití výhod HSC technologií. Technické parametry stroje jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4.3). [18; 19]

Tab. 4.3 Technické parametry stroje MCV 1220 [18; 19]

Pracovní plocha	Pracovní stůl	1200 × 2000
Pojezdy	Osa X (křížový suport)	1000
	Osa Y (příčnick)	1800
	Osa Z (smykadlo)	600
	Vzdálenost čela vřetena od stolu	150 ÷ 750
	Maximální pracovní posuv	40 [m·min ⁻¹]
	Rychloposuv	40 [m·min ⁻¹]
Elektrovřeteno	Upínací kužel	ISO 40
	Maximální otáčky vřetena	15000 [min ⁻¹]
	Maximální kroutící moment	197 [Nm]
Zásobník nástrojů	Počet míst v zásobníku	80
	Teoretický čas výměny nástroje	8 [s]
Rychloposuv	V ose X	40 [m·min ⁻¹]
	V ose Y	
	V ose Z	
Polohování dvou osého otočného stolu	V ose A (naklápěcí osa)	±95° 25 [min ⁻¹]
	V ose C (rotační osa)	360° 400 [min ⁻¹]
	Maximální kroutící moment v ose C	628 [Nm]
Spotřeba energií	Příkon	45 [kVA]
Rozměry stroje	Výška stroje	3880
	Půdorys stroje	4712 x 4791
	Hmotnost stroje	14500 [kg]



Obr. 4.4 Portálové obráběcí centrum MCV 1220 [16]

4.3 Stávající technologický postup

V technologickém postupu (Tab. 4.4) jsou vedeny operace na jednotlivých pracovištích, které je zapotřebí provést pro zhotovení součásti „přítlačná deka“ dle přiložené výkresové dokumentace. Jednotlivé operace jsou prováděny nástroji, které jsou značeny systémem T1 ÷ Tx. Jednotlivé nástroje potřebné pro výrobu jsou uvedeny v nástrojovém listu.

Tab. 4.4 Technologický postup pro výrobu stávající technologií.

VUT FSI Brno	Technologický postup	Datum vydání: 29.4.2017
Č. v.: ZA170313	Název součásti: Přítlačná deka	Materiál: S355J2+N
Vyhotovil: Jiří Turčín	Polotovar: Výpalek 420 x 360 x 30	Stroje: FK, MCFV, MCV

Číslo operace:	Název, označení stroje:	Dílna	Popis práce v operaci:	Pomůcky:
00/00	Příprava polotovaru	KOOP-ŽÍH	Žihání Žihání na měko po vypálení, teplota do 560°C	
01/01	Příprava polotovaru	KOOP-PÍS	Pískování	
02/02	Zamečnick	ZÁM	Vyrovnání polotovaru	
03/03	Frézka XY FK	OBR	Upnout polotovar do svěráku Frézovat na tloušťku 25 z obou stran	P1 T1
04/04	Mechanik	OBR-ME	Ojehlit obvod	
05/05	Seřízení Vertikální centrum P-MCFV 1060	OBR	Seřídít dle programu	
06/06	Vertikální centrum MCFV 1060	OBR	Upnout s vyložním Frézovat otvor 14 / 35 / R6 Vrtat 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323, poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Hrubovat úkos 45° na kružnici Ø294 Hrubovat otvor Ø294 ^{+0,2} ₀ , kolmost k základně A do 0,5 Vrtat 15x Ø24 na roztečné kružnici Ø380, poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Vrtat 4x Ø22 poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Vrtat 4x Ø18 poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Vrtat 4x Ø12 poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Vrtat 2x Ø10,2 na roztečné kružnici Ø415, poloha osy do 1 k základnám A, B, C Sražení hrany pro závit 2x 45° Tvářet závit 2x M12 Frézovat zkosení 45° Odstranění otřepu 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323 Frézovat otvor Ø294 ^{+0,2} ₀ , kolmost k základně A do 0,5	P1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 T13 T14 T15
07/07	Seřízení Portálové centrum P-MCV 1220	OBR	Seřídít dle programu	
08/08	Portálové centrum MCV 1220	OBR	Upnout na stůl Frézovat drážku R12 / 5 / R178 / R202 / 22° Frézovat drážku 2x 25 (77,5-52,5) / 207 Dokončit drážky Vrtat 2x Ø10,2 ve vzdálenosti 65 od středu souměrnosti Srazit hrany pro závit 2x 45° Tvářet závit 2x M12	P1 T11 T13 T15 T16
09/09	Mechanická	OBR-ME	Ojehlit Označit (výška písma 10) TEXT + šarže Řezat závit 2x M12	

4.4 Nástrojový list

Nástrojový list (Tab. 4.5) obsahuje výčet jednotlivých nástrojů včetně potřebných výměnných břitových destiček. Značení nástrojů i výměnných břitových destiček koresponduje se stylem značení jednotlivých výrobců.

Tab. 4.5 Nástrojový list pro výrobu současnou technologií.

VUT FSI Brno	Nástrojový list		Datum vydání: 12.5.2017
Č. v.: ZA170313	Název součásti: Přítlačná deska	Materiál: S355J2+N	
Vyhotovil: Jiří Turčín	Polotovar: Výpalek 420 x 360 x 30	Stroje: FK, MCFV, MCV	
Pořadí nástroje	Název nástroje	Výrobce	Značení
T1	Čelní fréza VBD	Pramet	125A10R-S45HN09C-CF HMGX 0906ANSN-M 8240 XNGX 0906ANSN 8215
T2	Vrták tvrdokovový Ø14	Precitool	GP 102756 TiAlN
T3	Čelní fréza VBD	Pramet	80A08R-S45HN09C-CF HMGX 0906ANSN-M 8240
T4	Trchoidní fréza Ø15,6	Guhring	6737 Sada 6755 A15,6-32,0 R-RF1
T5	Vrták Ø24 VBD	Seco	SD503-24-72-25R7 SCGX070308-P2, DP3000 SPGX0703-C1, T400D
T6	Vrták Ø22 VBD	Seco	SD503-22-66-25R7 SCGX060204-P2, DP3000 SPGX0703-C1, T400D
T7	Vrták Ø18 VBD	Seco	SD503-18-54-25R7 SCGX050204-P2, DP3000 SPGX0602-C1, DP3000
T8	Vrták tvrdokovový Ø12	Precitool	GP 102756 TiAlN
T9	Trchoidní fréza Ø11,7	Guhring	6755 Sada 6755 A15,6-32,0 R-RF1
T10	Trchoidní fréza Ø9,7	Guhring	6755 Sada 6755 A15,6-32,0 R-RF1

Pořadí nástroje	Název nástroje	Výrobce	Značení
T11	Vrták Ø11,2	Guhring	R-RT1-U 5511 11,2
T12	Fréza na srážení hran VBD	Wodex Walter	19727003-VT25 TCMT110204-PS5 WPP20
T13	Závitník M12 tvářecí	OSG	A M12 6HX C HCC E PM TICN 48 133179 1744
T14	Fréza pro frézování úkosů VBD	Pramet Widia	45T04R-S45XP1620-C XPHT160412
T15	Fréza trochoidní Ø20 VBD	Dormer – Pramet	S717 20L4S125 57A20 SUMA
T16	Fréza Ø20 VBD	Iscar	HM90 E90A-D20-3-W20-C APKT 1003PDTR-RM IC928

4.5 Časové rozložení výroby

Bylo provedeno detailní měření jednotlivých úkonů výrobního procesu. Vstupní hodnoty byly reálně změřeny v průběhu výroby stávající technologií.

Oblast nazvaná jako **výroba** je v tomto kontextu chápána jako čistý strojní čas potřebný pro zhotovení požadovaného úseku předepsaného technologickým postupem.

Oblast pojmenovaná jako **upínání** pod sebou zahrnuje činnosti jako správné ustavení součásti, vyjmutí součásti, očištění styčných ploch mezi obrobkem a upínacím systémem nebo také celkovou údržbu pracovního prostoru stroje. To vše je prováděno v okamžiku, kdy stroj nevykonává řezný proces nebo jiný pohyb.

Oblast nazvaná jako **automatická výměna nástrojů** je zaznamenána pouze u strojů, které umožňují plně automatickou výměnu nástroje ze zásobníku nástrojů.

Kontrola nástrojů je zaměřena na posouzení stavu nástroje a jeho případnou výměnu.

Měření je v kontextu spotřeby času na stroji pojato jako přímé měření vyhodnocováno strojem. Měření součásti mimo stroj, za současného chodu stroje, není v této oblasti spotřeby času zahrnuto.

Výsledky měření slouží jako vstupní materiál, díky kterému je možno proces analyzovat. Získané hodnoty jsou rozděleny do jednotlivých oblastí, jejichž časová náročnost je vyjádřena v souhrnných tabulkách. Grafické vyjádření jednotlivých oblastí výrobního procesu je znázorněno procentuálně v přehledných grafech pro lepší vizualizaci spotřeby času při práci na stroji.

4.5.1 Časový záznam výroby na stroji FCV 63 NCA

Časový záznam jednotlivých úkonů pro zhotovení požadovaných operací na stroji FCV 63 NCA, dle technologického postupu, je vyjádřen v tabulce (Tab. 4.6). Souhrnné

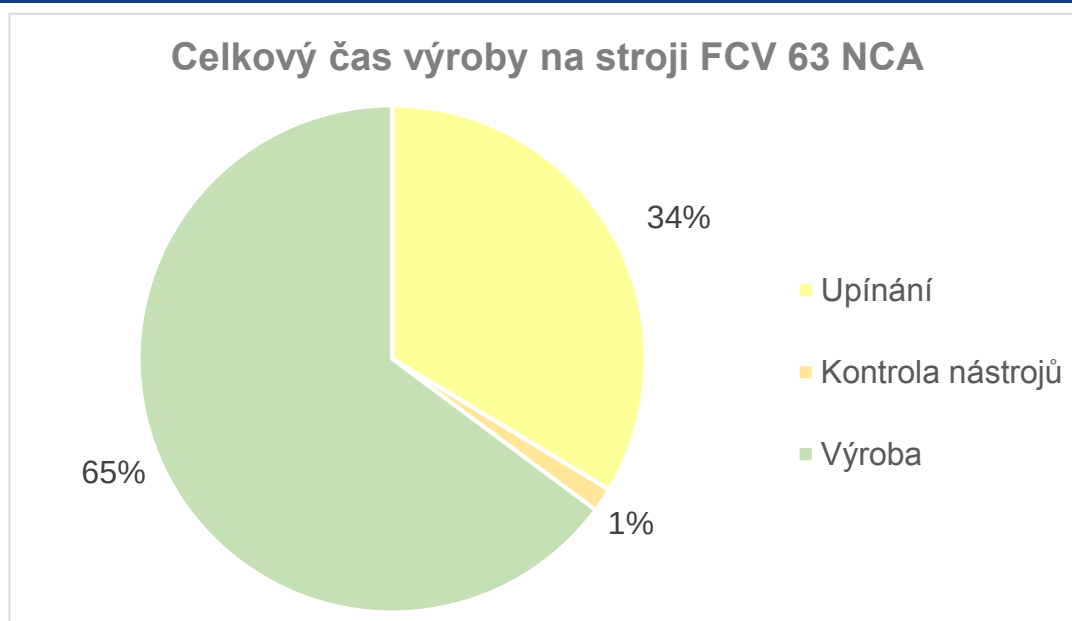
vyjádření časové náročnosti jednotlivých oblastí je uvedeno v tabulce (Tab. 4.7), grafické znázornění vycházející z této tabulky je vykresleno na obrázku (Obr. 4.5).

Tab. 4.6 Časový záznam výroby na stroji FCV 63 NCA.

Číslo úkonu	Úkon	Čas [h:min:s]
1	Čištění, upnutí	0:00:44
2	Hrubování první strany	0:01:45
3	Čištění, upnutí druhé strany	0:00:51
4	Hrubování druhé strany	0:01:47
5	Odepnutí obrobku	0:00:15
6	Kontrola nástroje průměrná hodnota	0:00:10

Tab. 4.7 Souhrnné vyjádření časové náročnosti jednotlivých oblastí na stroji FCV 63 NCA.

Upínání	Kontrola nástrojů	Výroba
0:01:50	0:00:10	0:03:32
[h:min:s]		
Celkový čas výroby na stroji FCV 63 NCA		
0:05:37		



Obr. 4.5 Procentuální vyjádření času výroby na stroji MCV 1220.

4.5.2 Časový záznam výroby na stroji MCFV 1060

Časový záznam jednotlivých úkonů pro zhotovení požadovaných operací na stroji MCFV 1060, dle technologického postupu, je vyjádřen v tabulce (Tab. 4.8). Souhrnné vyjádření časové náročnosti jednotlivých oblastí je uvedeno v tabulce (Tab. 4.9), grafické znázornění vycházející z této tabulky je vykresleno na obrázku (Obr. 4.6).

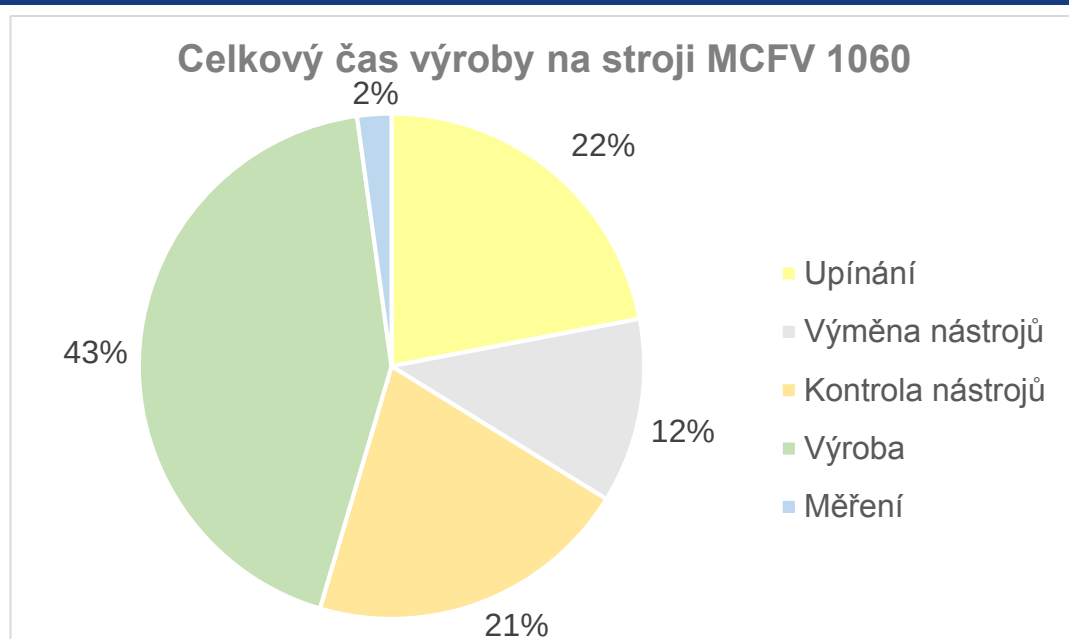
Tab. 4.8 Časový záznam výroby na stroji MCFV 1060.

Číslo úkonu	Úkon	Čas [h:min:s]
1	Čištění, upnutí s vyložením	0:03:42
2	Automatická výměna nástroje	0:00:17
3	Měření sondou	0:00:25
4	Automatická výměna nástroje	0:00:17
5	Frézování otvoru 14 / 35 / R6	0:01:20
6	Automatická výměna nástroje	0:00:15
7	Kontrola nástroje a jeho výměna	0:00:10
8	Vrtání 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323	0:02:40
9	Automatická výměna nástroje	0:00:16
10	Hrubování úkosu 45° na kružnici Ø294	0:03:01
11	Automatická výměna nástroje	0:00:12
12	Hrubování otvoru Ø294	0:01:30
13	Automatická výměna nástroje	0:00:14
14	Kontrola plátků a jejich výměna	0:01:17
15	Vrtání 15x Ø24 na roztečné kružnici Ø380	0:01:32
16	Automatická výměna nástroje	0:00:22
17	Kontrola plátků a jejich výměna	0:01:00
18	Vrtání 4x Ø22	0:00:31
19	Automatická výměna nástroje	0:00:15
20	Kontrola plátků a jejich výměna	0:01:00
21	Vrtání 4x Ø18	0:00:37
22	Automatická výměna nástroje	0:00:12
23	Kontrola vrtáku	0:00:11
24	Vrtání 4x Ø12	0:00:36
25	Automatická výměna nástroje	0:00:08
26	Kontrola vrtáku	0:00:06
27	Vrtání 2x Ø10,2 na roztečné kružnici Ø415	0:00:12
28	Automatická výměna nástroje	0:00:23
29	Sražení hrany pro závit 2x 45°	0:00:11
30	Automatická výměna nástroje	0:00:23
31	Tváření závitu 2x M12	0:00:32
32	Povolení a znovu dotažení dílce pro možný pohyb materiálu	0:01:55
33	Automatická výměna nástroje	0:00:23
34	Měření sondou vnitřní Ø294	0:00:25
35	Automatická výměna nástroje	0:00:21
36	Frézování zkosení 45°	0:00:53
37	Automatická výměna nástroje	0:00:13
38	Odstranění otřepů 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323	0:01:35

39	Automatická výměna nástroje	0:00:19
40	Dokončení Ø294	0:01:17
41	Průměrná kontrola nástrojů mimo vrtáky	0:04:10
42	Vyjmutí součásti	0:02:45

Tab. 4.9 Souhrnné vyjádření časové náročnosti jednotlivých oblastí na stroji MCFV 1060.

Upínání	Automatická výměna nástroje	Kontrola nástrojů	Výroba	Měření
0:08:22	0:04:30	0:07:54	0:16:27	0:00:50
[h:min:s]				
Celkový čas výroby na stroji MCFV 1060				
0:38:03				



Obr. 4.6 Procentuální vyjádření času výroby na stroji MCFV 1060.

4.5.3 Časový záznam výroby na stroji MCV 1220

Časový záznam jednotlivých úkonů pro zhotovení požadovaných operací na stroji MCV 1220, dle technologického postupu, je vyjádřen v tabulce (Tab. 4.10). Souhrnné vyjádření časové náročnosti jednotlivých oblastí je uvedeno v tabulce (Tab. 4.11), grafické znázornění vycházející z této tabulky je vykresleno na obrázku (Obr. 4.7).

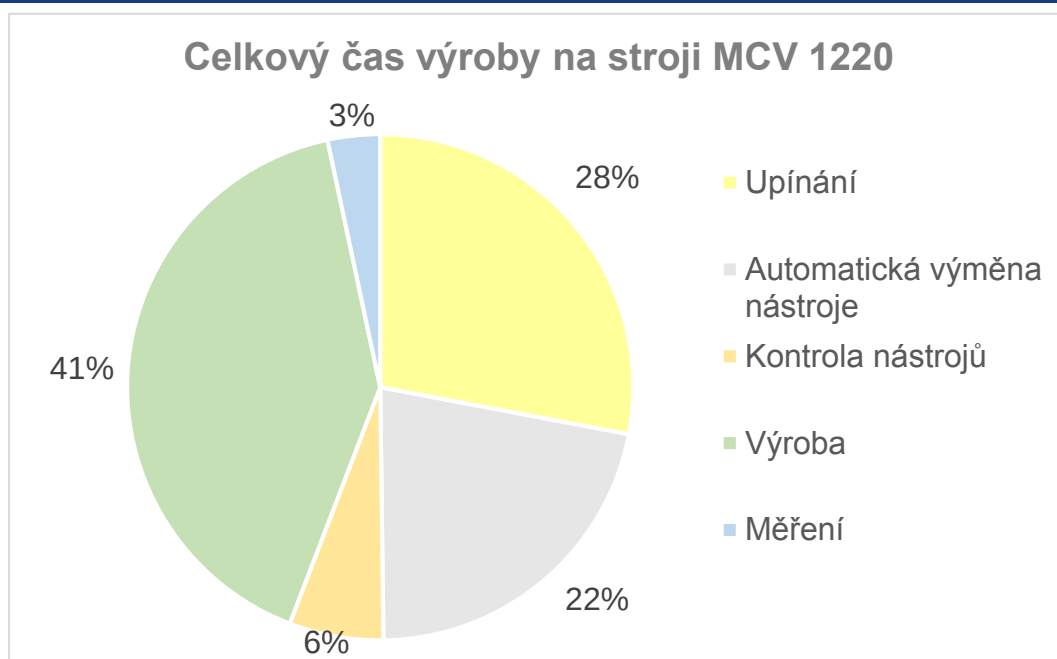
Tab. 4.10 Časový záznam výroby na stroji MCV 1220

Číslo úkonu	Úkon	Čas [h:min:s]
1	Čištění, upnutí	0:01:54
2	Automatická výměna nástroje	0:00:21
3	Měření sondou	0:00:25
4	Automatická výměna nástroje	0:00:28
5	Frézování drážky R12 / 5 / R178 / R202 / 22°	0:02:25

6	Automatická výměna nástroje	0:00:21
7	Frézování drážky 2x 25 (77,5-52,5) / 207	0:00:31
8	Automatická výměna nástroje	0:00:25
9	Dokončení drážek	0:01:11
10	Automatická výměna nástroje	0:00:22
11	Kontrola vrtáku	0:00:15
12	Vrtat 2x Ø10,2 ve vzdálenosti 65 od středu souměrnosti	0:00:13
13	Automatická výměna nástroje	0:00:23
14	Sražení hran pro závit	0:00:13
15	Automatická výměna nástroje	0:00:23
16	Tváření závitů 2x M12	0:00:32
17	Kontrola ostatních nástrojů a jejich výměna, průměrná hodnota	0:00:30
18	Vyjmutí kusu, čištění	0:01:35

Tab. 4.11 Souhrnné vyjádření časové náročnosti jednotlivých oblastí na stroji MCV 1220.

Upínání	Automatická výměna nástroje	Kontrola nástrojů	Výroba	Měření
0:03:29	0:02:43	0:00:45	0:05:05	0:00:25
[h:min:s]				
Celkový čas výroby na stroji MCV 1220				
0:12:27				



Obr. 4.7 Procentuální vyjádření času výroby na stroji MCV 1220.

4.6 Prostor pro zlepšení současného stavu výroby

4.6.1 Současné strojní vybavení

Strojní vybavení je voleno účelně pro danou technologii výroby. Na strojním vybavení je možno dostat požadavkům pro zhotovení součásti „přítlačná deska“ dle nároků zákazníka.

V současné situaci však dochází k přeplnění kapacity stroje konzolová frézka FCV 63 NCA. Vzniká tak fronta součástí, které by se měly na tomto stroji obrobit. Vlivem této fronty dochází k nežádoucímu prodloužení výroby, což může mít za následek posunutí dodacích termínů k zákazníkovi. Vlivem této situace vznikl požadavek na uvolnění kapacit tohoto stroje.

Při účelném převedení výroby na stroj Portálové obráběcí centrum MCV 1220 se dají očekávat i výhody s tím spojené a to především dostání požadavků na dodací termín, ale také odstranění manipulačního času mezi stroji FCV 63 NCA a MCV 1220.

4.6.2 Stávající technologický postup

Stávající technologický postup bude nutné aktualizovat v návaznosti na sdružení strojního vybavení. Ve stávajícím technologickém postupu je po frézování na stroji FCV 63 NCA předepsána operace jehlení obvodu součásti na pracovišti mechanik, která bude, stejně jako práce na frézce FCV 63 NCA, vypuštěna.

4.6.3 Vysoké opotřebení těla vrtáků s VBD

Při stávajícím procesu vrtání dochází k vysokému opotřebení těla nástrojů s VBD (Obr. 4.9, Obr. 4.9) a to především špatným odvodem třísky z místa řezu. Dochází tak ke shlukování třísek v oblasti mezi držákem a obrobeným povrchem díry. Špatný odvod třísky má negativní dopad na životnost těla nástroje, kvalitu obrobeného povrchu, zvýšené nároky na výkon stroje a stabilitu řezného procesu. V krajním případě může dojít až ke zničení nástroje i obráběné součásti.

Na špatný odvod třísky z místa řezu může mít vliv nevhodně zvolené stoupání šroubovice vrtáku, geometrie řezného nástroje, řezné parametry vrtání či nedostatečný přívod procesního media do místa řezu a tak nevyhovující čistící účinek.



Obr. 4.8 Opotřebení těla nástrojů s VBD.



Obr. 4.9 Opotřebení těla nástrojů s VBD.

4.6.4 Analýza časového záznamu výroby

V časovém záznamu tvoří oblast **výroba** převážnou většinu spotřebovaného strojního času potřebného ke zhotovení výrobku a to v rozmezí od 41 % do 63 %. Vzhledem k tomu, o jak velkou oblast se jedná, si zasluhuje zvýšenou pozornost. Je tedy majoritně určená pro budoucí optimalizaci.

Oblast pojmenovaná jako **upínání** je druhou největší položkou spotřebovávající čas. Systém upnutí součásti je tedy zapotřebí volit tak, aby byl co nejméně náročný na čas potřebný pro upnutí, ale zároveň aby splňoval veškeré technologické požadavky.

V oblasti **automatické výměny nástrojů** byly zjištěny velké nedostatky ve využívání potenciálu podávacího zařízení. Automatická výměna nástrojů v současné době nevyužívá efektivně možnosti, které je strojní vybavení schopno poskytnout. Výměna nástrojů v současnosti probíhá tak, že vřeteno dojede do polohy určené pro výměnu nástrojů, rameno výměníků nástrojů vyjme nástroj, ten zařadí do zásobníku nástrojů a teprve poté je následující nástroj vyhledán v zásobníku nástrojů a upevněn do vřetena stroje. Přičemž podávací rameno výměníků nástrojů je oboustranné a je možné mít následující nástroj již předpřipravený v podavači. Je tak nutností minimalizovat nebo plně odstranit rezervy automatické výměny nástrojů.

Kontrola nástrojů je v současné době velmi závislá na zručnosti, zkušenostech obsluhy a schopnosti posoudit daný stav nástroje. Při zakázkové výrobě je velice složité

a nákladné kontrolu nástrojů automatizovat. Možným řešením pro kontrolu a výměnu opotřebovaných nástrojů by mohla být kontrola nástrojů přímo v zásobníku nástrojů, který je uložen mimo pracovní prostor. Je však nutnou podmínkou, aby systém stroje takovou kontrolu umožňoval bez přerušení výroby.

5 NAVRŽENÍ ZMĚN TECHNOLOGIE VÝROBY

5.1 Sjednocení výrobního zařízení

Bylo provedeno sjednocení výrobního zařízení v návaznosti na vzniklé požadavky výrobního taktu. Výroba na konzolové frézce FCV 63 NCA byla přesunuta na vertikální obráběcí centrum MCFV 1060. V důsledku tohoto převedení výroby je nutné aktualizovat technologický postup a stanovit produktivní způsob upnutí součásti.

5.1.1 Změny technologického postupu

V technologickém postupu jsou uvedeny změny (Tab. 5.1) potřebné pro výrobu součásti na stroji MCFV 1060.

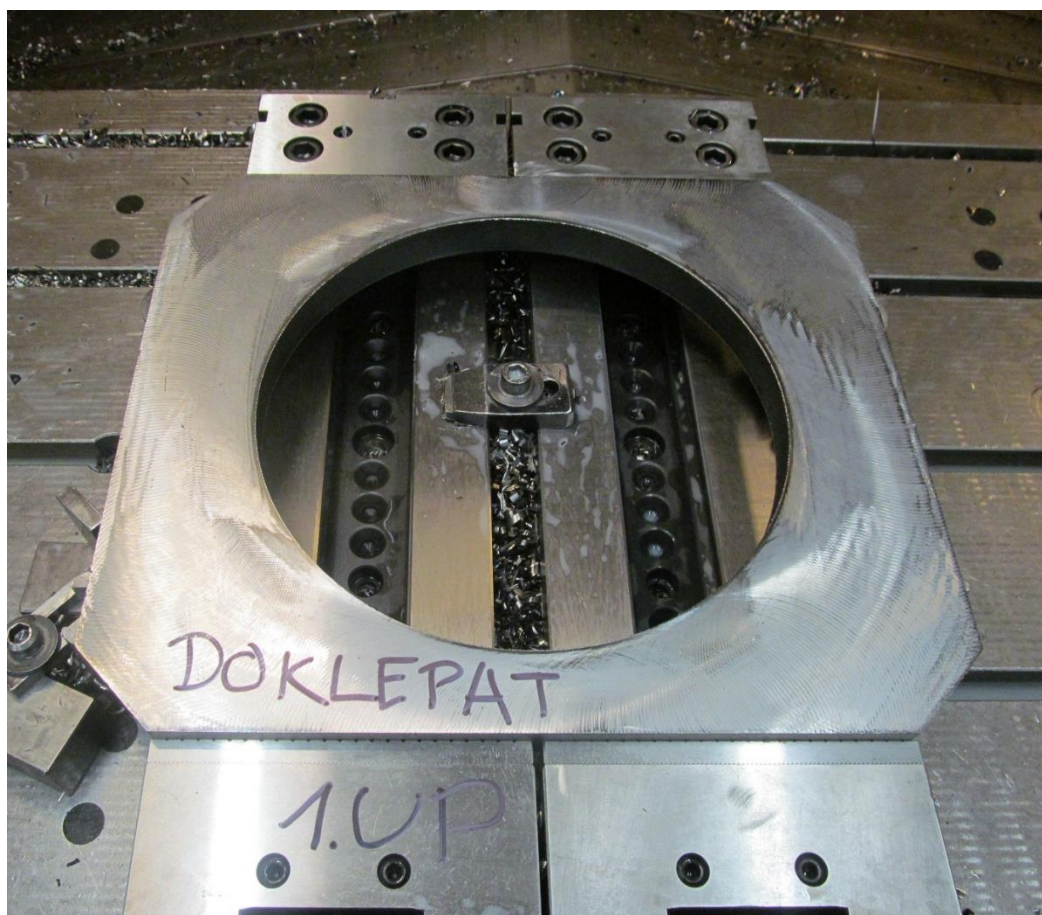
Tab. 5.1 Změny technologického postupu.				
VUT FSI Brno	Technologický postup			Datum vydání: 29.4.2017
Č. v.: ZA170313	Název součásti: Přítlačná deska			Materiál: S355J2+N
Vyhotovil: Jiří Turčín	Polotovár: Výpalek 420 x 360 x 30			Stroje: MCFV, MCV
Číslo operace:	Název, označení stroje:	Dílna	Popis práce v operaci:	Pomůcky:
03/03	Seřízení Vertikální centrum P-MCFV 1060	OBR	Seřídít dle programu Upnout součást dle nově vzniklých požadavků	
04/04	Vertikální centrum MCFV 1060	OBR	Hrubovat v levém svěráku V mezičase jehlit obrobenou plochu mimo stroj Hrubování druhé strany v levém svěráku Upnout novou součást do levého svěráku V mezičase jehlit obrobenou plochu i vnitřní Ø294 Upnout s vyložení na pravou stranu stolu Frézovat otvor 14 / 35 / R6 Vrtat 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323, poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Hrubovat úkos 45° na kružnici Ø294 Hrubovat otvor Ø294 ^{+0,2} ₀ , kolmost k základně A do 0,5 Vrtat 15x Ø24 na roztečné kružnici Ø380, poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Vrtat 4x Ø22 poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Vrtat 4x Ø18 poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Vrtat 4x Ø12 poloha osy do 0,5 k základnám A, B, C Vrtat 2x Ø10,2 na roztečné kružnici Ø415, poloha osy do 1 k základnám A, B, C Sražení hrany pro závit 2x 45° Tvářet závit 2x M12 Frézovat zkosení 45° Odstranění ořepu 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323 Frézovat otvor Ø294 ^{+0,2} ₀ , kolmost k základně A do 0,5	P1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 T13 T14 T15

Touto změnou bylo dosaženo odstranění nutných manipulačních časů mezi uvedenými pracovišti. Zlepšila se tak plynulost výrobního taktu zvolené součásti. Vzhledem k automatickému chodu vertikálního obráběcího centra MCFV 1060 je možné součást ojehtit v mezičase. Je tak možné z výrobního taktu odstranit operaci jehlení na technickém pracovišti a opět zkrátit manipulační čas potřebný k přesunu výrobní dávky.

5.1.2 Změna upnutí součásti

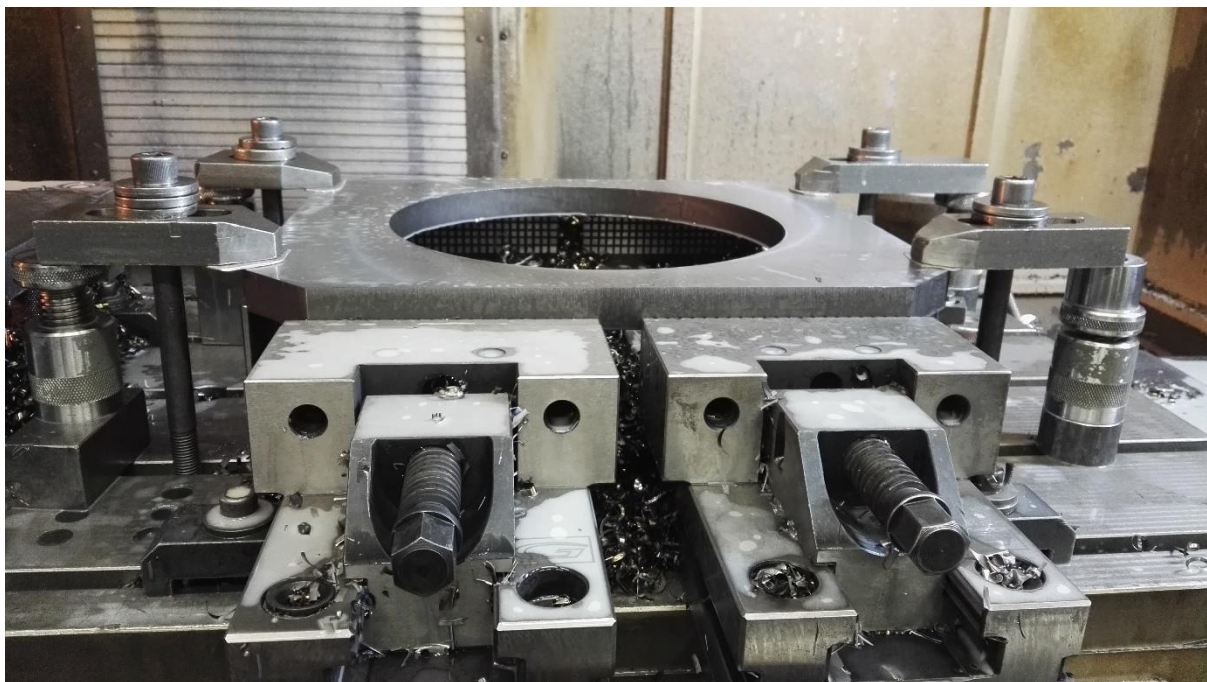
Je navrženo upnutí na levé a pravé straně pracovního stolu dle změněného technologického postupu.

V levé části pracovního prostoru je obráběna tloušťka součásti. Upnutí součásti je zde zabezpečeno pomocí dvou svěráků (Obr. 5.1). Dosedací části svěráků musejí být před upnutím součásti pečlivě očištěny. Po upnutí je součást doklepána a tím je zajištěno správné ustavení.



Obr. 5.1 Upnutí v levé části pracovního prostoru.

V pravé části pracovního prostoru je navrženo upnutí do dvou svěráků se zabezpečeným pohybem obrobku v ose Z (Obr. 5.2). Pohyb v ose Z je zamezen pomocí systému upínek, které jsou montovány s příslušným vyložením (Obr. 5.3). Osu Z je nutné zabezpečit především z důvodu následného procesu vrtání, které u tohoto dílce hraje významnou roli.



Obr. 5.2 Upnutí v pravé části pracovního prostoru.



Obr. 5.3 Upnutí pomocí upínek s vyložením.

5.2 Nástroje pro operaci vrtání

S ohledem na měření časové náročnosti výroby, které bylo provedeno v kapitole (4.5), je patrné, že největší čas je zapotřebí pro samotnou výrobu. Je tedy nutné neustále odlaďovat a zkracovat výrobní časy a to za přispění nových technologií výroby či nových výkonnějších nástrojů.

S ohledem na četnost děl, časovou náročnost jejich výroby a problémům, které vznikají při obrábění současnou technologií, je vhodné navrhnout nové nástroje.

Nové nástroje jsou voleny za účelem zkrácení výrobních časů, lepšího odvodu třísek z místa řezu a stabilizování výrobního procesu.

Volba nástrojů se vztahuje k vrtákům s výměnnými břitovými destičkami, kterými se vrtají díry o Ø24, Ø22 a Ø18 v současnosti. Cílem je výměna těchto nástrojů pro dosažení výhodnějších parametrů výroby.

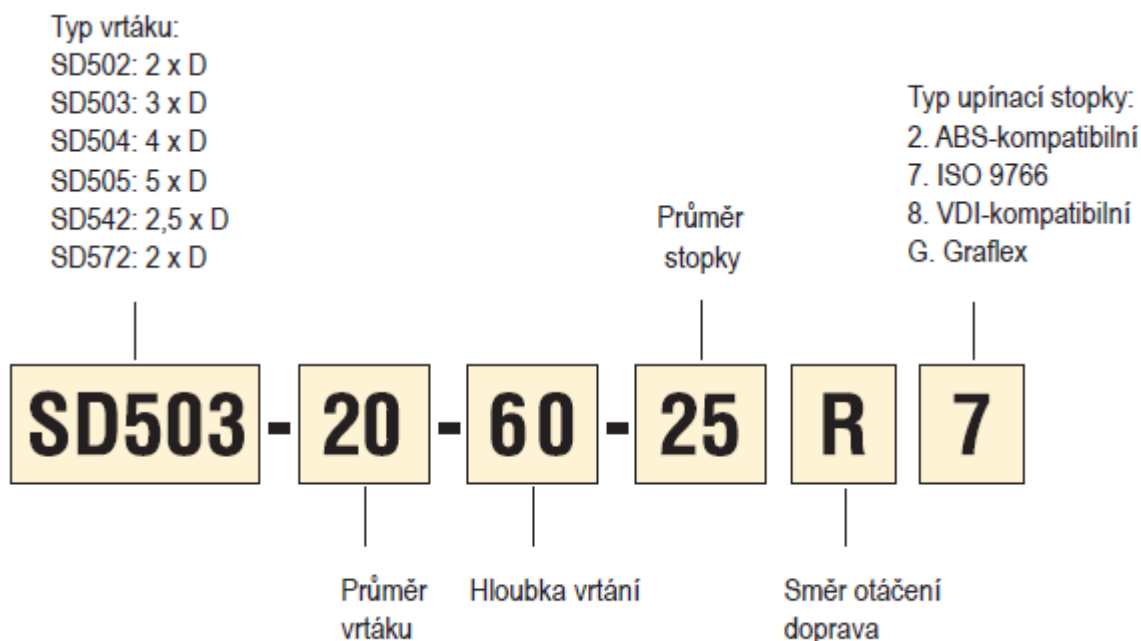
5.2.1 Současné nástroje – Perfomax

Současné nástroje jsou vyráběny společností Seco Tools, která je jedním z předních výrobců nástrojů.

Pro stávající technologii vrtání jsou používány nástroje z modelové řady Perfomax-SD503.

Značení nástroje

Za účelem lepší orientace ve značení nástrojů je na obrázku (Obr. 5.4) znázorněn systém značení daného výrobce.

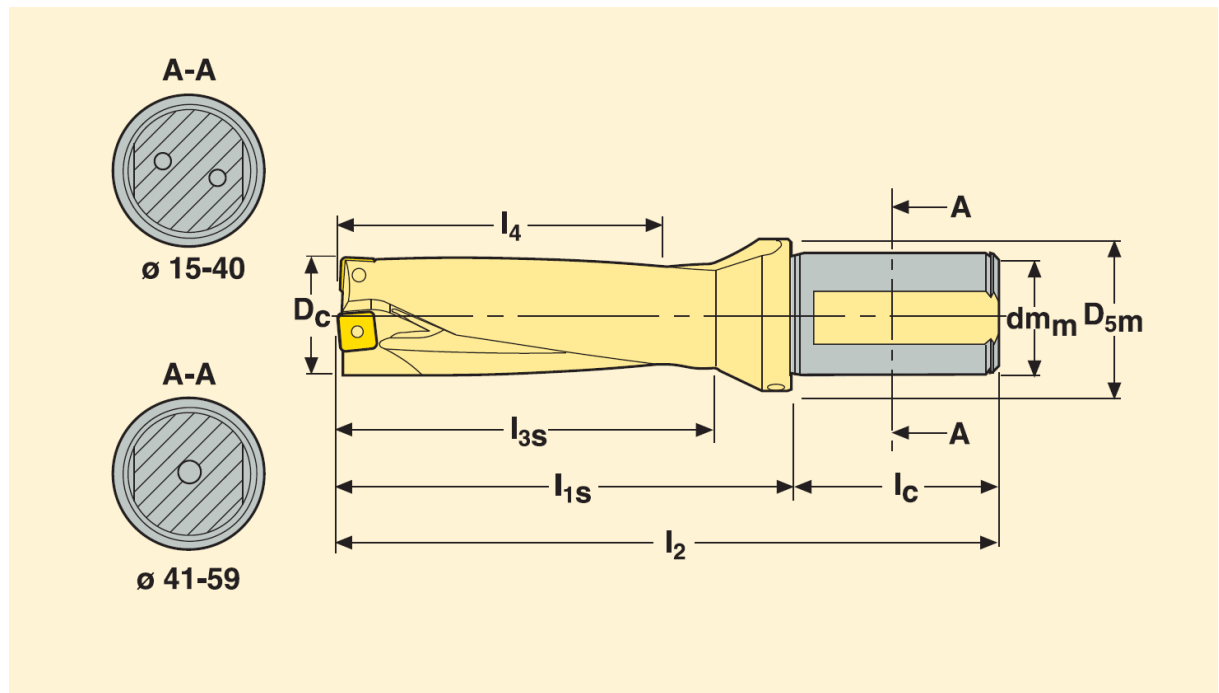


Obr. 5.4 Systém značení SECO – Vrtáky s výměnitelnými destičkami. [20]

Označení stávajících nástrojů je SD503-24-72-25R7, SD503-22-66-25R7 a SD503-18-54-25R7.

Parametry nástroje

Na obrázku (Obr. 5.5) jsou zakótovány rozměry nástroje. Jednotlivé hodnoty rozměrů jsou pak vypsány v tabulce (Tab. 5.2).



Obr. 5.5 Základní rozměry nástroje Perfomax – SD503. [20]

Tab. 5.2 Jednotlivé hodnoty rozměrů Perfomax – SD503 [20]

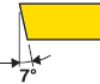
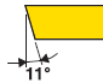
Objednávací kód	Rozměry v [mm]							
	D _c	l ₄	l ₂	l _{1s}	l _c	l _{3s}	dm _m	D _{5m}
SD503-24-72-25R7	24	72	158	102	56	77	25	35
SD503-22-66-25R7	22	66	152	96	56	71	25	35
SD503-18-54-25R7	18	54	140	84	56	59	25	35

Pro každý nástroj je volena výměnná břitová destička dle doporučení výrobce. Příslušné výměnné břitové destičky jsou pro každý z nástrojů uvedeny v tabulce (Tab. 5.3) a to včetně výrobcem doporučených řezných podmínek. Systém značení VBD je znázorněn na obrázku (Obr. 5.6).

Tab. 5.3 Příslušné výměnné břitové destičky včetně doporučených řezných podmínek. [20]

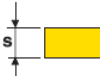
Objednávací kód držáku	Destička		Materiál ová skupina Seco	Řezná rychlost vc [m·min ⁻¹]	Posuv f [mm·ot ⁻¹]
	Středová destička	Obvodová destička			
SD503-24-72-25R7	SPGX 0703-C1, T400D	SCGX 070308-P2, DP3000	P3	180	0,15
SD503-22-66-25R7	SPGX 0703-C1, T400D	SCGX 060204-P2, DP3000	P3	180	0,13
SD503-18-54-25R7	SPGX 0602-C1, T400D	SCGX 050204-P2, DP3000	P3	180	0,10

S	C	G	X	06	02	04	-	P1
1	2	3	4	5	6	7		10

1. Tvar břitové destičky	2. Úhel hřbetu	4. Typ
S W  	C P  	X=Speciál

3. Tolerance												
Třída tolerance	Tolerance +/- mm			Pro průměr d, mm								
				5,566	6,35	7,937	7,94	9,525	11,509	12,7	15,875	19,05
	m	s	d									
G	0,025	0,13	0,025	•	•	•		•	•	•	•	•
M	0,013	0,13	0,05	•	•		•	•				
	0,013	0,13	0,08							•		

5. Délka řezné hrany	
S W  	

6. Tloušťka	7. Destička se zkosenou řez. hranou/rádus špičky	10. Doplnkové značení
  02 = 2,38 mm 03 = 3,18 mm T3 = 3,97 mm 04 = 4,76 mm 05 = 5,56 mm	 rádus špičky 04 = 0,4 mm 08 = 0,8 mm 12 = 1,2 mm atd.	např. označení utvářeče třísek P1 = xx P2 = xx 85 = xx 86 = xx

Obr. 5.6 Systém značení VBD. [20]

5.2.2 Výpočet parametrů vrtání současných nástrojů

Řezné parametry pro vrtání díry Ø24

Vstupní parametry pro vrtání díry Ø24 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.4).

Tab. 5.4 Vstupní podmínky

Objednávací kód držáku		SD503-24-72-25R7	
Středová destička		SPGX 0703-C1, T400D	
Obvodová destička		SCGX 070308-P2, DP3000	
Stanovené hodnoty			
Průměr vrtaného otvoru	Materiálová skupina Seco	Řezná rychlost	Posuv
D	SMG	v_c	f
[mm]	[-]	$[m \cdot min^{-1}]$	$[mm \cdot ot^{-1}]$
24	P3	180	0,15

Otáčky nástroje n jsou vypočítány dle vztahu (2.2).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{180 \cdot 1000}{\pi \cdot 24} = 2388,54 \cong 2389 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Hodnota posuvové rychlosti v_f se vypočte dle vztahu (2.3).

$$v_f = f \cdot n$$

$$v_f = 0,15 \cdot 2388,54 = 358,28 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

Řezné parametry pro vrtání díry Ø22

Vstupní parametry pro vrtání díry Ø22 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.5).

Tab. 5.5 Vstupní podmínky

Objednávací kód držáku		SD503-22-66-25R7	
Středová destička		SPGX 0703-C1, T400D	
Obvodová destička		SCGX 060204-P2, DP3000	
Stanovené hodnoty			
Průměr vrtaného otvoru	Materiálová skupina Seco	Řezná rychlost	Posuv
D	SMG	v_c	f
[mm]	[-]	$[m \cdot min^{-1}]$	$[mm \cdot ot^{-1}]$
22	P3	180	0,13

Otáčky nástroje n jsou vypočítány dle vztahu (2.2).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{180 \cdot 1000}{\pi \cdot 22} = 2605,67 \cong 2606 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Hodnota posuvové rychlosti v_f se vypočte dle vztahu (2.3).

$$v_f = f \cdot n$$

$$v_f = 0,13 \cdot 2605,67 = 338,75 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

Řezné parametry pro vrtání díry Ø18

Vstupní parametry pro vrtání díry Ø18 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.6).

Tab. 5.6 Vstupní podmínky

Objednávací kód držáku		SD503-18-54-25R7	
Středová destička		SPGX 0602-C1, T400D	
Obvodová destička		SCGX 050204-P2, DP3000	
Stanovené hodnoty			
Průměr vrtaného otvoru	Materiálová skupina Seco	Řezná rychlost	Posuv
D	SMG	v_c	f
[mm]	[-]	$[m \cdot min^{-1}]$	$[mm \cdot ot^{-1}]$
18	P3	180	0,10

Otáčky nástroje n jsou vypočítány dle vztahu (2.2).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{180 \cdot 1000}{\pi \cdot 18} = 3184,71 \cong 3185 [\text{min}^{-1}]$$

Hodnota posuvové rychlosti v_f se vypočte dle vztahu (2.3).

$$v_f = f \cdot n$$

$$v_f = 0,10 \cdot 3184,71 = 318,47 [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$$

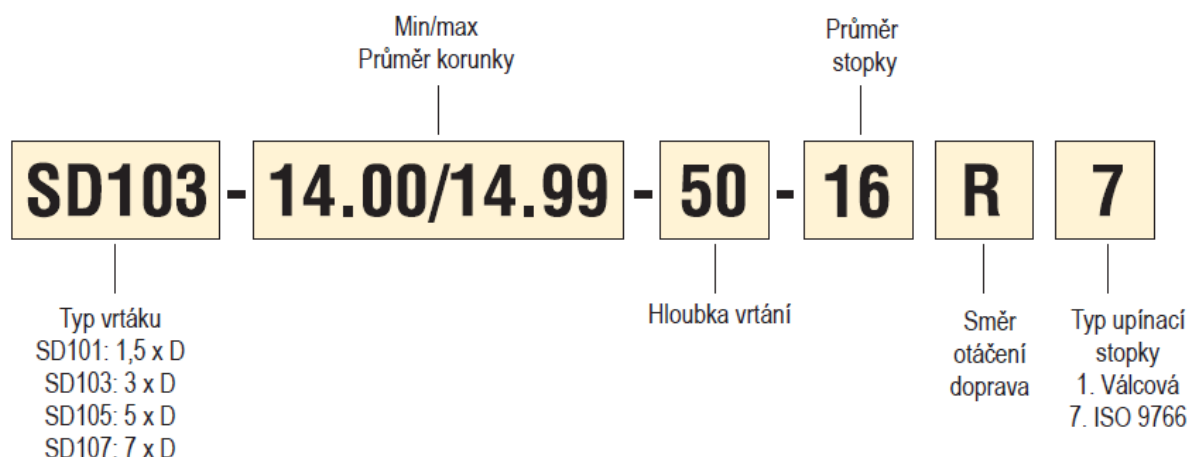
5.2.3 Přehled možných nástrojů

Výběr nových nástrojů je zaměřen na konstrukční řešení vrtáků s výměnnými korunkami pro díry Ø24, Ø22 a Ø18. Toto konstrukční řešení poskytuje využití pokročilejších řezných parametrů. Výhodou výměnných korunek je možnost jejich přebroušení po opotřebení jejich řezné části a znovuvvedení do provozu. Toto přebroušení je možno opakovat v závislosti na množství materiálu a geometrii výměnných korunek.

Vrtáky s výměnnou korunkou – Crownloc**Značení nástroje**

Za účelem lepší orientace ve značení nástrojů je na obrázku (Obr. 5.7) znázorněn systém značení daného výrobcem.

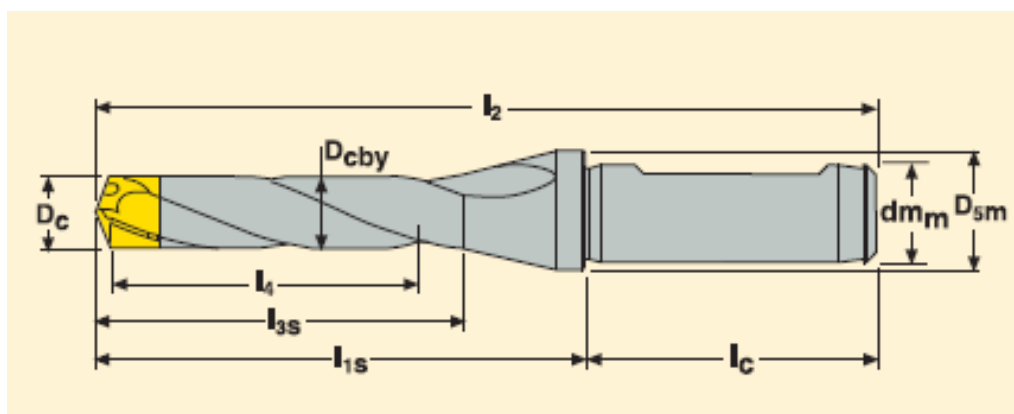
Pro vrtání Ø24, Ø22 a Ø18 jsou zvoleny nástroje s označením SD103-24.00/25.99-75-25R7, SD103-22.00/23.99-75-25R7 a SD103-18.00/18.99-60-20R7.



Obr. 5.7 Systém značení SECO – Vrtáky s vyměnitelnou korunkou. [20]

Parametry nástroje

Na obrázku (Obr. 5.8) jsou zakótovány rozměry nástroje, jednotlivé hodnoty rozměrů jsou pak vypsány v tabulce (Tab. 5.7).



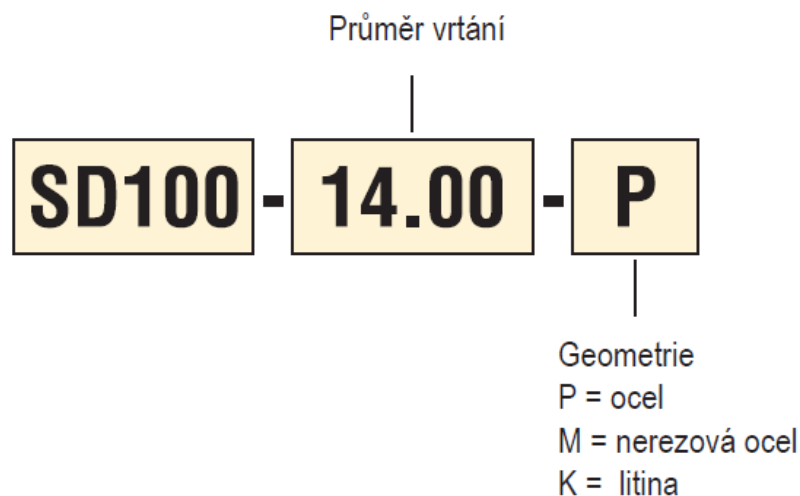
Obr. 5.8 Základní rozměry nástroje Crownloc – SD103. [20]

Tab. 5.7 Jednotlivé hodnoty rozměrů Crownloc – SD103. [20]

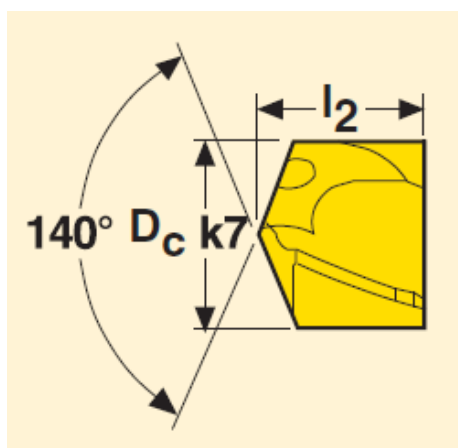
Objednávací kód	Rozměry v [mm]								
	D _c	l ₄	l ₂	l _{1s}	D _{cby}	l _c	l _{3s}	d _m	D _{5m}
SD103- 24.00/25.99-75- 25R7	24,00- 25,99	75	164,5	108,5	23,5	56	88,5	25	31
SD103- 22.00/23.99-75- 25R7	22,00- 23,99	75	164,5	108,5	21,5	56	88,5	25	31
SD103- 18.00/18.99-60- 20R7	18,00- 18,99	60	141,7	91,7	17,5	50	68,7	20	25

Pro každý nástroj je volena výměnná korunka dle doporučení výrobce. Příslušné výměnné korunky jsou pro každý z nástrojů uvedeny v tabulce (Tab. 5.8) a to včetně

výrobce doporučených řezných podmínek. Systém značení výměnných korunek je znázorněn na obrázku (Obr. 5.9). Geometrie výměnných korunek je vyobrazena na obrázku (Obr. 5.10 a Obr. 5.11).



Obr. 5.9 Systém značení výměnných korunek. [20]



Obr. 5.10 Geometrie výměnných korunek. [20]

Geometrie

P-geometrie – Univerzální geometrie, první volba pro vrtání oceli	M-geometrie – První volba pro vrtání nerezové oceli a vysoce legovaných slitin	K-geometrie – První volba pro vrtání litiny
		

Obr. 5.11 Geometrie výměnných korunek. [20]

Tab. 5.8 Příslušné výměnné korunky včetně doporučených řezných podmínek. [20]

Objednávací kód držáku	Výměnná korunka	D_c	l_2	Materiál ová skupina Seco SMG	Řezná rychlost v_c	Posuv f
	P-geometrie pro ocel	[mm]	[mm]	[-]	[m·min ⁻¹]	[mm·ot ⁻¹]
SD103-24.00/25.99-75-25R7	SD100-24.00-P	24,00	15,2	P3	100	0,34
SD103-22.00/23.99-75-25R7	SD100-22.00-P	22,00	15,2	P3	100	0,32
SD103-18.00/18.99-60-20R7	SD100-18.00-P	18,00	14,4	P3	100	0,28

Způsob upnutí výměnné korunky

Styčnou plochu tělesa vrtáku, do které korunka zapadá je zapotřebí důkladně očistit tak, aby byla zbavena jakýchkoli třísek nebo úlomků. Táhlo, na které je korunka nasazována, musí být při upínání ve vrchní poloze. Korunka je nasazena na táhlo a otáčena dokud nedosáhne dolního konce závitů. Korunku je nutné pootočit tak, aby styčné plochy zámků v tělese držáku lícovaly s drážkami korunky. Poté je ještě dotažena upínacím šroubem za působení předepsaného momentu. [20]

Styčné plochy tělesa a výměnné korunky jsou znázorněny na obrázku (Obr. 5.12).



Obr. 5.12 Znázornění styčných ploch.

Vrtáky s výměnnou vrtací hlavicí – Sumocham

Tyto vrtáky splňují předpoklady pro FMR (Fast Metal Removal – rychlý úběr materiálu). Výhodou těla vrtáků je možnost upnutí výměnné vrtací hlavice pro různou škálu obráběných materiálů a hlavice s různorodou geometrií. Tento systém umožňuje vytvoření otvorů dle požadavků zákazníka na jakost obrobeného povrchu v širokém rozmezí a to bez nutnosti nákupu nového držáku pro výměnné hlavice.

Systém upínání hlavice je pro různě modifikované geometrie výměnných hlavíc jednotný.

Využitím hlavíc s označením HCP-IQ je možné dosáhnout plynulejšího vníkaní řezného klínu do materiálu a to díky konvexnímu tvaru řezných hran. Tyto hlavice zlepšují samovystředovací efekt, což vede k lepší kruhovitosti, přímosti a souososti. Další možností je využití modifikovaných hlavíc řady ICP. Tyto modifikované hlavice je možné dohledat pod označením ICP-2M. Modifikace těchto hlavíc je provedena v podobě přídavných sekundárních zadních plošek. Tyto plošky plní funkci dohlazování obrobeného povrchu. Využití těchto hlavíc je doporučeno tam, kde je požadovaná jakost obrobeného povrchu Ra do 1,6 μm a válcovitost díry do 0,05 mm. [21]

Značení nástroje

Za účelem lepší orientace ve značení nástrojů je na obrázku (Obr. 5.13) znázorněn systém značení daného výrobcem.

Pro vrtání $\varnothing 24$, $\varnothing 22$ a $\varnothing 18$ jsou zvoleny nástroje s označením DCN 240-072-32A-3D, DCN 220-066-25A-3D a DCN 180-054-25A-3D.

DCN 240-072-32A-3D

Značení řady

Průměr vrtání

Efektivní hloubka

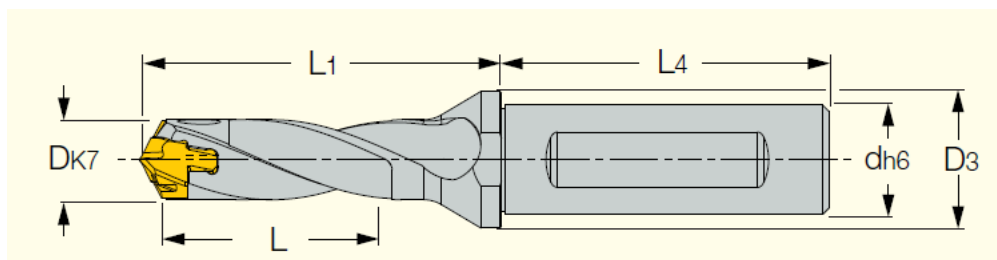
Průměr stopky

L/D

Obr. 5.13 Systém značení vrtáků Sumocham -vrtáky s výměnnou vrtací hlavicí.

Parametry nástroje

Na obrázku (Obr. 5.14) jsou zakótovány rozměry nástroje. Jednotlivé hodnoty rozměrů jsou pak vypsány v tabulce (Tab. 5.9).



Obr. 5.14 Základní rozměry nástroje Sumocham – DCN. [22]

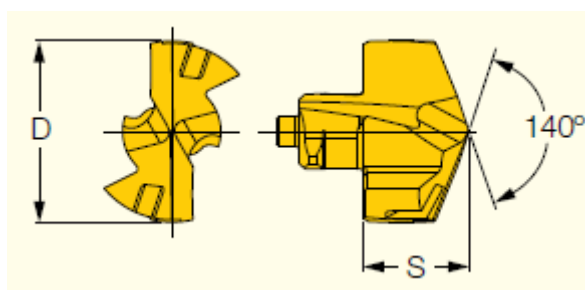
Tab. 5.9 Jednotlivé hodnoty rozměrů nástroje Sumocham – DCN.. [22]

Objednávací kód	Rozměry v [mm]						
	D	L	d	D ₃	L ₁	L ₄	Vel. lůžka
DCN 240-072-32A-3D	24,00-24,90	72	32,00	42,00	110,0	60,0	24,0
DCN 220-066-25A-3D	22,00-22,90	66	25,00	32,00	100,8	56,0	22,0
DCN 180-054-25A-3D	18,00-18,90	54	25,00	32,00	82,5	56,0	18,0

Pro každý nástroj je volena výměnná vrtací hlavice dle doporučení výrobce. Příslušné výměnné hlavice jsou pro každý z nástrojů uvedeny v tabulce (Tab. 5.10) a to včetně výrobcem doporučených řezných podmínek. Systém značení výměnných hlavice je znázorněn na obrázku (Obr. 5.15). Geometrie výměnných hlavice je vyobrazena na obrázku (Obr. 5.16).



Obr. 5.15 Systém značení výměnných vrtacích hlavice IC(P/M/K/N). [14]



Obr. 5.16 Geometrie výměnných korunek. [23]

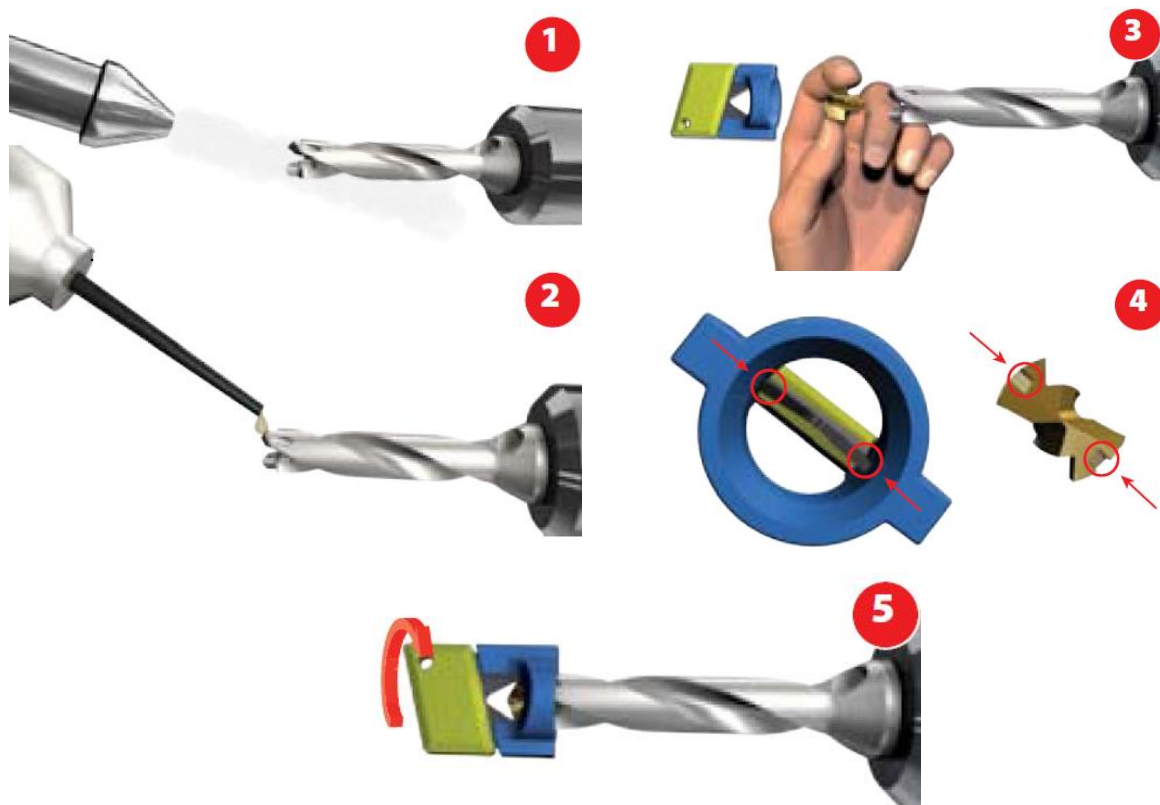
Tab. 5.10 Příslušné výměnné korunky včetně doporučených řezných podmínek. [23; 24]

Objednávací kód držáku	Výměnná korunka	D	S	Mat. skupiny Iscar	Řezná rychlost vc	Posuv f
	P-geometrie pro ocel	[mm]	[mm]	[-]	[m·min ⁻¹]	[mm·ot ⁻¹]
DCN 240-072-32A-3D	ICP 240 IC908	24,00-24,90	14,00	P1	80-140	0,25-0,45
DCN 220-066-25A-3D	ICP 220 IC908	22,00-22,90	12,80	P1	80-140	0,25-0,45
DCN 180-054-25A-3D	ICP 180 IC908	18,00-18,90	10,50	P1	80-140	0,25-0,45

Způsob upnutí výměnné korunky

Pro upnutí výměnné hlavice je zapotřebí držet se základních kroků. Prvním krokem je odstranění nečistot v drážce držáku pomocí stlačeného vzduchu. Druhým krokem je nanesení oleje do drážky držáku pro snazší upnutí. V dalším kroku je výměnná hlavice umístěna do těla držáku. Ve čtvrtém kroku je nastrčen speciální klíč, který je dodáván speciálně pro danou velikost hlavice. V posledním kroku je hlavice dotažena a její poloha je plně fixována. Systém upínání výměnných hlavice je graficky znázorněn v posloupných krocích na obrázku (Obr. 5.17). Detail drážky pro upnutí výměnných hlavice v držáku DCN je vyobrazen na obrázku (Obr. 5.18). [14]

Systém upínání je doplněn speciálním zadním zámkem v těle držáku, který zabraňuje vytažení hlavice při odjezdu nástroje z obráběného materiálu. [14]



Obr. 5.17 Způsob upnutí výměnné hlavice ICP v posloupných krocích. [14]



Obr. 5.18 Detail drážky pro upnutí výměnných hlavíc.

5.2.4 Navržení nástrojů

Z porovnání vrtáků s výměnnou korunkou Crownloc a vrtáků s výměnnou vrtací hlavicí Sumocham vyplývá, že řezné parametry vrtání jsou výhodnější u varianty Sumocham. V tomto srovnání by bylo vhodné ještě zmínit konstrukční variantu vrtáků Crownloc+. Tuto variantu uvedla na trh společnost Seco teprve před nedávnem, jako modifikaci předešlé konstrukce Crownloc. Výrobce Seco uvádí řezné parametry modifikované varianty prakticky shodné s konstrukcí Sumocham od společnosti Iscar. Konstrukční provedení vrtáků Crownloc+ však bylo úmyslně zanedbáno a to po předešlé konzultaci se zástupci firmy Seco. Vrtáky Crownloc+ jsou totiž v současnosti

staženy z prodeje. Dočasné stažení této modelové řady je zapříčiněno konstrukční vadou, která měla za následek nepředvídatelné praskání výměnných korunek.

Při posouzení vhodné varianty vrtáků je také brán zřetel na systém upínání výměnné korunky. U vrtáků s výměnnou korunkou Crownloc je systém upínání řešen vyfrézovanými drážkami na styčných plochách. Tato varianta představuje bezproblémové upnutí nové vrtací korunky. Avšak při opakovaném přebroušení korunky se projevuje opotřebení styčných ploch a je tak nutné snížit řezné parametry vrtání. V případě že by se řezné parametry neredukovaly v návaznosti na opotřebení styčných ploch, může docházet k nežádoucímu protočení korunky při záběru v materiálu, to může vyústit ve zničení nástroje i obrobku a zastavení výrobního cyklu. Naproti tomu upínací systém vrtáků s výměnnou vrtací hlavicí Sumocham se jeví jako stabilnější varianta, což dokazuje i počínání společnosti Seco, která projevila snahu o využití obdobného upnutí u vrtáků modelové řady Crownloc+.

V návaznosti na výčet kladů a záporů jednotlivých variant je zvolen nástroj s výměnnou vrtací hlavicí Sumocham od výrobce nástrojů Iscar.

5.2.5 Výpočet parametrů vrtání

Řezné parametry pro vrtání díry Ø24

Vstupní parametry pro vrtání díry Ø24 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.11).

Tab. 5.11 Vstupní podmínky

Objednávací kód držáku		DCN 240-072-32A-3D	
Výměnná korunka		ICP 240 IC908	
Stanovené hodnoty			
Průměr vrtaného otvoru	Materiálová skupina Iscar	Řezná rychlost	Posuv
D	MSI	v_c	f
[mm]	[-]	$[m \cdot min^{-1}]$	$[mm \cdot ot^{-1}]$
24	P1	110	0,4

Otáčky nástroje n jsou vypočítány dle vztahu (2.2).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{110 \cdot 1000}{\pi \cdot 24} = 1459,66 \cong 1460 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Hodnota posuvové rychlosti v_f se vypočte dle vztahu (2.3).

$$v_f = f \cdot n$$

$$v_f = 0,4 \cdot 1459,6 = 583,86 \text{ [mm} \cdot \min^{-1}\text{]}$$

Hodnotu posuvu na zub f_z se vypočte dle vztahu (2.5).

$$f_z = \frac{f}{z}$$

$$f_z = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ [mm]}$$

Průřez třísky odebírané jedním břitem nástroje do plného materiálu se vypočte dle vztahu (2.6).

$$A_D = h_D \cdot b_D = \frac{D \cdot f}{4}$$

$$A_D = \frac{24 \cdot 0,4}{4} = 2,4 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Jmenovitá tloušťka třísky se vypočte dle vztahu (2.7).

$$h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r$$

$$h_D = \frac{0,4}{2} \cdot \sin 70 = 0,155 \text{ [mm]}$$

Jmenovitá šířka třísky při vrtání do plného materiálu se vypočte dle vztahu (2.8).

$$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r}$$

$$b_D = \frac{24}{2 \cdot \sin 70} = 15,506 \text{ [mm]}$$

Řezné parametry pro vrtání díry Ø22

Vstupní parametry pro vrtání díry Ø22 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.12).

Tab. 5.12 Vstupní podmínky

Objednávací kód držáku		DCN 220-066-25A-3D	
Výměnná korunka		ICP 220 IC908	
Stanovené hodnoty			
Průměr vrtaného otvoru	Materiálová skupina Iscar	Řezná rychlost	Posuv
D	MSI	v _c	f
[mm]	[-]	[m · min ⁻¹]	[mm · ot ⁻¹]
22	P1	110	0,4

Otáčky nástroje n jsou vypočítány dle vztahu (2.2).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{110 \cdot 1000}{\pi \cdot 22} = 1592,36 \cong 1592 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Hodnota posuvové rychlosti v_f se vypočte dle vztahu (2.3).

$$v_f = f \cdot n$$

$$v_f = 0,4 \cdot 1592,36 = 636,94 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

Hodnotu posuvu na zub f_z se vypočte dle vztahu (2.5).

$$f_z = \frac{f}{z}$$

$$f_z = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ [mm]}$$

Průřez třísky odebírané jedním břitem nástroje do plného materiálu se vypočte dle vztahu (2.6).

$$A_D = h_D \cdot b_D = \frac{D \cdot f}{4}$$

$$A_D = \frac{22 \cdot 0,4}{4} = 2,2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Jmenovitá tloušťka třísky se vypočte dle vztahu (2.7).

$$h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r$$

$$h_D = \frac{0,4}{2} \cdot \sin 70 = 0,155 \text{ [mm]}$$

Jmenovitá šířka třísky při vrtání do plného materiálu se vypočte dle vztahu (2.8).

$$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r}$$

$$b_D = \frac{22}{2 \cdot \sin 70} = 14,21 \text{ [mm]}$$

Řezné parametry pro vrtání díry Ø18

Vstupní parametry pro vrtání díry Ø18 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.13).

Tab. 5.13 Vstupní podmínky

Objednávací kód držáku		DCN 180-054-25A-3D	
Výměnná korunka		ICP 180 IC908	
Stanovené hodnoty			
Průměr vrtaného otvoru	Materiálová skupina Iscar	Řezná rychlost	Posuv
D	MSI	v_c	f
[mm]	[-]	$[m \cdot min^{-1}]$	$[mm \cdot ot^{-1}]$
18	P1	110	0,4

Otáčky nástroje n jsou vypočítány dle vztahu (2.2).

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{110 \cdot 1000}{\pi \cdot 18} = 1946,21 \cong 1946 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Hodnota posuvové rychlosti v_f se vypočte dle vztahu (2.3).

$$v_f = f \cdot n$$

$$v_f = 0,4 \cdot 1946,21 = 778,49 \text{ [mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$$

Hodnotu posuvu na zub f_z se vypočte dle vztahu (2.5).

$$f_z = \frac{f}{z}$$

$$f_z = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ [mm]}$$

Průřez třísky odebírané jedním břitem nástroje do plného materiálu se vypočte dle vztahu (2.6).

$$A_D = h_D \cdot b_D = \frac{D \cdot f}{4}$$

$$A_D = \frac{18 \cdot 0,4}{4} = 1,8 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Jmenovitá tloušťka třísky se vypočte dle vztahu (2.7).

$$h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r$$

$$h_D = \frac{0,4}{2} \cdot \sin 70 = 0,155 \text{ [mm]}$$

Jmenovitá šířka třísky při vrtání do plného materiálu se vypočte dle vztahu (2.8).

$$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r}$$

$$b_D = \frac{18}{2 \cdot \sin 70} = 11,63 \text{ [mm]}$$

5.2.6 Praktické ověření parametrů s ohledem na nepřímé ukazatele

Bylo provedeno navržení parametrů vrtání nástrojů Iscar z modelové řady Sumocham. Řezné parametry byly v průběhu procesu účelně měněny tak, aby bylo dosaženo optimální stability řezného procesu.

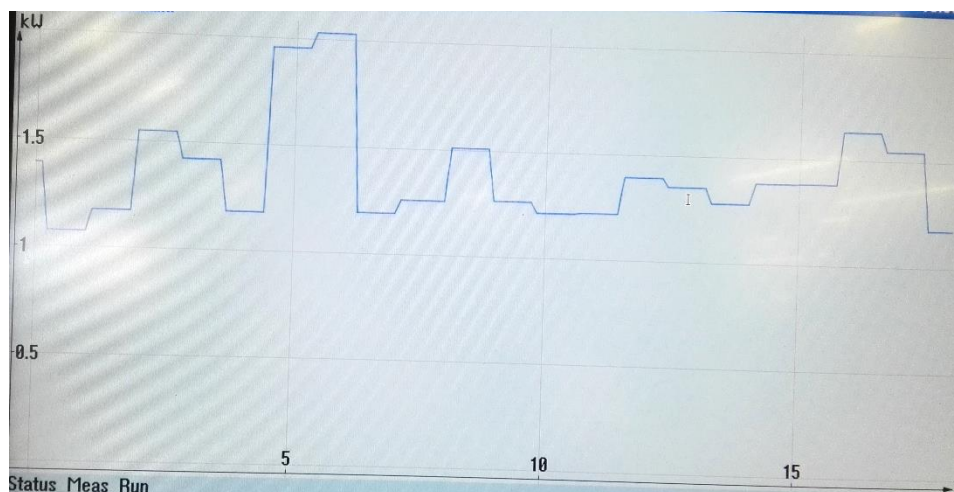
Při řezné rychlosti $v_c = 110 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$ a posuvu $f = 0,4 \text{ [mm} \cdot \text{ot}^{-1}\text{]}$ bylo dosaženo výborného tvaru třísek. Tvar třísek je znázorněn na obrázku (Obr. 5.19). Během řezného procesu nástroj vydával spojitý zvuk, což indikuje správný odvod třísek s pozitivním dopadem na kvalitu obráběné díry.



Obr. 5.19 Tvar třísek při vrtání řeznými parametry $v_c = 110 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ a $f = 0,4 \text{ [mm} \cdot \text{ot}^{-1}]$.

Souběžně se sledováním zvukových efektů řezného procesu je možné sledovat aktuální výkon stroje. Pokud výkon stroje nevykazuje velké změny v podobě náhlých nárůstů a následných propadů výkonu, je proces stabilní.

Jako příklad takového měření může posloužit měření, které je prováděno na stroji Gamma 2000 TC / CTX liner. Tento stroj je vybaven systémem, který umožňuje záznam v grafické podobě (Obr. 5.20). Záznam je možné vygenerovat dle aktuálních požadavků na zvolenou osu. Sledování výkonu stroje u starších systémů je o něco problematictější, jelikož starší systémy umožňují sledování pouze aktuálního výkonu, který není možné zaznamenat v časovém průběhu. Starší systémy vyjadřují aktuální výkon stroje většinou v procentech.



Obr. 5.20 Grafický záznam na stroji Gamma 2000 TC / CTX liner.

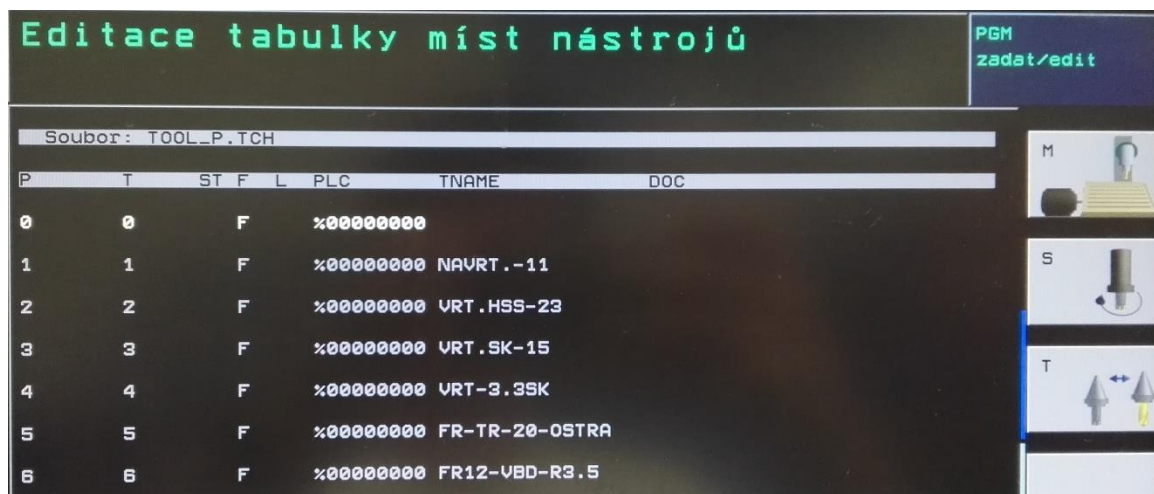
5.3 Úprava systémů automatické výměny nástrojů

Při automatické výměně nástrojů jsou možné dva přístupy, vycházející ze stylu kódování nástrojů. Pevné kódování, kdy každý nástroj má přiřazeno pevné místo v zásobníku nástrojů. Nástroj je tedy při výměně vyjmut z přidělené pozice a na svou pozici je po dokončení operace opět vrácen. Druhým způsobem je variabilní kódování nástrojů. V tomto případě je danému nástroji přiřazeno pevné označení a při výměně

nástroje může být vrácen na libovolnou pozici v zásobníku nástrojů. Nástroj je zpravidla umístěn na pozici nástroje, který bude vykonávat následující operaci. [25]

Úprava systému automatické výměny nástroje se provádí ve dvou úrovních. Prvním krokem je doplnění programu o příkaz TOOL DEF „JMÉNO NÁSTROJE“, tento příkaz je v hierarchii programu zařazen za příkaz volání nástroje TOOL CALL „JMÉNO NÁSTROJE“. Příkaz TOOL DEF „JMÉNO NÁSTROJE“ slouží pro vyhledání následujícího nástroje ze zásobníku nástrojů a jeho připravení do pozice pro výměnu. V praxi je tedy struktura programu TOOL CALL „JMÉNO NÁSTROJE“ a následující příkaz na novém řádku TOOL DEF „JMÉNO NÁSTROJE“.

Tento postup výměny nástrojů je zapotřebí doplnit druhou úrovní, která se realizuje v systému stroje (Obr. 5.21). Sloupec ST F určuje, jakým způsobem má být nástroj uložen zpět do zásobníku. Pokud je v tomto sloupci uvedeno písmeno „F“ nástroj se vrací na své původní místo v zásobníku nástrojů. Je tedy zapotřebí symbol „F“ odstranit a pole nechat prázdné. Nyní je nástroj umístěn na jinou pozici, konkrétně na pozici nástroje, který vykonává následující operaci. Systém stroje pak automaticky přepíše pozici nástroje, která je uvedena v prvním sloupci „P“.

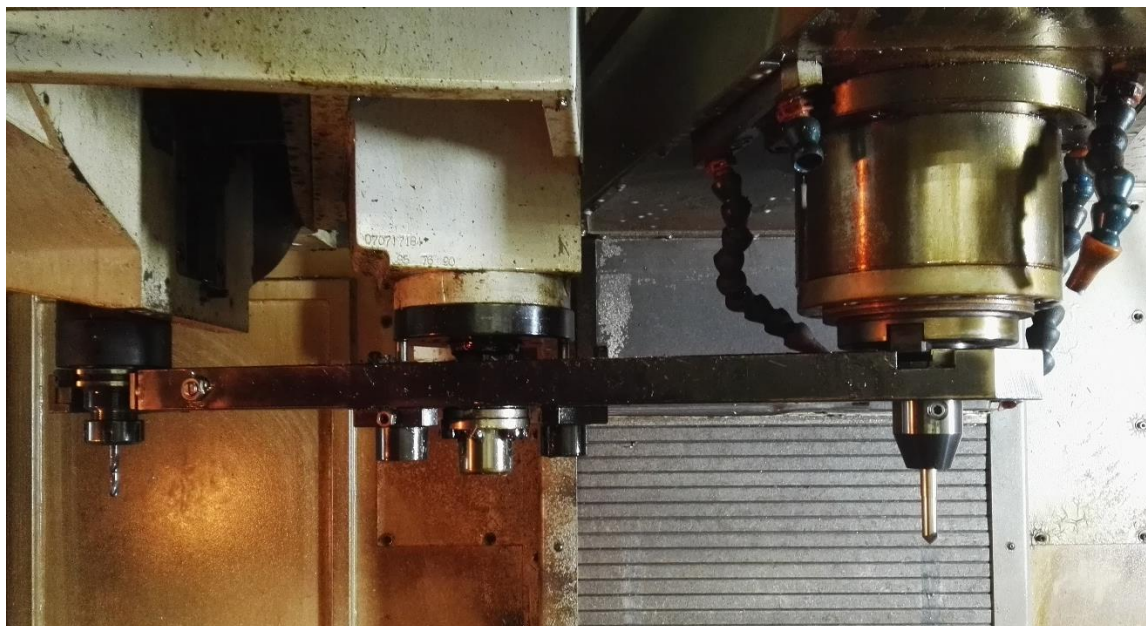


P	T	ST	F	L	PLC	TNAME	DOC
0	0		F		%00000000		
1	1		F		%00000000	NAVRT.-11	
2	2		F		%00000000	VRT.HSS-23	
3	3		F		%00000000	VRT.SK-15	
4	4		F		%00000000	VRT-3.3SK	
5	5		F		%00000000	FR-TR-20-OSTRA	
6	6		F		%00000000	FR12-VBD-R3.5	

Obr. 5.21 Editace výměny nástrojů na stroji MCFV 1060.

Těmito poměrně jednoduchými editacemi se dosáhne maximálního využití zásobníku nástrojů. Současně opotřebení otočného dvoustranného ramene klesá na polovinu.

Otočné dvoustranné rameno při optimalizovaném procesu automatické výměny nástrojů je znázorněno na obrázku (Obr. 5.22).



Obr. 5.22 Otočné výměnné rameno stroje MCFV 1060.

Časový dopad změn výměny nástroje bude souhrnně uveden v následující kapitole 5.4. Dokumentace výroby podle navržených změn.

5.4 Dokumentace výroby podle navržených změn

V návaznosti na navržené změny technologie výroby jsou vypracovány dvě výrobní varianty. Tyto výrobní varianty účelně kombinují strojní vybavení tak, aby bylo dosaženo co nejvýhodnějších výsledků v dané situaci. Obě navržené výrobní varianty zohledňují využití nových vrtáků od společnosti Iscar a plynulou výměnu nástrojů na CNC strojích. Časový záznam $MCFV_{vr1}$, $MCFV_{vr2}$ a MCV_{vr1} je umístěn v dokumentu jako (Příloha 2, 3 a 4)

5.4.1 Navržená výrobní varianta 1

Navrhovaná výrobní varianta 1 se skládá z operací prováděných na zámečnickém pracovišti (ZA), konzolové frézce FCV 63 NCA (FK_{vrP}), mechanickém pracovišti (ME), vertikálním obráběcím centru MCFV 1060 ($MCFV_{vr1}$), portálovém obráběcím centru MCV 1220 (MCV_{vr1}) a dokončovací operace, která se vykonává opět na mechanickém pracovišti (ME).

5.4.2 Navržená výrobní varianta 2

Navrhovaná výrobní varianta 2 se skládá z operací prováděných na zámečnickém pracovišti (ZA), vertikálním obráběcím centru MCFV 1060 ($MCFV_{vr2}$), portálovém obráběcím centru MCV 1220 (MCV_{vr1}) a dokončovací operace, která se vykonává na mechanickém pracovišti (ME).

Oproti navrhované výrobní variantě 1 je vypuštěna operace, které se provádí na konzolové frézce FCV 63 NCA (FK_{vrP}) a následná operace na mechanickém pracovišti (ME). Tyto operace jsou nahrazeny sdružením výroby na vertikálním obráběcím centru MCFV 1060 ($MCFV_{vr2}$).

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

6.1 Porovnání nástrojů

V této kapitole jsou porovnány jednotkové strojní časy a náklady navrhovaných nástrojů s nástroji, které jsou využity v současné technologii výroby.

6.1.1 Jednotkové strojní časy

Jednotkový strojní čas Ø24 výměnnou vrtací hlavicí ICP 240 IC908

Jednotkový strojní čas se vypočte dle vztahu (2.17).

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l_n + l + l_p}{v_f}$$

$$t_{AS} = \frac{2 + 25 + 6,37}{583,86} \cdot 60 = 3,43 \text{ [s]}$$

Kde:

t_{AS}	[s]	jednotkový strojní čas
L	[mm]	délka skládající se z náběhu, délky vrtané díry a přeběhu
v_f	[mm.min ⁻¹]	posuvová rychlost
l_n	[mm]	délka náběhu vrtáku
l	[mm]	délka vrtané díry
l_p	[mm]	délka přeběhu vrtáku

Délka přeběhu vrtáku se vypočte dle vztahu (2.18)

$$l_p = \frac{D}{2} \cdot tg\varepsilon_r + (0,5 \div 2,0)$$

$$l_p = \frac{24}{2} \cdot tg20^\circ + 2,0 = 6,37 \text{ [mm]}$$

Kde:

l_p	[mm]	délka přeběhu vrtáku
D	[mm]	průměr vrtáku
ε_r	[°]	úhel špičky vrtáku

Délka náběhu vrtáku se vypočte dle vztahu (2.19).

$$l_n = (0,5 \div 2,0)$$

$$l_n = 2,0 \text{ [mm]}$$

Jednotkový strojní čas pro výrobu všech děr stanoveného průměru na jedné součásti se vypočte následujícím vztahem:

$$t_{ASKs} = t_{AS} \cdot i$$

$$t_{ASKs} = 3,43 \cdot 15 = 51,44 \text{ [s]}$$

Kde:

t_{ASKs}	[s]	jednotkový strojní čas pro výrobu všech děr stanoveného průměru na jedné součásti
------------	-----	---

t_{AS}	[s]	jednotkový strojní čas
i	[-]	počet děr na jedné součásti

Jednotkový strojní čas pro výrobu všech děr stanoveného průměru ve výrobní dávce se vypočte následujícím vztahem:

$$t_{ASdv} = \frac{t_{ASks}}{60} \cdot d_v$$

$$t_{ASdv} = \frac{51,44}{60} \cdot 40 = 34,29 \text{ [min]}$$

Kde:

t_{ASdv}	[min]	jednotkový strojní čas pro výrobu všech děr stanoveného průměru ve výrobní dávce
t_{AS}	[s]	jednotkový strojní čas
d_v	[ks]	výrobní dávka

6.1.2 Náklady na nástroje vztažené k trvanlivosti

Náklady na nástroj jsou vyjádřeny modifikovaným vztahem (3.7).

$$N_n = N_T \cdot z_{v dv}$$

$$N_n = 1951 \cdot 0,86 = 1673 \text{ [Kč]}$$

Kde:

N_n	[Kč]	náklady na nástroj
N_T	[Kč]	náklady na nástroj a jeho výměnu vtažené na jednotku trvanlivosti
$z_{v dv}$	[-]	počet výměn nástroje, vztažený na obrobení výrobní dávky

Počet výměn nástroje, vztažený na obrobení výrobní dávky se vypočte modifikovaným vztahem (3.8).

$$z_{v dv} = \frac{t_{ASdv}}{T}$$

$$z_{v dv} = \frac{34,29}{40} = 0,86 \text{ [-]}$$

Kde:

$z_{v dv}$	[-]	počet výměn nástroje, vztažený na obrobení výrobní dávky
T	[min]	trvanlivost nástroje
t_{ASdv}	[min]	jednotkový strojní čas pro výrobu děr na jedné součásti

Jednotkové hodnoty jsou vypočteny dle předešlého vzoru a jsou souhrnně vyjádřeny v tabulce (Tab. 6.1 a Tab. 6.2).

Tab. 6.1 Vyjádření hodnot pro navrhované nástroje.

Výměnná hlavice	D	t _{AS}	t _{ASks}	t _{ASdv}	T	N _T	Z _{vdv}	N _n
P-geometrie pro ocel	[mm]	[s]	[s]	[min]	[min]	[Kč]	[-]	[Kč]
ICP 240 IC908	24	3,43	51,44	34,29	40	1951	0,86	1673
ICP 220 IC908	22	3,11	12,44	8,29	40	1583	0,21	328
ICP 180 IC908	18	2,49	9,95	6,63	40	1053	0,17	175

Tab. 6.2 Vyjádření hodnot pro stávající nástroje.

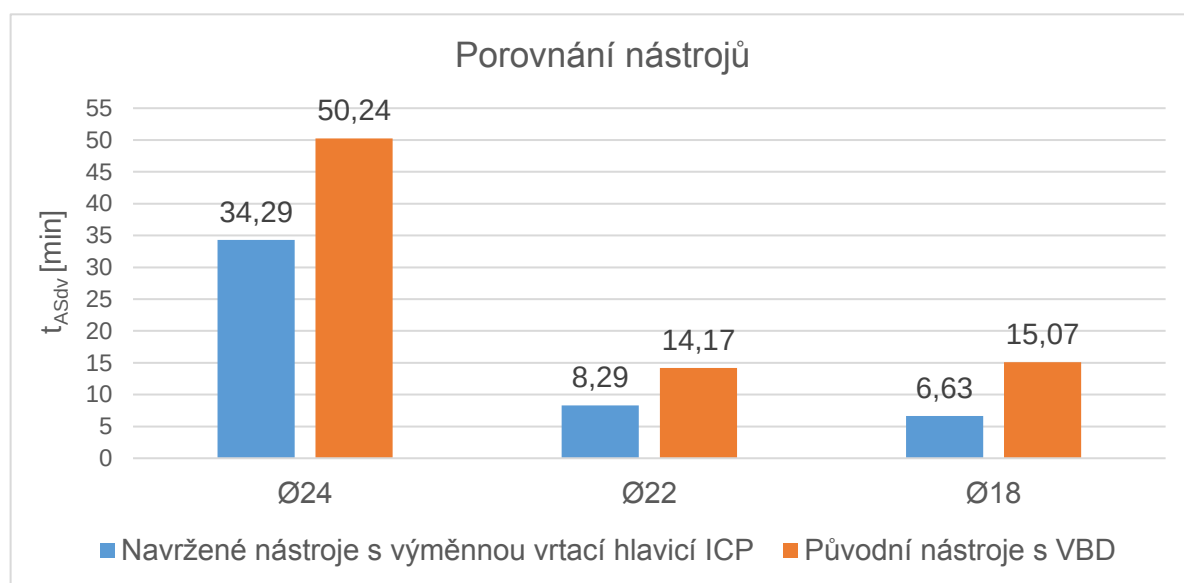
Výměnné břitové destičky		D	t _{AS}	t _{ASks}	t _{ASdv}	T	N _T	Z _{vdv}	N _n
Středová destička	Obvodová destička	[mm]	[s]	[s]	[min]	[min]	[Kč]	[-]	[Kč]
SPGX 0703-C1, T400D	SCGX 070308-P2, DP3000	24	5,02	75,36	50,24	15	663	3,35	2221
SPGX 0703-C1, T400D	SCGX 060204-P2, DP3000	22	5,31	21,26	14,17	15	642	0,94	606
SPGX 0602-C1, T400D	SCGX 050204-P2, DP3000	18	5,65	22,60	15,07	15	604	1,00	607

6.1.3 Vyhodnocení

Z porovnání nástrojů vyplývá, že navržené nástroje od výrobce Iscar z modelové řady Sumocham dosahují lepších výsledků. Při použití vrtáků s výměnnou vrtací hlavicí ICP je jednotkový strojní čas vrtání vztažený k výrobní dávce zrychlen. U Ø24 je dosaženo zrychlení 15,95 [min], což při vyjádření v procentech činí o 31,75 % zrychlení procesu. U Ø22 je dosažené zrychlení 5,88 [min] což při vyjádření v procentech činí o 41,50 % zrychlení procesu vrtání. U Ø18 je dosažené zrychlení 8,44 [min] což při vyjádření v procentech činí o 56,01 % zrychlení procesu vrtání. Jednotkové strojní časy vztažené k výrobní dávce jsou uvedeny na obrázku (Obr. 6.1).

Při porovnání nákladů na nástrojové vybavení vychází navržená varianta jako ekonomičtější. Při použití stávajících vrtáků s výměnnými břitovými destičkami je zapotřebí také brát v úvahu nutnost výměny břitových destiček. Během této výměny je výrobní cyklus stroje zastaven. Dochází tak k nárůstu času výroby. Nárůst času výroby má nepříznivý dopad na cenu výroby. Navržené nástroje není nutné v průběhu výroby měnit. Vrták o Ø18 by měl vydržet bez výměny vrtací hlavicí až 5 výrobních dávek, což představuje roční objem výroby součásti „přítlačná deska“. Výměna řezné části vrtáků je zohledněna v následující kapitole.

Pořizovací náklady na těla vrtáků nejsou v tomto vyhodnocení uvedeny. Jedná se o jednorázovou investici. Rozdíly v ceně držáků jsou v řádech stokorun.



Obr. 6.1 Porovnání nástrojů.

6.2 Nákladové položky

Hodinová sazba jednotlivých pracovišť je vyjádřena v souhrnné tabulce (Tab. 6.3), dle skutečných kalkulací firmy.

Tab. 6.3 Hodinová sazba jednotlivých pracovišť.

Pracoviště	Zkratka	Náklady na hodinu provozu stroje N_{hs}	Náklady na hodinu přípravy stroje N_{hs}
Konzolová frézka FCV 63 NCA	FK	250 Kč	200 Kč
Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060	MCFV	650 Kč	600 Kč
Portálové obráběcí centrum MCV 1220	MCV	650 Kč	600 Kč
Zámečník	ZÁM	180 Kč	180 Kč
Mechanik	ME	180 Kč	180 Kč

6.2.1 Spotřeba času CNC stroje

CNC vertikálního obráběcí centrum MCFV 1060 varianta 1

Jednotkový čas CNC stroje se vypočte dle vztahu (3.1).

$$t_{mA} = t_{mA5} + t_{mA4} + t_{mA6}$$

$$t_{mA} = 13,48 + 18,01 + 0 = 31,49 \text{ [min]}$$

Kde:

t_{mA}	[min]	jednotkový čas CNC stroje
t_{mA5}	[min]	jednotkový čas klidu CNC stroje
t_{mA4}	[min]	jednotkový čas chodu CNC stroje
t_{mA6}	[min]	jednotkový čas interference CNC stroje

Při obsluze jednoho stroje je $t_{mA6} = 0$.

Dávkový čas CNC stroje se vypočte dle vztahu (3.2).

$$t_{mB} = t_{mB5} + t_{mB4}$$

$$t_{mB} = 20 + 100 = 120 \text{ [min]}$$

Kde:

t_{mB}	[min]	dávkový čas CNC stroje
t_{mB5}	[min]	dávkový čas klidu CNC stroje
t_{mB4}	[min]	dávkový čas chodu CNC stroje

6.2.2 Výpočet operačních nákladů

CNC vertikálního obráběcí centrum MCFV 1060 varianta 1

Jednicové nákladové položky se vypočítají dle vztahu (3.3).

$$N_{Aps} = \frac{N_{hS}}{60} \cdot t_{mA}$$

$$N_{Aps} = \frac{650}{60} \cdot 31,49 \cong 341 \text{ [Kč} \cdot \text{ks}^{-1}\text{]}$$

Kde:

N_{Aps}	[Kč · ks ⁻¹]	jednicové nákladové položky
N_{hS}	[Kč · h ⁻¹]	náklady na hodinu provozu stroje
t_{mA}	[min]	jednotkový čas CNC stroje

Dávkové náklady provozu stroje jsou vypočteny dle vztahu (3.4).

$$N_{Bps} = \frac{N_{hps}}{60} \cdot \frac{t_{mB}}{d_v}$$

$$N_{Bps} = \frac{600}{60} \cdot \frac{120}{40} = 30 \text{ [Kč} \cdot \text{ks}^{-1}\text{]}$$

Kde:

N_{Bps}	[Kč · ks ⁻¹]	dávkové náklady provozu stroje
N_{hps}	[Kč · h ⁻¹]	náklady na hodinu přípravy stroje
t_{mA}	[min]	jednotkový čas CNC stroje
d_v	[ks]	výrobní dávka

Režijní náklady jsou vypočteny dle vzorce (3.5).

$$N_{Rps} = (N_{Aps} + N_{Bps}) \cdot \frac{R}{100}$$

$$N_{Rps} = (341 + 30) \cdot \frac{220}{100} = 817 \text{ [Kč} \cdot \text{ks}^{-1}\text{]}$$

Kde:

N_{Rps}	[Kč · ks ⁻¹]	režijní náklady
N_{Aps}	[Kč · ks ⁻¹]	jednicové nákladové položky
N_{Bps}	[Kč · ks ⁻¹]	dávkové náklady provozu stroje
R	[%]	provozní režie

Operační náklady jsou vypočteny dle vzorce (3.6).

$$N_{op} = N_{Aps} + N_{Bps} + N_{Rps}$$

$$N_{op} = 341 + 30 + 817 = 1188 \text{ [Kč} \cdot \text{ks}^{-1}\text{]}$$

Kde:

N_{op}	[Kč · ks ⁻¹]	operační náklady
N_{Aps}	[Kč · ks ⁻¹]	jednicové nákladové položky
N_{Bps}	[Kč · ks ⁻¹]	dávkové náklady provozu stroje
N_{Rps}	[Kč · ks ⁻¹]	režijní náklady

Spotřeba časů CNC strojů a náklady s těmito časy spojené jsou vypočteny dle předešlého vzoru. Výsledky těchto výpočtů jsou souhrnně uvedeny v tabulce (Tab. 6.4).

Tab. 6.4 Spotřeba časů a náklady s těmito časy spojené.

Pracoviště	t_{mA5}	t_{mA4}	t_{mA}	t_{mB5}	t_{mB4}	t_{mB}	N_{aps}	N_{Bps}	N_{Rps}	N_{op}
	[min]						[Kč · ks ⁻¹]			
FK _{vrP}	2,17	3,53	5,70	15	15	30	24	3	58	84
MCFV _{vrP}	16,27	21,78	38,05	20	100	120	412	30	973	1415
MCFV _{vr1}	13,48	18,02	31,50	20	100	120	341	30	817	1188
MCFV _{vr2}	17,83	21,02	38,85	20	110	130	421	33	997	1451
MCV _{vrP}	4,23	8,22	12,45	20	100	120	135	30	363	528
MCV _{vr1}	4,23	6,67	10,90	20	100	120	118	30	326	474
ZA	-	-	8,50	-	-	10	26	1	58	84
ME	-	-	5,00	-	-	10	15	1	35	50

FK_{vrP} - konzolová frézka FCV 63 NCA, varianta původní výroby

MCFV_{vrP} - vertikální obráběcí centrum MCFV 1060, varianta původní výroby

MCFV_{vr1} - vertikální obráběcí centrum MCFV 1060, varianta 1 optimalizované výroby

MCFV_{vr2} - vertikální obráběcí centrum MCFV 1060, varianta 2 optimalizované výroby

MCV_{vrP} - portálové obráběcí centrum MCV 1220, varianta původní výroby

MCV_{vr1} - portálové obráběcí centrum MCV 1220, varianta 1 optimalizované výroby

6.2.3 Porovnání výrobních variant

Navrhovaná výrobní varianta 1

Navrhovaná výrobní varianta 1 se skládá z operací prováděných na pracovišti ZA, FK_{vrP}, ME, MCFV_{vr1}, MCV_{vr1} a znovu ME. Časová náročnost a náklady pro tuto výrobní variantu jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6.5).

Tab. 6.5 Shrnutí navrhované výrobní varianty 1

Celkový čas potřebný pro vyrobení 1 ks součásti	1,24 h
Celkový čas potřebný pro vyrobení výrobní dávky 40 ks součásti	49,40 h
Celkové náklady na vyrobení 1ks součásti	1 931 Kč
Celkové náklady pro vyrobení výrobní dávky 40 ks součásti	77 227 Kč

Navrhovaná výrobní varianta 2

Navrhovaná výrobní varianta 2 se skládá z operací prováděných na pracovišti ZA, MCFV_{vr2}, MCV_{vr1} a ME. Časová náročnost a náklady pro tuto výrobní variantu jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6.6).

Tab. 6.6 Shrnutí navrhované výrobní varianty 2

Celkový čas potřebný pro vyrobení 1 ks součásti	1,17 h
Celkový čas potřebný pro vyrobení výrobní dávky 40 ks součásti	46,67 h
Celkové náklady na vyrobení 1ks součásti	2 059 Kč
Celkové náklady pro vyrobení výrobní dávky 40 ks součásti	82 363 Kč

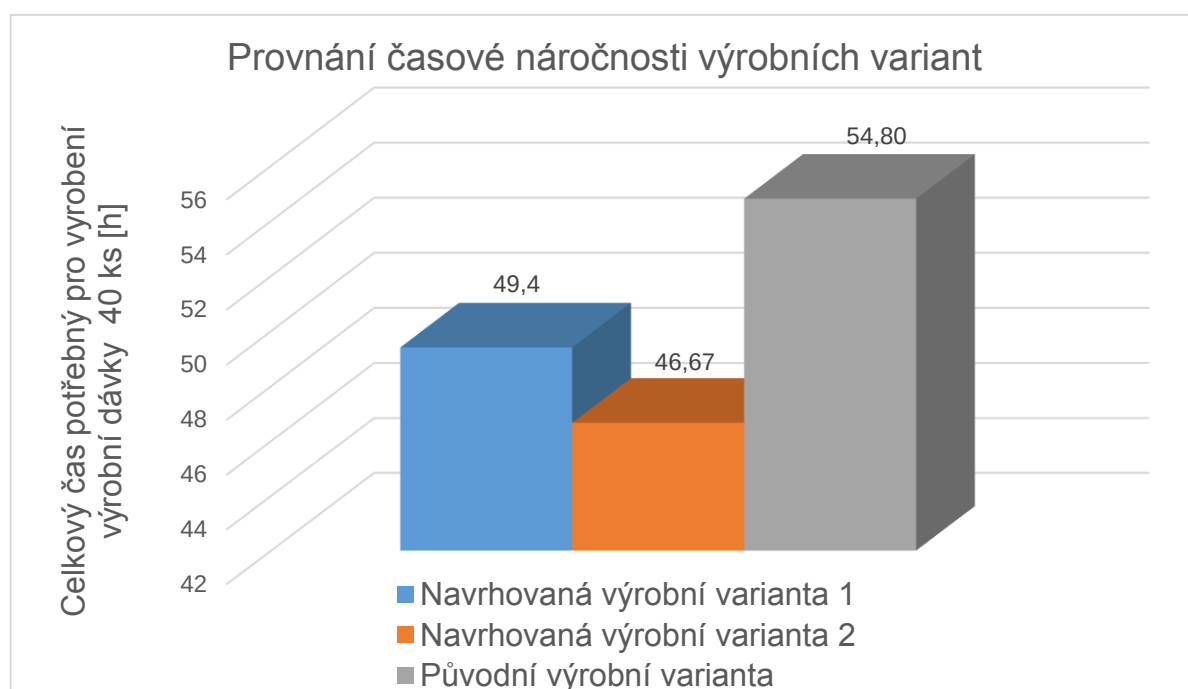
Původní výrobní varianta

Původní výrobní varianta se skládá z operací prováděných na pracovišti ZA, FK_{vrP}, ME, MCFV_{vrP}, MCV_{vrP} a znovu ME. Časová náročnost a náklady pro tuto výrobní variantu jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6.7).

Tab. 6.7 Shrnutí původní výrobní varianty

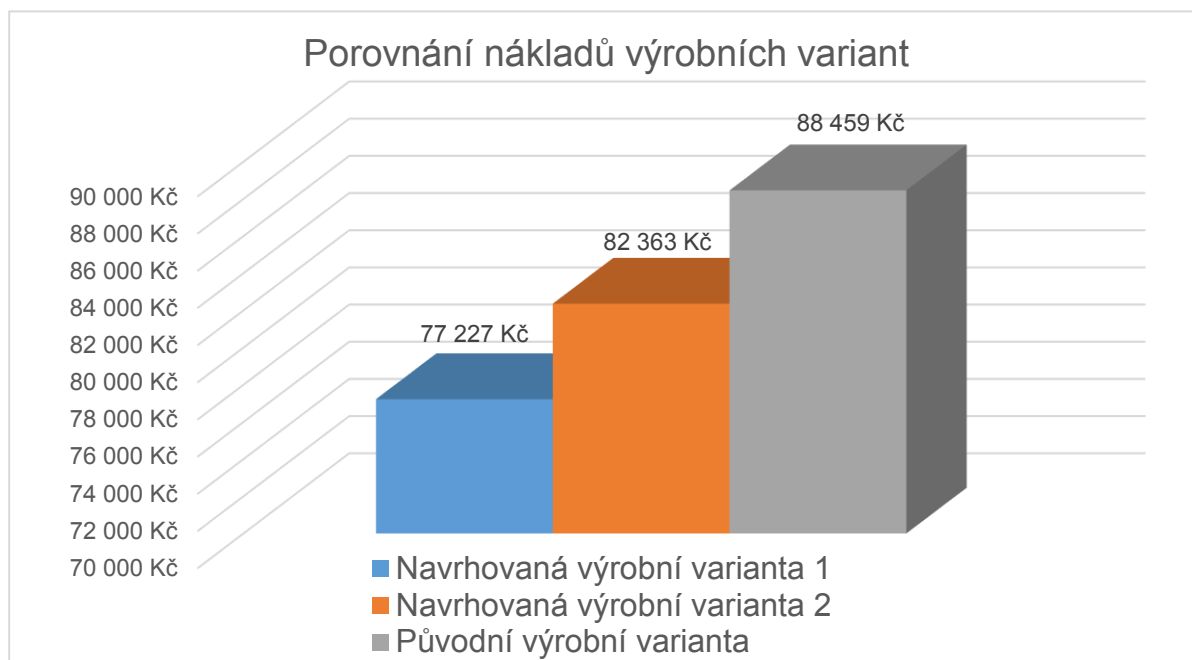
Celkový čas potřebný pro vyrobení 1 ks součásti	1,37 h
Celkový čas potřebný pro vyrobení výrobní dávky 40 ks součásti	54,80
Celkové náklady na vyrobení 1ks součásti	2 211 Kč
Celkové náklady pro vyrobení výrobní dávky 40 ks součásti	88 459 Kč

Z porovnání výrobních variant vyplývá, že navrhovaná výrobní varianta 2 je po stránce časové náročnosti nejvýhodnější. Je také patrné, že obě výrobní varianty vykazují určité zrychlení výrobního procesu oproti původní výrobní variantě. Toto porovnání je graficky znázorněno na obrázku (Obr. 6.2).



Obr. 6.2 Porovnání časové náročnosti výrobních variant.

Při porovnání nákladů jednotlivých výrobních variant bylo zjištěno, že navrhovaná výrobní varianta 1 vykazuje největší úspory. Navrhovaná výrobní varianta 1 i navrhovaná výrobní varianta 2 jsou ekonomicky výhodnější oproti původnímu technologickému řešení. Porovnání výrobních nákladů jednotlivých variant je graficky znázorněno na obrázku (Obr. 6.3).



Obr. 6.3 Porovnání nákladů výrobních variant.

Souhrnné vyjádření časové náročnosti výroby a nákladů navržených variant jednoho kusu a výrobní dávky čtyřiceti kusů je uvedeno v tabulce (Tab. 6.8).

Tab. 6.8 Souhrnné vyjádření časové náročnosti a nákladů navržených variant výroby.

	Varianta 1	Varianta 2	Původní varianta
Celkový čas potřebný pro vyrobení 1 ks	1,24 h	1,17 h	1,37 h
Celkový čas potřebný pro vyrobení výrobní dávky 40 ks	49,40 h	46,67 h	54,80 h
Celkové náklady na vyrobení 1ks	1 931 Kč	2 059 Kč	2 211 Kč
Celkové náklady pro vyrobení výrobní dávky 40 ks	77 227 Kč	82 363 Kč	88 459 Kč

7 DISKUSE

Diplomová práce se zabývá návrhem technologie výroby zvolené součásti „přítlačná deska“.

Byla provedena analýza stávající technologie výroby. Časový záznam výroby poukázal na nedostatky automatické výměny nástrojů. Pevné kódování, kdy každý nástroj má přiřazeno pevné místo v zásobníku nástrojů, byl nahrazen variabilním kódováním nástrojů. Při využití variabilního kódování je danému nástroji přiřazeno pevné označení a při výměně nástroje může být vrácen na libovolnou pozici v zásobníku nástrojů. Touto změnou byl čas výměny nástrojů zkrácen na 6 vteřin oproti původní průměrné hodnotě 17 vteřin na stroji MCFV 1060. Původní průměrná hodnota automatické výměny nástrojů na stroji MCV 1220 byla zkrácena na 10 vteřin z původních 23 vteřin.

Dále z této analýzy vyplynuly požadavky na sjednocení výrobního zařízení vzhledem k přeplnění kapacit stroje konzolová frézka FCV 63 NCA. Operace vykonávané na tomto strojním zařízení byly převedeny na stroj vertikální obráběcí centrum MCFV 1060. Vlivem tohoto sjednocení výroby bylo vyhověno požadavku na uvolnění kapacit stroje konzolová frézka FCV 63 NCA a je tak možno dostát nárokům na dodací termíny, které požaduje zákazník. Tímto sjednocením byly také odstraněny manipulační časy, potřebné na přesun rozpracované součásti. Sjednocení výrobního zařízení si vyžádalo úpravy technologického postupu a způsobu upnutí součásti.

Z analýzy současného stavu výroby bylo zjištěno nadměrné opotřebení vrtáků s výměnnými břitovými destičkami. Kvůli problematické kombinaci opotřebení a časové náročnosti vrtání byla provedena volba nových nástrojů. Při návrhu nových nástrojů bylo přistoupeno k jinému konstrukčnímu řešení vrtáků. Z vytipovaných nástrojů byly zvoleny vrtáky s výměnnou vrtací hlavicí ICP od společnosti Iscar. Tyto vrtáky splňují předpoklady pro FMR (Fast Metal Removal – rychlý úběr materiálu). Výhodou těla vrtáků je možnost upnutí výměnné vrtací hlavice pro různou škálu obráběných materiálů a hlavice s různorodou geometrií. Vrtáky z modelové řady Sumocham s výměnnou vrtací hlavicí ICP byly otestovány v řezu a byly jim stanoveny optimální řezné parametry. Při řezné rychlosti $v_c=110 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ a posuvu $f=0,4 \text{ [mm} \cdot \text{ot}^{-1}]$ bylo dosaženo vysoké stability řezného procesu a ideálního odvodu třísek z místa řezu.

Pro širší využití těla vrtáků by bylo vhodné otestovat výměnné vrtací hlavice s různými geometriemi. Při využití geometrie HCP-IQ je podle závěrů z diplomové práce Ing. Michala Koudelky možné dosáhnout plynulejšího vnikání řezného klínu do materiálu, díky konvexnímu tvaru řezných hran. Tyto hlavice zlepšují samovystředovací efekt, což vede k lepší kruhovitosti, přímosti a sousosti. [26]

Vrtací hlavice ICP vykazuje při porovnání s HCP-IQ širší pole využitelnosti. Z tohoto důvodu byla testována nejprve hlavice ICP.

Dále by bylo vhodné otestovat modifikované hlavice ICP-2M, které podle článku publikovaného v časopise MM Průmyslové spektrum dosahují lepších hodnot jakosti obrobeného povrchu a válcovitosti díry. [21]

Modifikovaná výměnná vrtací hlavice ICP-2M nebyla prozatím testována. Součást „přítlačná deska“ totiž neklade příliš velké nároky na jakost obrobeného povrchu

a válcovitost díry. Tato výměnná hlavice je nákladnější a proto, by její využití pro výrobu „přítlačné desky“ bylo neekonomické. Lze však očekávat, že pro výrobu jiných součástí, které budou mít přísnější tolerance obrobeneho povrchu, bude využita.

Z technicko-ekonomického vyhodnocení vyplývá, že navrhované výrobní varianty jsou ekonomičtější, než varianta původní, a to především díky změnám nástrojů a plynulejší automatické výměně nástrojů. V současné situaci, kdy je kapacita konzolové frézky FCV 63 přehlcena, je zvolena výrobní varianta 2, kde tento stroj absentuje. Avšak v případě, kdy by došlo k uvolnění kapacit konzolové frézky, lze spíše předpokládat využití výrobní varianty 1, u níž jsou náklady na výrobu nižší.

ZÁVĚR

V kapitole technologičnost součásti byly shrnuty vstupní informace „přítlačné desky“. Následující kapitola technologie výroby byla zaměřena na shrnutí teoretických předpokladů pro následující řešení zvolené problematiky. S ohledem na propojení technologie výroby a ekonomických aspektů byla vypracována kapitola výrobní ekonomiky.

Za účelem cíleného vylepšení výrobního procesu bylo nutné nejdříve provést analýzu současného stavu, během níž byly odhaleny nedostatky a rezervy.

Logickým vyústěním je návrh změn technologie výroby. Ten se soustředil na sdružení výrobního zařízení, návrh změn upnutí součásti a změn v technologickém postupu.

Jednou z nejvýznamnějších změn je volba nových nástrojů pro problematické vrtání děr Ø24, Ø22 a Ø18. Byly navrženy nástroje s výměnnou vrtací hlavicí ICP od výrobce Iscar. Pro tyto nástroje byly určeny řezné parametry $v_c=110 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ a $f=0,4 \text{ [mm} \cdot \text{ot}^{-1}]$. Tyto parametry, byly získány ověřením nepřímými metodami při procesu vrtání. Nástroje za těchto podmínek vydávaly spojitý zvuk, zatížení vřetene stroje nejevilo známky výkyvů výkonu a odváděné třísky z místa řezu disponovaly optimálním tvarem. Stanovené hodnoty se pohybují na vrchní hranici doporučené výrobcem. S využitím těchto řezných parametrů byly provedeny výpočty pro jednotlivé nástroje. Nejdůležitějším výstupem z těchto vztahů je posuvová rychlost v_f , která nabývá až dvojnásobných hodnot oproti původním nástrojům s výměnnými břitovými destičkami. Podílem celkové délky vrtané díry a příslušné posuvové rychlosti byly vypočteny jednotkové strojní časy. Tyto časy při vztažení na celou výrobní dávku 40 ks vykazují u Ø24 urychlení o 15,95 [min], což představuje urychlení o 31,75 %. U Ø22 bylo dosažené urychlení 5,88 [min], což při vyjádření v procentech odpovídá zrychlení o 41,50 %. Zkrácení času u vrtaného Ø18 nabývá hodnot 8,44 [min], to odpovídá procentuálnímu zlepšení o 56,01 %. Přičemž náklady na nástroje se snížily.

Další výraznou změnou je návrh rafinovaného způsobu výměny nástrojů. Byl navržen variabilní systém kódování, který umožňuje provést automatickou výměnu nástroje. Na vertikálním obráběcím centru za 6 vteřin oproti původní průměrné hodnotě 17 vteřin. Na portálovém obráběcím centru je čas výměny zkrácen z původních 23 vteřin na 10 vteřin. Těchto změn bylo docíleno přidáním příkazu TOOL DEF „JMÉNO NÁSLEDUJÍCÍHO NÁSTROJE“ do NC kódu a nutnými změnami v systému obráběcích strojů. Rychlost této plynulé výměny nástrojů byla pak změřena v reálných podmínkách.

Následně byly navrženy dvě výrobní varianty, které účelně kombinují strojní vybavení. V těchto variantách je uvažováno s racionalizovanými časy nových nástrojů a plynulé výměny nástrojů. Výrobní varianta 1 je vyhodnocena jako nejeekonomičtější. Vykazuje úspory výrobních nákladů 11 232 Kč, což představuje úsporu o 12,7 % oproti původní variantě, při výrobní dávce 40 ks. Výrobní varianta 2 je nejrychlejší způsobem výroby. Je rychlejší o 8,13 hodiny při výrobní dávce 40 ks. Oproti původní variantě tedy vykazuje procentuální úsporu času o 14,84 % nižší.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 9788072048397.
- [2] ING. PŘIBIL, Erich. *Výrobky válcované za tepla z nelegovaných konstrukčních ocelí podle normy technických dodacích předpisů (TDP) ČSN EN 10025, k: 20170510-122749-3358337721.pdf* [online]. Kladno, 2012 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/technicke-dodaci-predpisy-tdp-a-uzivatelsky-komentar-k-ocelim-dle-en-10025>
- [3] PROF. ING. PILOUS, Václav. Volba konstrukčních ocelí pro stavební svařované konstrukce podle významu označení. *Konstrukce: Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství* [online]. 2013, aktualizováno 15.3.2017 [cit. 2017-05-10]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/volba-konstrukcni-oceli-pro-stavebni-svarovane-konstrukce-podle-vyznamu-oznaceni/>
- [4] ING. PŘIBIL, Erich. *Přehled vlastností oceli S355J2G3: Přehled vlastností oceli S355J2* [online]. Kladno, 2012 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s355j2drive-s355j2g3>
- [5] SITKOVÁ, Miluše. VÍTKOVICE STEEL. *Inspekční certifikát 3.1: EN 10204:2004*. Vítkovice, 2016.
- [6] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 1. část* [online]. Vysoké učení technické v Brně: Ústav strojírenské technologie, 2003, 138 s. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [7] BRYCHTA, Josef. *Nové směry v progresivním obrábění* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008 [cit. 2017-04-03]. ISBN 9788024815053. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf>
- [8] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 8021423749.
- [9] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 2. část* [online]. Vysoké učení technické v Brně: Ústav strojírenské technologie, 2004 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf
- [10] AB SANDVIK COROMAT, . *Technical Guide: Vrtání* [online]. 2010 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.rpb.cz/sites/default/files/catalogues/sandvik/MTG_E.pdf
- [11] KOČMAN, Karel. *Aktuální příručka pro technický úsek: Svazek 7. Obrábění*. Praha: Dashöfer, 2001. ISBN 8090224725.
- [12] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 9788072047222.
- [13] ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: CERM, 2002, 158 s. ISBN 802142219x.

-
- [14] *Rotating Tool Line: Complete Machining Solutions*. Iscar, 2017, 1076 s. Dostupné také z: http://www.iscar.cz/Catalogs/publication-2017/Rotating_Tools_catalog-2017.pdf
- [15] Kovoobrábění ZAKO Turčín: Kovoobrábění. *ZAKO Turčín* [online]. 2013 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.zakoturcin.cz/Kovoobrabeni/>
- [16] Strojní park ZAKO Turčín: Strojní park. *ZAKO Turčín* [online]. 2013 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.zakoturcin.cz/Strojni-park/>
- [17] VERTIKÁLNÍ OBRÁBĚCÍ CENTRUM: MCFV 1060. In: *TAJMAC-ZPS, a.s.* [online]. 2012 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: http://www.tajmac-zps.cz/sites/tajmac-zps-2.os.zps/files/mcfv1060_cz.pdf
- [18] PORTÁLOVÉ OBRÁBĚCÍ CENTRUM: MCV 1220. In: *TAJMAC-ZPS, a.s.* [online]. 2012 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/MCV-1220>
- [19] PORTÁLOVÉ OBRÁBĚCÍ CENTRUM: MCV 1220. In: *TAJMAC-ZPS, a.s.* [online]. 2012 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: http://www.tajmac-zps.cz/sites/tajmac-zps-2.os.zps/files/mcv1220_cz.pdf
- [20] SECO TOOLS AB. *Obrábění otvorů: Katalog a technický průvodce 2015*. 1. Elanders, 2014, 627 s. Dostupné také z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/2015/CZ_Catalog_Holemaking_2015_Inlay_LR.pdf
- [21] HORVÁTH, Evžen. Výkonné, přesné a spolehlivé vrtání. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2016, **2016** [cit. 2017-05-17]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vykonne-presne-a-spolehlive-vrtani.html>
- [22] Sumocham: DCN A-3D. In: *Iscar* [online]. b.r. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=3112&mapp=DR&app=77&GFSTYP=M>
- [23] Sumocham: ICP. In: *Iscar* [online]. b.r. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=2672&mapp=DR&app=252&GFSTYP=M>
- [24] Hole Making ICP: Recommended Machining Conditions. In: *Iscar* [online]. b.r. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/MoreInfo.aspx?mapp=DR&fnum=2672&app=252>
- [25] ZEMČÍK, Oskar. *Číslicové řízení ve strojírenské technologii* [online]. VUT Brno FSI, 2016 [cit. 2017-05-25].
- [26] KOUDELA, Michal. *Návrh na zefektivnění procesu obrábění válcové součásti pro ropné vrty*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2015.
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

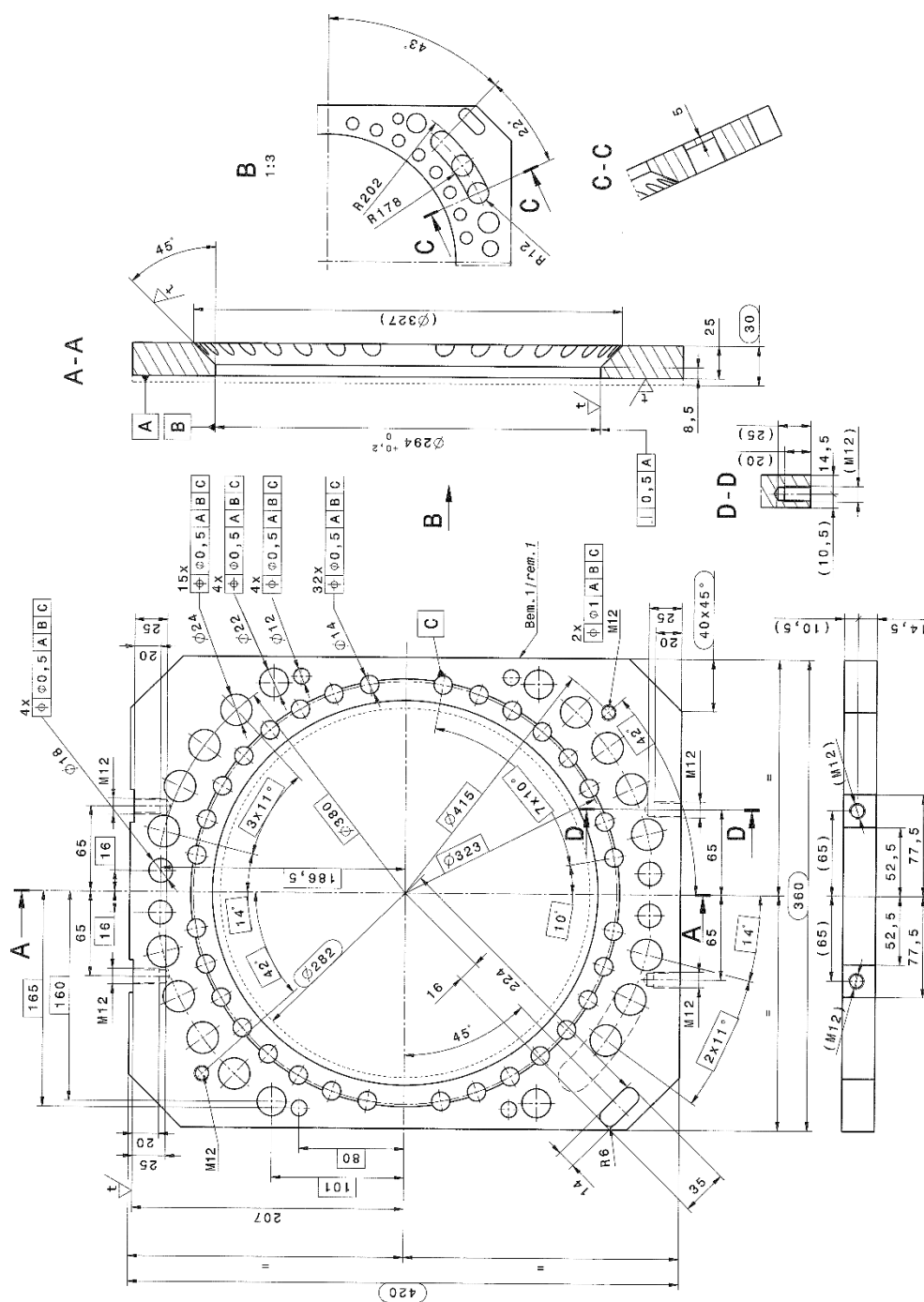
Zkratky/symboly	Jednotky	Popis
CNC	[-]	Computer Numerical Control
A ₅	[%]	Minimální tažnost
A _D	[mm ²]	Průřez třísky
Al	[-]	Hliník
b _D	[mm]	Jmenovitá šířka třísky
C	[-]	Uhlík
CEV	[-]	Hodnota uhlíkového ekvivalentu
C _{Fc}	[-]	Konstanta vyjadřující vliv obráběného materiálu
C _{Ff}	[-]	Konstanta vyjadřující vliv obráběného materiálu
C _T	[-]	Konstanta
C _v	[-]	Konstanta
ČSN	[-]	Česká státní norma
D	[mm]	Průměr obráběné díry
d	[mm]	Průměr předpracované díry
DIN	[-]	Deutsche Industrie-Norm
D _{osmax}	[mm]	Průměr točného otočného stolu
D _{smax}	[mm]	Točný prům
d _v	[ks]	Výrobní dávka
EN	[-]	Evropská norma
ε_r	[°]	Úhel špičky vrtáku
f	[mm]	Posuv nástroje na jednu otáčku
F _c	[N]	Řezná síla
F _{c1}	[N]	Řezná síla na prvním břitu
F _{c2}	[N]	Řezná síla na druhém břitu
FCV	[-]	Konzolová frézka
F _f	[N]	Posuvová síla
F _{f1}	[N]	Posuvová síla na prvním břitu
F _{f2}	[N]	Posuvová síla na druhém břitu
FK _{vřP}	[-]	Konzolová frézka FCV 63 NCA, varianta původní výroby
F _p	[N]	Pasivní síla
F _{p1}	[N]	Pasivní síla na prvním břitu
F _{p2}	[N]	Pasivní síla na druhém břitu
f _z	[mm]	Hodnotu posuvu na zub
h _D	[mm]	Jmenovitá tloušťka třísky

i	[-]	Počet děr na jedné součásti
κ_r	[°]	Úhel nastavení hlavního ostří
KOOP	[-]	Kooperace
KV	[J]	Minimální nárazová práce
L	[mm]	Délka skládající se z náběhu, délky vrtané díry a přeběhu
l	[mm]	Délka vrtané díry
ln	[mm]	Délka náběhu vrtáku
lp	[mm]	Délka přeběhu vrtáku
L_{tmax}	[mm]	Točná délka
m	[-]	Exponent
MCFV	[-]	Vertikální obráběcí cent
$MCFV_{vr1}$	[-]	Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060, varianta 1 optimalizované výroby
$MCFV_{vr2}$	[-]	Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060, varianta 2 optimalizované výroby
$MCFV_{vrP}$	[-]	Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060, varianta původní výroby
MCV	[-]	Portálové obráběcí centrum
MCV_{vr1}	[-]	Portálové obráběcí centrum MCV 1220, varianta 1 optimalizované výroby
MCV_{vrP}	[-]	Portálové obráběcí centrum MCV 1220, varianta původní výroby
ME	[-]	Mechanik
Mk	[N.mm]	Kroutícího momentu
Mn	[-]	Mangan
MSI	[-]	Materiálová skupina Iscar
N	[-]	Dusík
n	[min ⁻¹]	Otáčky nástroje
N_{Aps}	[Kč.ks-1]	Jednicové nákladové položky
N_{Bps}	[Kč.ks-1]	Dávkové náklady provozu stroje
N_{hpS}	[Kč.h-1]	Náklady na hodinu přípravy stroje
N_{hs}	[Kč.h-1]	Náklady na hodinu provozu stroje
N_n	[Kč]	Náklady na nástroj
N_{op}	[Kč.ks-1]	Operační náklady
N_{Rps}	[Kč.ks-1]	Režijní náklady
N_T	[Kč]	Náklady na nástroj a jeho výměnu vtažené na jednotku trvanlivosti
OBR	[-]	Obrobna
P	[-]	Fosfor
P_c	[kW]	Řezný výkon při vrtání

R	[%]	Provozní režie
R _{eH}	[MPa]	Minimální mez kluzu
R _m	[MPa]	Pevnost v tahu
S	[-]	Síra
Si	[-]	Křemík
SMG	[-]	Materiálová skupina Seco
T	[min]	Trvanlivost břitu
t _{AS}	[min]	Jednotkový strojní čas
t _{ASdv}	[min]	Jednotkový strojní čas pro výrobu všech děl stanoveného průměru ve výrobní dávce
t _{ASks}	[s]	Jednotkový strojní čas pro výrobu všech děl stanoveného průměru na jedné součásti
t _{mA}	[min]	Jednotkový čas CNC stroje
t _{mA4}	[min]	Jednotkový čas chodu CNC stroje
t _{mA5}	[min]	Jednotkový čas klidu CNC stroje
t _{mA6}	[min]	Jednotkový čas interference CNC stroje
t _{mB}	[min]	Dávkový čas CNC stroje
t _{mB4}	[min]	Dávkový čas chodu CNC stroje
t _{mB5}	[min]	Dávkový čas klidu CNC stroje
TOO	[-]	Tepelně ovlivněná oblast
Tx	[-]	Označení nástroje
VBD	[-]	Výměnná břitová destička
V _c	[m · min ⁻¹]	Řezná rychlost
V _e	[m · min ⁻¹]	Rychlost řezného pohybu
V _f	[mm · min ⁻¹]	Posuvová rychlost
X _{Fc}	[-]	Exponent vyjadřující vliv průměru vrtáku
X _{Ff}	[-]	Exponent vyjadřující vliv průměru vrtáku
X _{mxα}	[mm]	Maximální rozjezdy v ose X
y _{Fc}	[-]	Exponent vyjadřující vliv posuvu na otáčku
y _{Ff}	[-]	Exponent vyjadřující vliv posuvu na otáčku
Y _{max}	[mm]	Maximální rozjezdy v ose Y
z	[-]	Počet zubů (břitů) nástroje
ZÁM	[-]	Zámečník
Z _{max}	[mm]	Maximální rozjezdy v ose Z
Z _v	[-]	Počet výměn nástroje, vztažený na obrobek jednoho kusu
Z _{vdv}	[-]	Počet výměn nástroje, vztažený na obrobek výrobní dávky
ŽÍH	[-]	Žíhání

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti Přítlačná deska č. v. ZA170313
Příloha 2	Časový záznam výroby na stroji MCFV _{vr1} 1060 dle navržených změn
Příloha 3	Časový záznam výroby na stroji MCFV _{vr2} 1060 dle navržených změn
Příloha 4	Časový záznam výroby na stroji MCV _{vr1} 1220 dle navržených změn



Časový záznam výroby na stroji MCFV _{vr1} 1060 dle navržených změn		
Číslo úkonu	Úkon	Čas
1	Čištění, upnutí s vyložením	0:03:42
2	Výměna nástroje	0:00:06
3	Měření sondou	0:00:25
4	Výměna nástroje	0:00:06
5	Frézování otvoru 14 / 35 / R6	0:01:20
6	Výměna nástroje	0:00:06
7	Kontrola plátků a jejich výměna	0:00:10
8	Vrtání 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323	0:02:40
9	Výměna nástroje	0:00:06
10	Hrubování úkosu 45° na kružnici Ø294	0:03:01
11	Výměna nástroje	0:00:06
12	Hrubování otvoru Ø294	0:01:30
13	Výměna nástroje	0:00:06
14	Kontrola výměnné hlavice	0:00:10
15	Vrtání 15x Ø24 na roztečné kružnici Ø380	0:01:08
16	Výměna nástroje	0:00:06
17	Kontrola výměnné hlavice	0:00:10
18	Vrtání 4x Ø22	0:00:22
19	Výměna nástroje	0:00:06
20	Kontrola plátků a jejich výměna	0:00:10
21	Vrtání 4x Ø18	0:00:18
22	Výměna nástroje	0:00:06
23	Kontrola vrtáku	0:00:11
24	Vrtání 4x Ø12	0:00:36
25	Výměna nástroje	0:00:06
26	Kontrola vrtáku	0:00:06
27	Vrtání 2x Ø10,2 na roztečné kružnici Ø415	0:00:12
28	Výměna nástroje	0:00:06
29	Sražení hrany pro závit 2x XX	0:00:11
30	Výměna nástroje	0:00:06
31	Tváření závitu 2x M12	0:00:32
32	Povolení a znovu dotažení dílce pro možný pohyb materiálu	0:01:55
33	Výměna nástroje	0:00:06
34	Měření sondou vnitřní Ø294	0:00:25
35	Výměna nástroje	0:00:06
36	Frézování zkosení 45°	0:00:53
37	Výměna nástroje	0:00:06
38	Odstranění otřepů 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323	0:01:35
39	Výměna nástroje	0:00:06
40	Dokončení Ø294	0:01:17
41	Kontrola plátků a jejich výměna	0:04:10
42	Vyjmutí kusu, čištění, zkouška závitů kalibrem na stroji	0:02:45

Časový záznam výroby na stroji MCFV _{vr2} 1060 dle navržených změn		
Číslo úkonu	Úkon	Čas
1	Upínání nového kusu	0:00:44
2	Výměna nástroje	0:00:06
3	Hrubování v levém svěráku	0:01:03
4	Čištění svěráku a vložení ožehleného kusu do L čelistí	0:01:35
5	Obrábění Druhé strany v levém svěráku (v mezičase jehlení vnitřní díry)	0:01:45
6	Výměna nástroje	0:00:06
7	Odepnutí a přepnutí na neobrobenou součást do L svěráku	0:01:02
8	Čištění, upnutí s vyložením	0:03:42
9	Výměna nástroje	0:00:06
10	Měření sondou	0:00:25
11	Výměna nástroje	0:00:06
12	Frézování otvoru 14 / 35 / R6	0:01:20
13	Výměna nástroje	0:00:06
14	Kontrola plátků a jejich výměna	0:00:10
15	Vrtání 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323	0:02:40
16	Výměna nástroje	0:00:06
17	Hrubování úkosu 45° na kružnici Ø294	0:03:01
18	Výměna nástroje	0:00:06
19	Hrubování otvoru Ø294	0:01:30
20	Výměna nástroje	0:00:06
21	Kontrola výměnné hlavice	0:00:10
22	Vrtání 15x Ø24 na roztečné kružnici Ø380	0:01:08
23	Výměna nástroje	0:00:06
24	Kontrola výměnné hlavice	0:00:10
25	Vrtání 4x Ø22	0:00:22
26	Výměna nástroje	0:00:06
27	Kontrola plátků a jejich výměna	0:00:10
28	Vrtání 4x Ø18	0:00:18
29	Výměna nástroje	0:00:06
30	Kontrola vrtáku	0:00:11
31	Vrtání 4x Ø12	0:00:36
32	Výměna nástroje	0:00:06
33	Kontrola vrtáku	0:00:06
34	Vrtání 2x Ø10,2 na roztečné kružnici Ø415	0:00:12
35	Výměna nástroje	0:00:06
36	Sražení hrany pro závit 2x XX	0:00:11
37	Výměna nástroje	0:00:06
38	Tváření závitu 2x M12	0:00:32
39	Povolení a znovu dotažení dílce pro možný pohyb materiálu	0:01:55
40	Výměna nástroje	0:00:06
41	Měření sondou vnitřní Ø294	0:00:25
42	Výměna nástroje	0:00:06

43	Frézování zkosení 45°	0:00:53
44	Výměna nástroje	0:00:06
45	Odstranění otřepů 32x Ø14 na roztečné kružnici Ø323	0:01:35
46	Výměna nástroje	0:00:06
47	Dokončení Ø294	0:01:17
48	Kontrola plátků a jejich výměna	0:05:10
49	Vyjmutí kusu, čištění, zkouška závitů kalibrem na stroji	0:02:45

Časový záznam výroby na stroji MCV _{vr1} 1220 dle navržených změn		
Číslo úkonu	Úkon	Čas
1	Čištění, upnutí	0:01:54
2	Výměna nástroje	0:00:10
3	Měření sondou	0:00:25
4	Výměna nástroje	0:00:10
5	Frézování drážky R12 / 5 / R178 / R202 / 22°	0:02:25
6	Výměna nástroje	0:00:10
7	Frézování drážky 2x 25 (77,5-52,5) / 207	0:00:31
8	Výměna nástroje	0:00:10
9	Dokončení drážek	0:01:11
10	Výměna nástroje	0:00:10
11	Kontrola vrtáku	0:00:15
12	Vrtat 2x Ø10,2 ve vzdálenosti 65 od středu souměrnosti	0:00:13
13	Výměna nástroje	0:00:10
14	Sražení hran pro závit	0:00:13
15	Výměna nástroje	0:00:10
16	Tváření závitů 2x M12	0:00:32
17	Kontrola ostatních nástrojů a jejich výměna, průměrná hodnota	0:00:30
18	Vyjmutí kusu, čištění, zkouška závitů kalibrem na stroji	0:01:35