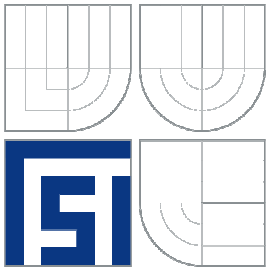
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE SOUČÁSTI "LOPATKOVÉ KOLO"

SOLUTION TECHNOLOGY OF PRODUCTION VANE WHEEL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Miloš KOTRSAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Miloš Kotrsal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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 bakalářské práce:

Návrh technologie součásti "lopatkové kolo"

v anglickém jazyce:

Technological Design of Part "impeller"

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Rozbor součásti (3D výkres, funkčnost, materiál).
2. Stávající technologie ve firmě (stroje, nástroje, upínání, NC program, měření).
3. Vyhodnocení stávající technologie.
4. Návrh nové varianty technologie (úpravy upnutí, nové nástroje, úprava NC programu).
5. Ověření úprav ve výrobě.
6. Měření součásti.
7. Technicko-ekonomické porovnání. Zhodnocení.
8. Diskuze.
9. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Stávající technologie ve firmě je analyzována za účelem nasazení moderní CNC techniky do výrobních procesů. Současně se dokladuje ovládání a znalost práce s touto technikou, což je potřebné v etapě zpracování technologické dokumentace.

Seznam odborné literatury:

1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
3. IMAI, Masaaki. Kaizen. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.
4. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
5. SIEMENS AG. Návody k programování, návod k obsluze. 4. vyd. Erlangen: Siemens, a. s., 2000. 469 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 22.11.2013

L.S.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ DĚKANÁT

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá analýzou stávající technologie výroby lopatkového kola v konkrétní strojírenské firmě, která se zabývá výrobou turbodmychadel. Je předložen rozbor technologie od výroby polotovaru, po technologický postup výroby součásti, výrobní stroje a nástroje. Je zde navrhnut nový postup technologie výroby. V závěru je uvedeno technicko-ekonomické porovnání stávající a nové technologie.

Klíčová slova
technologie, návrh, obrábění, lopatkové, turbodmychadlo

ABSTRACT

This work is analysing existing technologies of paddle wheel production in a concrete engineering company which is engaged in turbochargers production. It is a breakdown analysis of technology from semi-finished product production to technological process of parts production, processing machines and tools. Here is proposed a new process of production technology. In the conlusion there is shown technical-economical comparison of existing and new technology.

Key words
technology, proposal, surfacing, paddle (wheel), turbo-blower

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOTRSAL, Miloš. *Návrh technologie součásti "lopatkové kolo"*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 42 s. 13 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh technologie součásti "lopatkové kolo"** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Miloš Kotrsal

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Milanovi Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Rád bych také poděkoval panu Milanovi Čermákovi za velmi ochotnou spolupráci při tvorbě bakalářské práce a za poskytnutí velmi cenných rad z odborného prostředí.

Velice rád bych také poděkoval za podporu celé mé rodině, která mně vždy poskytovala veškeré potřebné podmínky pro studium a tvorbu bakalářské práce, především však mamince, Hance Kotrsalové.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 5
PODĚKOVÁNÍ 6
ÚVOD 9
1 ROZBOR SOUČÁSTI 10
1.1 Umístění 10
1.2 Funkce 11
1.3 Popis 11
1.4 Model součásti 11
1.5 Polotovar 13
1.6 Materiál 14
1.7 Technologie výroby polotovaru 14
1.7.1 Volba vhodného rozměru hutního materiálu 14
1.7.2 Stanovení normy spotřeby materiálu 16
2 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP 20
2.1 Technologie výroby 20
2.1.1 Použité technologie 20
2.1.2 Technologický postup 21
2.2 Výrobní stroje 22
2.2.1 Svislý soustruh SKIQ 12 CNC TOSHULIN 22
2.2.2 Radiální vrtačka VO 50 MAS 25
2.2.3 Obráběcí centrum Mazak Integrex e-800V 26
2.3 Sestavení NC programu 27
2.4 Výrobní nástroje 27
3 OVĚŘENÍ VE VÝROBĚ 30
3.1 Samotná výroba 30
3.2 Měření součásti 30
4 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY 31
4.1 Nevýhody stávající technologie 31
5 NÁVRH NOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU 32
5.1 Technologie výroby 32
5.1.1 Technologický postup 32
5.2 Výrobní stroje 33
5.2.1 Obráběcí centrum Mazak Integrex e-800V 33

5.3 Výrobní nástroje 33
5.4 Sestavení NC programu 33
6 OVĚŘENÍ VE VÝROBĚ 35
6.1 Samotná výroba 35
6.2 Měření součásti 35
7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ 36
8 DISKUZE 38
ZÁVĚR 39
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 40
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 41
SEZNAM PŘÍLOH 42

ÚVOD

Otázkou efektivní a ekonomicko-hospodárné volby technologického postupu ve strojírenství se zabývají všechny prosperující firmy.
V této práci bude řešen tento problém na jednom konkrétním případě, a to při výrobě lopatkového kola v jedné konkrétní firmě zabývající se výrobou turbodmychadel.
Tato firma má v česku velkou tradici. Je schopna konkurovat největším světovým výrobcům turbodmychadel. Zaměstnává téměř 800 lidí. V nejbližší době má v plánu inovovat některé ze svých technologických postupů a obráběcích strojů.
V první kapitole této práce bude řešena problematika vhodné technologie výroby polotovaru. Ve firmě je zaběhnuta stávající technologie výroby polotovaru. Jedním z cílů této práce je ověření, zda je tato technologie ekonomicko-hospodárná.
V druhé kapitole bude detailně rozebrán stávající technologický postup včetně výrobních strojů a nástrojů.
Druhým z hlavních cílů této práce, řešeným v kapitole číslo 5, je navrhnout novou technologii výroby tak, aby splňovala požadavky na ekonomičnost a hospodárnost. Z důvodu velkého množství variant inovace stávající technologie výroby lopatkového kola jsou autorem zvoleny omezující podmínky:

- převedení stávající technologie výroby ze třech výrobních strojů na technologii výroby pomocí pouze 1 5 osého obráběcího centra,
- z inovativního hlediska stávající technologie se autor zaměřuje pouze na 1 možnou variantu zefektivnění výroby pomocí 5 osého centra, a to na snížení výrobního času pomocí technologie výroby bez nutnosti přeupínat obrobek.

V závěru bude uvedeno technicko-ekonomické porovnání stávající a nové technologie výroby.

1 ROZBOR SOUČÁSTI

V této kapitole bude popsána autorem vybraná součást. Bude zde zahrnut popis jejího umístění, funkce, popis samotné součásti, technický výkres a 3D model. Kapitola se bude zabývat volbou polotovaru, výběrem hutního materiálu, určením normy spotřeby materiálu a vhodným výběrem technologie výroby polotovaru.

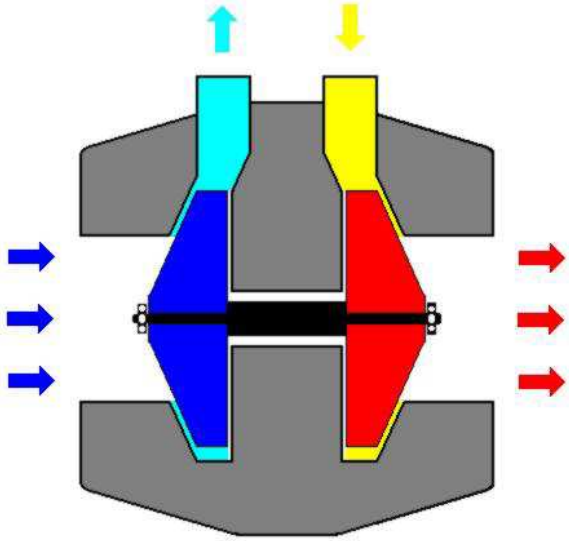
1.1 Umístění

Součást, vybraná pro tuto práci, je lopatkové kolo turbodmychadla. Toto turbodmychadlo se montuje do motorů o výkonech od 1800 kW do 3400 kW. Tyto motory se používají jako plynové motory do energetiky, v lodním průmyslu, těžkém hutním a stavebním průmyslu. Toto kolo je určeno konkrétně do turbodmychadla lodního motoru.
Oběžná lopatková kola turbodmychadla jsou typické rotační součásti, které jsou zatěžovány vysokými otáčkami a teplotami. Při jejich výrobě je vedle velkého důrazu na geometrické a rozměrové přesnosti kladen velký důraz na výběr používaných materiálů, právě z důvodu roztažnosti materiálu při zatěžování vysokými teplotami a otáčkami.
Bavíme se o oběžných kolech turbodmychadla, které se v dnešní době již ani neobrábí, ale jsou vyráběna technologií přesného lití do vytavitelného modelu.
Tato práce se však nebude zabývat výrobou oběžného lopatkového kola, ale technologií výroby statorového lopatkového kola. Toto kolo se nachází v dmychadlové části turbodmychadla za oběžným kolem. Je statické. Zajištěné aretačním kolíkem. Tvoří tzv. lopatky statoru. V literatuře se můžeme setkat i s pojmem rozváděcí kolo.
Rozváděcí kolo můžete vidět na obrázku číslo 1.1.

Obr. 1.1 Umístění rozváděcího kola [6]

1.2 Funkce

Na úvod, ještě před popisem samotné funkce rozváděcího kola, je důležité se zmínit o konstrukčním provedení tohoto turbodmychadla. Jedná se o turbodmychadlo s radiálním přívodem a axiálním vývodem spalin z turbíny a axiálním přívodem a radiálním vývodem nasávaného vzduchu z dmychadla. Jeho funkce spočívá v usměrňování nasávaného vzduchu po stlačení, aby po vniknutí do spirální skříně nedocházelo k vířivému proudění a tak ke špatnému plnění spalovací komory.
Schéma konstrukčního provedení turbodmychadla můžete vidět na obrázku 1.2



Obr. 1.2. Schéma konstrukčního provedení turbodmychadla

1.3 Popis

Lopatkové kolo o největším průměru 510 mm, nejmenším průměru 333 mm a tloušťce 32,2 mm má rozměrovou toleranci několika desetin milimetru na průměrech. Nejdůležitější rozměr je šířka lopatkového kola. Kolo dosedá z levé strany na skříň turbodmychadla a z druhé strany je přitlačováno víkem spirální skříně, které dosedá na čelní stranu lopatek. Tím a aretačním kolíkem je zajištěno na své pozici. Proto tolerance na šířku rozváděcího kola je pět setin milimetru, aby tak došlo k vymezení vůle při stažení víka spirální skříně.
Nejnižší střední aritmetická odchylka drsnosti profilu povrchu **Ra** je 3,2, a to na celé lopatkové straně kola. Je to z důvodu snížení tření proudícího vzduchu o povrch materiálu.
Technický výkres lopatkového kola naleznete v příloze 2.

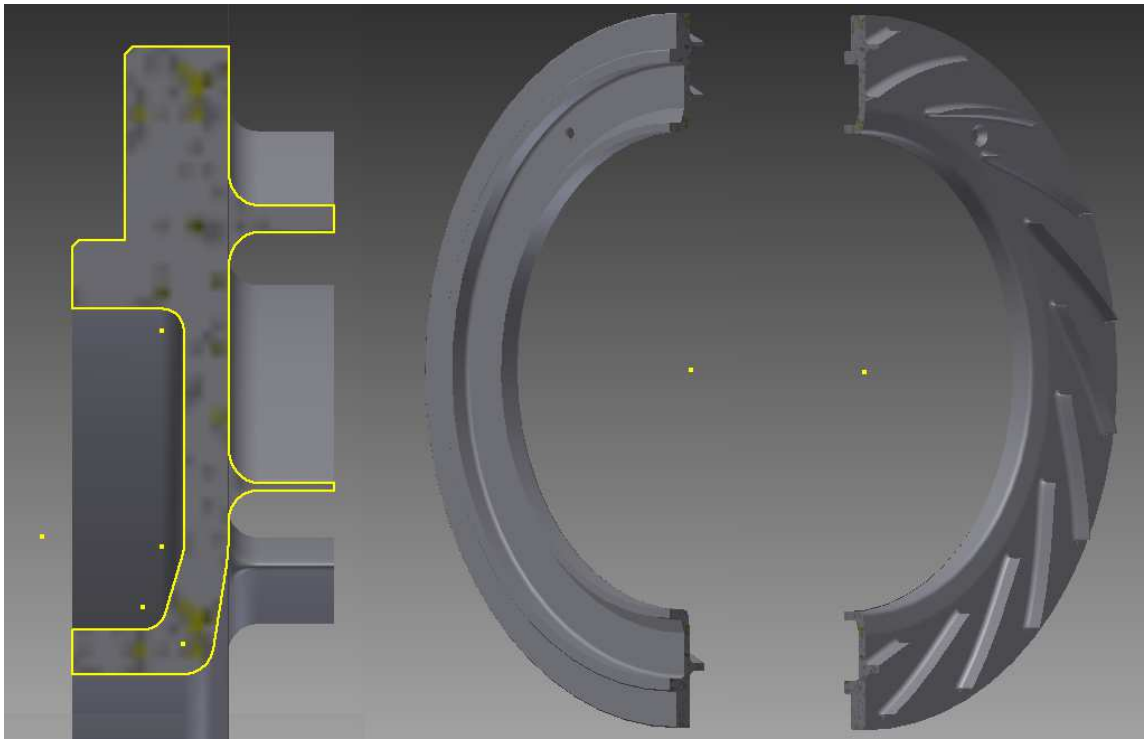
1.4 Model součásti

Model součásti byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2014.
Hmotnost výrobku $\mathbf{Q_s}$ vypočtená programem Autodesk Inventor Professional 2014 je:

$$Q_s = 10{,}95\ kg$$

Model lopatkového kola můžete vidět na obrázku 1.3 a) a detail na obrázku 1.3 b).

Obr. 1.3 a) Model lopatkového kola



Obr. 1.3 b) Model lopatkového kola, detail

1.5 Polotovar

Ve strojírenské výrobě volíme v závislosti na druhu materiálu polotovaru, jeho tvarové složitosti, technologii výroby součásti a jejího použití různé druhy polotovarů. Jsou to: [8]

- **tyčový materiál** (hutní, válcovaný, tažený, apod.),
- **výkovky** (oceli, neželezné kovy, plasty),
- **výlisky** (oceli, neželezné kovy, plasty),
- **svařence,**
- **výstřižky, výpalky a výlisky z plechu,**
- **odlitky,**
- **polotovary zhotovené práškovou metalurgií,**
- **polotovary pájené.**

Firmou zvolený polotovar je výpalek z plechu válcovaného za tepla.
Přídavky na obrábění činí na každou plochu maximálního a minimálního průměru 10 mm, na každou z ploch rozměru tloušťky materiálu bude přídavek na obrábění činit 3,9 mm.

Model polotovaru

Rozměry polotovaru jsou vnější průměr 520mm s dírou o průměru 323mm a tloušťkou 40mm. Hmotnost polotovaru $\mathbf{Q_p}$ vypočtená programem Autodesk Inventor Professional 2014 je:

$$Q_p = 40{,}96\ kg$$

Hmotnost polotovaru ověřená výpočtem: [8]

$$Q_p = \rho \times t \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} - \frac{\pi \times d^2}{4}\right) \qquad (2)$$

kde:

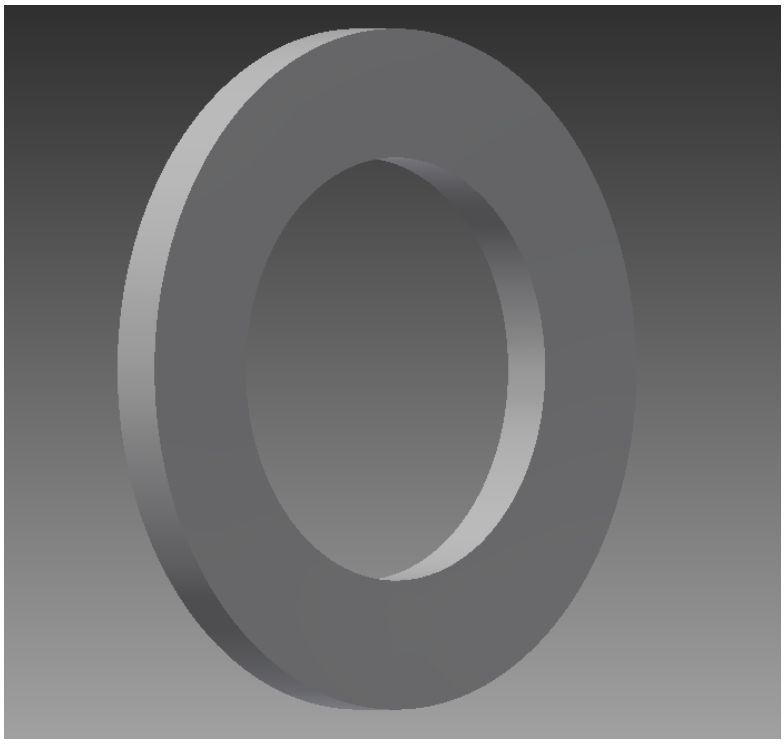
- $\mathbf{Q_p}$ [kg] je hmotnost polotovaru
- $\boldsymbol{\rho}$ [kg/m^3] hustota materiálu
- **t** [m] tloušťka polotovaru
- **D** [m] vnější průměr polotovaru
- **d** [m] vnitřní průměr polotovaru

Výpočet, dosazení konkrétních hodnot do rovnice 2:

$$Q_p = 7850 \times 0{,}04 \times \left(\frac{\pi \times 0{,}52^2}{4} - \frac{\pi \times 0{,}323^2}{4}\right)$$

$$Q_p = 40{,}96\ kg$$

Hmotnost vypočtená programem Autodesk Inventor 2014 souhlasí s kontrolním výpočtem skutečné hmotnosti polotovaru.
Model polotovaru můžete vidět na obrázku 1.5.



Obr. 1.5 Model polotovaru

1.6 Materiál

Součást je vyrobena z plechu válcovaného za tepla, z nelegované jakostní konstrukční oceli. Označení použité oceli je ČSN EN 10025-2: 2005, dřívější označení dle ČSN 11 375. [9]
Jedná se o ocel o obsahu C 0,17 % s minimální mezí kluzu $\mathbf{R_e}$ 225 MPa a pevností v tahu $\mathbf{R_m}$ pro tloušťku od 3 mm 350 MPa do 100 mm 510 MPa. Minimální nárazová práce **KV** při 20 °C pro výrobky jmenovité tloušťky do 150 mm je 27 J. Je vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení stanovující podmínky pro svařování. [10]
Podrobné informace ohledně chemického složení a mechanických vlastností oceli najdete v příloze 1.

1.7 Technologie výroby polotovaru

Stávající technologie výroby polotovaru je zprostředkovávána prostřednictvím externí firmy, které je zadáván požadavek na výrobu hotových polotovarů.
Správná technologie výroby polotovaru bude určena až po vykalkulování nákladů všech možných dostupných variant pořizování polotovaru. Ukazatelem pro výběr správné technologie výroby pro nás bude norma spotřeby materiálu, která bude spočítána po stanovení rozměru hutního materiálu.

1.7.1 Volba vhodného rozměru hutního materiálu

Hutní materiál, plech válcovaný za tepla, bude brán od firmy MONTAN OCEL spol. s.r.o.. Tato firma nabízí standardně hutní materiál v rozměrech a materiálu, které jsou potřeba pro výrobu autorem zvolené součásti. Rozhodující pro volbu této firmy bylo, že standardně nabízí materiál tloušťky 40 mm, kdežto jiné firmy vyžadují speciální zakázku.

Plech, ze kterého budou vypalovány polotovary, mohl být volen z rozmezí daného firmou MONTAN OCEL spol. s r.o. Pro tloušťku je toto rozmezí od 10 mm do 50 mm, pro šířku od 1500 mm do 2500 mm a pro délku od 4000 mm do 12000 mm. Přehledné uspořádání nabídky plechů můžete nalézt v tabulce 1.6.

Tab. 1.6 Nabídka plechů a svitků válcovaných za tepla z oceli EN 10 025-2 [7]

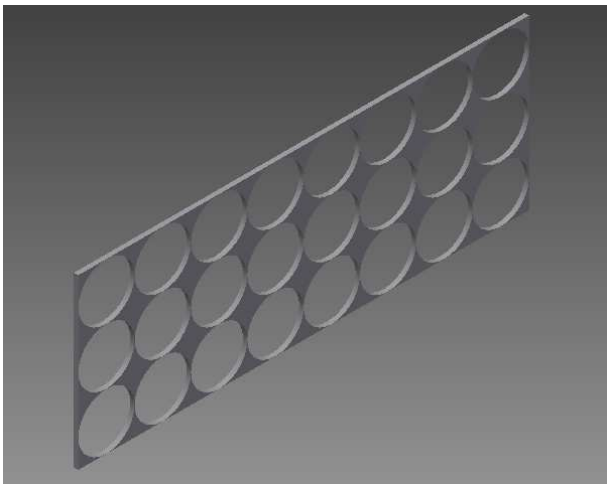
Rozměry	**Tloušťka [mm]**	**Šíře [mm]**	**Délka [mm]**
Plechy	10 - 50	1500 - 2500	4000 - 12000
Dodávaný stav	nezpracovaný, žíhaný, termomechanicky válcovaný, zpevněný válcováním		
Provedení povrchu	nemořený, mořený (u plechů do tloušťky 6 mm, u svitků do tloušťky 12 mm)		
Speciality	přístřihy v šíři 2 000 mm, pásové oceli tloušťky 3 mm a vyšší, materiály pro přesný střih		

Rozměry plechu jsou voleny z co nejefektivnějšího a ekonomicky nejvýhodnějšího hlediska. Je zde snaha o to rozmístit polotovary na plech tak, aby nám zůstávalo co nejméně zbytkového materiálu.
Po promyšlení výše zmíněného přicházejí v úvahu pouze dvě varianty, které se jeví jako nejefektivnější.
Pro porovnání obou variant rozmístění polotovarů na plech byly v programu Autodesk Inventor 2014 vytvořeny jejich modely. Polotovary byly z plechu vyříznuty a programem přepočítány hmotnosti obou zbylých materiálů. Tento zbylý materiál se označuje jako *celkové ztráty vzniklé z nevyužitého materiálu* $\mathbf{Q_k}$ [kg]. [8]

První varianta rozmístění polotovaru na plech

V první variantě byly umístěny polotovary souose tak, že osy jednotlivých polotovarů na sebe navazovaly. Model celkového zbytkového materiálu, který vznikl dělením, najdete na obrázku 1.6.
Hmotnost zbylého materiálu, vypočtená programem Autodesk Inventor 2014, první varianty rozmístění polotovaru na plech je:

$$Q_{k1} = 445{,}75\ kg$$

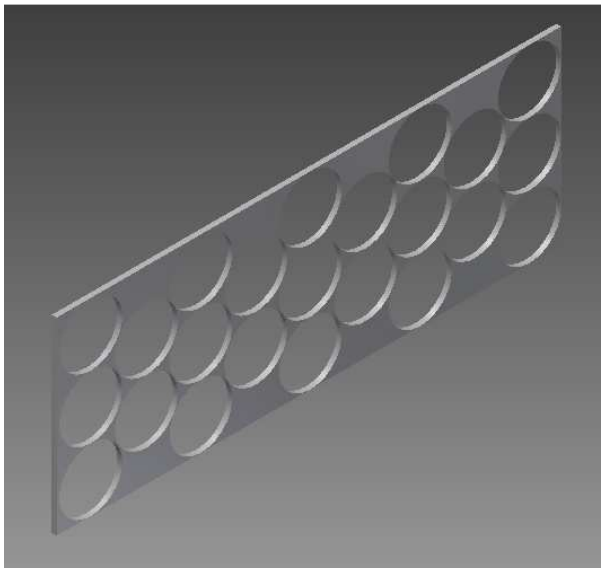


Obr. 1.6. První varianta rozmístění polotovaru na plech

Druhá varianta rozmístění polotovaru na plech

Ve druhé variantě byly polotovary umístěny na plech tak, že jednotlivé polotovary zapadají do sebe.
Model celkové ztráty materiálu vzniklý jeho dělením najdete na obrázku 1.7.
Hmotnost zbylého materiálu, vypočtená programem Autodesk Inventor 2014, druhé varianty rozmístění polotovaru na plech je:

$$Q_{k2} = 514{,}09\ kg$$



Obr. 1.7. Druhá varianta rozmístění polotovaru na plechu

Porovnání variant a volba rozměru plechu

Vzhledem k nejlepší možné manipulovatelnosti s hutním polotovarem jsou voleny nejmenší možné rozměry plechu.
Volíme variantu rozmístění polotovaru na plech číslo jedna, protože hmotnost zbylého materiálu je menší, a tím pádem ekonomicky výhodnější.
Při návrhu rozměru hutního materiálu je bráno v úvahu: [8]

- rozsah rozměrů hutního materiálu dodaného externí firmou
- rozměr vyrobené součásti
- přídavky na obrábění
- přídavky na dělení materiálu - propal
- ztráty vzniklé z nevyužitého materiálu

Tyto přídavky vytvoří tzv. můstek mezi jednotlivými součástmi, aby nedocházelo k tepelnému ovlivňování jednotlivých součástí při dělení materiálu.
Konečný rozměr plechu je tedy tloušťka 40 mm, šířka 1575 mm a délka 4200 mm.
Celková hmotnost tohoto hutního materiálu je:

$$Q_{hm} = 2077\ kg$$

1.7.2 Stanovení normy spotřeby materiálu

Až 50% celkových výrobních nákladů tvoří u většiny výrobků položka materiálová a je tedy rozhodující ve struktuře výrobních nákladů. Z tohoto hlediska je důležitá otázka hospodárného využití materiálu. [8]

Hospodárnost využití materiálu je možné určit jednak z hlediska struktury jednotlivých druhů materiálu (kvalita, tvar), tak z hlediska lepšího využití materiálu polotovarů.
Materiálové úspory budou závislé:

- *na zvyšování konstrukčně technologické úrovně strojírenských výrobků,*
- *na přípravě technicko-organizačních podmínek.*

Jednou ze základních podmínek, která podstatně ovlivňuje velikost nákladů při výrobě strojních součástí, je správná volba druhu polotovaru, tj. určení tvaru, velikosti a způsobu jeho výroby. Rozhodující pro volbu polotovaru budou celkové výrobní náklady $\mathbf{N_{cv}}$, které jsou závislé:

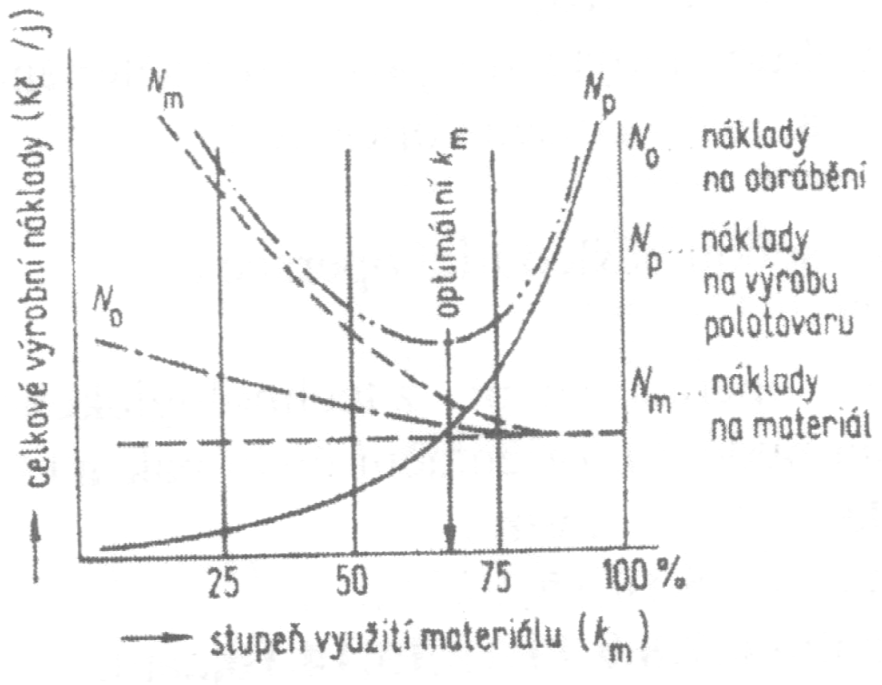
- *na materiálové náročnosti a stupni využití materiálu polotovaru* $\mathbf{k_m}$ [-]

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \qquad (1)$$

kde $\mathbf{Q_s}$ [kg] je čistá hmotnost součásti
$\mathbf{N_m}$ [kg] je norma spotřeby materiálu

- *na velikosti vynaložených nákladů na zhotovení polotovaru* $\mathbf{N_p}$ (správná volba kování, odlévání, svařování apod.) z hlediska velikosti, složitosti tvarů součásti a sériovosti výroby,
- *na velikosti nákladů vynaložených na obrábění* $\mathbf{N_o}$, které souvisí s přesností tvarů a rozměrů polotovaru (přídavky na obrábění a tvarová shodnost polotovaru a hotové součásti). [8]

V diagramu na obr. 1.4 je znázorněn průběh jednotlivých složek celkových výrobních nákladů v závislosti na stupni využití materiálu polotovaru. [8]



Obr. 1.4 Vliv stupně využití materiálu na velikost výrobních nákladů [8]

Normy spotřeby materiálu jsou ve výrobě podkladem ke stanovení plánu materiálně technického zásobování a pro výpočet výrobních nákladů. Výpočet normy spotřeby materiálu lze provést:

- *rozborově propočtovou metodou*, která vychází z podrobného propočtu jednotlivých faktorů, které ovlivňují spotřebu materiálu,
- *statistickou metodou*, která vychází ze statistických záznamů o spotřebě materiálu při výrobě tvarově podobných součástí. Statistickou metodu lze použít pouze pro předběžné určení spotřeby materiálu. [8]
-

Celkové ztráty při výrobě součásti obráběním $\mathbf{z_m}$ se skládají ze:

- *ztráty vzniklé obráběním jednoho polotovaru* $\mathbf{q_o}$ [kg]

$$q_o = Q_p - Q_s \quad (rov.3)$$

$$q_o = 40{,}96 - 10{,}95$$

$$q_o = 30{,}01\ kg$$

- *ztráty vzniklé dělením materiálu jedné součásti* $\mathbf{q_u}$ [kg] – propal

$$q_u = \rho \times t \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} - \frac{\pi \times d^2}{4}\right) \quad (4)$$

kde:

- ρ [kg/m^3] hustota materiálu
- t [m] tloušťka polotovaru
- D [m] vnější průměr zbytkového materiálu na propal
- d [m] vnitřní průměr zbytkového materiálu na propal (vnější průměr polotovaru)

výpočet, dosazení konkrétních hodnot do rovnice 4:

$$q_u = 7850 \times 0{,}04 \times \left(\frac{\pi \times 0{,}525^2}{4} - \frac{\pi \times 0{,}52^2}{4}\right)$$

$$q_u = 1{,}29\ kg$$

Program Autodesk Inventor 2014 spočítal hmotnost propáleného materiálu shodně:

$$q_u = 1{,}29\ kg$$

- *ztráty vzniklé z nevyužitého materiálu na jednu vyrobenou součást* $\mathbf{q_k}$ [kg]

$$q_k = \frac{Q_{k1}}{n} \quad (5)$$

kde:

- $\mathbf{Q_{k1}}$ [kg] jsou celkové ztráty vzniklé z nevyužitého materiálu vybrané (první) varianty
- **n** je počet kusů vyrobených z jednoho plechu

$$q_k = \frac{445{,}75}{24}$$

$$q_k = 18{,}57\ kg$$

Výpočet normy spotřeby materiálu $\mathbf{N_m}$ [kg]:

$$N_m = Q_s + q_o + q_u + q_k = Q_s + z_m$$

$$N_m = 10{,}95 + 30{,}01 + 1{,}29 + 18{,}57$$

$$N_m = 60{,}82\ kg$$

Vypočteme stupeň (koeficient) využití materiálu polotovaru $\mathbf{k_m}$ dosazením do rovnice 1:

$$\mathrm{k_m} = \frac{10{,}95}{60{,}82}$$

$$\mathrm{k_m} = 0{,}18$$

Stupeň využití materiálu při obrábění ve strojírenství by se měl pohybovat v rozsahu 0,4 až 0,8. Dle stupně využití materiálu posuzujeme celkovou pracnost výrobku, pokrokovost využité technologie, apod. Přibližuje-li se koeficient využití materiálu $\mathbf{k_m}$ jedné, znamená to, že množství odebíraných třísek je malé, tedy obrábění vyžaduje malou spotřebu pracovního času a naopak. Zvyšováním stupně využití materiálu $\mathbf{k_m}$ lze dosáhnout snížení pracnosti, tím zvýšení produktivity práce. [8]

Závěr, vyhodnocení technologie výroby polotovaru

Typ polotovaru byl zvolen v kapitole návrhu polotovaru. Je to výpalek z plechu válcovaného za tepla. Z technologií termického dělení materiálu přichází v úvahu pouze dělení materiálu plazmou.
Řezání laserem není možné z důvodu maximální tloušťky materiálu, kterou je laser schopný provařit. Je to maximálně 25 mm. Řezání autogenem umožňuje sice dělení materiálu až do tloušťky materiálu 160 mm, ale za nízké efektivity a velkého nároku na přídavek materiálu na dělení materiálu.

Celá technologie výroby polotovaru by byla velmi náročná. Nejednalo by se jen o náklady finanční na pořízení dělícího stroje, ale i samotné prostory pro výrobu polotovaru. Jedná se o umístění dělícího stroje, o prostory na uskladnění hutního polotovaru a o prostory pro manipulační techniku. Jak dělící stroj, tak i hutní polotovar jsou velice rozměrné. Pořízení manipulační techniky, mostového jeřábu s nosností až 2500kg, by bylo také velkou položkou do nákladů. Pravděpodobně by se musela vystavět nová výrobní hala.
Další, i když ne zanedbatelné kritérium pro využití služeb externí firmy, je velmi nízký stupeň využití materiálu. Zůstávalo by mnoho zbytkového materiálu, který by musel být likvidován.

Když vezmeme v úvahu poměrně nízkou sériovost výroby 24 kusů za měsíc, tak to všechno jsou důvody, které autora utvrdily ve správnosti zaběhlé technologie výroby polotovaru, a to zadávat výrobu polotovaru externí firmě, která se zabývá vypalováním polotovarů.

2 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP

V této kapitole je analyzována a zpracována celá stávající technologie výroby od analýzy výrobních strojů a nástrojů po technologický postup výroby lopatkového kola a NC program.

Technologická úroveň výroby strojních součástí je především ovlivňována požadavky z hlediska jakosti výroby, produktivity práce a hospodárnosti výroby. Splnění prvních dvou požadavků je ovlivněno vhodnou volbou strojů a výrobních zařízení. Otázky hospodárnosti výroby jsou ovlivňovány v podstatě všemi prvky výrobního procesu. Neboť kusová malosériová a středněsériová výroba u nás převládá (60 až 70%), je třeba vytvářet objektivní podmínky pro efektivnost výrobního procesu. [8]
Lopatkové kolo vybrané pro tuto práci je vyráběno v sérii po 24 kusech jednou za měsíc.

2.1 Technologie výroby

Stávající technologie výroby rozváděcího lopatkového kola je založena na soustružení, frézování a vrtání.

2.1.1 Použité technologie

Soustružení *se používá pro obrábění rotačních součástí. Soustružení představuje nejjednodušší způsob obrábění a je velmi často využívanou technologií ve strojírenství. Soustruhy se rozdělují podle konstrukce na hrotové, revolverové, svislé, speciální a podle stupně automatizace na ovládané ručně, poloautomatické, automatické. Typy soustruhů máme: [2]*

- *Hrotové soustruhy jsou určeny pro kusovou a malosériovou výrobu, k soustružení hřídelových a přírubových součástí. Lze obrábět vnější i vnitřní rotační plochy, rovinné čelní plochy, závity, kužele popřípadě tvarové plochy. Maximální velikost soustruženého obrobku je dána vzdáleností mezi hroty. [2]*
- *Na Revolverových soustruhách se vyrábí menší a střední série s využitím většího počtu nástrojů. Při porovnání s hrotovými soustruhy jsou rychlejší a vzhledem k upnutí obrobku je přesnější nastavení nástroje. Revolverové soustruhy mohou soustružit podélně i příčně, v ose vrtat, vyvrtávat, vystružovat a řezat závit. Řízení pracovního cyklu vykonává obsluha nebo automatizovaný cyklus. [2]*
- *Svislé soustruhy (karusely) se používají pro kusovou a malosériovou, některé typy v sériové výrobě středních a velkých rotačních součástí s malým poměrem délky k průměru obrobku. Na svislých soustruzích lze obrábět vnější a vnitřní válcové plochy, kuželové plochy, závity, popřípadě tvarové plochy pokud je stroj vybaven kopírovacím zařízením. Aplikuje se na nich číslicové řízení. [2]*
- *Speciální soustruhy slouží pro výrobu jednoho typu součásti (čelní nebo lícní, podtáčecí, na klikové nebo válečkové hřídele, na závity, apod.). [3]*
- *Poloautomatické soustruhy mají automatický pracovní cyklus nástrojů, k opakování cyklu je nutný zásah obsluhy. Automatizace se dosahuje pomocí kopírovacích systémů a aplikací CNC. Poloautomaty se uplatňují ve středně sériové a velkosériové výrobě. Podle způsobu upnutí se rozlišují dva typy poloautomatických soustruhů, hrotové (kopírovací, několika nožové) a sklíčidlové (revolverové, suportové). [2]*
- *Automatické soustruhy slouží k obrábění složitých rotačních součástí. Pracovní postup probíhá automaticky. Tyto soustruhy mohou mít různé aplikace řízení*

(křivkové, bez křivkové, CNC), konstrukční uspořádání (revolverové, zapichovací), počty vřeten. Mohou být vybaveny dalším příslušenstvím k obrábění i nesoustružnických operací jako frézování drážek, vrtání děr kolmých k ose apod. [2]

***Vrtání**, vyhrubování, vystružování a zahlubování se nejčastěji provádí na vrtačkách. Válcové díry se obrábí vrtáním. Vrtací nástroj svým tvarem určuje parametry díry. Vrtačky se podle konstrukce rozdělují na stolní, sloupové, stojanové, otočné a speciální. Druhy vrtaček máme: [2]*

- *Stolní vrtačky mají ze všech nejjednodušší konstrukci. Otáčky se mění pomocí stupňové řemenice, na které se ručně přesouvá klínový řemen. Posuv do řezu je ruční. Provedení vrtačky může být jedno vřetenové nebo řadové. [2]*
- *Sloupové vrtačky mají vřeteník i stůl posuvný vertikálně na sloupu. Posuv vřetena je prováděn mechanicky. [2]*
- *Stojanové vrtačky jsou podobné sloupovým vrtačkám, ale místo sloupu mají stojan pro větší tuhost. Stojan nedovoluje natáčení vřeteníku a pracovního stolu. Tyto vrtačky se používají k vrtání děr až do průměru 80 mm. [3]*
- *Radiální (otočné) vrtačky se používají na vrtání děr do těžkých a větších obrobků. Vřeteník se pohybuje vodorovně po rameni. Rameno je umístěno na stojanu a je výškově přestavitelné. [2]*
- *Speciální vrtačky jsou využívány pro specializované operace. Jsou to vrtačky na hluboké díry, souřadnicové vrtačky, více vřetenové vrtačky apod. [2]*

Vrtací operace prováděné na obrobku bude vrtání:

- *Vrtáním se zhotovují díry určitého průměru. Nástroje je možné rozdělit na výrobu krátkých a dlouhých děr. Pro krátké díry jsou šroubové, kopinaté a frézovací vrtáky. Pro hluboké díry jsou hlavňové vrtáky, korunové a trepanační hlavy. [2]*

***Frézování** patří po soustružení k nejpoužívanějším obráběcím operacím. Hlavní pohyb koná rotační vícebřitý nástroj – fréza, vedlejší pohyb koná obrobek. [2]*
Dle principu funkce se frézování dělí na dva hlavní způsoby – frézování válcové a čelní. Dále se v závislosti na kinematice frézovacího pohybu rozlišuje sousledné a nesousledné: [11]

- *Sousledné frézování – směr pohybu obrobku je shodný se směrem rotace frézy. Tloušťka třísky je na začátku řezného procesu maximální a postupně klesá až na nulu. Z toho důvod dochází k rázovému namáhání břitu, ten je však stále udržován v řezu a nevzniká kluzný efekt, jak je tomu při nesouslednému frézování.*
- *Nesousledné frézování – směr pohybu obrobku je proti směru rotace frézy. Tloušťka třísky začíná na nulové hodnotě a maximální velikost dosahuje na konci záběru. V okamžiku záběru je břit odtlačován od materiálu, čímž vzniká velký tlak mezi frézou a obrobkem. Tímto dochází na nástroji k většímu opotřebení než v dalším průběhu řezu.*

2.1.2 Technologický postup

Technologický postup stávající technologie se sestává ze 7 operací, z nichž 4 operace jsou výrobní. První výrobní operace spočívá v soustružení levé strany lopatkového kola na svislém karuselu. Po ní následuje přeupnutí do přípravku a soustružení druhé, lopatkové strany. Poté je součást převážena k radiální vrtačce. Následuje upínání obrobku a vrtání

díry pro aretační kolík. Po vyvrtání díry následuje nová manipulace a upínání do 5-ti osého centra Mazak Integrex e-800V k frézování lopatek.
Celá tato manipulace je značně nežádoucí. Během technologického postupu se musí 4 krát přeupnout obrobek, čímž ztrácíme největší množství výrobního času.
Kompletní technologický postup můžeme vidět v tabulce 2.1.

Tab. 2.1. Technologický postup výroby lopatkového kola

Technologický postup výroby		
Součást: Lopatkové kolo		**Materiál:** ČSN 11 375
Číslo operace	**Název stroje**	**Popis práce**
10		Vstupní kontrola, kontrola počtu kusů a kvality výpalků
20	Kalící pec	Žíhat po vypálení dle technologického postupu
30	SKIQ 12 CNC	Soustružit, upnout za otvor, zarovnat čelo, soustružit D510 na D510h7 (0, -0,070), levé čelo s osazením l=5,1+0,1 D458f7 (-0,068;-0,131), čelní zápich D436,5-0,2 a D345+0,2; kužel 30° v díře, srazit hrany
40	SKIQ 12 CNC	Soustružit, upnout do přípravku, zarovnat čelo s přídavkem 0,5 mm, soustružit vnitřní průměr lopatek D369,1 s přídavkem 0,5 mm na plochu, s čelem l=17,2-0,2 vč. R4, otvor D333+0,2 na D333 H7(0;0,057), úkos, R4, R20, srazit hrany
50	Radiální vrtačka	Upnout do přípravku, vrtat 1xD9, srazit hrany
60	Mazak Integrex e-800V	Frézovat lopatky
70		Kontrola dle výkresové dokumentace

2.2 Výrobní stroje

První dvě operace jsou prováděny na svislém soustruhu s označením SKIQ 12 CNC od výrobce TOSHULIN. Tento stroj zvládá pouze soustružnické operace, z tohoto důvodu je třetí operace prováděna na radiální vrtačce VO 50 od výrobce MAS. Frézování lopatek probíhá na obráběcím centru Mazak Integrex e-800V.

2.2.1 Svislý soustruh SKIQ 12 CNC TOSHULIN

Svislý soustruh SKIQ 12 CNC TOSHULIN je používán pro svislé soustružení obrobků o velkých rozměrech. Výrobní stroj můžete vidět na obrázku 2.1.

Obr. 2.1 Svislý soustruh SKIQ 12 CNC TOSHULIN

Použití stroje:

Stroj je určen k výkonnému soustružení obrobků v kusové i opakované výrobě malých a středních sériích. Mimo běžných soustružnických operací, umožňuje soustružení kuželů, závitů, obecných ploch, broušení, osové i mimoosé vrtání, vystružování, řezání závitů a frézování obecných ploch. [5]

Popis stroje:

Nosnou částí soustruhu je lože a stojan, které dohromady tvoří tuhý celek. Stroj je dodán s upínací deskou, vybavenou tříčelisťovým, hydraulicko-mechanickým sklíčidlovým upínáním. Upínací deska je uložena ve speciálních valivých ložiskách. Náhon upínací desky je odvozen od regulačního motoru. Motor klínovými řemeny pohání dvoustupňovou převodovou skříň a dále přes pastorek a ozubený věnec upínací desku. Řazení převodových stupňů se uskutečňuje hydraulicky. Druhý pastorek, který je v záběru s ozubeným věncem upínací desky při polohování upínací desky, je poháněn od elektrického servopohonu přes šnekové soukolí. Upínací deska je v požadované poloze zajištěna hydraulicky ovládanou brzdou. [5]

Po kluzných plochách stojanu se pohybuje příčník. Uvolňování a zpevňování příčníku je automatické, přestavení příčníku je po 100 mm. Příčníkový suport, pohybující se po kalených vodících lištách příčníku, je konstruován pro souvislé, číslicové řízení. V závislosti od polohy suportu a upínací desky jsou řízeny otáčky upínací desky (konstantní řezná rychlost). Na příčníkové suportu je umístěn zásobník nástrojových držáků s patnácti polohami. Mechanismy pro natáčení zásobníku a pro výměnu nožových držáků ze zásobníku do smykadla se nacházejí na příčníkovém suportu, mechanismus pro upnutí a uvolnění držáku je zabudován ve spodní části smykadla. Smykadlo tuhé konstrukce má kalené vodící plochy a je uloženo pomocí valivého vedení v příčníkovém suportu. K dosažení žádané přesnosti jsou valivá vedení příčníkového suportu i smykadla předepnuta. Posuv suportu i smykadla je odvozen od elektrického servopohonu přes kuličkový šroub. Smykadlem prochází náhonová hřídel pro pohon rotačních nástrojů. Hřídel je nahánêna elektrickým regulačním motorem přes třístupňovou převodovou skříň.

Mazání hlavních uzlů stroje probíhá automaticky, činnost mazání uložení upínací desky kontroluje žárovka technologické připravenosti stroje. V hydraulickém agregátu jsou soustředěny hydraulické prvky, sloužící k ovládání pomocných funkcí stroje. Zařízení pro úpravu tlakového vzduchu, který ofukuje styčné plochy smykadla při výměně nástrojového držáku, je umístěno na pravém boku stojanu. Odvod třísek se uskutečňuje pomocí skluzů, které jsou součástí ochranných krytů. Další dopravu třísek zajišťují boční vibrační dopravníky, které odvádí třísky do čelního vibračního dopravníku. Čelní dopravník ústí do sběrné nádoby, kam jsou odváděny třísky i použitá chladící kapalina. Chladící kapalina protéká děrovaným dnem sběrné nádoby a hromadí se v nádrži, umístěné pod sběrnou nádobou na třísky. Z nádrže je chladící kapalina odčerpávána a přiváděna ke smykadlu a k nástroji. Hydraulicky ovládané ochranné kryty zajišťují bezpečnost při práci. V ovládacím panelu, umístěném před strojem, je zabudován řídící systém, prvky pro ruční ovládání některých funkcí stroje (např. osvětlení stroje, prvky pro uvedení stroje do chodu. START-STOP pohonů, hydrauliky), jakož i prvky signalizující některé funkce stroje (řazení převodových stupňů, upnutí nástroje, připojení stroje na síť apod.) [5]
Souvislý řídící systém splňuje veškeré požadavky na ovládání stroje a jeho technologické možnosti. Elektroinstalace je přizpůsobena jednotlivým ovládaným skupinám stroje. Spínací a regulační přístroje jsou soustředěny v rozvodné skříni. [5]

Hlavní technická data stroje:
Hlavní technická data můžete nalézt v tabulce 2.2.

Tab. 2.2. Hlavní technická data svislého soustruhu SKIQ 12 CNC [5]

Maximální výška stroje		mm	5230
Plocha zastavěného prostoru		mm	6200x5120
Celková hmotnost stroje		cca. kg	23000
Největší průměr obvodového soustružení		mm	1250
Největší průměr čelního soustružení		mm	1500
Největší zdvih smykadla		mm	1000
Největší průměr obrobku		mm	1500
Největší výška obrobku		mm	900
Největší hmotnost obrobku		kg	6000
Největší řezná síla		N	44000
Největší průřez tělesa nožů		mm	40x40
Největší zdvih příčníku		mm	500
Rychlost přestavení příčníku		mm/min	287
Průměr upínací desky		mm	1250
Otáčky plynule měnitelné ve dvou stupních pro směr otáčení vpravo i vlevo	1. stupeň	1/min	2,5-62
	2. stupeň	1/min	10-250
Největší kroutící moment na upínací desce		Nm	18100
Výkon hlavního motoru		kW	40
Rychloposuv		$mm.min^{-1}$	8000
Posuv na otáčku do max. 4m/min		$mm.ot.^{-1}$	0,01-50
Soustružení závitů se stoupáním (do max. 4m/min)		mm	0,01-400

2.2.2 Radiální vrtačka VO 50 MAS

Výrobní stroj můžete vidět na obrázku 2.2.

Obr. 2.2. Radiální vrtačka VO 50 MAS

Použití stroje:
Tento stroj se používá pro vrtání děr až do průměru 50 mm. Je to nejpoužívanější vrtací stroj ve strojním průmyslu používaný pro vrtání několika děr do rozměrného obrobku upnutého na základní desce.

Popis stroje:
Hlavní částí stroje jsou: základní deska, sloup, rameno, vřeteno a vřeteník. Vrtačka má vřeteník posuvný po rameni, které se pohybuje svisle a které je možné otáčet na sloupu. Převody pro pohon vřetena a ústrojí pro jeho posuv jsou uloženy ve vřeteníku, který má samostatný motor. Obrobky se upínají na základní desku. Hlavní technická data můžete nalézt v tabulce 2.3.

Tab. 2.3. Hlavní technická data radiální vrtačky VO 50 MAS [13]

Upínací kužel vřetena	-	Morse 5
Maximální průměr vrtání	mm	50
Maximální svislé přednastavení vřetena	mm	875
Maximální pohyb vřeteníku po rameni	mm	1250
Výkon hlavního elektromotoru	kW	4
Celkové rozměry stroje délka x šířka x výška	mm	2750x1120x3271
Celková hmotnost stroje	kg	4550

2.2.3 Obráběcí centrum Mazak Integrex e-800V

5-osé obráběcí centrum je určeno pro soustružnické a frézovací operace na obrobcích velkého průměru. Díky zabudované ose B (naklápění nástroje) je možné obrábět vícestranné tvarové polotovary na jediné upnutí.
Obráběcí centrum Mazak Integrex e-800V můžete vidět na obrázku 2.3.

Obr. 2.3. Mazak Integrex e-800V

Operační rozhraní stroje Mazak Integrex e-800V je Mazatrol Matrix. Mazatrol byl první dialogový CNC systém na světě. Byl představen v roce 1981. V roce 1998 se začaly používat počítače v kombinaci s ovládacím panelem, díky čemuž se nabité odborné znalosti lépe přenášely do praxe.
Nejnovější dialogové programování Mazatrol Matrix obsahuje shodné moduly s obráběcími centry. Standardní informační věž "e-tower" poskytuje obsluze širokou podporu na nejvyšší úrovni v informačních technologiích a činí tak pracoviště zcela soběstačným, současně však schopným okamžitého připojení do systému kybernetického podniku. Nejdůležitější technická data stroje naleznete v tabulce 2.4.

Tab. 2.4. Hlavní technická data stroje Mazak Integrex e-800V [12]

Maximální výška stroje	mm	3435
Plocha zastavěného prostoru	mm	3679 x 7550
Celková hmotnost stroje	kg	21000
Maximální posuv v ose X	mm	1100
Maximální posuv v ose Y	mm	800

Maximální posuv v ose Z	mm	900
Maximální natočení osy B	°	150
Maximální natočení osy C	°	360
Maximální průměr obrobku	mm	730
Maximální rozměr obrobku obdélníkového půdorysu	mm	730 x 1000
Maximální hmotnost obrobku	kg	1940
Rychloposuv	$mm.min^{-1}$	50000
Kapacita nástrojů	ks	120
Maximální průměr nástroje	mm	95
Maximální délka nástroje	mm	400
Maximální hmotnost nástroje	kg	12
Počet palet	ks	2
Maximální rychlost otáčení vřetene	$ot.min^{-1}$	1000
Maximální rychlost při obrábění hřídele	$ot.min^{-1}$	12000

2.3 Sestavení NC programu

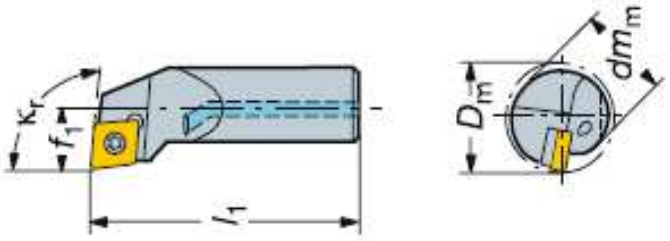
NC program pro soustružení levé a lopatkové strany lopatkového kola byl sestaven pomocí CAM systému Kovoprog. Kovoprog je jediný český výrobce CAM systému. Jedná se o původní český produkt s dlouholetou tradicí. Jeho vývojem a distribucí se zabývá firma Peška & Brtna Computer Service s.r.o. se sídlem v Táboře.
Kovoprog slouží k přípravě programů pro obrábění na NC a CNC obráběcích strojích. Z programu Kovoprog se přes postprocesor, který generuje NC kód, přenáší program do operačního systému stroje Sinumerik. NC program pro soustružení naleznete v příloze 3.
Vrtání díry pro aretační kolík probíhá na radiální vrtačce ručně.
Frézování lopatek je prováděno v softwarovém rozhraní Mazatrol Matrix. Sestavení NC programu pro frézování lopatek na obráběcím centru Mazak Integrex e-800V je popsáno v kapitole číslo 5.

2.4 Výrobní nástroje

K soustružení jsou používány nože s vyměnitelnými břitovými destičkami (dále jen VBD) ze slinutého karbidu (dále jen SK). K frézování je používána frézovací hlavice s VBD. K frézování na hotovo je požívána monilitická fréza. Vrták je taktéž monolitický ze SK. Ve stávající technologii jsou používány nástroje od firmy SANDVIK Coromant. Mají nejširší nabídku možných nástrojů. Jsou firmou dlouhodobě používané a ve výrobě ověřené.

Při soustružení na svislém soustruhu SKIQ 12 CNC TOSHULIN je nutnost mít vždy levý i pravý soustružnický nůž.

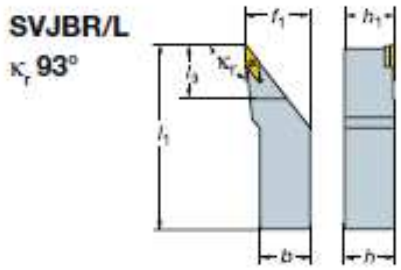
Soustružení levé i lopatkové strany probíhá soustružnickými noži s VBD upnutými v upínači. Pro hrubování se používá upínač s označením A16R-SCLCR09-R, který můžete vidět na obrázku 2.4, a jeho technickou specifikaci naleznete v příloze číslo 5 a VBD CNMG160616–PR, jejíž technickou specifikaci můžete nalézt v příloze číslo 6. Při soustružení na karuselu potřebuji levý i pravý soustružnický nůž.



Obr. 2.4. Schéma upínače pro soustružení vnitřní, vnější a čelní

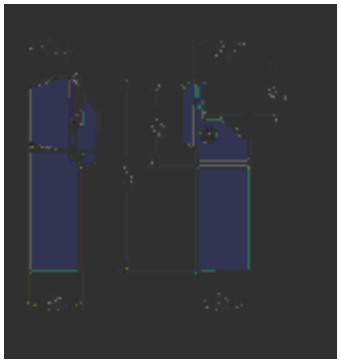
Soustružení levé i lopatkové strany na hotovo probíhá pomocí upínače A12M-SCLCR/L 06-R, jehož schéma můžete vidět na obrázku 2.4 a jehož technickou specifikaci můžete nalézt v příloze číslo 5 a VBD na hotovo CNMG 12 04 08-WF. Její technickou specifikaci můžete nalézt v příloze číslo 7. Zde je též potřeba pravý i levý soustružnický nůž.

Hrubování zápichu levé strany je prováděno upínačem SVJBR 2525M16, který můžete vidět na obrázku 2.5 a jehož technickou specifikaci můžete nalézt v příloze číslo 8 a VBD VNMG 16 04 08-PM, jejíž technickou specifikaci můžete nalézt v příloze číslo 9. U zapichování jako takového jsou velké problémy s lámáním třísky, díky tomuto noži je toto usnadněno. Zde je opět třeba použít levý i pravý nůž.



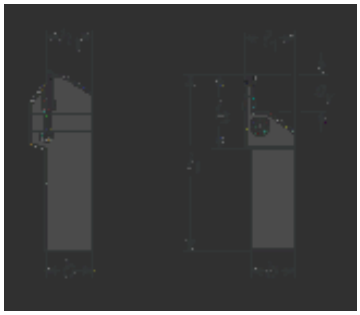
Obr. 2.5 Zapichovací nůž SVJBR 2525M16

Upínač pro zapichování levé strany na hotovo je používán RF123H25-2525B-300BM, který můžete vidět na obrázku 2.6 a jehož technickou specifikaci můžete nalézt v příloze číslo 9, se zapichovacím plátkem N123L2-0800-0005-GM/GC4225, který můžete nalézt v příloze číslo 10. Zde je potřeba jen jeden nůž.



Obr. 2.6 Schéma zapichovacího nože RF123H25-2525B-300BM

Upínač pro vnější zápich je používán RF123F10-2525B. Můžete jej vidět na obrázku 2.7 a jeho technickou specifikaci můžete nalézt v příloze číslo 11. Zapichovací plátek je používán N123G2-0300-0003-GM/GC4225, který můžete nalézt v příloze číslo 10. Vnější zápich se provádí pro sražení hrany z pravé strany lopatkového kola při programu levé strany.



Obr. 2.7 Schéma zapichovacího nože RF123F10-2525B

Vrták je používám klasický monolitický z SK, průměru 9 mm a označení R850-0900-x0-A1A. Jeho technikou specifikaci můžete nalézt v příloze číslo 12.

Frézování lopatek probíhá pomocí vysokorychlostní frézovací hlavice s VBD upevnitelnými pomocí šroubu. Dokončování probíhá monolitickou frézou.

Kompletní informace ke správnému výběru nástrojů a technickou specifikaci ke všem upínačům, frézovacím hlavicím, břitovým destičkám a zapichovacím plátkům naleznete v katalogu CoroKey 2010 firmy SANDVIK Coromant.

3 OVĚŘENÍ VE VÝROBĚ

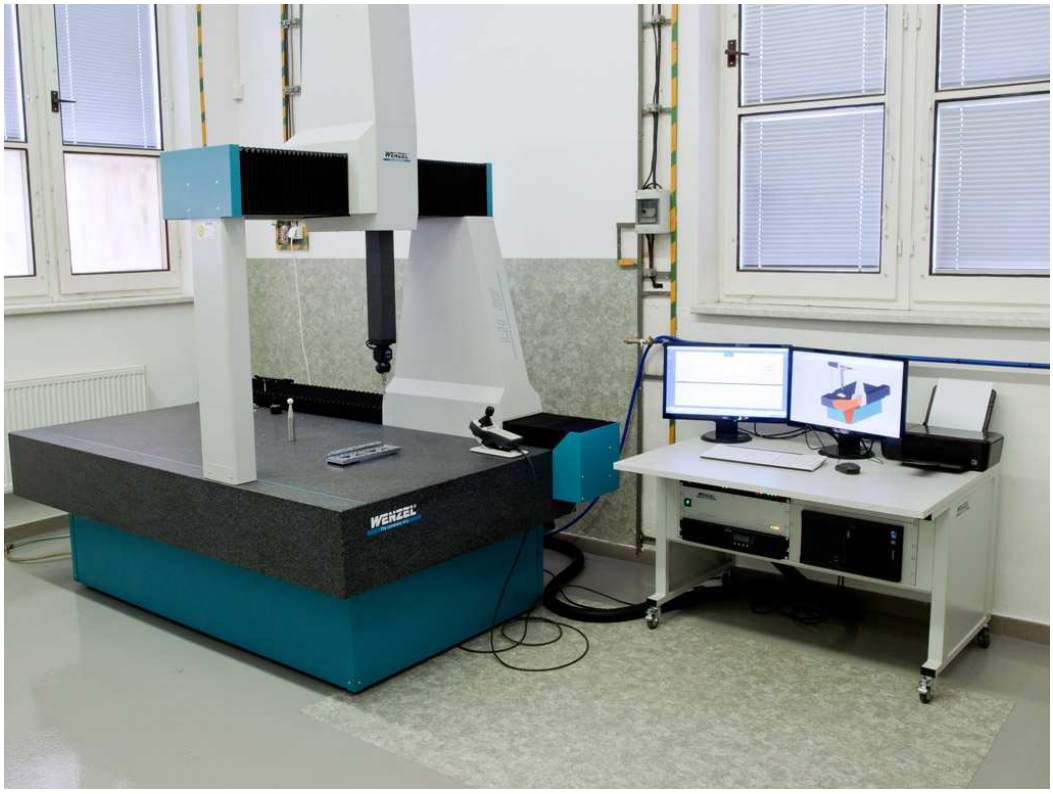
V této kapitole je stávající technologický postup sledován z hlediska konkrétní výroby. Je zde nastíněn nedostatek stávající technologie výroby.

3.1 Samotná výroba

Samotná výroba byla ve firmě dlouhodobě využívána. NC programy byly odladěny a výroba tak probíhala zcela bez problémů. Z důvodů snižování výrobních časů a zvyšování efektivity práce je nutné výrobu přenést na novější stroje a inovovat technologický postup. Nabízí se spousta možností, jak inovovat technologický postup výroby lopatkového kola. Jeden z návrhů nové technologie bude řešen v kapitole 5.

3.2 Měření součásti

Měření součásti proběhlo bez větších komplikací. Měří se vždy pouze první vyrobený kus výrobní série. Po vyrobení celé série následuje buď expedice na montáž nebo do skladu, odkud budou součástky expedovány k volnému prodeji na náhradní díly. Před každým vyexpedováním součástky je součást změřena a je jí přidělen protokol o měření. Tím se firma chrání před případnými reklamacemi na přesnost a kvalitu součásti.
Od klasického měření měřidly, jako je například posuvné měřítko, hloubkoměr nebo mikrometr se přešlo na měření pomocí 3D techniky. V této firmě je používán stroj Wenzel LH87. Můžete jej vidět na obrázku 3.1. Měření spočívá v porovnání výrobku s 3D modelem.
Protokol měření je doložen v příloze 4. Nejedná se však o protokol z měření při sériové výrobě, ale při prvním kusu, kdy ještě docházelo k úpravám v programu.



Obr 3.1. Přístroj pro 3D měření Wenzel LH87

4 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

V této kapitole jsou autorem vyhodnoceny nedostatky stávající technologie výroby lopatkového kola. Výhody stávající technologie jsou natolik zanedbatelné, že se jimi autor nezabývá.

4.1 Nevýhody stávající technologie

Největším nedostatkem stávající technologie výroby je nežádoucí a neefektivní ztráta času způsobená upínáním a přepravou součástky mezi jednotlivými stroji. Dochází tak k nenávratným ztrátám výrobního času, při kterém by mohly být vyráběny další součástky. Zefektivněním stávajícího technologického postupu by se snížil výrobní čas celé série lopatkového kola.

Dalším nedostatkem, který zvyšuje náklady na výrobu, je omezení řezných podmínek maximálním možným počtem otáček na stroji, což se týká jak svislého soustruhu SKIQ 12 CNC TOSHULIN, tak i radiální vrtačky VO 50 MAS. Z toho vyplývá, že není možné používat tak vysoké řezné rychlosti (konstantní řezná rychlost).

Velkou nevýhodou starších obráběcích strojů, jako je svislý karusel SKIQ 12 CNC TOSHULIN, je nutnost používat vždy levý soustružnický nůž jako levý a pravý soustružnický nůž pouze jako pravý. Proto zde vzniká nutnost mít levý i pravý soustružnický nůž pro vnitřní a vnější soustružení, zapichování a další třískové obrábění.

Zvyšujícím se stářím strojů se zvyšují náklady na udržování strojů v provozu. Stále se zvyšující intervaly potřebných servisů, poruchovost běžných dílů a náklady na běžnou údržbu stroje.

Z výše zmíněných důvodů je nutné inovovat stávající technologický postup.

5 NÁVRH NOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

V této kapitole se autor zabývá návrhem nové technologie výroby a následně návrhem výrobních strojů a nástrojů. Vypracován je i technologický postup výroby a NC kód.

Návrh nové technologie výroby bude spočívat v tom, že výrobu převedeme na 5 osé obráběcí centrum Mazak Integrex e-800V. Díky tomuto převodu budou eliminovány některé nedostatky stávající technologie výroby.

5.1 Technologie výroby

Jedna z kategorií CNC strojů jsou obráběcí centra, u kterých existuje velmi málo součástek, které jsou vyrobeny pouze jednou technologií. Ekonomika provozu vede ke sloučení několika způsobů technologie obrábění do jednoho obráběcího stroje (centra). Důvody jsou ve snížení (odstranění) vedlejších časů (upínání na dalším stroji) a také se zvyšuje přesnost výroby.
Pro ekonomiku to znamená:

- zkrácení průběžné doby a zvýšení přesnosti práce,
- snížení nákladů na výrobu (místo několika strojů se pořizuje jeden),
- možnost snadněji automatizovat výrobu,
- u strojů s technologií HSC (High Speed Cutting – vysokorychlostní obrábění) je zvýšení produktivity. [1]

Výroba byla převedena na 5 osé obráběcí centrum Mazak Integrax e-800V, na kterém budou 4 výrobní operace sloučeny do 2. Díky možnosti obrábění na 2 pracovních stolech (paletách) zajistíme kontinuální obrábění. Tím se čas strávený upínáním obrobku nezapočítává do výrobního času. Výhoda tohoto obrábění spočívá v tom, že lze upínat obrobek v průběhu pracovního procesu, čímž odpadne čas na upínání a přepravu k dalšímu stroji. Větší rozsah maximálních možných otáček nám umožňuje použití vyšší řezné rychlosti.

5.1.1 Technologický postup

Kompletní technologický postup můžeme vidět v tabulce 5.1.

Tab. 5.1. Technologický postup výroby lopatkového kola

Technologický postup výroby		
Součást: Lopatkové kolo		**Materiál:** ČSN 11 375
Číslo operace	**Název stroje**	**Popis práce**
10		Vstupní kontrola, kontrola počtu kusů a kvality výpalků
20	Kalící pec	Žíhat po vypálení dle technologického postupu
30	Mazak Integrex e-800V	Soustružit, upnout za otvor, zarovnat čelo, soustružit D510 na D510h7 (0, -0,070), levé čelo s osazením l=5,1+0,1 D458f7 (-0,068;-0,131), čelní zápich D436,5-0,2 a D345+0,2; kužel 30° v díře, vrtat 1xD9, srazit hrany

40	Mazak Integrex e-800V	Soustružit, upnout do přípravku, zarovnat čelo s přídavkem 0,5 mm, soustružit vnitřní průměr lopatek D369,1 s přídavkem 0,5 mm na plochu, s čelem l=17,2-0,2 vč. R4, otvor D333+0,2 na D333 H7(0;0,057), úkos, R4, R20, Frézovat lopatky, srazit hrany
50		Kontrola dle výkresové dokumentace

5.2 Výrobní stroje

Technologie výroby spočívá v obrábění celé součásti pouze na jednom výrobním stroji. Strojem je obráběcí centrum Mazak Integrex e-800V

5.2.1 Obráběcí centrum Mazak Integrex e-800V

Podrobné představení a technický popis stroje byl uveden v kapitole 2.2.3.

5.3 Výrobní nástroje

Nástrojové držáky jsou díky kompatibilitě obou strojů stejné. Změna by mohla nastat ve volbě břitových destiček. Díky zajištění vyšších pracovních otáček stroje je možné používat VBD s možností volby vyšších řezných rychlostí a větších posuvů. Jelikož bychom však museli měnit NC program, necháváme VBD stejné jako ve stávající technologii v kapitole 2.4. Je zde však použito vysokotlaké chlazení. Jeho účinnost je mnohem větší, tím pádem i životnost břitových destiček je delší.
Vzhledem ke specifikaci stroje si můžeme dovolit používat pouze jeden typ nože, a to buď levý, nebo pravý. Odpadá tak nutnost mít vždy levý i pravý soustružnický nůž, čímž můžeme snížit náklady na používané nástroje.

5.4 Sestavení NC programu

Programování stroje Mazak Integrex e-800V probíhá dialogovou formou v systému Mazatrol Matrix. Práce je mnohem jednodušší a mnohem méně složitá na naučení se programovacího jazyku.
Budeme sestavovat dva různé NC programy pro první a druhou stranu. V programu pro levou stranu bude obsaženo i vrtání. Frézování lopatek je obsaženo v programu pro lopatkovou stranu. Pro frézování lopatek použijeme CAM programování v programu EdgeCAM, který je díky postprocesoru kompatibilní se systémem Mazatrol Matrix.
NC program programovaný v programu Mazatrol Matrix můžete nalézt v příloze 13. Není zde však doložen program k frézování lopatek. Tento program byl po vygenerování programem EdgeCam velice složitý a orientace v něm vyžadovala mnoho let zkušeností v oblasti programování CNC strojů.

Rozbor NC programu dialogového zadávání Mazatrol Matrix:

Prvně se obrábí první, levá strana. Upnutí obrobku z pravé strany za vnitřní průměr.
Proces 4 soustružení čela
Proces 5 soustružení vnější
Proces 6 soustružení vnitřní

Proces 10 zapichování vnější sražení hrany z pravé strany
Procesy 12, 13, 14 soustružení čelní na hotovo
Procesy 15, 16, 18 soustružení vnější na hotovo
Proces 20 soustružení vnitřní na hotovo
Proces 26 vrtání
Poté přeupnutí, soustružení druhé, lopatkové strany:
Proces 4 soustružení čela
Proces 5 soustružení vnitřní
Proces 6 finišování čela
Proces 7 finišování vnitřní
Dále následuje frézování lopatek

Náhled dialogového zadávání v programu Mazatrol Matrix:

Proces číslo 4
Soustružení čelní, výchozí bod v souřadnicích X=525, Y=0, Z=-6, přídavek na obrábění na hotovo v ose X= 0,3 a v ose Z= 0,2.
Volba nástroje: nůž čelní, průměr 50 mm, číselný kód B, hloubka třísky 2,3 mm, řezná rychlost 300 $m.s^{-1}$, posuv 0,42 mm na otáčku, vysokotlaké chlazení,
řádek 1: Konečný bod v ose X=457,9 v ose Z=5,15mm
řádek 2: Sražení hrany C-1x45°, Konečný bod v ose X= 315 v ose Z=0

Proces číslo 7
Soustružení čelní, výchozí bod v souřadnicích X= 348, Y=0, Z= 0, přídavek na obrábění na hotovo v ose X=0,2 a v ose Z=0,1.
Volba nástroje: nůž čelní, průměr 25 mm, číselný kód G, hloubka třísky 1,5 mm, řezná rychlost 340 $m.s^{-1}$ posuv 0,45 mm na otáčku, vysokotlaké chlazení,
řádek 1: Soustružení kužele, výchozí bod v ose X=348, Z=0, koncový bod X= 363,23 v ose Z= 9,075
řádek 2: Soustružení válce, konečný bod v ose X= 436,4 v ose Z=9,075, rádius v rohu R4

6 OVĚŘENÍ VE VÝROBĚ

V této kapitole autor popisuje, jak probíhalo zavádění nové technologie do praxe.

6.1 Samotná výroba

Samotná výroba po odladění programu probíhala bez zjevných komplikací. Zavedením nové technologie do výroby odpadá nutnost manipulace s obrobky v prostoru výrobní haly a na první pohled tak došlo k odlehčení pohybu po celé výrobní hale. Vzniká nutnost vytvoření pouze dvou skladovacích míst, a to na polotovary nachystané k výrobě a na hotové výrobky.

6.2 Měření součásti

Měření probíhá na přístroji Wenzel LH87, se kterým jste měli možnost seznámit se v kapitole 3.2.. Měření součásti probíhá vždy po odladění programu a vyrobení prvního kusu. Poté měření probíhá vždy před vyexpedováním buď na kusový prodej, nebo na montáž. Po ověření přesnosti všech geometrických i rozměrových tolerancí je součásti přidělen protokol o měření z důvodů možného vzniku reklamací na kvalitu součásti.

7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ

Hlavní funkce technicko-ekonomického porovnání spočívá ve srovnání všech faktorů ovlivňující výši nákladů na výrobu stávající a nové technologie. Jedná se především o vzájemné porovnání strojních časů nutných k výrobě jedné série lopatkových kol, finanční kalkulace výhod, které jsou přepočítávány za určité období (v našem případě uvažujeme časovou jednotku rok).
Výrobní a přípravné časy byly získány od technologů normovačů a z výroby ověřeny. Můžete je nalézt v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Přípravné a výrobní časy výroby jednoho lopatkového kola stávající technologií.

Výrobní stroj	Operace	Přípravný čas [min]	Výrobní čas [min]
Svislý soustruh SKIQ12 TOSHULIN	Sous. levé strany	63	57
	Sous. lopatkové str.	69	49
Vrtačka VO 50 MAS	Vrtání díry	60	15
Mazak Integrex e-800V	Frézování lopatek	37.8	99
Celkem	-	229,8	220

Výrobní časy stávající technologie výroby lopatkového kola jsou tvořeny ze samotného strojního času a z času potřebného k přepravení obrobku k výrobnímu stroji a upnutí obrobku. Celkový výrobní čas nutný pro výrobu jednoho lopatkového kola je pak součtem jednotlivých výrobních časů na jednotlivých pracovištích (výrobních strojích). Celkový výrobní čas pro výrobu jednoho lopatkového kola stávající technologií činí 220 minut. Celkový výrobní čas pro jednu sérii lopatkových kol, tedy 24 kusů je 5280 minut.
Přípravný čas je vždy nutný stanovit pouze jednou před začátkem výrobní série a skládá se z jednotlivých přípravných časů na jednotlivých pracovištích (výrobních strojích). Jednotlivé přípravné časy se skládají z časů nutných k přípravě používaných nástrojů, přidělání přípravku, či sklíčidla apod. Celkový přípravný čas pro výrobu jedné série lopatkových kol stávající technologií výroby je 229,8 minut.
Celkový čas nutný pro výrobu jedné série lopatkových kol se sestává z přípravného času a z celkového výrobního času pro jednu sérii lopatkových kol. Dohromady tedy 5509,8 minut. Přehledné uspořádání přípravných a výrobních časů můžete nalézt v tabulce 7.2.

Tab. 7.2 Přehledné uspořádání přípravných a výrobních časů

Celkový výrobní čas pro výrobu 1 lopatkového kola	220 min.
Celkový výrobní čas pro výrobu 1 série lopatkových kol	5280 min.
Celkový přípravný čas pro výrobu 1 série lopatkových kol	229,8 min.
Celkový čas pro výrobu 1 série lopatkových kol	5509,8 min.

Z kapitoly 5.1 víme, že v návrhu nové technologie výroby došlo ke sloučení 4 výrobních operací do 2. A také víme, že možnost práce na dvou pracovních stolech nám dává možnost úplně eliminovat čas pro upínání obrobku. Upínání prvního obrobku v celkovém počtu kusů výrobní série zanedbáváme. Z výrobních časů na jednotlivých pracovištích stávající technologie odečteme časy nutné pro upínání obrobku. Od technologů normovačů a ověřeno z výroby víme, že pro upínání obrobku byl stanoven čas 12 minut na všech výrobních strojích stávající technologie. Poté sečteme strojní časy sloučených operací.

Přípravné a výrobní časy výroby jednoho lopatkového kola novou technologií můžete nalézt v tabulce 7.3.

Tab. 7.3 Přípravné a výrobní časy výroby jednoho lopatkového kola novou technologií.

Výrobní stroj	Operace	Přípravný čas [min]	Výrobní čas [min]
MAZAK Integrex e-800V	1.strana	63	48
	2.strana	69	124
Celkem		132	172

Celkový výrobní čas jednoho lopatkového kola novou technologií je dán součtem jednotlivých výrobních časů při jednotlivých operacích. To znamená, že celkový výrobní čas jednoho lopatkového kola novou technologií výroby je 172 minut. Celkový výrobní čas jedné série lopatkových kol se sestává z celkových výrobních časů všech vyrobených kusů v sérii, tj. 24 kusů. Celkový výrobní čas výrobní série lopatkových kol novou technologií výroby je tudíž 4128 minut. Celkový přípravný čas pro výrobu jedné série lopatkových kol novou technologií výroby je 132 minut. Celkový čas nutný pro výrobu jedné série lopatkových kol novou technologií výroby je 4260 minut. Přehledné uspořádání přípravných a výrobních časů můžete nalézt v tabulce 7.4.

Tab. 7.4 Přehledné uspořádání přípravných a výrobních časů

Celkový výrobní čas pro výrobu 1 lopatkového kola	172 min.
Celkový výrobní čas pro výrobu 1 série lopatkových kol	4128 min.
Celkový přípravný čas pro výrobu 1 série lopatkových kol	132 min.
Celkový čas pro výrobu 1 série lopatkových kol	4260 min.

Celkový ušetřený čas při výrobě 1 série lopatkových kol novou technologií výroby získáme rozdílem mezi celkovým časem pro výrobu 1 série lopatkových kol stávající technologií výroby a celkovým časem pro výrobu 1 série lopatkových kol novou technologií výroby. Celkový ušetřený čas na výrobě jedné série lopatkových kol novou technologií výroby je 1250 minut. Při hodinové sazbě stroje 1250 $Kč.h^{-1}$ jsme při výrobě jedné série lopatkových kol novou technologií výroby ušetřili 26100 Kč. Za 1 rok je to 313200 Kč. Finanční prostředky jsou uspořeny díky zkrácení výrobních časů lopatkového kola turbodmychadla.

Do technicko-ekonomického porovnání patří nejen finanční vykalkulování ušetřených strojních časů, ale i například kalkulace ušetřeného prostoru, který vznikl po odstranění starých strojů. Vzniká zde nemalý prostor 35 m^2, který může být využit pro umístění dalších nových výrobních strojů, či skladových prostor, které firma využije pro rozvoj nových technologií.
V neposlední řadě a je tu vliv stále se zvyšující potřeby na servis starých strojů, který firmu stojí nemalé finanční částky. Likvidační hodnota stroje není natolik velká, aby se vyplácelo stále udržovat stroj v chodu. Spotřeba energie je u dvou starých strojů, jako jsou stroje, které jsou používány ve stávající technologii v dané konkrétní firmě, je mnohem vyšší než u nového stroje Mazak Integrex e-800V. Zvyšování všech těchto nákladů na údržbu a chod stroje je ekonomicky nevýhodné. Z ekonomického hlediska je pro firmu mnohem výhodnější starý stroj prodat a pořídit si nový.

8 DISKUZE

V první kapitole se autor zabýval návrhem technologie výroby polotovaru. Analýzou problematiky došel k několika zjištěním. Bylo zjištěno, že hodnota normy spotřeby materiálu při výrobně polotovaru byla příliš nízká tj. 0,18. Rozpětí normy spotřeby materiálu by se mělo pohybovat mezi hodnotami v rozmezí od 0,4 do 0,8. Nízká norma spotřeby materiálu je dle autorova úsudku zapříčiněna dvěma faktory.

Prvním faktorem zvýšení normy spotřeby materiálu je dán velkým rozdílem mezi hmotností polotovaru a hmotností konečné součásti. Polotovar byl zvolen v závislosti na největších rozměrech součásti. Z hlediska bezpečnosti je velmi důležité, aby součástky uvnitř turbodmychadla byly co nejlehčí, aby při případném poškození vnitřních rotačních součástí nedocházelo velkou setrvačností materiálu k pronikání poškozených dílů ven ze skříně turbodmychadla. Proto se musí z původní hmoty polotovaru odebrat co nejvíce nepotřebného materiálu. Maximální rozměry polotovaru vzhledem k maximálním rozměrům součásti však není možné měnit.

Druhým faktorem ovlivňující normu spotřeby materiálu jsou velké ztráty vzniklé dělením materiálu, což autora utvrdilo v myšlence, zadávat zakázku výroby polotovaru externí firmě. Při stávajícím stavu sériovosti výroby 24 kusů za měsíc se firmě z ekonomického hlediska nevyplácí zavádět novou technologii výroby polotovarů prostřednictvím termického dělení materiálu vlastními prostředky. Nabízí se otázka, jak velká by musela být sériovost výroby, aby se firmě z ekonomického hlediska vyplatilo investovat do pořizování nových výrobních strojů. Ve firmě by musely vzniknout prostory pro umístění nového stroje na dělení materiálu. Firma by tímto za prvé nabyla hmotného majetku a za druhé by stoje svou činností přinášely firmě zisk. Firma má tento stroj ve svém vlastnictví a po určitém čase je možné stroj odprodat. V opačném případě, tedy v okamžiku, kdy firma zadává požadavky na výrobu externí firmě, přichází o část zisku plynoucí z její možné vlastní výroby polotovarů. V předešlých kapitolách jsem tuto problematiku řešil, avšak cílem této práce nebylo určit návratnost investic do pořízení nových výrobních strojů k dělení materiálu. I přesto, že jsem se touto problematikou okrajově zabýval, nejsem schopen jasně určit množství vyráběných polotovarů, při jejichž výrobě by v budoucnu docházelo k návratnosti finanční investice do pořízených strojů.

Dále se dostáváme k otázce ekonomického porovnání stávající a nové technologie a to jejich možných výhod a nevýhod. V celkové kalkulaci jsem došel k zajímavému číslu a to 313200 Kč, což je částka, kterou je firma schopna ročně ušetřit, když sníží výrobní časy převedením výroby lopatkového kola na nový výrobní stroj a tím zároveň nevzniká nutnost manipulovat po hale s obrobky a přeupínat je. Nové, 5 osé obráběcí centrum nám však umožňuje další řadu výhod, které již byly v práci zmíněny, avšak dále si již jimi nezabývám. Jen pro příklad uvádím tyto již zmíněné výhody: možnost použití vyšších konstantních řezných rychlostí, možnost používat vždy pouze jeden typ nože (pravý nebo levý). Je otázkou, a tématem pro další práci, kolik by firma ušetřila dalším inovováním technologického postupu, změnou NC programu, zakoupením nových VBD s možnými vyššími řeznými rychlostmi a posuvy atd.

Neoddiskutovatelnou výhodou pořízení nového 5 osého obráběcího centra je technologický pokrok, jaký do firmy přináší. Umožňuje firmě vyrábět součásti složitějších tvarů a obtížnějších technologických postupů. Firma tak může přijímat nové a náročnější zakázky na výrobu, než doposud. S novými zakázkami se zvyšuje zisk firmy a její technologická vyspělost. Tím se firma stává pro trh atraktivnější a v konkurenčním prostředí strojírenských firem se může zase o kousek posunout před ostatní.

ZÁVĚR

V této práci byly řešeny dva hlavní problémy technologie výroby lopatkového kola turbodmychadla.

V první kapitole byla detailně popsána obráběná součást. Byl zde specifikován její popis, umístění, funkce, technický výkres a 3D model. Kapitola se také zabývala volbou polotovaru, výběrem hutního materiálu, určením normy spotřeby materiálu a vhodným výběrem technologie výroby polotovaru. Byla zde vyhodnocena ekonomicko-nejhospodárnější varianta technologie výroby polotovaru, a to prostřednictvím externí firmy.

V druhé kapitole byla analyzována a zpracována celá stávající technologie výroby, od analýzy výrobních strojů a nástrojů, po technologický postup výroby lopatkového kola a NC program.

V třetí kapitole je stávající technologický postup sledován z hlediska konkrétní výroby. Je zde popsáno měření výrobku a nastíněn vypozorovaný nedostatek stávající technologie výroby.

V kapitole číslo 4 jsou autorem vyhodnoceny výhody a nevýhody stávající technologie výroby lopatkového kola. Výhody stávající technologie, byly vzhledem ke stáří technologie natolik zanedbatelné, že se jimi autor nezabývá a vyhodnocuje tak pouze nevýhody. Největší nevýhodou stávající technologie výroby byla ztráta výrobního času přeupínáním obrobku mezi jednotlivými operacemi.

V 5 kapitole se autor zabývá návrhem nové technologie výroby, a následně návrhem výrobních strojů a nástrojů. Vypracován je i technologický postup výroby a NC kód. Inovace stávající technologie spočívala v převedení celého výrobního procesu na jeden výrobní stroj, 5 osé obráběcí centrum Mazak Integrex e-800V.

V 6 kapitole autor popisuje, jak probíhalo zavádění nové technologie do praxe. Sleduje vliv nové technologie výroby na celkové výrobní prostředí.

V závěru práce najdete technicko-ekonomické porovnání stávající a nové technologie výroby. Toto porovnání spočívá ve srovnání všech faktorů ovlivňující výši nákladů na výrobu stávající a nové technologie. Jedná se především o srovnání strojních časů nutných k výrobě jedné série lopatkových kol, finanční kalkulace výhod a přepočítání do určitého obdobní v časovém rozmezí 1 roku. Bylo zjištěno, že inovací stávajícího technologického postupu, pouze převedením výroby na 5 osé obráběcí centrum, bylo ušetřeno 313200 Kč za rok. Závěrem bych však chtěl dodat, že tato práce se zabývala pouze 1 z možností jak inovovat stávající technologický postup pomocí 5 osého obráběcího centra. A to tak, že byly redukovány časy pro přeupínání obrobku. Toto centrum umožňuje ještě spoustu dalších možností, jak snižovat náklady na výrobu a zvyšovat tak efektivitu práce. Proto bych pořízení nového 5 osého obráběcího centra do velké rozrůstající se firmy určitě doporučil.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ŠTULPA, Miloslav. *CNC: obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 126 s. ISBN 80-730-0207-8.
2. KOCMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. LIDMILA, Zdeněk a Emil SVOBODA. *Strojírenská technologie*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 20062007, 250 s. ISBN 978-80-7231-220-7.
4. DILLINGER, Josef. *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles, 2007, 608 s. ISBN 978-80-86706-19-1.
5. Návod ke stroji SKIQ 12 CNC
6. Plnicí turbodmychadla pro pístové motory. [online]. [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: http://www.pbsturbo.cz/index.php?typ=PBS&showid=40
7. PLECHY, SVITKY VÁLCOVANÉ ZA TEPLA. [online]. [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: http://www.montanocel.cz/index.asp?menu=615
8. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: CERM, 2002, 158 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2219-X.
9. LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-736-1033-7.
10. Technická příručka. [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: http://www.bolzano.cz/cz/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s235jrdrive-s235jrg2
11. HUMÁR, Antonín. Výrobní technologie II: Studijní opory pro podporu samostudia. VUT v Brně, FSI, 2002. 84 s. [online]. [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Vyrobni Technologie _II.pdf
12. Technická příručka ke stroji Mazak Integrex e-800V
13. Návod ke stroji Radiální vrtačka VO 50 MAS

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
SK	[-]	slinutý karbid
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition

Symbol	Jednotka	Popis
R_a	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
R_e	[MPa]	mez kluzu
R_m	[MPa]	mez pevnosti
Q_s	[kg]	hmotnost součásti
Q_p	[kg]	hmotnost polotovaru
Q_k	[kg]	celkové ztráty z nevyužitého mat.
Q_{k1}	[kg]	celkové ztráty z nevyužitého mat. var. 1
Q_{k2}	[kg]	celkové ztráty z nevyužitého mat. var. 2
Q_{hm}	[kg]	celková hmotnost hutního polotovaru
KV	[J]	nárazová práce
Ncv	[Kč]	celkové výrobní náklady
N_p	[Kč]	náklady na zhotovení polotovaru
N_o	[Kč]	náklady na obrábění
N_m	[kg]	norma spotřeby materiálu
q_o	[kg]	ztráty vniklé obráběním jednoho pol.
q_u	[kg]	ztráty vzniklé dělením jednoho pol.
q_k	[kg]	ztráty vzniklé z nevyužitého mat. na 1 pol.
k_m	[-]	stupeň využití materiálu polotovaru
z_m	[kg]	celkové ztráty vzniklé obráběním

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Materiál
Příloha 2 Technický výkres
Příloha 3 NC prog. karusel
Příloha 4 Protokol o měření
Příloha 5 Technická specifikace upínačů A16R-SCLCR 09-R, A12M-SCLCRL 06-R
Příloha 6 Technická specifikace VBD CNMG 16 06 16 –PR
Příloha 7 Technická specifikace VBD CNMG 12 04 08-WF
Příloha 8 Technická specifikace zapichovacího upínače SVJBR 2525M16
Příloha 9 Technická specifikace zapichovacího upínače RF123H25-2525B-300BM
Příloha 10 Technická specifikace zap. plátku N123L2-0800-0005-GM/GC4225
Příloha 11 Technická specifikace zapichovacího upínače RF123F10-2525B
Příloha 12 Technická specifikace vrtáku R850-0900-x0-A1A
Příloha 13 NC program levé a lopatkové strany z programu Mazatrol Matrix

PŘÍLOHA 1

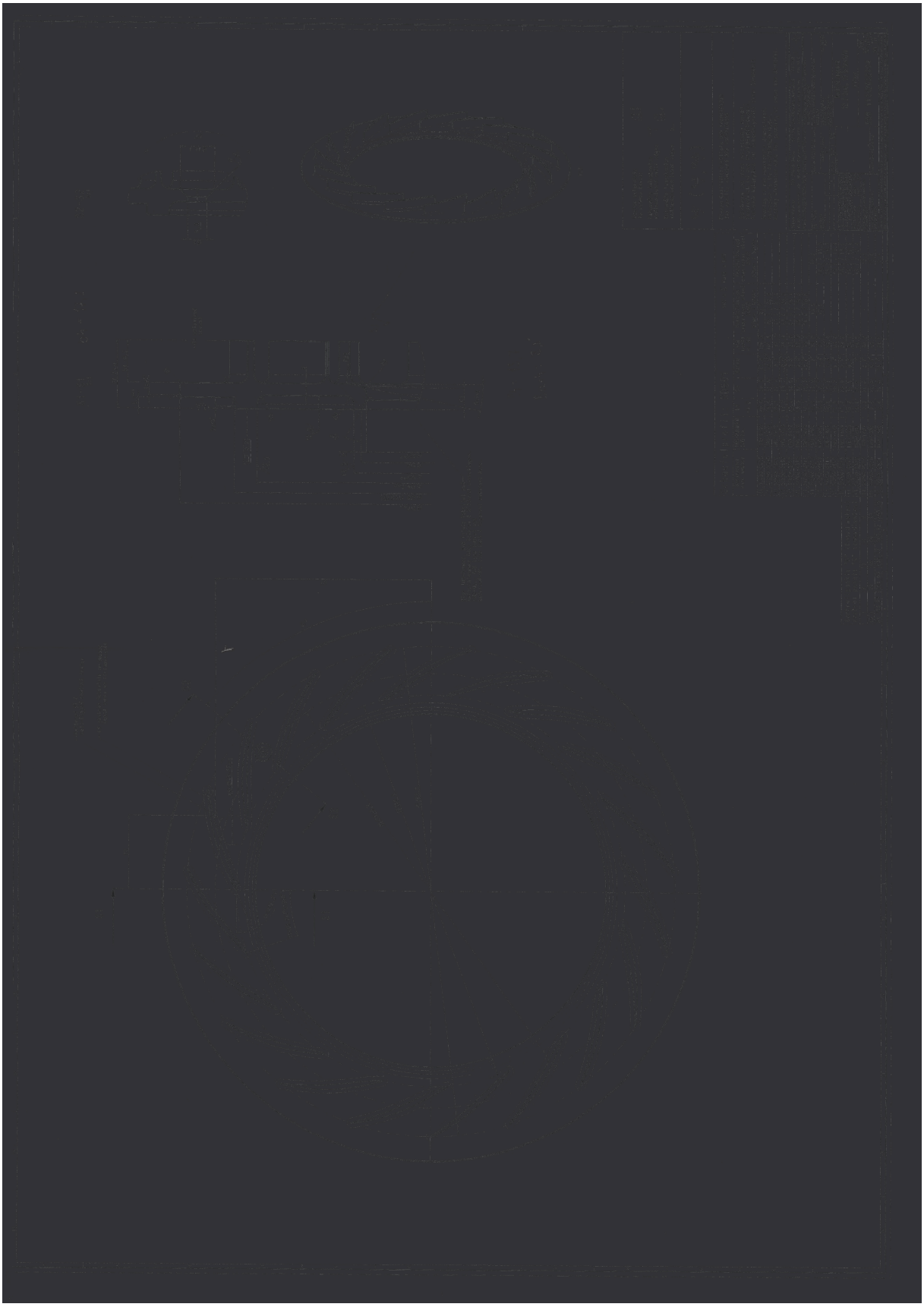
Materiál

Přehled vlastností oceli S235JR								1.0038
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel							
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005							
Dřívější označení	S235JRG2 podle EN 10025: 1990 + A1: 1993; RSt 37-2 podle DIN 17100; 11 375 podle ČSN							
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn max.	Si max.	P max.	S max.	N max.
	≤16	>16≤40	>40 [1]					
	0,17	0,17	0,20	1,40	-	0,035	0,035	0,012
Složení hotového výrobku	0,19	0,19	0,23	1,50	-	0,045	0,045	0,014
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu R_{eH} MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :							
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250
	235	225	215	215	215	195	185	175
	Pevnost v tahu R_m MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :							
	≥ 3≤ 100			>100≤150			>150≤ 250	
	360-510			350-500			340-490	
	Minimální tažnost v % ($L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm [5] :							
	> 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250
	26		25		24		22	21
	Minimální nárazová práce KV (J) při 20° C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm : [2], [5]							
	≤150				>150≤250			
	27 [4]				27 [4]			
Maximální hodnota CEV [3]	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:							
	≤ 30		> 30 ≤ 40		> 40 ≤ 150		> 150 ≤ 250	
	0,35		0,35		0,38		0,40	
Technologické vlastnosti								
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 (EN 1011).							
Tváření za tepla	Jsou-li dodávané výrobky dále tvářeny za tepla, splňují uvedené mechanické vlastnosti pouze po následném normalizačním žíhání.							
Tvařitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C (S235JRC). To se týká i tažení za studena.							

[1] pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm se obsah C stanoví po dohodě.
[2] pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm je hodnoty nutno dohodnout
[3] hodnota uhlíkového ekvivalentu CEV se vypočte z rozboru tavby podle vzorce :
CEV = C + Mn : 6 + (Cr+Mo+V) : 5 + (Ni+Cu) : 15
CEV je volitelný požadavek.
[4] průměrná hodnota vypočtená z výsledků tří stanovení musí splňovat předepsané požadavky. Jedna hodnota může být nižší, než předepsaná minimální průměrná hodnota za předpokladu, že nebude nižší než 70% této hodnoty.
V opačném případě se odebírají ze zkušebního vzorku další 3 zkušební tělesa. Průměrná hodnota ze 6 zkoušek pak nesmí být nižší než předepsaná minimální hodnota, přičemž 2 výsledky mohou být nižší, ale pouze jeden s hodnotou nižší, než 70% předepsané minimální hodnoty.
[5] pro podélný směr zkoušení.

PŘÍLOHA 2

Technický výkres



PŘÍLOHA 3

NC program pro SKIQ12 TOSHULIN

HOTOVĚ LEVÁ STRANA

```
%MPF 784
N10 M59 ( NACHLEITAPPARAT TCR20 11.54200-2908 )
N20 M71 ( HOTOVE LEVOU  )
N30 M39
N40 R60=2 L193
N50 T5 D1 M6 ( STRANAK R1.2 )
N60 G92 S160
N70 G96 S160
N80 G0 G54 G90 X517 M4
N90 Z15 M8
N100 G1 Z5 F5
N110 Z-45 F0.5
N120 G0 X519 Z-43
N130 Z5
N140 X511
N150 G1 Z-45 F0.6
N160 G0 X512 Z-43
N170 Z0.25
N180 G1 X331 F0.7
N190 G0 Z1
N200 X511
N210 Z-2.6
N220 G1 X459
N230 Z0.25
N240 X508
N250 G0 Z1
N260 X511
N270 Z-5
N280 G1 X459
N290 G0 X457 Z-4
N300 Z5
N340 M9
N350 R60=2 L193
N360 T2 D2 M6 ( CECKO CELNI NEUTRAL )
N370 G96 S140
N380 G0 G54 G90 X424.438 M4
N390 Z10 M8
N400 G1 Z1.5 F7
N410 Z0.199 F0.5
N420 X419.18 Z-2.619
N430 X348.1
N440 X343.854 Z-0.182
N450 G0 Z0.818
N460 X419.1
N470 G1 Z-2.619
N480 X414.828 Z-5.49
N490 X334.752
N500 G0 Z-4.49
N510 X419.1
N520 G1 Z-5.49
N530 X409 Z-8.36
N540 X329.106
```

```
N550 G0 Z-7.36
N560 X331.474
N570 G1 Z-8.36
N580 X407.12 Z-9.075
N590 X324.46
N600 G0 Z5

N680 G0 Z10 M9
N690 R60=2 L193
N700 T8 D3 M6 ( DECKO VNITRNI )
N710 G96 S150
N720 G0 G54 G90 X428.65 M4
N730 Z10 M8
N740 G1 Z1.5 F7
N750 Z-2.367
N760 X439.4 F0.3
N770 Z-0.02
N780 G0 X428.65
N800 G1Z-4.713
N810 G1 X439.4 F0.3
N820 Z-2.367
N830 G0X428.4
N850 Z-7.06
N860 G1 X439.4
N870 Z-4.713
N880 G0 X428.65
N900 Z-9.075
N910 G1 X439.4 F0.3
N920 Z-7.06 X438.4
N930 G0Z5
N1060 M9
N1070 R60=2 L193
N1080 T11 D4 M6 ( DECKO VNEJSI )
N1090 G96 S150
N1100 G0 G54 G90 X352.816 M4
N1110 Z10 M8
N1120 G1 Z1.5 F7
N1130 Z-2.305
N1140 X345.5 F0.3
N1150 Z-0.02
N1170 X352.816
N1180 Z-4.59
N1190 G1 X345.5
N1210 Z-2.305 X346.5
N1230 G0 X428.65
N1240 Z-6.875
N1250 G1 X345.5
N1260 X346.5
N1270 Z-4.59
N1280 G0 X352.816
N1300 G1Z-9.075 F5
N1310 G1 X345.5  F0.3
N1320 X346.5 Z 0 F5
N1650 M9
N2190 R60=2 L193
N2200 T6 D6 M6 ( STRANAK R0.8 )
N2210 G96 S180
N2220 G0 G54 G90 X453.436 M4
```

```
N2230 Z10 M8
N2240 G1 Z1.5 F5
N2250 Z0.758 F0.25
N2260 X457.9 Z-1.219
N2270 Z-5.15
N2280 G0 X490 Z-4
N2290 X505.75
N2300 G1 Z-5.15 F0.25
N2310 X509.75 Z-7.15
N2320 Z-15
N2330 G0 X512 Z-10
N2340 M9
N2350 R60=2 L193
N2360 G0 X1200
N2370 M5
N2380 M0 ( ZMERIT PRUMER 458f7 )
N2390 T6 D6 M6 ( STRANAK R0.8 )
N2400 G96 S180
N2410 G0 G54 G90 X453.936 M4
N2420 Z10 M8
N2430 G1 Z1.5 F5
N2440 Z0.508 F0.25
N2450 X457.9 Z-1.469
N2460 Z-5.15
N2470 G0 X459 Z-4
N2480 X506
N2490 G1 Z-5.15 F0.25
N2500 X457.9 Z-7.15
N2510 Z-15
N2520 G0 X459 Z-10
N2530 Z-4
N2540 G1 X510.96 F5
N2550 Z-4.15
N2580 G1 X505.75 Z-5.15 F0.25
N2590 X509.75 Z-7.15
N2600 Z15
N2610 M9
```

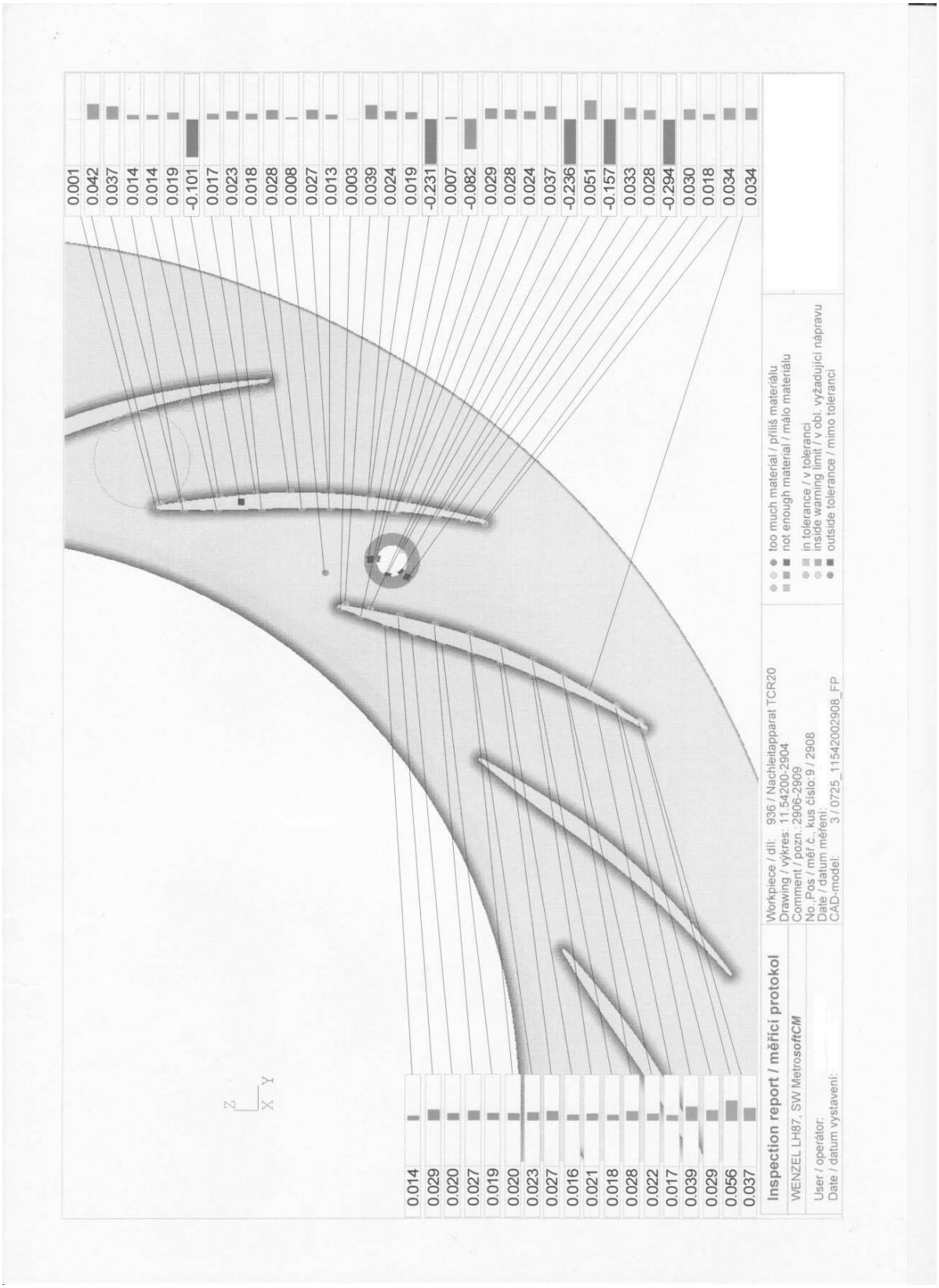
HOTOVĚ LOPATKOVÁ STRANA

```
%MPF 774
N10 M59 ( NACHLEITAPPARAT TCR20 11.54200-2908 )
N20 M71 ( HOTOVE LOP. STRAN )
N30 M39
N40 R60=2 L193
N50 T3 D1 M6 ( SPINDLA 50 R1.2 )
N60 G92 S160
N70 G96 S150
N80 G0 G54 G90 X323 M4
N90 Z10 M8
N100 G1 Z6 F7
N110 Z-40 F0.55
N120 G0 X320 Z-35
N130 Z0
N140 G1 X515 F0.7
N150 G0 Z1
N160 X323
N170 Z-3.127
N180 G1 X368.1 F0.65
```

```
N190 Z-0.953
N200 X370.1 Z-0.101
N210 Z0.0
N220 G0 X368.1 Z0.707
N230 X323
N240 Z-6.253
N250 G1 X368.1
N260 Z-3.127
N270 G0 X366.1 Z-2.42
N280 X428
N290 Z-9.38
N300 G1 X368.1
N310 Z-6.253
N320 G0 X366.1 Z-5.546
N330 X323
N340 Z-12.507
N350 G1 368.1
N360 Z-9.38
N370 G0 X306.1 Z-8.673
N380 X323
N390 Z-15.633
N400 G1 X368.1
N410 Z-12.507
N420 G0 X366.1 Z-11.8
N430 X428
N440 Z-17
N450 G1 X368.1
N460 Z-15.633
N470 G0 X366.1 Z-14.926
N480 X323
N490 Z-18.475
N500 G1 X367.284
N510 G2 X368.1 Z-20.25 I-2.272 K1.637
N520 G1 Z-18.76
N930 G0 X442.186 Z-39.94
N940 X332.8 F0.4
N950 Z-41
N1010 T15 D2 M6 ( SPINDLA 32 R0.8 )
N1020 G96 S180
N1030 G0 G54 G90 X444.1 M4
N1040 Z10 M8
N1050 G1 Z-28.832 F8
N1060 Z-41 F0.3
N1070 G0 X332 Z-41
N1080 Z-20.25
N1090 G1 X333.1
N1100 G3 X343.25 Z-20.25 I5.8 K0.0
N1110 G1 X368.1 Z-17.1
N1150 G1 X368.1 Z-0.58
N1190 X369.1 Z0
N1200 X515
N1210 G0 X515 Z 20
N1220 M9
N1230 R60=2 L193
N1240 R60=1 L193
N1250 G53 D0 M5 M71
N1260 M30
```

PŘÍLOHA 4

Protokol o měření

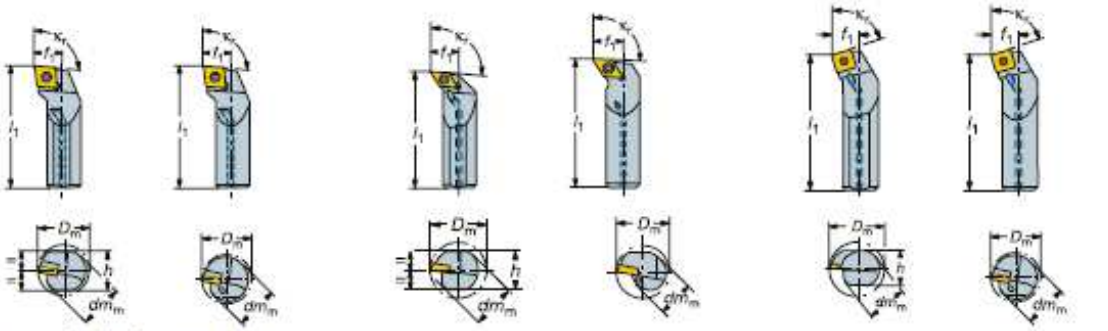


PŘÍLOHA 5

Technická specifikace upínačů A16R-SCLCR 09-R, A12M-SCLCRL 06-R

CoroTurn® 107 - upínání šroubem

A...-SCLCR/L	A...-SCLCR/L...R	A...-SDUCR/L	A...-SDUCR/L...R	A...-SSKCR/L	A...-SSKCR/L...R
κ_r 95°	κ_r 95°	κ_r 93°	κ_r 93°	κ_r 75°	κ_r 75°



Max. vyložení nástroje 4 x dm_m

S vnitřním přívodem řezné kapaliny

Je zobrazeno pravostranné provedení

	VBD		Objednací kód	Rozměry, mm dm_m	D_m min.	f_1	h	l_1	r_ε [1]		Nm
95°	C	06	**Válcová ocelová tyč s ploškou**								
			A08H -SCLCR/L 06	8	10	5	7	100	0.4	7IP	0.9
			A10K -SCLCR/L 06	10	12	6	9	125	0.4		
			A12M-SCLCR/L 06	12	16	9	11	150	0.4		
			A16R -SCLCR/L 06	16	20	11	15	200	0.4		
		09	**A16R -SCLCR/L 09**	16	20	11	15	200	0.4	15IP	3.0
			A20S -SCLCR/L 09	20	25	13	18	250	0.8		
			A25T -SCLCR/L 09	25	32	17	23	300	0.8		
			Válcová ocelová tyč [2]								
		06	**A08H-SCLCR/L 06-R**	8	10	5	–	100	04	7IP	0.9
			A10K-SCLCR/L 06-R	10	12	6	–	125	0.4		
			A12M-SCLCR/L 06-R	12	16	9	–	150	0.4		
			A16R-SCLCR/L 06-R	16	20	11	–	200	0.4		
		09	**A16R-SCLCR/L 09-R**	16	20	11	–	200	0.8	15IP	3.0
			A20S-SCLCR/L 09-R	20	25	13	–	250	0.8		
93°	D	07	**Válcová ocelová tyč s ploškou**								
			A10K -SDUCR/L 07	10	13	7	9	125	0.4	7IP	0.9
			A12M-SDUCR/L 07	12	16	9	11	150	0.4		
			A16R -SDUCR/L 07	16	20	11	15	200	0.4		
		11	**A20S -SDUCR/L 11**	20	25	13	18	250	0.8	15IP	3.0
			A25T -SDUCR/L 11	25	32	17	23	300	0.8		
			Válcová ocelová tyč [2]								
		07	**A10K -SDUCR/L 07-ER**	10	15	9	–	125	0.4	7IP	0.9
			A12M-SDUCR/L 07-ER	12	18	11	–	150	0.4		
			A16R-SDUCR/L 07-R	16	20	11	–	200	0.4		
		11	**A20S-SDUCR/L 11-R**	20	25	13	–	250	0.8	15IP	3.0
75°	S	09	**Válcová ocelová tyč s ploškou**								
			A16R -SSKCR/L 09	16	20	11	15	200	0.8	15IP	3.0
			A20S -SSKCR/L 09	20	25	13	18	250	0.8		
			Válcová ocelová tyč [2]								
		09	**A16R -SSKCR/L 09-R**	16	20	11	–	200	0.8	15IP	3.0
			A20S -SSKCR/L 09-R	20	25	13	–	250	0.8		

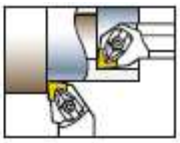
PŘÍLOHA 6

Technická specifikace VBD CNMG 16 06 16 –PR

ISO/ ANSI **P** **R**

HRUBOVÁNÍ OCELI

VBD s negativním základním tvarem



OBJEDNACÍ KÓD					ŘEZNÉ PODMÍNKY, CMC 02.1 / HB 180				
							Řezná rychlost v_c (m/min)		
Oboustranné		GC4215	GC4225	GC4235	Hloubka řezu a_p mm	Posuv f_n mm/ot	GC4215	GC4225	GC4235
	CNMG 12 04 08-PR	☆	★	☆	**4** (0.7-7)	**0.35** (0.2-0.5)	**390**	**325**	**195**
	12 04 12-PR	☆	★	☆	**4** (1-7)	**0.4** (0.25-0.7)	**370**	**305**	**185**
	12 04 16-PR	☆	★	☆	**4** (1.5-7)	**0.5** (0.32-0.75)	**335**	**275**	**170**
	16 06 08-PR	☆	★	☆	**5** (0.7-8)	**0.35** (0.2-0.5)	**390**	**325**	**195**
	16 06 12-PR	☆	★	☆	**5** (1-8)	**0.4** (0.25-0.7)	**370**	**305**	**185**
	16 06 16-PR	☆	★	☆	**5** (1.5-8)	**0.5** (0.3-0.8)	**335**	**275**	**170**
	16 06 24-PR	☆	★	☆	**5** (2-8)	**0.5** (0.32-0.9)	**335**	**275**	**170**
	19 06 08-PR	☆	★	☆	**5** (0.7-10)	**0.35** (0.2-0.5)	**390**	**325**	**195**
	19 06 12-PR	☆	★	☆	**5** (1-10)	**0.4** (0.25-0.7)	**370**	**305**	**185**
	19 06 16-PR	☆	★	☆	**5** (1.5-10)	**0.5** (0.3-0.8)	**335**	**275**	**170**
	19 06 24-PR	☆	★	☆	**5** (2-10)	**0.5** (0.32-0.9)	**335**	**275**	**170**
	DNMG 15 06 08-PR	☆	★	☆	**4** (0.7-6)	**0.35** (0.2-0.5)	**390**	**325**	**195**
	15 06 12-PR	☆	★	☆	**4** (1-6)	**0.4** (0.25-0.7)	**370**	**305**	**185**
	15 06 16-PR	☆	★	☆	**4** (1.5-6)	**0.5** (0.32-0.75)	**335**	**275**	**170**
	SNMG 12 04 08-PR	☆	★	☆	**4** (0.7-7)	**0.35** (0.2-0.5)	**390**	**325**	**195**
	12 04 12-PR	☆	★	☆	**4** (1-7)	**0.4**(0.25-0.7)	**370**	**305**	**185**
	15 06 08-PR	☆	★	☆	**5** (1.5-8)	**0.35** (0.2-0.5)	**390**	**325**	**195**
	15 06 12-PR	☆	★	☆	**5** (1-8)	**0.4** (0.25-0.7)	**370**	**305**	**185**
	15 06 16-PR	☆	★	☆	**5** (1.5-8)	**0.5** (0.3-0.8)	**335**	**275**	**170**
	15 06 24-PR	☆	★	☆	**5** (2-8)	**0.5** (0.32-0.9)	**335**	**275**	**170**
	19 06 12-PR	☆	★	☆	**5** (1-10)	**0.4** (0.25-0.7)	**370**	**305**	**185**
	19 06 16-PR	☆	★	☆	**5** (1.5-10)	**0.5** (0.3-0.8)	**335**	**275**	**170**
	19 06 24-PR	☆	★	☆	**5** (2-10)	**0.5** (0.32-0.9)	**335**	**275**	**170**
	TNMG 16 04 08-PR	☆	★	☆	**3** (0.7-6)	**0.35** (0.2-0.55)	**390**	**325**	**195**
	16 04 12-PR	☆	★	☆	**3** (1-6)	**0.4** (0.25-0.65)	**370**	**305**	**185**
	22 04 08-PR	☆	★	☆	**4** (0.7-7)	**0.35** (0.2-0.55)	**390**	**325**	**195**
	22 04 12-PR	☆	★	☆	**4** (1-7)	**0.4** (0.25-0.65)	**370**	**305**	**185**
	22 04 16-PR	☆	★	☆	**4** (1.5-7)	**0.5** (0.32-0.75)	**335**	**275**	**170**
	WNMG 06 04 08-PR	☆	★	☆	**3** (0.7-3.5)	**0.3** (0.2-0.45)	**415**	**345**	**210**
	06 04 12-PR	☆	★		**3** (0.8-3.5)	**0.35**(0.25-0.55)	**390**	**325**	
	08 04 08-PR	☆	★	☆	**4** (0.7-5)	**0.35** (0.2-0.55)	**390**	**325**	**195**
	08 04 12-PR	☆	★	☆	**4** (1-5)	**0.4** (0.25-0.7)	**370**	**305**	**185**
	08 04 16-PR	☆	★	☆	**4** (1.5-5)	**0.5** (0.32-0.75)	**335**	**275**	**170**

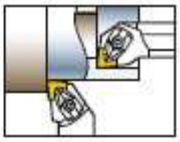
PŘÍLOHA 7

Technická specifikace VBD CNMG 12 04 08-WF

ISO/ANSI **P** **F**

DOKONČOVÁNÍ OCELI

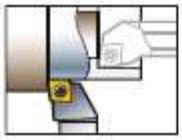
VBD s negativním základním tvarem



OBJEDNACÍ KÓD					ŘEZNÉ PODMÍNKY, CMC 02.1 / HB 180			
							Řezná rychlost v_c (m/min)	
Oboustranné		r_ε	GC4215 ○	GC4215 ◑	GC4225 ●	Hloubka řezu a_p mm	Posuv f_n mm/ot	GC4215	GC4225
	CNMG	09 03 04-WF	☆	★		**0.5** (0.3-1.5)	**0.15** (0.05-0.25)	515	
		09 03 08-WF	☆	★	☆	**1** (0.3-2)	**0.3** (0.1-0.5)	415	345
		12 04 04-WF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-3)	**0.15** (0.05-0.25)	515	425
		12 04 08-WF	☆	★	☆	**1** (0.25-4)	**0.3** (0.1-0.5)	415	345
		12 04 12-WF	☆	★	☆	**1.5** (0.4-4)	**0.5** (0.2-0.6)	335	275
	DNMX	11 04 04-WF	☆	★	☆	**1** (0.2-1.5)	**0.2** (0.08-0.3)	475	395
		11 04 08-WF	☆	★	☆	**1** (0.2-3)	**0.3** (0.1-0.4)	415	345
		15 06 04-WF	☆	★		**0.8** (0.2-3)	**0.2** (0.08-0.3)	475	
		15 06 08-WF	☆	★	☆	**1.5** (0.2-3)	**0.3** (0.1-0.4)	415	345
		15 06 12-WF	☆	★	☆	**1.5** (0.4-3.5)	**0.4** (0.15-0.55)	370	305
	TNMX	16 04 04-WF	☆	★	☆	**1** (0.2-3)	**0.2** (0.08-0.3)	475	395
		16 04 08-WF	☆	★	☆	**1.5** (0.2-3)	**0.3** (0.1-0.4)	415	345
	WNMG	06 04 04-WF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-2)	**0.15** (0.05-0.25)	515	425
		06 04 08-WF	☆	★	☆	**1** (0.25-3)	**0.3** (0.1-0.5)	415	345
		08 04 04-WF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-3)	**0.15** (0.05-0.25)	515	425
		08 04 08-WF	☆	★	☆	**1** (0.25-4)	**0.3** (0.1-0.5)	415	345
		08 04 12-WF	☆	★	☆	**1.5** (0.4-4)	**0.5** (0.2-0.6)	335	275
	CNMG	09 03 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		09 03 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.15** (0.1-0.3)	515	425
		12 04 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		12 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		12 04 12-PF	☆	★	☆	**0.8** (0.35-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	365
	DNMG	11 04 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		11 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		11 04 12-PF	☆	★	☆	**0.8** (0.35-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	365
		15 04 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		15 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		15 04 12-PF	☆	★	☆	**0.8** (0.35-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	365
		15 06 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		15 06 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		15 06 12-PF	☆	★	☆	**0.8** (0.35-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	365
	SNMG	12 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		12 04 12-PF	☆	★	☆	**0.8** (0.35-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	365
	TNMG	16 04 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.35-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		16 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		16 04 12-PF	☆	★	☆	**0.8** (0.35-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	365
		22 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		22 04 12-PF	☆	★	☆	**0.8** (0.35-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	365
	VNMG	16 04 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		16 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
	WNMG	06 04 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		06 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		06 04 12-PF	☆	★		**0.8** (0.4-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	
		08 04 04-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.25-1.5)	**0.15** (0.07-0.3)	515	425
		08 04 08-PF	☆	★	☆	**0.4** (0.3-1.5)	**0.2** (0.1-0.4)	475	395
		08 04 12-PF	☆	★	☆	**0.8** (0.4-1.5)	**0.25** (0.15-0.5)	445	365

PŘÍLOHA 8

Technická specifikace zapichovacího upínače SVJBR 2525M16



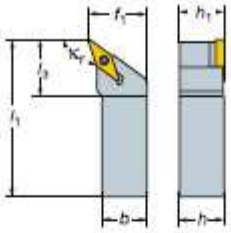
Vnější obrábění se systémem CoroTurn® 107, pozitivní VBD

Rozměry stopek 1212 – 2525

CoroTurn® 107 - upínání šroubem

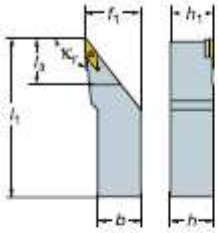
SVHBR/L

κ_r 107.5°

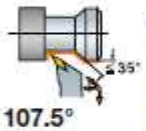
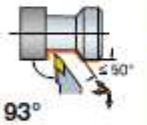


SVJBR/L

κ_r 93°



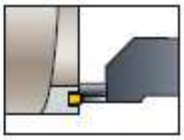
Je zobrazeno pravostranné provedení

	VBD	Objednací kód	Rozměry, mm h	h_1	b	l_1	l_3	f_1	r_ε [1]		Nm
 107.5°	16 V	**SVHBR/L 2020K16**	20	20	20	125	31.5	25	0.8	15IP	3.0
		2525M16	25	25	25	150	31.5	32	0.8		
 93°	11 V	**SVJBR/L 1212F11-B1** [2]	12	12	12	80	27	16	0.4	7IP	0.9
		1616H11-B1 [2]	16	16	16	100	27	20	0.4		
		2020K11-B1 [2]	20	20	20	125	27	25	0.4		
		2525M11-B1 [2]	25	25	25	150	27	32	0.4		
	16	**SVJBR/L 2020K16**	20	20	20	125	31.5	25	0.8	15IP	3.0
		2525M16	25	25	25	150	31.5	32	0.8		

PŘÍLOHA 9

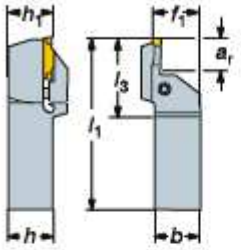
Technická specifikace zapichovacího upínače RF123H25-2525B-300BM

Stopkové nástroje pro vnější čelní zapichování



CoroCut® 1-2

Pozor! **Při použití dvoubřitých VBD CoroCut 2 udává a_r břitové destičky maximální hloubku řezu.**

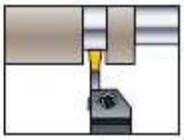


Průměr prvního záběru	Velikost lůžka[4)]	Objednací kód	a_r max.	b	f_1	h	h_1	l_1	l_3	Měrná VBD		Nm
34– 44	G	R/LF123G12 -2525B-034B	12	25	26	25	25	150	32	N123G2-0300-TF	25IP	3.5
38– 48		-2525B-038B	12	25	26	25	25	150	32			
42– 60		R/LF123G19 -2525B-042B	19	25	26	25	25	150	40	N123G2-0300-TF	25IP	3.5
54– 75		-2525B-054B	19	25	26	25	25	150	40			
67–100		R/LF123G22 -2525B-067B	22	25	26	25	25	150	43	N123G2-0300-TF	25IP	3.5
90–160		-2525B-090B	22	25	26	25	25	150	43			
130–300		-2525B-130B	22	25	26	25	25	150	43			
40– 60	H	R/LF123H13 -2525B-040BM	13	25	26	25	25	150	34	N123H2-0400-TF	30IP	2.8
52– 72		-2525B-052BM	13	25	26	25	25	150	34			3.0
64–100		-2525B-064BM	13	25	26	25	25	150	34			3.2
92–140		-2525B-092BM	13	25	26	25	25	150	34			3.7
132–230		-2525B-132BM	13	25	26	25	25	150	34			4.0
220–500		-2525B-220BM	13	25	26	25	25	150	34			4.3
300–1100		-2525B-300BM	13	25	26	25	25	150	34			4.3
40– 60		R/LF123H20 -2525B-040BM	20	25	26	25	25	150	42	N123H2-0400-TF	30IP	3.5
52– 72		-2525B-052BM	20	25	26	25	25	150	42			
64–100		R/LF123H25 -2525B-064BM	25	25	26	25	25	150	47	N123H2-0400-TF	30IP	3.5
92–140		-2525B-092BM	25	25	26	25	25	150	47			
132–230		-2525B-132BM	25	25	26	25	25	150	47			
220–500		-2525B-220BM	25	25	26	25	25	150	47			
300–800		-2525B-300BM	25	25	26	25	25	150	47			
40– 70	J	R/LF123J20 -2525B-040BM	20	25	26	25	25	150	43	N123J2-0500-TF	30IP	4.0
60– 95		R/LF123J25 -2525B-060BM	25	25	26	25	25	150	48	N123J2-0500-TF	30IP	4.0
85–130		-2525B-085BM	25	25	26	25	25	150	48			
120–180		-2525B-120BM	25	25	26	25	25	150	48			
175–500		-2525B-175BM	25	25	26	25	25	150	48			
180–980		R/LF123J20 -2525B-180BM	20	25	26	25	25	150	43	N123J2-0500-TF	30IP	4.0
40– 70	K	R/LF123K20 -2525B-040BM	20	25	26	25	25	150	44	N123K2-0600-TF	30IP	4.5
58–100		R/LF123K25 -2525B-058BM	25	25	26	25	25	150	49	N123K2-0600-TF	30IP	4.5
88–180		-2525B-088BM	25	25	26	25	25	150	49			
168–400		-2525B-168BM	25	25	26	25	25	150	49			
220–1000		-2525B-220BM	25	25	26	25	25	150	49			

PŘÍLOHA 10

Technická specifikace zap. plátku N123L2-0800-0005-GM/GC4225

Zapichování



CoroCut® 1-2

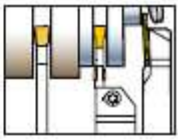
	Velikost lůžka[1]	Objednací kód	GC1105	H13A	GC3115	GC4225	GC1125	CB7015	Rozměry, mm l_2	r_ε	a_r	Doporučené třídy a řezné podmínky f_n mm/ot	Třídy P	M	K	N	S	H
Nízký posuv		Dvoubřité CoroCut 2											První volba					
	D	N123D2 -0150-0001-GF					★		1.5	0.10	13.3	**0.07** (0.03 – 0.14)	GC1125	GC1125	GC1125	H13A	GC1105	
	E	N123E2 -0200-0002-GF	★	★			★		2.00	0.20	19.2	**0.08** (0.04 – 0.16)						
		-0200-0004-GF		★			★		2.00	0.40	19.2	**0.08** (0.04 – 0.16)						
	G	N123G2 -0300-0002-GF	★	★			★		3.00	0.20	19.2	**0.09** (0.05 – 0.20)						
		-0300-0004-GF		★			★		3.00	0.40	19.2	**0.09** (0.05 – 0.20)						
	H	N123H2 -0400-0002-GF	★	★			★		4.00	0.20	24.4	**0.10** (0.05 – 0.22)						
		-0400-0004-GF	★	★			★		4.00	0.40	24.4	**0.10** (0.05 – 0.22)						
		-0475-0004-GF					★		4.75	0.40	24.1	**0.10** (0.05 – 0.22)	v_c m/min					
		-0475-0008-GF					★		4.75	0.80	24.1	**0.10** (0.05 – 0.22)						
		-0500-0002-GF	★	★			★		5.00	0.20	24.4	**0.10** (0.05 – 0.24)	140	125	95	1500	35	
		-0500-0004-GF					★		5.00	0.40	24.4	**0.10** (0.05 – 0.24)						
	K	N123K2 -0600-0002-GF		★			★		6.00	0.20	24.4	**0.12** (0.06 – 0.29)						
	L	N123L2 -0800-0002-GF		★			★		8.00	0.20	29.6	**0.18** (0.09 – 0.40)						
		Pro zápichy pro pojistné kroužky[2]											První volba					
	E	N123E2 -0185-0001-GF		★			★		1.85	0.10	19.3	**0.08** (0.04 – 0.16)	GC1125	GC1125	GC1125	H13A		
		-0215-0001-GF		★			★		2.15	0.10	19.3	**0.08** (0.04 – 0.16)						
	F	N123F2 -0265-0002-GF		★			★		2.65	0.20	19.2	**0.09** (0.05 – 0.20)						
	G	N123G2 -0315-0002-GF					★		3.15	0.20	19.2	**0.09** (0.05 – 0.20)						
	H	N123H2 -0415-0002-GF					★		4.15	0.20	24.4	**0.10** (0.05 – 0.22)	v_c m/min					
	J	N123J2 -0515-0002-GF					★		5.15	0.20	24.4	**0.10** (0.05 – 0.24)	140	125	95	415		
		Jednobřité CoroCut 1 pro tvrzené materiály											První volba					
	G	N123G1 -03004S01025						★	3.00	0.40	∞	**0.03** (0.02 – 0.08)						CB7015
	H	N123H1 -04004S01025						★	4.00	0.40	∞	**0.05** (0.02 – 0.10)						
		-05004S01025						★	5.00	0.40	∞	**0.05** (0.02 – 0.10)						
	J	N123J1 -06004S01025						★	6.00	0.40	∞	**0.05** (0.02 – 0.10)	v_c m/min					
	L	N123L1 -08008S01025						★	8.00	0.80	∞	**0.07** (0.03 – 0.12)						135
Střední posuv		Dvoubřité CoroCut 2											První volba					
	E	N123E2 -0200-0002-GM		★	★	★	★		2.00	0.20	18.8	**0.06** (0.03 – 0.10)	GC4225	GC1125	GC3115	H13A		
	G	N123G2 -0300-0003-GM		★	★	★	★		3.00	0.30	18.2	**0.08** (0.05 – 0.15)						
	H	N123H2 -0400-0003-GM		★	★	★	★		4.00	0.30	23.0	**0.11** (0.05 – 0.15)						
	J	N123J2 -0500-0004-GM		★	★	★	★		5.00	0.40	22.9	**0.12** (0.07 – 0.20)						
	K	N123K2 -0600-0004-GM		★	★	★	★		6.00	0.40	22.7	**0.13** (0.07 – 0.20)	v_c m/min					
	L	N123L2 -0800-0005-GM		★	★	★	★		8.00	0.50	28.4	**0.14** (0.08 – 0.22)	160	125	130	1500		

PŘÍLOHA 11

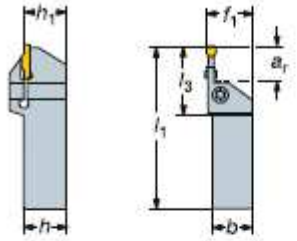
Technická specifikace zapichovacího upínače RF123F10-2525B

Stopkové nástroje pro vnější upichování, zapichování, tvarové obrábění a soustružení

CoroCut® 1-2



Pozor! **Při použití dvoubřitých VBD CoroCut 2 udává a_r břitové destičky maximální hloubku řezu.**



Velikost lůžka[1]	Objednací kód Stopkové nástroje	a_r max.	b	f_1	h	h_1	l_1	l_3	Měrná VBD		Nm
D	R/LF123D08 -1212B	8	12	13	12	12	125	25.5	N123D2-0150-CM	20IP	12.5
	-1616B	8	16	17	16	16	100	25.5			
	-2020B	8	20	21	20	20	125	25.5			
	-2525B	8	25	26	25	25	150	25.5			
	R/LF123D15 -1616B	15	16	17	16	16	100	33.5	N123D2-0150-CM	20IP	3.5
	-2020B	15	20	21	20	20	125	33.5			
	-2525B	15	25	26	25	25	150	33.5			
E	R/LF123E08 -1212B	8	12	13	12	12	125	25.5	N123E2-0200-CM	20IP	2.5
	-1616B	8	16	17	16	16	125	25.5			
	-2020B	8	20	21	20	20	125	25.5			
	-2525B	8	25	26	25	25	150	25.5			
	R/LF123E12 -1212B	12	12	13	12	12	125	30.5	N123E2-0200-CM	20IP	3.5
	R/LF123E15 -1616B	15	16	17	16	16	125	33.5	N123E2-0200-CM	20IP	4.0
	-2020B	15	20	21	20	20	125	33.5			
	-2525B	15	25	26	25	25	150	33.5			
F	R/LF123F10 -1212B	10	12	13	12	12	125	29	N123F2-0250-CM	20IP	3.0
	-1616B	10	16	17	16	16	125	29			
	-2020B	10	20	21	20	20	125	29			
	-2525B	10	25	26	25	25	150	29			
	R/LF123F20 -1616B	20	16	17	16	16	125	40	N123F2-0250-CM	20IP	4.0
	-2020B	20	20	21	20	20	125	40			
	-2525B	20	25	26	25	25	150	40			
	-3225B	20	25	26	32	32	170	40			
G	R/LF123G10 -1616B	10	16	17	16	16	125	30	N123G2-0300-GM	25IP	3.5
	-2020B	10	20	21	20	20	125	30			
	-2525B	10	25	26	25	25	150	30			
	-3225B	10	25	26	32	32	170	30			
	R/LF123G12 -1212B	12	12	13	12	12	125	32	N123G2-0300-GM	20IP	3.5
	R/LF123G20 -1616B	20	16	17	16	16	125	41	N123G2-0300-GM	25IP	5.0
	-2020B	20	20	21	20	20	125	41			
	-2525B	20	25	26	25	25	150	41			
	-3225B	20	25	26	32	32	170	41			

PŘÍLOHA 12

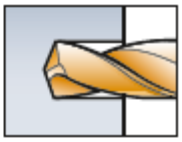
Technická specifikace vrtáku R850-0900-x0-A1A

ISO/ANSI

P N
M S
K H

CoroDrill® Delta C – R850

Průměr vrtáku 3 – 14 mm
Max. hloubka díry: 2-3, 6-7 x průměr vrtáku (D_c)
Válcová stopka



D_c mm	dm_m	Objednací kód	N20D	2 - 3 x D_c			6 - 7 x D_c		
				l_2	l_4	l_6	l_2	l_4	l_6
9.00	10.0	R850-0900-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.10	10.0	0910-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.13	10.0	0913-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.20	10.0	0920-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.30	10.0	0930-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.40	10.0	0940-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.50	10.0	0950-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.52	10.0	0952-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.60	10.0	0960-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.70	10.0	0970-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.80	10.0	0980-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.90	10.0	0990-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
9.92	10.0	0992-x0-A1A	☆	–	–	–	133	70	84
10.00	10.0	R850-1000-x0-A1A	☆	89	31	47	133	70	84
10.10	12.0	1010-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.20	12.0	1020-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.30	12.0	1030-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.32	12.0	1032-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.40	12.0	1040-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.45	12.0	1045-x0-A1A	☆	102	34	55	–	–	–
10.50	12.0	1050-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.60	12.0	1060-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.70	12.0	1070-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.71	12.0	1071-x0-A1A	☆	102	34	55	140	76	91
10.80	12.0	1080-x0-A1A	☆	–	–	–	140	76	91
10.90	12.0	1090-x0-A1A	☆	102	34	55	–	–	–
11.00	12.0	R850-1100-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
11.10	12.0	1110-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
11.11	12.0	1111-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
11.20	12.0	1120-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
11.50	12.0	1150-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
11.60	12.0	1160-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
11.70	12.0	1170-x0-A1A	☆	–	–	–	151	84	101
11.80	12.0	1180-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
11.90	12.0	1190-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
12.00	12.0	R850-1200-x0-A1A	☆	102	35	55	151	84	101
12.10	14.0	1210-x0-A1A	☆	107	38	60	160	89	107
12.20	14.0	1220-x0-A1A	☆	107	38	60	160	89	107
12.30	14.0	1230-x0-A1A	☆	107	38	60	160	89	107
12.40	14.0	1240-x0-A1A	☆	107	38	60	–	–	–
12.50	14.0	1250-x0-A1A	☆	107	38	60	160	89	107
12.60	14.0	1260-x0-A1A	☆	107	38	60	–	–	–
12.70	14.0	1270-x0-A1A	☆	107	38	60	160	89	107
12.80	14.0	1280-x0-A1A	☆	107	38	60	–	–	–
13.00	14.0	1300-x0-A1A	☆	107	39	60	160	89	107
13.10	14.0	1310-x0-A1A	☆	107	39	60	–	–	–

PŘÍLOHA 13

NC program levé a lopatkové strany z programu Mazatrol Matrix
Levá – 1. strana

```
MAZATROL:80338(TCR20 NACHLE.11.54200-2908 1.STRANA) STRAN 1

PC.    MAT.  VNE-MAX  VNI-MIN    DELKA   ZAROV CELA VYMENA    MAX-OT
  0 CST IRN    525.     315.      46.       6.       0        300

PC.  PROCES  PALETA Cis.
  1 V-PALET     2

PC.  PROCES KOD-WPC       X           Y          th          Z          C
  2 WPC- 0           OSA.SOUS    OSA.SOUS     0.       -709.         0.

PC.  PROCES  POLOHA X     POLOHA Y     POLOHA Z     UHEL B     UHEL C
  3 INDEX       0.        -400.          0.         0.         0.

PC.  PROCES  TYP            PRB-X      PRB-Z    PRID-X    PRID-Z
  4 SOU      CEL             525.       -6.       0.3       0.2
SCis   NASTR       NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z     RYCH  POSV    M   M   M
H  1 NUZ      CEL    50.   B        0      2.3        ♦          ♦         ♦         ♦        300  0.42   131
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL              ♦          ♦         457.9       5.15                ♦
   2VAL C  1.        ♦          ♦         315.        0.                  ♦

PC.  PROCES  TYP            PRB-X      PRB-Z    PRID-X    PRID-Z
  5 SOU      VNE             520.        5.05      0.3       0.2
SCis   NASTR       NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z     RYCH  POSV    M   M   M
H  1 NUZ      CEL    50.   B        0      2.         ♦          ♦         ♦         ♦        300  0.4    131
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  1.        ♦          ♦         509.93      40.                 ♦

PC.  PROCES  TYP            PRB-X      PRB-Z    PRID-X    PRID-Z
  6 SOU      VNI             320.        0.        0.5       0.1
SCis   NASTR       NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z     RYCH  POSV    M   M   M
H  1 NUZ      VNI    50.   C        0      2.         ♦          ♦         ♦         ♦        300  0.34   131
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1KUZ            338.         0.       333.1       4.2435              30.
   2VAL              ♦          ♦         333.1       5.                  ♦

PC.  PROCES  TYP            PRB-X      PRB-Z    PRID-X    PRID-Z
+  7 SOU      CEL             348.        0.        0.2       0.1
SCis   NASTR       NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z     RYCH  POSV    M   M   M
H  1 NUZ      CEL    25.   G        0      1.5        ♦          ♦         ♦         ♦        340  0.45   131
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1KUZ            348.         0.       363.23      9.075
   2VAL              ♦          ♦         436.4       9.075  R  4.        ♦

PC.  PROCES  TYP            PRID-X    PRID-Z
  8 ROH      CEL              0.2       0.1
SCis   NASTR       NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z     RYCH  POSV    M   M   M
H  1 NUZ      VNE    25.   F        0      1.5        ♦          ♦         ♦         ♦        300  0.45   131
FIG               POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$                 DRS
   1              345.1        0.       366.        9.075  R  4.

PC.  PROCES  POLOHA X     POLOHA Y     POLOHA Z     UHEL B     UHEL C
  9 INDEX       0.        -400.          0.        90.         0.

PC.  PROCES  TYP              TYP     Po.   ROZTEC     SIRKA     PRID
 10 S.ZAP    VNE                2      1      0.        3.9      0.001
SCis   NASTR       NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z     RYCH  POSV    M   M   M
```

MAZATROL:80338(TCR20 NACHLE.11.54200-2908 1.STRANA) STRAN 2

```
F  1 ZPN      VNE     3.   A        ♦       ♦         ♦         ♦         0.        ♦        234  0.18     9   8
FIG       P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z     K-SRAZ      UHEL       DRS
   1    C  0.7      509.9      15.075     508.2      15.075                           0.18

PC.  PROCES  POLOHA X     POLOHA Y     POLOHA Z      UHEL B     UHEL C
  11 INDEX        0.        -400.          0.          0.         0.

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  12 SOU      CEL              459.         0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      CEL    32.   A        ♦       ♦         ♦         ♦         0.        0.       240  0.25    51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL               ♦          ♦        435.         0.                  ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  13 SOU      CEL              346.         0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      CEL    32.   A        ♦       ♦         ♦         ♦         0.        0.       240  0.25    51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL               ♦          ♦        335.         0.                  ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  14 SOU      CEL              511.         5.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      CEL    32.   A        ♦       ♦         ♦         ♦         1.        0.       240  0.25    51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL               ♦          ♦        457.9        5.15                ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  15 SOU      VNE              511.         5.15     0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      CEL    32.   A        ♦       ♦         ♦         ♦         0.15      0.       230  0.25    51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  1.         ♦          ♦        509.92       39.                 ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  16 SOU      VNE              461.         0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      CEL    32.   A        ♦       ♦         ♦         ♦         0.15      0.       230  0.25    51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  1.         ♦          ♦        457.9        5.15                ♦

PC.  PROCES  Cis        M1    M2    M3    M4     M5    M6    M7    M8     M9   M10   M11   M12
  17 M-KOD               0

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  18 SOU      VNE              461.         0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      CEL    32.   A        ♦       ♦         ♦         ♦         0.        0.       230  0.25    51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  1.         ♦          ♦        457.87       5.15                ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  19 SOU      VNE              511.         5.15     0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      CEL    32.   A        ♦       ♦         ♦         ♦         0.        0.       230  0.25    51
```

MAZATROL:80338(TCR20 NACHLE.11.54200-2908 1.STRANA) STRAN 3

```
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  1.        ♦          ♦        509.92      39.                   ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  20 SOU      VNI              330.        0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      VNI    32.   B        ♦       ♦         ♦         ♦        0.        0.       230  0.2     51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1KUZ C  0.4      338.        0.       333.1       4.2435               30.
   2VAL              ♦          ♦        333.1       5.                    ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  21 SOU      CEL              436.5       0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 ZPN      CEL     4.   A        ♦       ♦         ♦         ♦        0.        0.       180  0.15     9   8
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  0.6       ♦          ♦        436.5       9.075  R  4.          ♦
   2VAL              ♦          ♦        390.        9.075                 ♦
   3VAL              ♦          ♦        390.        0.                    ♦         5.

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  22 SOU      CEL              345.1       0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 ZPN      CEL     4.   A        ♦       ♦         ♦         ♦        0.        0.       180  0.15     8
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  0.4       ♦          ♦        345.1       9.075  R  4.          ♦
   2VAL              ♦          ♦        400.        9.075                 ♦
   3VAL              ♦          ♦        400.        0.                    ♦         5.

PC.  PROCES  POLOHA X     POLOHA Y     POLOHA Z      UHEL B     UHEL C
  23 INDEX       0.        -400.          0.         90.         0.

PC.  PROCES  TYP              TYP     Po.   ROZTEC     SIRKA     PRID
  24 S.ZAP    VNE               2      1      0.         8.       0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 ZPN      VNE     8.   C        ♦       ♦         ♦         ♦        0.        ♦       280  0.22     8
FIG       P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ      UHEL       DRS
   1    C  2.6      511.       24.4       480.       24.4

PC.  PROCES  POLOHA X     POLOHA Y     POLOHA Z      UHEL B     UHEL C
  25 INDEX       0.        -400.          0.          0.         0.

PC.  PROCES   C-FACE   PRU      HLOUB     SRAZ
  26 VRTANI    CELO     9.        7.       0.
SCis  NASTR          NOM-Ø   Cis     DIRA-Ø   DIRA-HL    PRE-D     PRE-HL   DRS   HLOUB     RYCH   POSV    M   M   M
   1 NAVRT            16.  A          2.        ♦         ♦         ♦       90°   NAVRT      20   0.05     8
   2 VRTAK             9.  K          9.        7.        0.       100      CK-0  T  4.5      80   0.05    51
   3 NAVRT            16.  A          9.        ♦         ♦         ♦       90°   NAVRT      50   0.05     9
FIG PTN      POB-R/x      POB-th/y     POB-Z       POC.  UHEL    Q  R
   1KRU       205.          0.        -9.075       1    ♦      ♦  0

PC.  PROCES  SOUV. OPAK.  POSUN     POC.  NASTR   NAVRAT              PROG.                          POKRAC
  27 END              ♦    ♦                                                                            ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
  28 SOU      CEL              400.        0.       0.2       0.1
```

MAZATROL:80338(TCR20 NACHLE.11.54200-2908 1.STRANA) STRAN 4

SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
H 1	ZPN CEL	4.	E	0	1.5	♦	♦	♦	♦	150	0.35	51		
FIG	PTN P-SRAZ	POB-X		POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/$	R/th	DRS					
	1VAL	♦		♦	436.4	8.		♦						

PC.	PROCES	TYP	PRB-X	PRB-Z	PRID-X	PRID-Z
29	SOU	CEL	353.1	0.	0.2	0.1

SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
H 1	ZPN CEL	4.	E	0	1.5	♦	♦	♦	♦	150	0.35	51		
FIG	PTN P-SRAZ	POB-X		POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/$	R/th	DRS					
	1VAL C 0.5	♦		♦	353.1	8.		♦						
	2VAL	♦		♦	408.	8.		♦						

PC.	PROCES	TYP	PRB-X	PRB-Z	PRID-X	PRID-Z
30	SOU	CEL	400.	8.	0.2	0.05

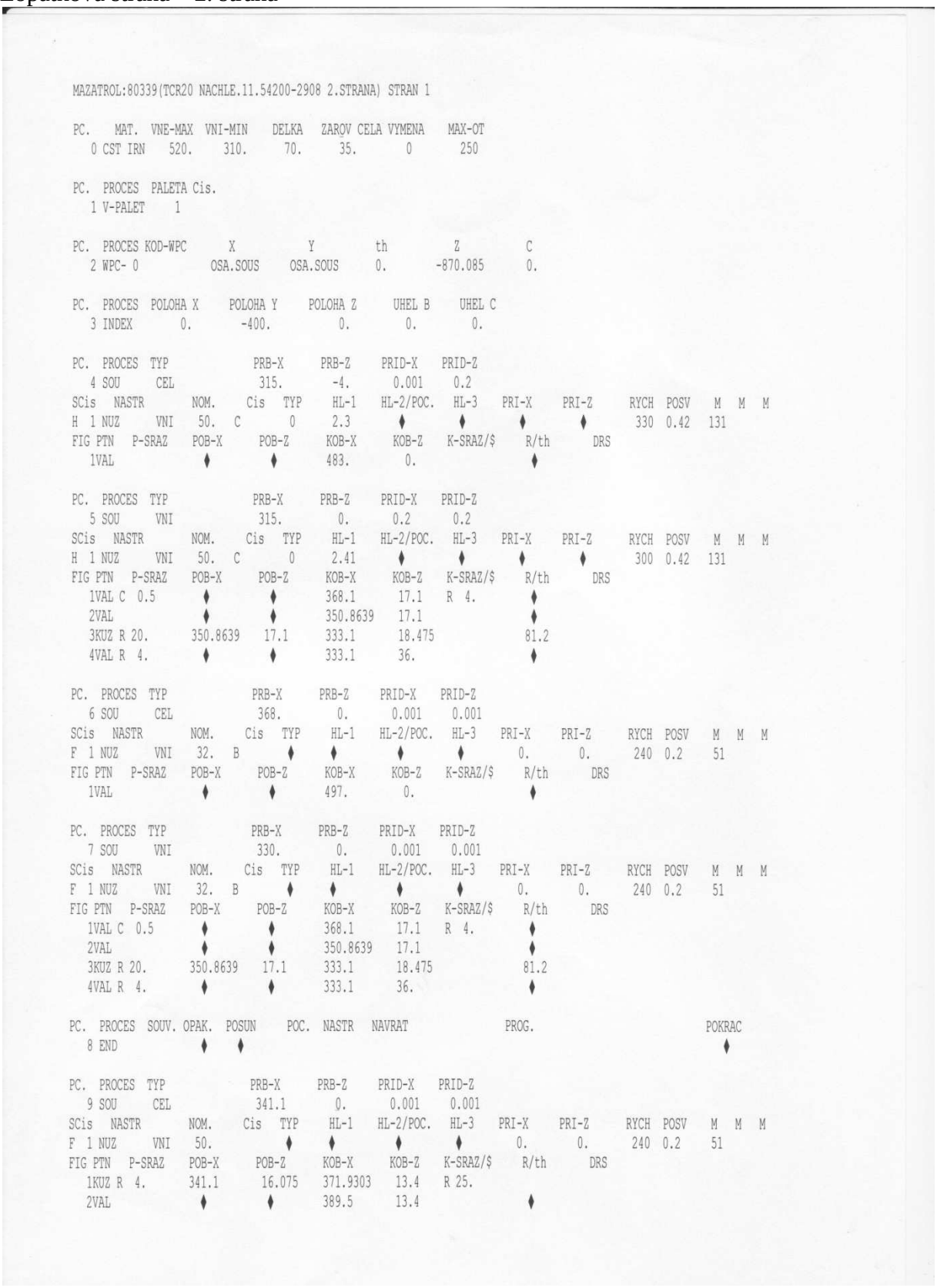
SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
H 1	ZPN CEL	4.	E	0	1.5	♦	♦	♦	♦	150	0.35	51		
FIG	PTN P-SRAZ	POB-X		POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/$	R/th	DRS					
	1VAL	♦		♦	436.4	16.425	R 3.	♦						

PC.	PROCES	TYP	PRB-X	PRB-Z	PRID-X	PRID-Z
31	SOU	CEL	353.1	8.	0.2	0.05

SCis	NASTR	NOM.	Cis	TYP	HL-1	HL-2/POC.	HL-3	PRI-X	PRI-Z	RYCH	POSV	M	M	M
H 1	ZPN CEL	4.	E	0	1.5	♦	♦	♦	♦	150	0.35	51		
FIG	PTN P-SRAZ	POB-X		POB-Z	KOB-X	KOB-Z	K-SRAZ/$	R/th	DRS					
	1VAL	♦		♦	353.1	14.743	R 3.	♦						
	2KUZ	353.1		14.743	377.0361	16.425	R 3.	-8.						
	3VAL	♦		♦	408.	16.425		♦						

PC.	PROCES	SOUV.	OPAK.	POSUN	POC.	NASTR	NAVRAT	PROG.	POKRAC
32	END		♦	♦					♦

Lopatková strana – 2. strana



```
MAZATROL:80339(TCR20 NACHLE.11.54200-2908 2.STRANA) STRAN 1

PC.    MAT.  VNE-MAX  VNI-MIN    DELKA   ZAROV CELA VYMENA    MAX-OT
   0 CST IRN    520.     310.      70.      35.        0        250

PC.  PROCES  PALETA Cis.
   1 V-PALET     1

PC.  PROCES KOD-WPC       X            Y          th           Z          C
   2 WPC- 0            OSA.SOUS     OSA.SOUS      0.       -870.085      0.

PC.  PROCES  POLOHA X     POLOHA Y     POLOHA Z      UHEL B     UHEL C
   3 INDEX        0.        -400.          0.          0.         0.

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
   4 SOU      CEL              315.        -4.       0.001     0.2
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
H  1 NUZ      VNI    50.   C        0      2.3        ♦         ♦        ♦         ♦        330  0.42   131
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL              ♦          ♦         483.         0.                  ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
   5 SOU      VNI              315.         0.        0.2       0.2
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
H  1 NUZ      VNI    50.   C        0      2.41       ♦         ♦        ♦         ♦        300  0.42   131
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  0.5       ♦          ♦         368.1       17.1    R  4.         ♦
   2VAL              ♦          ♦         350.8639    17.1                  ♦
   3KUZ R 20.      350.8639    17.1       333.1       18.475               81.2
   4VAL R  4.        ♦          ♦         333.1       36.                   ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
   6 SOU      CEL              368.         0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      VNI    32.   B        ♦      ♦          ♦         ♦        0.        0.       240  0.2     51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL              ♦          ♦         497.         0.                  ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
   7 SOU      VNI              330.         0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      VNI    32.   B        ♦      ♦          ♦         ♦        0.        0.       240  0.2     51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1VAL C  0.5       ♦          ♦         368.1       17.1    R  4.         ♦
   2VAL              ♦          ♦         350.8639    17.1                  ♦
   3KUZ R 20.      350.8639    17.1       333.1       18.475               81.2
   4VAL R  4.        ♦          ♦         333.1       36.                   ♦

PC.  PROCES  SOUV. OPAK.  POSUN     POC.  NASTR   NAVRAT                PROG.                          POKRAC
   8 END             ♦     ♦                                                                              ♦

PC.  PROCES  TYP              PRB-X      PRB-Z     PRID-X    PRID-Z
   9 SOU      CEL              341.1        0.       0.001     0.001
SCis   NASTR        NOM.     Cis   TYP     HL-1    HL-2/POC.   HL-3    PRI-X     PRI-Z      RYCH  POSV    M   M   M
F  1 NUZ      VNI    50.            ♦      ♦          ♦         ♦        0.        0.       240  0.2     51
FIG PTN   P-SRAZ    POB-X      POB-Z      KOB-X      KOB-Z    K-SRAZ/$     R/th       DRS
   1KUZ R  4.      341.1       16.075    371.9303    13.4    R 25.
   2VAL              ♦          ♦         389.5       13.4                  ♦
```

MAZATROL:80339(TCR20 NACHLE.11.54200-2908 2.STRANA) STRAN 2

3VAL	R	4.	♦	♦	389.5	0.	C	0.5	♦

PC.	PROCES	SOUV.	OPAK.	POSUN	POC.	NASTR	NAVRAT	PROG.	POKRAC
10	END		♦	♦					♦