

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

**RACIONALIZACE TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ PŘI VÝROBĚ
LISOVACÍHO NÁSTROJE V PODNIKU ŠKODA AUTO, a.s.
MLADÁ BOLESLAV**

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program:

B2341 strojírenství

Zaměření:

Obrábění a montáž

RACIONALIZACE TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ PŘI VÝROBĚ LISOVACÍHO NÁSTROJE V PODNIKU ŠKODA AUTO, a.s. MLADÁ BOLESLAV

RATIONALIZATION MACHINING TECHNOLOGY IN PRODUCTION OF THE PRESSING TOOL IN THE COMPANY ŠKODA AUTO, a.s. MLADA BOLESLAV

KOM - 1131

Jiří Kot'átko

Vedoucí práce: Ing. Jiří Lubina, Ph.D.

Konzultant: Zdeněk Kolář, ŠKODA AUTO, a.s. Mladá Boleslav

Počet stran: 53

Počet příloh: 11

Počet obrázků: 8

Počet tabulek: 14

Počet modelů

nebo jiných příloh: 0

24. 5. 2010

RACIONALIZACE TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ PŘI VÝROBĚ LIISOVACÍHO NÁSTROJE V PODNIKU ŠKODA AUTO, a.s. MLADÁ BOLESLAV

ANOTACE:

Práce shrnuje informace o technologii frézování při zhotovení výrobku lemovacího lože. Zabývá se analýzou technologického postupu, řeznými podmínkami, analýzou spotřeby času, zkouškami nástrojů a optimalizací řezných podmínek. Zabývá se výpočty nákladů na řezné nástroje a strojní náklady a obsahuje návrh racionalizace dávkového času.

RATIONALIZATION MACHINING TECHNOLOGY IN PRODUCTION OF THE PRESSING TOOL IN THE COMPANY ŠKODA AUTO, a.s. MLADA BOLESLAV

ANNOTATION:

The work summarizes information about technology of milling when making product hemming bed. It deals with the analysis of the technological process, cutting conditions, analysis of time consumption, testing tools and optimization of cutting conditions. It deals with calculating the cost of cutting tools and machinery costs and contains the rationalization proposal batch time.

Klíčová slova: OBRÁBĚNÍ, ANALÝZA, OPTIMALIZACE, ŘEZNÉ PODMÍNKY

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2010

Archivní označ. zprávy:

Počet stran:	53
Počet příloh:	11
Počet obrázků:	8
Počet tabulek:	14
Počet diagramů:	4

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Lubinovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Děkuji také konzultantům mé bakalářské práce Zdeňku Kolářovi a Jiřímu Kellerovi za poskytnutý prostor, rady, připomínky a pomoc při vypracování práce. Dále děkuji Aleši Píseckému a Petru Kovandovi za poskytnuté informace a názorné ukázky řešení dané problematiky. V neposlední řadě chci poděkovat Ing. Aleši Michálkovi a firmě ŠKODA AUTO a.s. za možnost vypracování mé bakalářské práce.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	7
Úvod	9
1. Seznámení s provozními podmínkami v nástrojárně	10
1.1. Historie nástrojárny	10
1.2. Současné provozní podmínky	13
2. Seznámení s obrobkem	14
2.1. Charakteristika lemovacího lože	14
2.2. Popis linky pro lemování motorových kapot	16
3. Seznámení s technologickým postupem a jeho analýza	17
3.1. Výrobní proces a jeho členění	17
3.2. Stručný popis jednotlivých fází výroby	20
3.3. Analýza technologického postupu	21
3.3.1. Členění technologického postupu	21
3.3.2. Technologické podmínky	22
3.3.3. Pracovní programový postup	23
3.3.4. Kontrola rozměrů a jakosti	23
4. Možnosti racionalizace technologického postupu	24
4.1. Výběr konkrétního úseku pro racionalizaci	24
4.2. Rozbor úseku pro hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm	24
4.3. Rozbor úseku pro hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm	26
4.4. Návrhy racionalizace	27
4.4.1. Parametry zkoušky pro hrub. obv. tvaru s přídavkem 2 mm	28
4.4.2. Parametry zkoušky pro hrub. obv. tvaru s přídavkem 0,5 mm	30
5. Optimalizace řezných podmínek	32
5.1. Porovnání stávajících a navrhovaných řezných podmínek hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm	34

5.2. Porovnání stávajících a navrhovaných řezných podmínek hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm.....	36
5.3. Volba optimálních řezných podmínek pro vybrané úseky.....	39
6. Normy spotřeby času	41
6.1. Používané metody normování v podniku Škoda auto, a.s.	41
6.2. Druhy spotřeby času.....	44
6.3. Analýza spotřeby času.....	46
6.3.1. Analýza času jednotkové práce T_{A1}	46
6.3.2. Analýza času dávkové práce T_{B1}	46
6.3.3. Analýza času směnové práce T_{C1}	46
6.3.4. Analýza času přestávek.....	46
6.3.5. Výpočet normy spotřeby času.....	47
6.4. Návrh racionalizace spotřeby času dávkové práce.....	47
7. Projekt pracoviště	49
7.1. Základní informace o stroji	49
7.2. Layout pracoviště.....	49
7.3. Vybavení pracoviště.....	49
8. Shrnutí poznatků, návrhy na opatření a ekonomické vyhodnocení	50
Seznam použité literatury	52
Seznam příloh	53

Seznam použitých zkratk a symbolů

a_e	– radiální hloubka záběru
a_p	– axiální hloubka záběru
C	– uhlík
CAD	– Computer Aided Design, v překladu to znamená počítačová podpora konstrukce
CAD/CAM	– počítačový systém s integrovanou podporou konstrukce a výroby součástí
CAM	– Computer Aided Manufacturing, v překladu znamená počítačová podpora výroby
C_n	– cena nástroje
CNC	– Computer Numerical Control, řízení obráběcího stroje počítačem
CATIA V5R19	– software s podporou CAD/CAM a dalších CA... technologií
Cu	– měď
C_{VBD}	– cena VBD
f_z	– posuv na zub
HB	– tvrdost dle Brinella
HRC	– tvrdost dle Rockwella
H_s	– hodinová sazba stroje
HSC	– High Speed Cutting, z překladu je to vysokorychlostní obrábění
L	– délka řezu
Ni	– nikl
Mn	– mangan
Mo	– molybden
n	– otáčky
Nh	– Normohodina
N_{OBR}	– celková norma spotřeby času k výrobě
N_O	– náklady na řezný nástroj
N_S	– strojní náklady
O_{VBD}	– opotřebení VBD
P	– fosfor
p_{RH}	– počet řezných hran
p_{VBD}	– počet VBD
R_m	– mez pevnosti
$R_{p0,2}$	– smluvní mez kluzu

S	– síra
Si	– křemík
SMED	– Single minute exchange of die, z překladu je to výměna nástroje během jedné minuty
T_1	– čas práce
T_2	– čas obecně nutných přestávek
T_3	– čas podmíněčně nutných přestávek
T	– čas směny
T_{A1}	– čas jednotkové práce
T_{A2}	– čas jednotkových obecně nutných přestávek
T_{A3}	– čas jednotkových podmíněčně nutných přestávek
T_{B1}	– čas dávkové práce
T_{B2}	– čas dávkových obecně nutných přestávek
T_{B3}	– čas dávkových podmíněčně nutných přestávek
T_{C1}	– čas směnové práce
T_{C2}	– čas směnových obecně nutných přestávek
T_{C202}	– čas směnový na přirozené potřeby a hygienu
T_{C203}	– čas směnový na jídlo a oddech
T_{C3}	– čas směnových podmíněčně nutných přestávek
T_C	– celková trvanlivost
T_D	– osobní ztráty
T_E	– technickoorganizační ztráty
T_F	– ztráty vyšší mocí
T_N	– čas nutný
T_{RH}	– trvanlivost řezných hran
t_s	– strojní čas
T_Z	– zbytečný čas
VBD	– vyměnitelná břitová destička
v_c	– řezná rychlost
v_f	– posuvová rychlost
VW	– Volkswagen

Úvod

Mou bakalářskou práci jsem vypracovával ve firmě ŠKODA AUTO a.s. a konkrétně v nástrojárně V17A. Záměrem práce je racionalizace technologie obrábění při výrobě lemovacího lože.

V dnešní době hospodářské krize je snahou všech firem snížit náklady a zvýšit produktivitu práce na možné maximum. Obrábění a vše spojené s ním není výjimkou. V současnosti je hlavním cílem obrábění vyrobit výrobek v co nejkratším čase, s pokud možno levným, ale výkonným řezným nástrojem a s minimálními strojními náklady.

Cestou, jak snížit náklady, je analýza výrobního procesu, která v řadě případů odhalí nedostatky ve výrobě, zbytečné operace, či spíše její složky (úseky, úkony, sledy pohybů, pohyby). Po provedené analýze výrobního procesu se může přistoupit k vlastním návrhům racionalizace a optimalizace výrobního procesu.

Jednou z možností je hledání optimálních řezných nástrojů s ohledem na jejich parametry a náklady. A v neposlední řadě je cílem i snížení strojních nákladů, které se odvíjí od strojních časů, které jsou ovšem v závislosti na řezném nástroji. Náklady na řezné nástroje jsou v celkovém měřítku nákladů na obrábění celkem malé, ale pokud budeme používat moderní řezné nástroje účelně, budou mít značný vliv na ostatní náklady. Výsledkem účelně používaného moderního řezného nástroje, bude příznivý vliv na celkové náklady.

Záměrem a cílem práce bylo se zabývat těmito aspekty a pokusit se navrhnout racionalizaci jak spotřeby času, tak i řezných podmínek, která by vedla k nižším nákladům. Vzhledem k rozsahu operací při realizaci výroby lemovacího lože, nebylo možné věnovat v bakalářské práci prostor pro řešení všech operací. Proto by se dalo navázat na započatou práci a důkladněji ji rozvést v diplomové práci.

1. Seznámení s provozními podmínkami v nástrojárně

1.1. Historie nástrojárny

Na úvod bych se zmínil o více jak stoleté a zajímavé historii nářaďovny. Firemní literatura uvádí [3], že v roce 1895 byla založena dílna LAURIN & KLEMENT, pracovalo v ní pár dělníků a každý z nich si byl sám sobě nástrojařem. Okolo roku 1900 vzniká nástrojárna jako dílna, má svého mistra i vlastní prostory s několika ponky, vrtáčkami a bruskou. Tato dílna byla umístěna v novém závodě, který byl postaven podél hřbitova, v prostoru pozdější rámovny a dnešních dílen generálních oprav. Nástrojárna zajišťovala v té době řadu vrtacích přípravků, šablon a speciálních přípravků.

V Roce 1907 vzniká akciová společnost LAURIN & KLEMENT v následujících letech dojde k výstavbě dalších budov. V roce 1914 ale vypuká 1. Světová válka, v Laurince se zavádí výroba granátů. Nástrojárna byla v té době vybavena soustruhy, vertikálními frézky, hoblíky, bruskami, vrtáčkami a pracovalo v ní 35 pracovníků.

Po válce se začíná pomalu rozvíjet výroba automobilů, což je spojené s rozšířením nástrojárny, která má už okolo padesáti strojů a je spojená se skladem a výdejnou nástrojů. V nástrojárně se realizuje výroba již zmíněných vrtacích šablon, pantových vrtacích klapáček (po válce v roce 1945 označovaných jako „osa“), soustružnických nožů a řada položek speciálního nářadí a pomůcek. Také se vyráběly náhradní díly pro závodní stroje, součásti automobilů, přípravky apod.

K historickému okamžiku dochází v roce 1925, kdy došlo ke spojení s Plzeňskou Škodovkou, ta má na tu dobu již velkou nástrojárnu, dokonce i s vlastním lisem, který v Boleslavi není. Toto spojení velice silně ovlivnilo nástrojařskou budoucnost. V roce 1928 je na ploše 200 x 130 metrů postavena nová mechanická hala, tzv. AMERIKA (dnešní zdravotní středisko), ve které jsou rozmístěny stovky strojů s řemenovým transmisním pohonem. V této hale, na západní straně, byla vybudována nová nástrojárna, ve které našlo práci asi 40 pracovníků. Současně byla ovšem v provozu ještě několik let také nářaďovna ve starém závodě, které se říkalo stará nástrojárna.

Asi nejvýraznější mezník v meziválečné době se pro nástrojárnu datuje pro rok 1929, kdy dochází na přípravu pro náběh prvního automobilu Škoda Š 422, který měl z větší části karoserii tvořenou karosářskými výlisky (kapota, spodní kryty, kryt

u chladiče, přední blatníky, zadní blatníky, stupačky, držáky reflektoru, prahy apod.). S karosářskými výlisky je spojena zcela nová výroba raznic, kterým se tenkrát říkalo tahové zápustky, a vyráběly se v nové nástrojárně. Tato výroba vedla ke vzniku nového oddělení – *konstrukce lisovacích nástrojů*. Jen pro zajímavost, v roce 1930 se vyrobilo okolo 4 000 vozů a v roce 1931 to bylo 4 795 vozů.

V následujících letech přišel na řadu POPULÁR, RAPID a SUPERB, to vedlo k dalšímu rozvoji strojového parku nástrojárny, který se rozrostl o dalších 30 strojů a jeden lis. Poté přichází 2. Světová válka, během které byla výroba přizpůsobena potřebám armády III. Říše, pro kterou se vyráběla speciální terénní vozidla do Afriky, křídla letadel, chladičové systémy do letadel a velkorážové nábojnice pro děla.

Po válce se podařilo i přes embargo roku 1948 přivést nejen dvoutažný lis HMP 1000, ale také na tehdejší dobu unikát světové třídy – kopírovací frézku KELLER z USA. Např. u lisu HMP 1000 se konstruktéři snažili maximálně využít velikost stolu a jeho 1000 t. Proto také v konstrukci raznic vznikla pro Š 440 SPARTAK dvojice dílů v jedné raznici a to pro blatníky, postranice a kapoty. Osobní automobil Š 440 SPARTAK, který se začal malosériově vyrábět v roce 1954, si získal oblibu jak u nás, tak v zahraničí. Tento zájem o automobil si vynutil rozšířit a dovybavit lisovnu dalšími lisy, také dovybavit svařovnu, montáže i výpravu. Z pohledu potřeb nového nářadí šlo o velmi rozsáhlou etapu technické přípravy výroby z původní malosériové výroby na výrobu sériovou.

Koncem roku 1959 rozhodla vláda ČSSR o výstavbě nového závodu pro Š 1000 MB. Výběr prototypu vyšel pro řešení samonosné karoserie s motorem a převodovkou nad zadní nápravou, dále usnesení ukládalo pracnost 94 Nh, hmotnost 700 kg a nepřekročitelnou investici 936 milionů Kč. Ukázalo se dle technologických prověrek, že pro nízký stav investic a předpokládanou pracnost 94 Nh si realizace vyžaduje maximalistické nároky na speciální nářadí. Celkový objem speciálního nářadí pro Š 1000 MB činil 4,5 milionu Nh. Přičemž ale byla kapacita nářadoven AZNP pro daný časový průběh 1,8 milionu Nh, tj. 40%. Proto se přistoupilo na návrh technického rozvoje vyčlenit z AZNP část výroby a tím postupně vznikaly nové prostory pro rozšířená střediska nářadoven v budově 43 u III. Brány. Tam bylo umístěno středisko nářadovny pro mechaniku, středisko malých raznic včetně strojů, zkušebna malých a středních raznic, svařovací přípravky a klempíři. V roce 1961 byl ustaven samostatný

Odbor nářadí a došlo k zakoupení téměř 100 obráběcích strojů pro nářadovny, např. souřadnicové vrtačky, brusky na závity, kopírovací frézky, speciální frézky ACIERA.

Mezi léty 1964 – 1965 došlo k reorganizaci nářadoven, kdy vznikly pod Odborem nářadí tři samostatné provozy – *nářadovna pro metalurgické provozy, nářadovna pro třískové obrábění a mechaniku, nářadovna lisovací a svařovací*. S těmito změnami byly spojeny velké přesuny pracovníků a strojů. Na tuto reorganizaci poté navázalo vybudování samostatného provozu nářadovny pro lisovací a svařovací nářadí v uvolněných prostorách po výběhu výroby OCTAVIA. Další fází byla příprava Š 100/110 (1967 - 1969), došlo k velké modernizaci karoserie, která vedla ke změnám v přípravě raznic, tuto přípravu ovšem značně ztížila okupace vojsk Varšavské smlouvy na našem území. A aby toho nebylo málo, došlo ještě k rozsáhlému požáru, který zničil nejen budovu 109, ale také značnou část nářadovny pro třískové obrábění.

Následovala normalizace, která trvala do roku 1972. Odbor nářadí a nářadovny byly označovány jako „hnízdo kontrarevoluce“, což mělo za následek odvolání řady pracovníků z vedoucích funkcí a rozbití diletantským zásahem tehdejšími vedením, několik let budovaný a všemi službami vybavený Odbor nářadí. Nářadovna raznic a svařovacích přípravků byla již umístěná ve stávající hale V17.

Dostáváme se do období přípravy studií na zavedení vozů řady Š 760, kdy bylo mimo jiné patrné z mnoha rozborů, že kromě nových strojů z výstavby V17A a M9 pocházela většina původních strojů z minulých období (stáří od 26 až 40 let). Proto došlo na obnovu původního strojového parku a zavedení nových pokrokových technologií. V letech 1984 – 1986 došlo na přípravu výroby Š 780 FAVORIT, která pro výrobu znamenala nejen změnu karoserie, ale i řešení podvozkových orgánů, nových výkovek a odlitků.

V roce 1989 přichází Sametová revoluce a s ní spojená celá řada změn. Největší a zásadní změnou byl vstup VW do podniku, který byl 28. března 1991 stvrzen smlouvou a vznikla tak ŠKODA, automobilová akciová společnost. Vstup VW do podniku je největším a nejdůležitějším milníkem novodobé historie Škodovky a vedl k tomu, že je dnes ŠKODA AUTO, a.s. velice moderní, prosperující, známá a v neposlední řadě úspěšná firma v rámci jak Naší republiky, tak i celé Evropy.

1.2. Současné provozní podmínky

Vstup VW do podniku odstartoval řadu změn, které vedly ke zkvalitnění výroby, zvýšení spolehlivosti, hospodárnosti, jakosti výroby a hlavně došlo k zavádění nových a moderních metod i technologií do výroby, které se samozřejmě dotkly i nástrojárny.

Co se týkalo nástrojárny, šlo hlavně o zavádění *CAD/CAM technologií*. *CAD* je zkratka z anglického tvaru Computer Aided Design, což z překladu znamená počítačová podpora konstrukce. *CAM* je zkratka z anglického tvaru Computer Aided Manufacturing, což je počítačová podpora výroby. *CAD/CAM* je tedy počítačový systém s integrovanou podporou konstrukce a výroby součástí. Zavedení těchto technologií muselo být samozřejmě podpořeno obměnou strojového parku a nakoupením CNC strojů pro obrábění. [2]

Tato modernizace nástrojárny, spojená se zaškolením nových pracovníků a podpořena následnou kvalitní výrobou. Ve výsledku modernizace vedla k tomu, že byla nástrojárna zařazena do velmi úzkého okruhu výrobců nářadí v Evropě, kteří mají doporučení vyrábět raznice na veškeré povrchové díly karosérií.

Nástrojárna jako hala je rozdělena na 3 hlavní části. V první části haly se realizuje *výroba lisovacího nářadí* (raznice na karoserie), ve druhé části *výroba svařovacích přípravků* (součásti budoucích či stávajících svařovacích linek) a ve třetí části haly je *výroba tlakových forem* (formy pro lití bloků motorů a převodovek).

Kromě výroby nářadí, tlakových forem, přípravků a dalších výrobků nutných pro vlastní potřeby závodu se nástrojárna snaží uspět i ve výběrových řízeních v rámci koncernu pro výrobu kompletních linek např. pro lemování, svařování, či výrobu raznic pro karoserie. Vzhledem k vysoké úrovni a kvalitě nástrojárny se tyto zakázky daří získávat a realizovat. Příkladem je i lemovací lože na VW POLO, o kterém je má bakalářská práce a které je součástí kompletní linky pro lemování motorových kapot na VW POLO, TIGUAN a Škodu FABII.

V nástrojárně je také umístěna modelárna, ve které se dle CAD dat vyrábí z polystyrenu modely pro odlévání odlitků metodou spalitelného modelu. Tyto modely se poté posílají do slévárny, kde se následně uskuteční vlastní lití odlitku. [3]

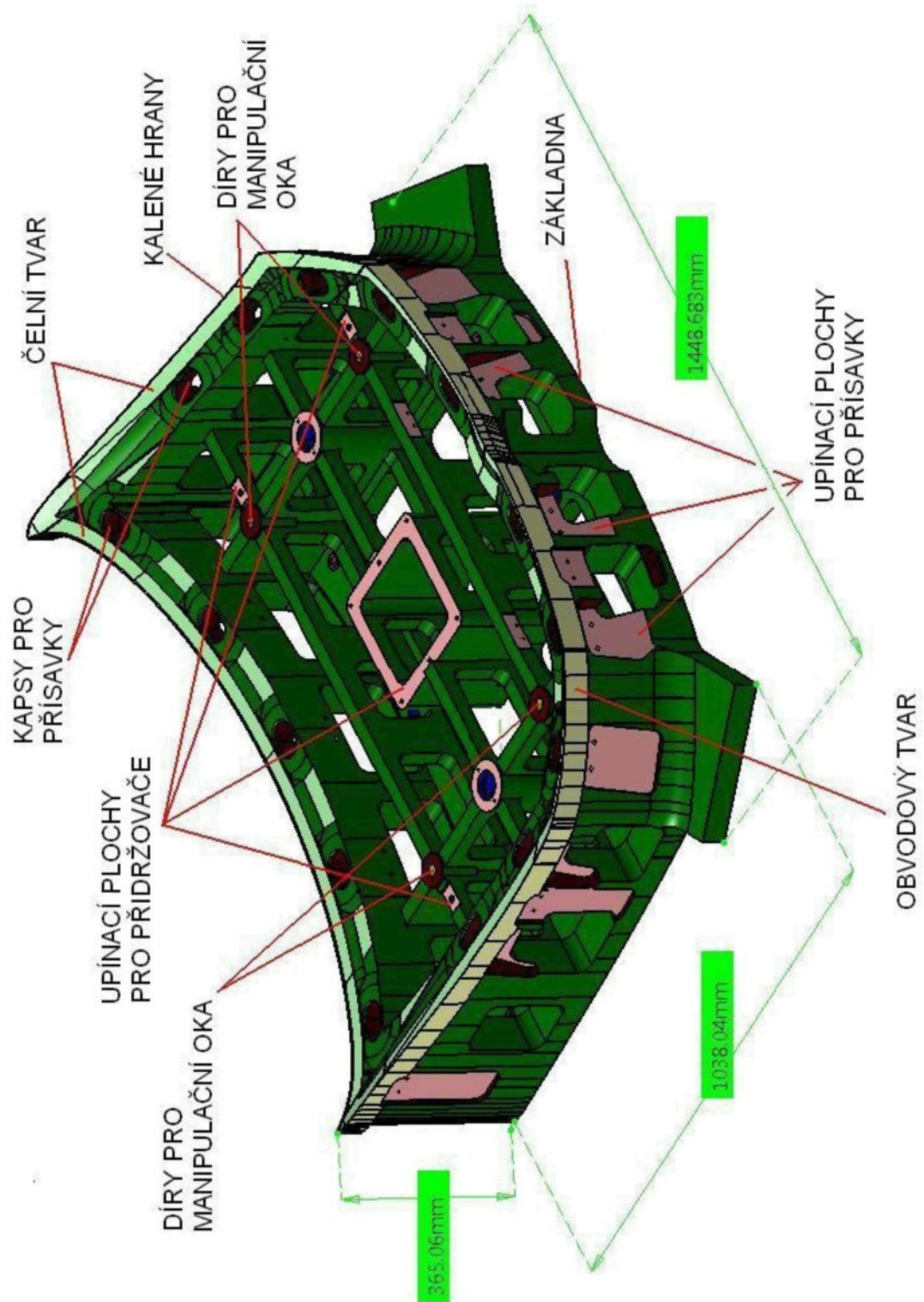
2. Seznámení s obrobkem

2.1. Charakteristika lemovacího lože

Obrobkem je *lemovací lože*, které spolu s ostatními komponenty tvoří linku pro lemování motorových kapot VW POLO, TIGUAN a ŠKODU FABII. Funkcí lemovacího lože, spolu s dalšími prvky linky, je spojit dva již z lisovny připravené plechy, které dohromady tvoří motorovou kapotu pro VW POLO.

Polotovarem pro výrobu lemovacího lože je odlitek z materiálu *EN-JS2070*, jedná se o litinu s kuličkovým grafitem DIN EN 1563. Chemické složení litiny je následující: obsah $C = 3,2$ až $3,4\%$, $Mn = 0,3$ až $0,8\%$, $Si = 1,8$ až $2,4\%$, $P \leq 0,05\%$, $S \leq 0,01\%$, $Cu = 1,0\%$, $Ni = 1,0\%$ a $Mo = 0,5\%$. Mez pevnosti $R_m = 700 \text{ MPa}$, smluvní mez kluzu $R_{p0,2} = 420 \text{ MPa}$ a rozsah tvrdosti dle Brinella je $225 - 305 \text{ HB}$. Tato litina se dá svařovat, lze tedy provádět opravy navařením materiálu a jeho následovným obrobením a docílením požadovaného přesného tvaru. Lemovací lože má hmotnost 790 kg. [1]

Samotné lože je tvořeno *základnou*, která slouží pro upnutí lemovacího lože do linky a tato základna je také základnou technologickou pro obrábění. Dále je tvořeno činnými plochami, kterými jsou *čelní a obvodový tvar*, ty spolu tvoří hranu, která je kalená laserem na [1] $58 - 62 \text{ HRc}$. Na těchto plochách a hraně se realizuje pomocí přidržovačů a robota s lemovací hlavou vlastní lemování plechů. Dalšími částmi lemovacího lože jsou *upínací plochy a kapsy* pro tzv. *přísavky*, které brání pohybu plechů při lemování. Pokud by tam tyto přísavky chyběly, mohlo by při lemování dojít k posunutí plechů a vzniku zmetků. Na lemovacím loži jsou ještě plochy pro upnutí přidržovačů a čidel pro kontrolu polohy plechu po založení do lemovacího lože. Vše viz Obr. 2.1. na další straně. Z hlediska opakovatelnosti procesu, se jedná o kusovou výrobu.



Obr. 2.1. Popis lemovacího lože [1]

2.2. Popis linky pro lemování motorových kapot

Linka je navržena tak, aby byla možnost vyrábět motorové kapoty dle potřeby jak pro VW POLO a TIGUAN, tak i pro ŠKODU FABII. Na rámu jsou na pojezdech zakotvena všechna tři lemovací lože (pro VW POLO a TIGUAN, pro ŠKODU FABII). Podle aktuální výroby se nasune na pracovní místo konkrétní typ lemovacího lože a je realizováno samotné lemování motorových kapot. Vizualizace linky viz příloha Obr. 1.

Stručný postup vlastního lemování je následovný. Robot uchopí ze zásobníku výlisek *vrchního plechu* (to je budoucí motorová kapota jak ji vidíme při pohledu na automobil, viz příloha Obr. 3.), vloží ho do přípravku a po celém obvodu v místě budoucího lemu nanese další robot *lepidlo* (lepidlo brání korozi a zlepšuje vlastnosti spoje – lemu). Po nanesení lepidla dojde k přiložení výlisku *spodního plechu* (tento plech je vidět z motorového prostoru vozidla po otevření kapoty, viz příloha Obr. 3.) a spojení obou plechu. V dalším kroku robot uchopí tyto dva spojené plechy a vloží je do lemovacího lože.

Po založení plechů do lemovacího lože přijede ze shora *přidržovač*, který zabezpečí, aby plechy přesně dosedaly na funkční plochy. Již zmíněné *přísavky* zaručí pevnou polohu plechů. Následuje vlastní vytvoření lemu. Lem je realizován postupným přejížděním *lemovací hlavy robota*. Robot vede přesně danou dráhou a skolen lemovací hlavu, která postupně (na čtyři dráhy) vytvoří lem, který je pevným a nerozebíratelným spojem, viz příloha Obr. 2.

Když je ukončeno lemování, odjede přidržovač nahoru, robot vyjme kapotu, vloží ji do přípravku, ve kterém dojde k vytvrzení lepidla působením *teploty okolo 100°C*. Posledním krokem je vyjmutí kapoty z přípravku pro vytvrzení lepidla a jeho založení do zásobníku. Tímto je proces lemování motorové kapoty ukončen a stále se opakuje dokola. Celý tento pracovní proces se děje *plně automaticky*, bez lidské práce. Pracovník kontroluje *jakost lemu*, zda není zvlněný, hlídá celý proces a také provádí *sekáčovou zkoušku*, při které se zjišťuje pevnost lemu. Další detailní obrázky viz příloha.

3. Seznámení s technologickým postupem a jeho analýza

3.1. Výrobní proces a jeho členění

Z hlediska opakovatelnosti výrobního procesu firemní literatura uvádí [6], že dělíme sériovost výroby na tři základní skupiny a to na *kusovou výrobu*, *sériovou výrobu* a *hromadnou výrobu*.

Kusová výroba – tato výroba se realizuje zpravidla na univerzálním stroji a je charakteristická nejvyšší kvalifikací pracovníka, častým střídáním výrobků, výjimečnou opakovatelností a výrobou v delším a nepravidelném cyklu.

Sériová výroba – při této výrobě je použito převážně univerzálnějšího výrobního zařízení. Výroba jednotlivých výrobků se opakuje v dávkách a pracovník musí mít vyšší kvalifikaci. Sériová výroba se dále dělí do tří podskupin, kterými jsou *malosériová výroba*, *středně sériová* a *velkosériová výroba*.

Hromadná výroba – tato výroba je charakteristická používáním většinou speciálního výrobního zařízení, určeného pro jeden druh výrobku nebo jeho varianty. Hromadná výroba bývá často automatizována (mechanizace, robotizace apod.). V případě, že není výroba plně automatizována, dosahuje pracovník při stálém opakování pracovních úkonů a pohybu, vysokého stupně zapracovanosti a minimalizace spotřeby času při minimálním nároku na jeho kvalifikaci.

Základem každé výroby jakéhokoliv výrobku je *výrobní postup*, který se dále dělí na *technologický* a *pracovní postup*. Bez výrobního postupu nelze vyrobit žádný výrobek. Nejjednodušším výrobním postupem je výkresová dokumentace součástí. Ta postačí například při výrobě relativně jednoduchého výrobku a patřičně kvalifikovaný pracovník dokáže vyrobit daný výrobek dle této výkresové dokumentace. Pro složitější výrobky je nutné, aby technolog vypracoval výrobní postup, jenž je závazným předpisem pro pracovníky a je buď v písemném, obrázkovém či znakovém vyjádření.

Výrobní postup – je to sled veškerých technologických a pracovních dějů, které vedou k přeměně výchozího materiálu (polotovaru) na požadovaný konkrétní výrobek. Úkolem výrobního postupu je tedy zajistit to, aby technologické a pracovní činnosti a jejich sled nebyly ponechány na vůli pracovníka. Jde tedy o závazný předpis metod práce, sledu operací a předepsaných technologických podmínek, které musí pracovník dodržovat. Výrobní postup musí zajistit danou jakost výrobku, nejnižší průběžnou dobu výrobku, nejnižší výrobní náklady a konkrétní strojní vybavení.

Technologický postup – je částí výrobního postupu, v jehož sledu dějů, se pomocí výrobního zařízení, docílí přeměny výchozího materiálu (polotovaru) na určitý výrobek. Jinými slovy dojde na stroji (např. soustruhu, vrtáče, frézce apod.) ke změně tvaru polotovaru vlivem působení nástroje (soustružnického nože, vrtáku, fréze apod.). Tato změna tvaru se děje za daných a předem definovaných technologických podmínek (otáčky, posuv, řezná rychlost).

Pracovní postup – je částí výrobního postupu, v jehož sledu dějů zasahuje pracovník, dělník nebo skupina dělníků.

Schéma členění výrobního postupu:



Členění na operace – postupné změny výchozího materiálu (polotovaru), které vedou k výslednému výrobku nazýváme ve výrobním postupu jako *operace*. Operace dělíme na *technologické* a *pracovní*. Protože je ale při normování výkonu vždy prioritou rozdělování nebo naopak spojování pracovních úkolů za účelem vyjádření objemu práce výkonovými normami, je nutno chápat *operaci* vždy jako *pracovní*. Operace se člení na čtyři základní části a to na *úseky, úkony, sledy pohybů a pohyby*.

Operace – je to z hlediska normování časově souvislá a ukončená část výrobního postupu, která je prováděna na jednom pracovišti. Většinou je přidělována jako samostatný pracovní úkol jednomu dělníkovi nebo jedné pracovní četi na jedné součásti nebo dávce součástí. Operace rovněž slouží jako jednotka pro kalkulaci. Pokud

si výroba vyžaduje nutnost podrobnějšího zkoumání dané operace (z hlediska účelnosti práce, zajišťování budoucí normativní spotřeby času) je operace dále členěna (viz schéma) na:

Schéma členění operace:



Úsek – je to taková část operace, ze které můžeme z důvodu organizačních, kapacitních či ekonomických ještě účelně vytvořit samostatnou operaci (např. upnutí, odepnutí, vrtání, frézování apod.). Úsek je prováděn na jedné ploše konkrétní součásti, při jednom upnutí, jedním nástrojem nebo skupinou nástrojů za stálých technologických podmínek.

Úkon – je část operace, kterou je možno dále členit. Je však svým obsahem specifická pro určité pracovní činnosti (zásah určitým nástrojem, upnutí, najetí do řezu).

Sled pohybu – je to opět část operace. Je možno ji dále členit na pohyby. Už ovšem není tato část specifická pro určité činnosti. Sled pohybů zpravidla nedává pracovní výsledek (např. sáhnout, uchopit, obrátit apod.).

Pohyb – je to dále již nedělitelná část operace, která bez návaznosti dalších pohybů nikdy nedává pracovní výsledek (např. přehmátnout prsty na předmětu – pro lepší manipulaci).

3.2. Stručný popis jednotlivých fází výroby

První fází realizace lemovacího lože je konstrukce. Konstruktor vytvoří 3D model pomocí speciálního softwaru, v tomto případě CATIA V5R19. Tento 3D model má všechny nutné parametry pro tvorbu výkresu a následnou výrobu. Z tohoto modelu se vygenerují data a vytvoří se program pro CNC frézku, která vyrobí v modelárně polystyrenový model, který má přesné rozměry lemovacího lože zvětšené jednak o míru smrštění, které následuje po odlití odlitku a také o přídavky na obrábění. Vyrobený model jde následně na specializované pracoviště, kde se pomocí fotometrie digitalizuje.

Fotometrie je efektivní 3D technika souřadnicového měření k digitalizaci povrchů objektů. Zjednodušeně řečeno se pomocí fotometrie vytvoří velice přesný digitální 3D model již skutečného výrobku. Tento 3D model se následně porovná s 3D modelem z konstrukce a zjistí se rozměrové odchylky. Pokud jsou rozměry polystyrenového modelu v tolerancích, může se přistoupit k vlastnímu lití. To se odehrává v externí slévárně. [5]

Pokud rozměry nesouhlasí, pošle se polystyrenový model zpět do modelárny, kde ho buď opraví na správné rozměry, nebo vyrobí nový. Pomocí fotometrie lze tedy odhalit chybu již na počátku výroby a předejít tak zbytečným ztrátám.

Ve slévárně je tedy vyrobena forma pomocí polystyrenového modelu doručeného z modelárny. Následuje vlastní výroba odlitku metodou spalitelného modelu. Kdy při lití roztaveného kovu do formy dochází k postupnému spálení polystyrenového modelu, tím se vytváří dutina a roztavený kov tuto dutinu vyplní. Vznikne celkem přesný odlitek, který opět putuje na fotometrii a dojde k jeho proměření stejným principem, který jsem popsal výše.

Pokud i odlitek splňuje rozměrové požadavky, přistoupí se k samotnému obrábění. Realizace výroby lemovacího lože je uskutečněna z největší části na obráběcím centru TRIMILL VU 3013, kde se frézuje základna, pomocné a válcové plochy, čelní a obvodový tvar, vrtají se díry a řezou závity (vše viz příloha - technologický postup).

Zbytek se realizuje na ručním pracovišti, ať už kvůli špatnému přístupu obráběné plochy (vrtání děr a řezání závitů pro držák čidla), tak nutnosti ruční práce při ostření hran, leštění, konzervaci lemovacího lože a balení. Základní kontrola rozměrů, jakou je

měření přesností děr a závitů, se realizuje přímo na pracovišti pomocí kalibrů a tuto kontrolu průběžně vykonává obsluha stroje. Vzhledem ke složitosti lemovacího lože není ale možné většinu ostatních rozměrů kontrolovat přímo na pracovišti obráběcího centra, proto je tato kontrola prováděna na specializovaném pracovišti s 3D měřicím zařízením POLI TCX 3000.

Po této kontrole se lemovací lože zakonzervuje, zabalí a pošle se na kalení laserem, které provádí externí firma. Kalí se hrana mezi čelním a obvodovým tvarem po celém obvodu v šíři 15 mm na 58 – 62 HRc. Po kalení následuje opět kontrola na specializovaném pracovišti. Posledním krokem je montáž kontrolních trnů, jejich ověření a zaznamenání souřadnic středu kontrolních trnů. [1]

3.3. Analýza technologického postupu

Pracovník dostane vypracovaný technologický postup (v tištěné podobě) a také pracovní postup (uložený na disku k nahlédnutí). Oba dva postupy jsem nastudoval a provedl jejich analýzu.

Protože se jedná o kusovou výrobu, technologický postup je zjednodušený, avšak jednoznačný. Každá operace není dále podrobněji zkoumána a členěna na úseky, úkony, sledy pohybů a pohyby. Toto členění je v tomto případě pro výrobu jednoho kusu lemovacího lože v nástrojárně zbytečné, proto je technologický postup vypracován technologem i s ohledem na kvalifikaci pracovníka, schematicky. [1]

3.3.1. Členění technologického postupu

U technologického postupu jsem provedl členění na 3 základní složky – a to na *operace, úseky a úkony*. Vycházel jsem z technologického postupu, který jsem dostal k dispozici ve firmě [1]. Provedl jsem jeho členění ve vzájemné konzultaci s normovačem a výsledek jsem zpracoval do přehledné tabulky. Rozčleněný technologický postup viz Příloha 2.

3.3.2. Technologické podmínky

V odborné literatuře se uvádí [4], že mezi technologické podmínky (říká se jim také řezné podmínky) patří:

Řezná rychlost v_c [m/min], která je definována vztahem

$$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (1)$$

kde π [-] je *Ludolfovo číslo*, D [mm] je *průměr nástroje*, n [1/min] jsou *otáčky vřetene*. Řezná rychlost označuje obvodovou rychlost, kterou břit odebírá materiál obrobku ve formě třísky.

Rychlost posuvu v_f [mm/min], která je definována vztahem

$$v_f = f_z \times n \times z \quad (2)$$

kde f_z [mm] je *posuv na zub*, n [1/min] jsou *otáčky vřetene*, z [-] je *počet zubů*. Rychlost posuvu odpovídá relativní rychlosti mezi osou nástroje a obrobkem.

Posuv na zub f_z [mm], je definován vztahem

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z} \quad (3)$$

kde v_f [mm/min] je *rychlost posuvu*, n [1/min] jsou *otáčky vřetene*, z [-] je *počet zubů*. Posuv na zub je při frézování klíčovou hodnotou, protože fréza je vícebřitý nástroj a pomocí posuvu na zub lze zajistit to, aby každý zub obráběl za co možná nejlepších podmínek. Posuv na zub je dráha, kterou urazí fréza během záběru jednoho zubu.

Axiální hloubka řezu a_p [mm], Radiální hloubka řezu a_e [mm], ovlivňují objem odebraného materiálu, tj. výkon obrábění.

Strojní čas t_s [min], výpočet strojního času již nepatří do řezných podmínek, ale je důležitou hodnotou pro kalkulaci a je definován vztahem

$$t_s = \frac{L}{v_f} \quad (4)$$

kde L [mm] je *dráha nástroje* a v_f [mm/min] je *rychlost posuvu*.

Technologické podmínky, jsou jasně dané technologem a pracovník by je měl dodržovat. Technologické podmínky by měli být navrženy dle stroje, na kterém se realizuje výroba, dle materiálu, který se obrábí a dle řezných nástrojů, které jsou ve

firmě k dispozici. Souhrn všech technologických podmínek jsem podrobně zpracoval do tabulky, viz Příloha 3.

3.3.3. Pracovní programový postup

V této kapitole jsem vypracoval přehledný pracovní programový postup obrábění lemovacího lože. Čerpal jsem z pracovního postupu [1], který jsem dostal k dispozici. Veškeré obrábění je realizováno na obráběcím centru TRIMILL VU 3013. Výjimkou jsou pouze operace číslo 40 a 45, které se realizují na ručním pracovišti. V operaci číslo 40 se na těžko přístupných plochách řezou závity a ostří hrany. V operaci číslo 45 se leští čelní tvar ručně.

Vzhledem ke složitosti lemovacího lože a jeho obráběných ploch, drtivou většinu CNC programů dělají programátoři a to z důvodu definování složitých drah nástrojů. Tyto programy následně uloží na síťový disk, ze kterého si pak pracovník, dle technologického postupu, stáhne příslušný program do řídicího systému stroje. Pokud jde o jednoduché programy ve 2D, tak ty si pracovník píše sám. Vypracovaný programový postup, viz Příloha 4. Z programového postupu vyplývá, že jsou programy navrženy racionálně.

3.3.4. Kontrola rozměrů a jakosti

Kontrola běžných tvarů jako jsou díry, závity apod. se realizuje přímo na pracovišti a provádí ji pracovník pomocí kalibrů a posuvného měřidla. Pracovník má takovou kvalifikaci, že ví kdy přesně má kontrolu provést a není proto tato kontrola uvedena v technologickém postupu.

Kontrola tvarových ploch, vzhledem k jejich složitosti a náročnosti na kontrolu, se realizuje na specializovaném pracovišti vybaveném 3D měřícím strojem POLI TCX 3000, obrázek viz příloha Obr. 69. Konkrétně se dle technologického postupu (viz příloha Tab. 1) provádí kontrola na 3D měřícím stroji v operaci číslo 35. Kdy se kontrolují úseky v operacích 20, 25 a 30 označené v technologickém postupu hvězdičkou (pozn. *). Jedná se o přesné díry, u kterých se kontroluje jejich poloha. Hlavně se ale kontroluje čelní a obvodový tvar. Ty jsou na kontrolu nejnáročnější. Tato kontrola čelního a obvodového tvaru se opakuje po operaci 45 (leštění tvaru) a po operaci 60 (kalení ploch laserem). [1]

4. Možnosti racionalizace technologického postupu

4.1. Výběr konkrétního úseku pro racionalizaci

Pro návrh racionalizace jsem zvolil, vzhledem k rozsahu výroby lemovacího lože a obsáhlosti operací, konkrétní úsek. Jedná se o hrubování obvodového tvaru odlitku, které je rozděleno do dvou úseků. První úsek je *hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm* a je obsažen v operaci 15. Druhým úsekem je *hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm*, ten je obsažen v operaci 25.

4.2. Rozbor úseku pro hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm

První částí hrubování obvodového tvaru odlitku je úsek *hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm*. Ten se ještě dál člení na 4 úkony, viz Tab. 1. Program pro obrobení obvodového tvaru píše, vzhledem ke složitosti drah, programátor. Tento program je rozdělený na 4 části a to z důvodu přítomnosti nálitků, které jsou v rozích odlitku. Tyto nálitky, jak již bylo řečeno v příloze u pracovního programového, slouží k upnutí a jsou odstraněny až po obrobení základny načisto.

Program má tedy 4 fáze a v každé fázi vždy obrábí část mezi dvěma odlitky, viz Příloha 4, Tab. 6. *úsek - Hrubovat obvodový tvar s přídavkem 2mm*. Nástroj se dle definovaných drah pohybuje v horizontální rovině po jednotlivých vrstvách a postupně odebírá materiál odlitku. Dráhy nástroje jsou dle mého názoru definovány účelně a žádné zbytečné plýtvání přejížděním apod. neobsahují. Proto se při návrhu racionalizace zaměřím na technologické podmínky.

Tab. 1: Výtah konkrétního úseku z technologického postupu, zdroj Příloha 2.

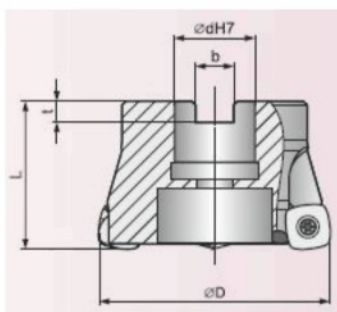
č. op.	středisko pracoviště	operace	úsek	úkon
15	4214 45355	Hrubování čelního a obvodového tvaru	Hrubovat obvodový tvar odlitku s přídavkem 2 mm	Hrubovat obvodový tvar – 1. část
				Hrubovat obvodový tvar – 2. část
				Hrubovat obvodový tvar – 3. část
				Hrubovat obvodový tvar – 4. část

Tab. 2: Nástroj pro hrubování obvodového tvaru [1]

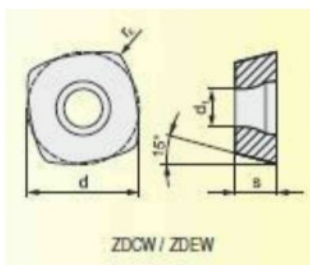
Nástroj:	Pramet 66A05R-SMOZD12-C
Průměr: D [mm]	66
Rádus: R [mm]	3,52
Délka: L [mm]	40
Šířka: b [mm]	10,4
Hloubka: t [mm]	6,4
Průměr: $dH7$ [mm]	22
Počet zubů: z	5
Počet VBD: p_{VBD}	5
Cena nástroje: C_n [Kč]	7 500
Vyměnitelná břitová destička	ZDEW120408-7010
Průměr vnější: d [mm]	12,7
Tloušťka: s [mm]	4,76
Průměr díry: d_1 [mm]	4,4
Rádus: r_s [mm]	0,8
Počet řezných hran na VBD: p_{RH}	4
Trvanlivost řezné hrany VBD: T_{RH} [min]	138
Velikost opotřebení VBD: O_{VBD} [%]	100
Cena za VBD: C_{VBD} [Kč]	128



Obr. 4.1. Pramet 66A05R



Obr. 4.2. Pramet 66A05R



Obr. 4.3. ZDEW120408-7010

Na obrábění obvodového tvaru s přídavkem 2 mm byla použita fréza 66A05R-SMOZD12-C od firmy Pramet a vyměnitelná břitová destička rovněž od firmy Pramet s typovým označením ZDEW120408-7010, vše viz Tab. 2. Řezné podmínky, viz Tab. 3, jsou nastaveny na co nejhospodárnější úroveň jak vzhledem k nástroji, tak i stroji. Hloubka záběru a_p je nastavena na maximální hodnotu 1,5 mm.

Tab. 3: Řezné podmínky [1]

Otáčky: n [min^{-1}]	1000
Řezná rychlost: v_c [m/min]	207,35
Posuv na zub: f_z [mm]	1
Rychlost posuvu: v_f [mm/min]	5000
Hloubka záběru: a_p [mm]	1,5
Zatížení vřetene	10%
Čas simulace obrábění z programu CATIA V5 [min]	91
Skutečný čas obrábění [min]	118
Hodinová sazba stroje: H_S [Kč]	823
Norma na obrobek: N_{OBR} [min]	2000

4.3. Rozbor úseku pro hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm

Druhou částí hrubování obvodového tvaru, je úsek *hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm*, viz Tab. 4. Před tímto úsekem jsou odstraněny nálitky, takže jsou dráhy nástroje programátorem nadefinovány tak, že nástroj odebírá materiál v horizontální rovině po jednotlivých vrstvách kolem celého obvodu odlitku. Dráhy nástroje jsou opět navrženy racionálně a není tedy, dle mého názoru, jejich případná změna. Dráhy nástroje viz Příloha 4, Tab. 10. *úsek - Hrubovat čelní a obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm*, *úkon - Hrubovat celý obvodový tvar s přídavkem 0,5mm*. Cílem racionalizace budou opět technologické podmínky.

Tab. 4: Výtah konkrétního úseku a úkonu z technologického postupu, zdroj Příloha 2

č. op.	středisko pracoviště	operace	úsek	úkon
15	4214 45355	Hrubování čelního a obvodového tvaru, vrtání děr, řezání závitů, obrábění přesných ploch na míru	Hrubovat čelní a obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm	Hrubovat celý obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm

Na hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm byl použit stejný nástroj jako v případě hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm, viz Tab. 2. Řezné podmínky jsou opět nastaveny na maximální hospodárnost, vše viz Tab. 5.

Tab. 5: Řezné podmínky [1]

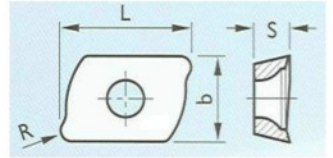
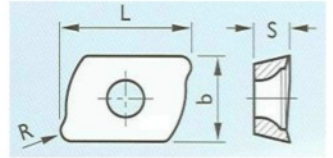
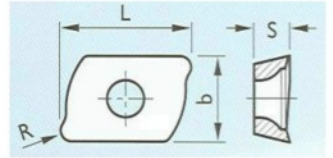
Otáčky: n [min^{-1}]	1000
Řezná rychlost: v_c [m/min]	207,35
Posuv na zub: f_z [mm]	1
Rychlost posuvu: v_f [mm/min]	5000
Hloubka záběru: a_p [mm]	1,5
Zatížení vřetene	10%
Čas simulace obrábění z programu CATIA V5 [min]	113
Skutečný čas obrábění [min]	146
Hodinová sazba stroje: H_S [Kč]	823
Norma na obrobek: N_{OBR} [min]	2000

4.4. Návrhy racionalizace

Během obrábění lemovacího lože, se v rámci snahy o snížení nákladů, provedla zkouška, která se týkala právě hrubování obvodového tvaru, a to jak s přídavkem 2 mm, tak i s přídavkem 0,5 mm. Během zkoušky se použil, na doporučení z centrální výdejny, nový nástroj. Vzhledem k jeho parametrům se změnilo několik technologických podmínek. Zkouška se prováděla opět na stroji TRIMILL VU 3013 a cílem bylo zjistit, zda je nová navrhovaná technologie produktivnější, a to jak z pohledu nákladů na řezné nástroje, strojních nákladů, tak i času na obrábění. Parametry zkoušek viz kapitoly 4.4.1 a 4.4.2.

4.4.1. Parametry zkoušky pro hrub. obv. tvaru s přídavkem 2 mm

Tab. 6: Zkoušený nástroj pro hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm [1]

Nástroj:	DEPO X66691	
Průměr: D [mm]	66	
Průměr: D_2 [mm]	60	
Délka: GL [mm]	50	
X_2 : [mm]	AF22/M12	
Úhel: K [°]	95	
Počet zubů: z	6	
Počet VBD: p_{VBD}	6	
Cena nástroje: C_n [Kč]	6 767	
Vyměnitelná břitová destička	0408122-K10	
Tloušťka: s [mm]	4,5	
Rádus: R [mm]	1	
Délka: L [mm]	12	
Šířka: b [mm]	8	
Počet řezných hran na VBD: p_{RH}	2	
Trvanlivost řezné hrany VBD: T_{RH} [min]	118	
Velikost opotřebení VBD: O_{VBD} [%]	100	
Cena za VBD: C_{VBD} [Kč]	191	

Obr. 4.4. DEPO X66691

Obr. 4.5. DEPO X66691

Obr. 4.6. 0408122-K10

Na obrábění obvodového tvaru s přídavkem 2 mm byla použita fréza X66691 od firmy Depo a vyměnitelná břitová destička rovněž od firmy Depo s typovým označením 0408122-K10, vše viz Tab. 6. Řezné podmínky, viz Tab. 7, jsou nastaveny podobně jako v původní technologii, s tím rozdílem, že hloubka záběru a_p je nastavena na zkušební hodnotu 1 mm a posuvová rychlost v_f na 8000 [mm/min]. Změnil se také posuv na zub f_z na 0,83 [mm].

Tab. 7: Zkoušené řezné podmínky [1]

Otáčky: n [min^{-1}]	1000
Řezná rychlost: v_c [m/min]	207,35
Posuv na zub: f_z [mm]	0,83
Rychlost posuvu: v_f [mm/min]	8000 – ihned snížen na 5000
Hloubka záběru: a_p [mm]	1
Zatížení vřetene	10%
Čas simulace obrábění z programu CATIA V5 [min]	136
Skutečný čas obrábění [min]	138
Hodinová sazba stroje: H_s [Kč]	823
Norma na obrobek: N_{OBR} [min]	2000

Průběh zkoušky:

Na počátku se musela snížit nevyhovující posuvová rychlost v_f z 8000 [mm/min] na 5000 [mm/min]. Jinak se celý průběh obrábění obešel bez vibrací. Obrábění se muselo, za celou dobu 138 minut, 9krát přerušit a to z důvodu otočení, či výměny vyměnitelných břitových destiček na nástroji. V jednom místě se v délce 50 mm objevil písek. Tato vada je způsobena chybou při odlévání a způsobuje nadměrné opotřebení vyměnitelných břitových destiček. Namáhání vřetene bylo při vyložení 200 mm 10%. Odlitek byl chlazen stlačeným vzduchem a to z důvodu, že materiál obrobku je litina a ta při chlazení vodou rychle rezne.

Hodnocení zkoušky:

Nástroj se při daných technologických podmínkách a vyložení choval klidně. Nevýhodou je o něco nižší trvanlivost vyměnitelných břitových destiček, než u původní technologie, což způsobilo zvýšení strojního času oproti původním 118 minutám na 138 minut. Výhodou ale je, že je možnost výraznějšího zvětšení hloubky záběru a_p a tím strojní čas zkrátit.

4.4.2. Parametry zkoušky pro hrub. obv. tvaru s přídávkem 0,5 mm

Pro hrubování obvodového tvaru s přídávkem 0,5 mm byl použit obdobný nástroj od firmy Depo s typovým označením X76690 a stejné vyměnitelné břitové destičky Depo 0408122-K10. Rozdíl mezi nástroji je pouze v počtu zubů z a úhlu K . Počet zubů z frézy X76690 je 7 (předešlý nástroj má 6 zubů), úhel K je 90° (předešlý nástroj má K 95°). Ostatní parametry jak nástroje, tak vyměnitelné břitové destičky jsou totožné, viz Tab. 6.

Řezné podmínky, které byly nastaveny během zkoušky, byly obdobné jako v předešlé zkoušce (viz Tab. 8), ale na rozdíl od původní hodnoty hloubky záběru a_p 1 [mm], byla nyní použita hloubka záběru a_p 6 [mm] a posuvová rychlost v_f 3000 [mm/min]. Posuv na zub f_z má hodnotu 0,43 [mm].

Tab. 8: Zkoušené řezné podmínky [1]

Otáčky: n [min^{-1}]	1000
Řezná rychlost: v_c [m/min]	207,35
Posuv na zub: f_z [mm]	0,43
Rychlost posuvu: v_f [mm/min]	3000
Hloubka záběru: a_p [mm]	6
Zatížení vřetene	10%
Čas simulace obrábění z programu CATIA V5 [min]	48
Skutečný čas obrábění [min]	65
Hodinová sazba stroje: H_S [Kč]	823
Norma na obrobek: N_{OBR} [min]	2000

Průběh zkoušky:

Celý průběh obrábění byl charakterizovaný klidným chodem bez vibrací. Během Obrábění, které trvalo 65 minut, proběhla jednou kontrola vyměnitelných břitových destiček a nebyla nutná jejich výměna ani otočení. V odlitku se neobjevil ani žádný písek, který by případně narušoval průběh obrábění. Namáhání vřetene bylo při vyložení 200 mm 10%. Chlazení během obrábění bylo realizováno opět vzduchem.

Hodnocení zkoušky:

Nástroj se choval během obrábění za daných technologických podmínek klidně. Obrábění nebylo přerušováno výměnou vyměnitelných břitových destiček. Oproti původní technologii došlo k výraznému snížení času na obrábění z původních 146 minut na 66 minut.

5. Optimalizace řezných podmínek

Odborná literatura uvádí [4], že vliv na hospodárnost obrábění má mnoho faktorů, jako jsou obráběcí stroje, materiály obrobků, rozměry obrobků, konstrukční charakteristiky, velikosti výrobních sérií, stupeň automatizace, způsoby ovládání apod. Hospodárností obrábění tedy rozumíme snahu o dosažení co největšího užitku z daných výrobních možností.

Náklady na obrábění se skládají z nákladů na řezný nástroj, nákladů na obráběcí stroj, materiál obrobku, držák nástroje, upínače obrobku, měřidla a z nákladů na mzdy a všeobecných nákladů. Podíl řezných nástrojů na výrobní náklady činí v průměru jenom 3%, ale jejich vliv na ostatní výrobní náklady je značný. Pokud jsou moderní řezné nástroje správně použity, vedou k výraznému zlepšení výrobních nákladů.

Pokud zlepšíme jednu z proměnných hodnot procesu obrábění, bude to mít značný vliv na produktivitu práce a také na návratnost investic. Tyto změny vnímáme jako optimalizaci obráběcího procesu a optimalizace řezných podmínek je nedílnou součástí tohoto procesu. Příklady změn proměnných hodnot při obrábění:

- Zvýšením *posuvu* nebo *řezné rychlosti*, či obou hodnot zároveň (pokud je to z hlediska řezného nástroje a stroje možné), dosáhneme snížení strojního času na obrábění jednoho obrobku. To vede k výrobě více součástí za den.
- Přejdem na vyměnitelné břitové destičky s delší a spolehlivější trvanlivostí, docílíme nasazení stroje bez zbytečných prostojů, protože nám vyměnitelná břitová destička obrobí stanovený počet součástek.
- Použitím univerzálnějšího nástroje s vyšším výkonem můžeme nahradit dva nebo tři nástroje jediným. Výměna nástrojů pak bude méně častá, zkrátí se strojní čas a mohou se snížit zásoby nástrojů ve výdejně.
- Zavedení rychle vyměnitelných a modulárních nástrojových systémů sníží prostoje při výměně nástrojů.

Podstatou samotné optimalizace řezných podmínek, je stanovení optimálních řezných podmínek (řezná a posuvová rychlost, hloubka záběru) a optimální trvanlivosti nástroje. Základním optimalizačním kritériem ve strojírenské technologii je kritérium minimálních výrobních nákladů. Toto kritérium by mělo být zásadně aplikováno, pokud

tedy nejsou jiné důvody na použití jiného kritéria, tím může být např. kritérium maximální produktivity (výrobnosti). Stanovení řezných podmínek se dnes realizuje zejména pomocí normativů, tím se nastaví startovací řezné podmínky a následuje jejich optimalizace. Je celá řada faktorů, které ovlivňují optimální řezné podmínky a tudíž i výrobní náklady. Jde např. o časové využití strojů, charakteristiky obrobitelnosti a řezivosti materiálů, řezné prostředí, technická omezení daná soustavou S-N-O-P (stroj, nástroj, obrobek, přípravek). [7]

Při návrhu optimalizace řezných podmínek pro hrubování obvodového tvaru, se ponechala řezná rychlost i otáčky na stejných hodnotách, jako v původní technologii. Předmětem optimalizace se tedy stala posuvová rychlost spolu s hloubkou záběru a posuvem na zub. Co se týká původní technologie, tak ta je nastavena hospodárně jak z hlediska trvanlivosti vyměnitelných břitových destiček, tak co se týká řezných podmínek. Přičemž je řezná i posuvová rychlost na optimálních hodnotách a hloubka záběru a_p je nastavena na maximální možnou hloubku, kterou vyměnitelná břitová destička, vzhledem ke své geometrii, snese. Veškeré hodnoty řezných podmínek viz další kapitola 4.

Při hodnocení návrhů optimalizace řezných podmínek bylo zohledněno, jaký vliv by měla případná změna na *náklady na nářadí a strojní náklady*. Pro výpočet nákladů na nářadí a strojních nákladů jsem použil vzorce, s nimiž ve firmě pracuji [1].

Výpočet nákladů na řezný nástroj [Kč]:

$$N_o = \frac{N_{OBR}}{T_C} \times C_{VBD} \times p_{VBD} \times + C_n \quad (5)$$

kde N_{OBR} je celková norma spotřeby času k výrobě [min], T_C je celková trvanlivost VBD [min], C_{VBD} je cena VBD [Kč], p_{VBD} je počet VBD [-], C_n je cena nástroje [Kč].

Celková trvanlivost VBD [min]:

$$T_C = \frac{T_{RH}}{O_{VBD}} \times 100 \times p_{RH} \quad (6)$$

kde T_{RH} je trvanlivost řezné hrany [min], O_{VBD} je velikost opotřebení VBD [%], p_{RH} je počet řezných hran [-].

Strojní náklady [Kč]:

$$N_S = \frac{t_S}{60} \times H_S \quad (7)$$

kde t_S je strojní čas [min], H_S je hodinová sazba stroje [Kč/hod].

[3]

5.1. Porovnání stávajících a navrhovaných řezných podmínek hrubování obvodového tvaru s přírůstkem 2 mm

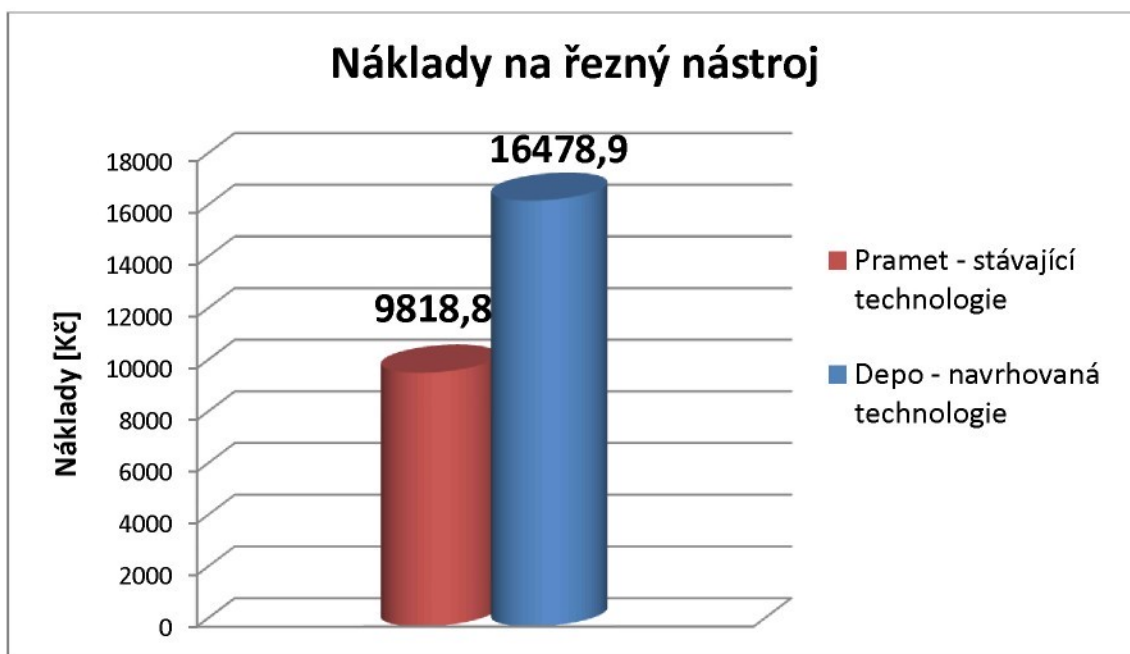
Řezné podmínky porovnávám mezi původní a navrhovanou technologií (viz Tab. 9), z hlediska nákladů na řezný nástroj, strojních časů a také strojních nákladů. Zdrojem informací je technologický postup a záznamy ze zkoušky. Přehled parametrů nástrojů viz kapitola 4. Přehled všech výpočtů nákladů na řezné nástroje, strojních časů a strojních nákladů, viz Příloha 6.

Tab. 9: Přehled řezných podmínek

	Stávající řezné podmínky	Navrhované řezné podmínky		
Otáčky: n [min^{-1}]	1000	1000	1000	1000
Řezná rychlost: v_c [m/min]	207,35	207,35	207,35	207,35
Posuv na zub: f_z [mm]	1	0,83	0,83	0,83
Rychlost posuvu: v_f [mm/min]	5000	5000	5000	3000
Hloubka záběru: a_p [mm]	1,5	1	2	3
Délka řezu: L [mm]	455000	682500	341250	227500
Hodinová sazba stroje: H_S [Kč/hod]	823	823	823	823

Hodnocení nákladů na řezný nástroj:

U stávající technologie jsou vzhledem k životnosti vyměnitelných břitových destiček náklady na řezný nástroj nižší, konkrétně je jejich hodnota 9 818,8 Kč. U navrhované technologie se projevila nižší životnost vyměnitelných břitových destiček a náklady na řezný nástroj vyšly na 1 6478,9 Kč. Z hlediska nákladů na nářadí (viz Graf 1) je tedy stávající technologie výhodnější, navrhovaná technologie je o 67,8% dražší.



Graf 1 – Náklady na řezný nástroj

Hodnocení strojních časů:

Tab. 10: strojní časy, seřazené dle výsledů viz Příloha 6

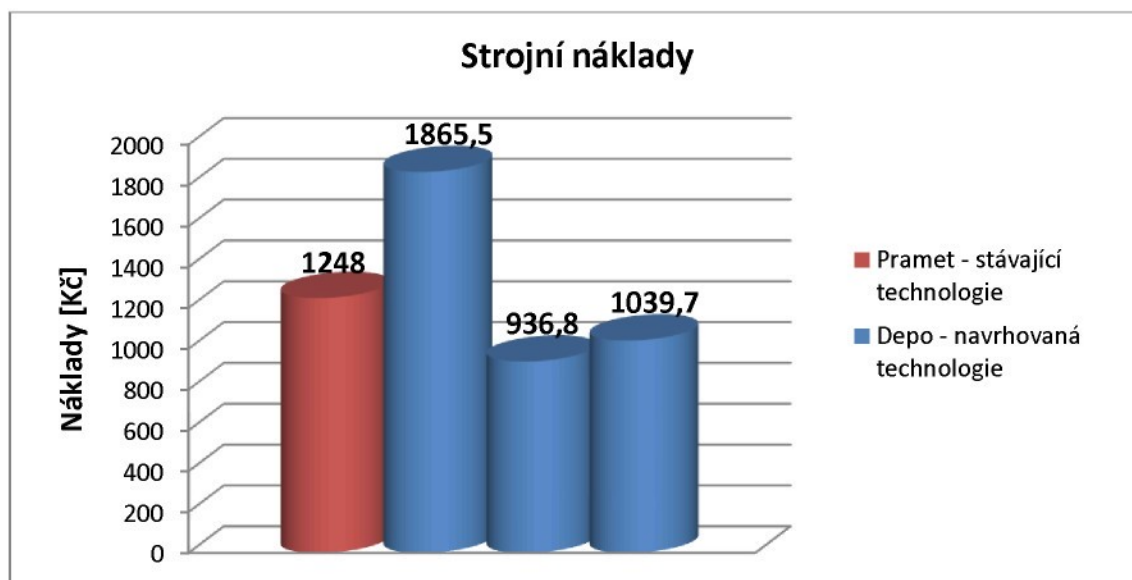
	Stávající technologie	Navrhovaná technologie		
Strojní časy [min]	91	136,5	68,3	75,8

Uváděné strojní časy v Tab. 10 jsou vypočtené, v reálné výrobě se liší, ať už z důvodu, že ve skutečnosti se musí kontrolovat opotřebení vyměnitelných břitových destiček a případně realizovat jejich výměna. Někdy se musí upravit řezné podmínky vlivem přítomnosti písku v odlitku, či nadměrného opotřebovávání vyměnitelných břitových destiček apod., to vše vede k nárůstu strojního času.

Strojní čas vychází u stávající technologie na *91 minut*. U provedené zkoušky vyšel strojní čas na *136,5 minuty*, je tedy horší, ale byl ovlivněn malou hloubkou záběru. Ta se ale vzhledem k výsledkům zkoušky dá navýšit a proto další varianty počítají s hloubkou záběru 2 a 3 mm a výsledné strojní časy vychází nižší, než v původní technologii. Výsledky viz Tab. 10.

Hodnocení strojních nákladů:

Základem pro porovnání je výsledná hodnota ze stávající technologie, ta vychází na částku 1 248 Kč. Při návrhu nové technologie, byla během zkoušky nastavena hloubka řezu $a_p = 1 \text{ mm}$ a strojní náklady vyšly na 1 865,5 Kč a byly tedy vyšší. Vzhledem k průběhu zkoušky, jak již bylo řečeno, lze ale navýšit hloubku řezu a tím se strojní náklady u všech ostatních návrhů dostávají pod hranici stávající technologie, viz Graf 2.



Graf 2 – Strojní náklady

5.2. Porovnání stávajících a navrhovaných řezných podmínek hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm

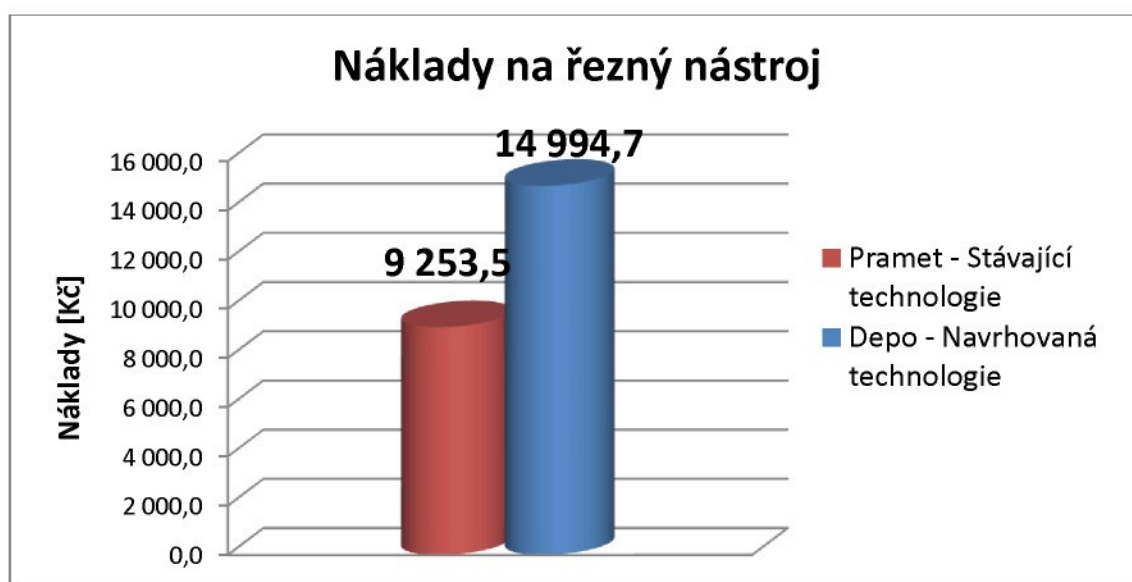
Řezné podmínky porovnávám mezi původní a navrhovanou technologií (viz Tab. 11), z hlediska nákladů na řezný nástroj, strojních časů a také strojních nákladů. Zdrojem informací je technologický postup a záznamy ze zkoušky. Přehled parametrů nástrojů viz kapitola 4. Přehled všech výpočtů nákladů na řezné nástroje, strojních časů a strojních nákladů, viz Příloha 6

Tab. 11: Řezné podmínky

	Stávající řezné podmínky	Navrhované řezné podmínky		
Otáčky: n [min^{-1}]	1000	1000	1000	1000
Řezná rychlost: v_c [m/min]	207,35	207,35	207,35	207,35
Posuv na zub: f_z [mm]	1	0,43	0,43	0,43
Rychlost posuvu: v_f [mm/min]	5000	3000	3000	4000
Hloubka záběru: a_p [mm]	1,5	6	4	3
Délka řezu: L [mm]	565000	141250	211875	328000
Hodinová sazba stroje: H_S [Kč/hod]	823	823	823	823

Hodnocení nákladů na řezný nástroj:

U stávající technologie je opět, oproti navrhované technologii, trvanlivost vyměnitelných břitových destiček vyšší, viz Tab. 2 a 6, což se opět projeví na nákladech na řezný nástroj, které jsou ve stávající technologii 9 253,4 Kč a u navrhované vycházejí na 14 994,7 Kč. Výhodnější je tedy stávající technologie, viz Graf 3.



Graf 3 – Náklady na řezný nástroj

Hodnocení strojních časů:

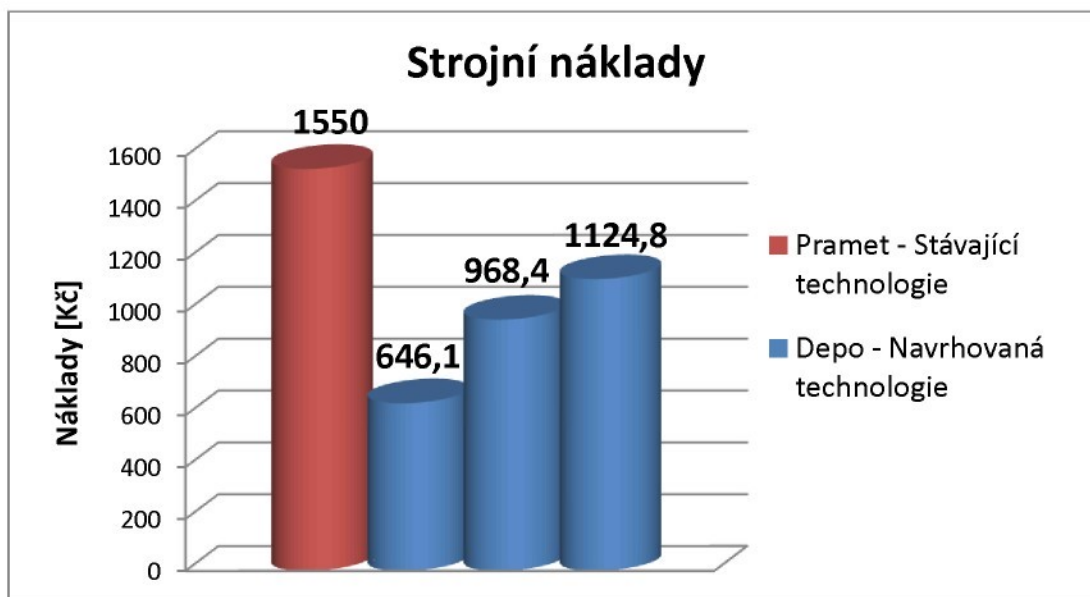
Tab. 12: Strojní časy, seřazené dle výsledů viz Příloha 6

	Stávající technologie	Navrhovaná technologie		
Strojní časy [min]	113	47,1	70,6	82

Strojní čas vychází u stávající technologie na *113 minut*. Z navrhovaných variant byla ve zkoušce provedena varianta s hloubkou záběru a_p 6 mm a posuvovou rychlostí v_f 3000 mm/min a strojní čas vyšel na *47,1 minuty*. Výsledek zkoušky znamená úsporu na strojním čase oproti stávající technologii 58,3%. Další varianty vycházejí časově také lépe, ale nebyly odzkoušeny, viz Tab. 12.

Hodnocení strojních nákladů:

Strojní náklady vycházejí ve všech případech navrhované technologie nižší, než u stávající technologie. Nejlepší výsledek je dosažený u varianty s hloubkou záběru a_p 6 mm a posuvovou rychlostí v_f 3000 mm/min a to konkrétně 646,1 Kč, viz Graf 4.



Graf 4 – Strojní náklady

5.3. Volba optimálních řezných podmínek pro vybrané úseky

Protože jsou náklady na nářadí v navrhované technologii výrazně dražší, než u stávající technologie, bude volba optimálních řezných podmínek závislá na aktuální výrobě. Pokud budou nároky na maximální výrobnost, z důvodu velkého množství zakázek a práce, byla by vhodná navrhovaná technologie.

Strojní časy u navrhované technologie vycházejí nižší, a proto by byla tato technologie z hlediska časového výhodná. Pokud ale nebude tak výrazný tlak na nižší strojní časy, ale naopak na náklady na řezné nástroje a strojní náklady, bude výhodnější použití stávající technologie. Přehled řezných podmínek a výsledných nákladů viz Tab. 13 a 14.

Volba z hlediska strojních nákladů a nákladů na řezné nástroje:

Tab. 13: Volba optimálních řezných podmínek

	Hr. obv. tvaru s přídávkem 2 mm		Hr. obv. tvaru s přídávkem 0,5 mm	
	Stávající tech.	Navrhovaná tech.	Stávající tech.	Navrhovaná tech.
Otáčky: n [min^{-1}]	1000	1000	1000	1000
Řezná rychlost: v_c [m/min]	207,3	207,3	207,3	207,3
Posuv na zub: f_z [mm]	1	0,83	1	0,43
Rychlost posuvu: v_f [mm/min]	5000	5000	5000	3000
Hloubka záběru: a_p [mm]	1,5	2	1,5	6
Náklady na řezné nástroje: N_o [Kč]	9818,8	16478,9	9253,4	16478,9
Strojní náklady: N_s [Kč]	1248	936,8	1550	646,1
Celkem: [Kč]	11066,8	17415,7	10803,4	17125

Jasnou volbou z hlediska nákladů na řezné nástroje a strojních nákladů je *stávající technologie* a to jak v hrubování obvodového tvaru s přídávkem 2 mm, tak i s přídávkem 0,5 mm.

Volba z hlediska strojních časů:

Tab. 14: Volba optimálních řezných podmínek

	Hr. obv. tvaru s přídavkem 2 mm		Hr. obv. tvaru s přídavkem 0,5 mm	
	Stávající tech.	Navrhovaná tech.	Stávající tech.	Navrhovaná tech.
Otáčky: n [min^{-1}]	1000	1000	1000	1000
Řezná rychlost: v_c [m/min]	207,3	207,3	207,3	207,3
Posuv na zub: f_z [mm]	1	0,83	1	0,43
Rychlost posuvu: v_f [mm/min]	5000	5000	5000	3000
Hloubka záběru: a_p [mm]	1,5	2	1,5	6
Strojní čas: t_s [min]	91	68,3	113	47,1

V případě, že bude zohledněna maximální výrobnost, s tolerováním relativně vyšších, ale ještě přijatelných jak strojních nákladů, tak i nákladů na řezné nástroje, byla by vhodná navrhovaná technologie.

Ideální řešení:

Nejvhodnějším řešením by bylo najít na trhu řezný nástroj s podobnými parametry, jaké měl zkoušený řezný nástroj, ale za nižší cenu. Výsledkem by bylo snížení strojních časů a tím pádem přiblížení se maximální výrobnosti, ovšem při zachování podobných strojních nákladů a nákladů na řezné nástroje.

6. Normy spotřeby času

V této kapitole jsem se zaměřil na používané metody normování ve firmě a hlavně na racionalizaci času dávkové práce. Používané metody, rozbor času dávkové práce a návrh na jeho racionalizaci, viz další kapitoly.

6.1. Používané metody normování v podniku Škoda auto, a.s.

Firemní literatura uvádí [6], že nejznámější a v praxi nejpoužívanější metody pro stanovení norem času lze rozdělit do dvou základních skupin. První a významnější skupinu tvoří metody *rozborové* a druhou pak metody *sumární*.

Metody rozborové (analytické) – u těchto metod je v první řadě nutné provést rozbor normované činnosti (členění operací na úseky, úkony, sledy pohybů a pohyby – viz kapitola 3.1.). Dalším krokem je pro tyto složky stanovit objem času, čas obecně nutných přestávek, případně i podmíněčně nutných přestávek a z těchto časů se vypočítá norma času na jednotku pracovního úkonu. Mezi typické rozborové metody patří:

- Metoda rozborově výpočtová
- Metoda rozborově chronometrážní
- Metoda rozborově porovnávací

Metoda rozborově výpočtová – základ je ve vlastním rozboru operace na její složky (úseky, úkony, sledy pohybů a pohyby), včetně stanovení příslušných činitelů trvání (hmotnost výrobku, dráha, přenášení, chůze, sáhnutí atd.) a počátečních či konečných bodů (např. ruka opustí klíč, výrobek, měřidlo apod., nebo automatické vypnutí stroje) pro tyto složky operace.

Dalším krokem je vyhledání a určení času, pro uvedené složky operace, v příslušném platném normativu nebo v příslušném platném programu počítačového systému. Posledním krokem je vlastní zápis a výpočet normy do příslušného předtištěného formuláře nebo vytištění vybrané části programu s příslušným výpočtem normy času z počítače.

Výhody rozborově výpočtové metody:

- *Použitelnost u všech typů výroby*
- *Snadnější a rychlejší stanovení normy času v porovnání s ostatními rozborovými metodami*
- *Podrobnější a přesnější normy času*
- *Vyšší a kvalitnější úroveň i přehlednost norem času*

Nevýhody rozborově výpočtové metody:

- *Nutnost dostatečné normativní základny*
- *Nutnost doplňování a inovování normativů*
- *Nutnost získat zkušenosti při práci se sborníky či počítačovými programy*

Metoda rozborově chronometrážní – princip této metody spočívá v důsledném rozboru operace. Stanovení časů pro jednotlivé úseky, úkony nebo i pohyby se provede snímkováním operace pomocí chronometru. Jenom pro část pracovního či přestávkového rytmu se používají normativy. Tato metoda je velice podobná *metodě rozborově výpočtové* s tím rozdílem, že se liší v rozboru operace. Ten má u rozborově chronometrážní metody za cíl ještě více prověřit a zlepšit organizaci, postup a podmínky u již realizované operace.

Výhody metody rozborově chronometrážní:

- *Možnost důkladného zkoumání normované, ale již realizované operace včetně případného zlepšení.*
- *Možnost korekce časů i technickoorganizačních podmínek konkrétní realizované operace.*
- *Možnost uplatnění normativní základny*

Nevýhody metody rozborově chronometrážní:

- *Nemožnost uplatnění v přípravách zavedení nových a ještě nerealizovaných výrob a operací*
- *Zdlouhavější a pracnější stanovení norem času*

Metoda rozborově porovnávací – tato metoda spočívá v tom, že se pro tvarově i technologicky podobné výrobky, určují časy jednotlivých částí nebo i celých operací porovnáváním, s obdobnými časy pro jeden nebo i více výrobků. Jde prakticky o normativní časy, které byly získány pro porovnávacího představitele již dříve, ať už se jednalo o metodu rozborově výpočtovou či chronometrážní. Tyto časy se v zájmu maximálního urychlení výpočtu normy sdružují ve speciální normativy.

Tato metoda se může uplatnit jen pro kusovou a malosériovou výrobu. Hlavními podmínkami uplatnění metody rozborově porovnávací je objektivita vytvořených speciálních normativů a jejich soustavnost i aktuálnost jejich využívání.

Výhody metody rozborově porovnávací:

- Umožňuje propracovat pracovní postup daných operací, kde to není z kapacitních a časových důvodů možné
- Umožňuje maximálně urychlit výpočet jednotlivých a konkrétních norem aniž by utrpěla nepřipustně jejich kvalita
- Zajišťuje vyrovnanost i objektivitu norem času pro operace na výrobních součástech sice rozměrově rozdílných, ale tvarově i technologicky podobných

Nevýhody metody rozborově porovnávací:

- Vznik určitých nepřesností (+ –), které se ale při rozsáhlejší uplatnění eliminují
- Nutnost vytvářet a neustále aktualizovat speciální normativy
- Nutnost praxe normovače

Metody sumární – druhou skupinou jsou metody sumární, při kterých se stanoví čas přímo celkovou hodnotou bez rozboru operace a bez určování normativních časů. V důsledku toho však nelze posoudit, zda je pracovní postup jak technicky, organizačně ale i ekonomicky výhodný. Normy času, které jsou stanoveny sumárními metodami, nevyjadřují spotřebu času objektivně a nelze je tedy, zejména v sériových výrobach používat.

K sumárním metodám patří:

- *Metoda sumárních empirických vzorců*
- *Metoda sumárně porovnávací*
- *Metoda statistická*
- *Sumární odhad*

Ve firmě Škoda Auto, a.s. se používá první skupina metod na určení normy spotřeby času, kterou jsou metody rozborové. Vzhledem k nepřesnosti sumárních metod, je jejich používání nepřípustné.

6.2. Druhy spotřeby času

Firemní literatura uvádí [6], že spotřeba času je spojena s ději výrobního procesu a rozlišuje se na tři časy. Prvním, je *čas spotřebovaný pracovníkem*, druhým je čas spotřebovaný výrobním zařízením a posledním je čas *spotřebovaný předmětem práce* (tj. výrobkem). Z toho tedy vyplývají základní soustavy třídění dějů a spotřeby času:

- Třídění dějů a spotřeb pracovníka
- Třídění dějů a spotřeb času výrobního zařízení
- Třídění času a spotřeb času předmětu práce

Z hlediska normování a racionalizace spotřeby práce je rozhodující soustava *třídění dějů a spotřeb pracovníka*. Důvodem je, že činnost a spotřeba času pracovníka je převážně limitujícím faktorem v jakémkoliv výrobním procesu. Výjimkou je, pokud je celý výrobní proces plně automatizován a není vyžadování v tomto procesu obsluhy (mimo oprav a seřízení). Z tohoto třídění vychází i základní typové schéma třídění dějů a spotřeb času pracovníka v pracovní směně. Vzorce pro výpočet času směny T:

$$T_N = T_1 + T_2 + T_3 \text{ [min]} \quad (8)$$

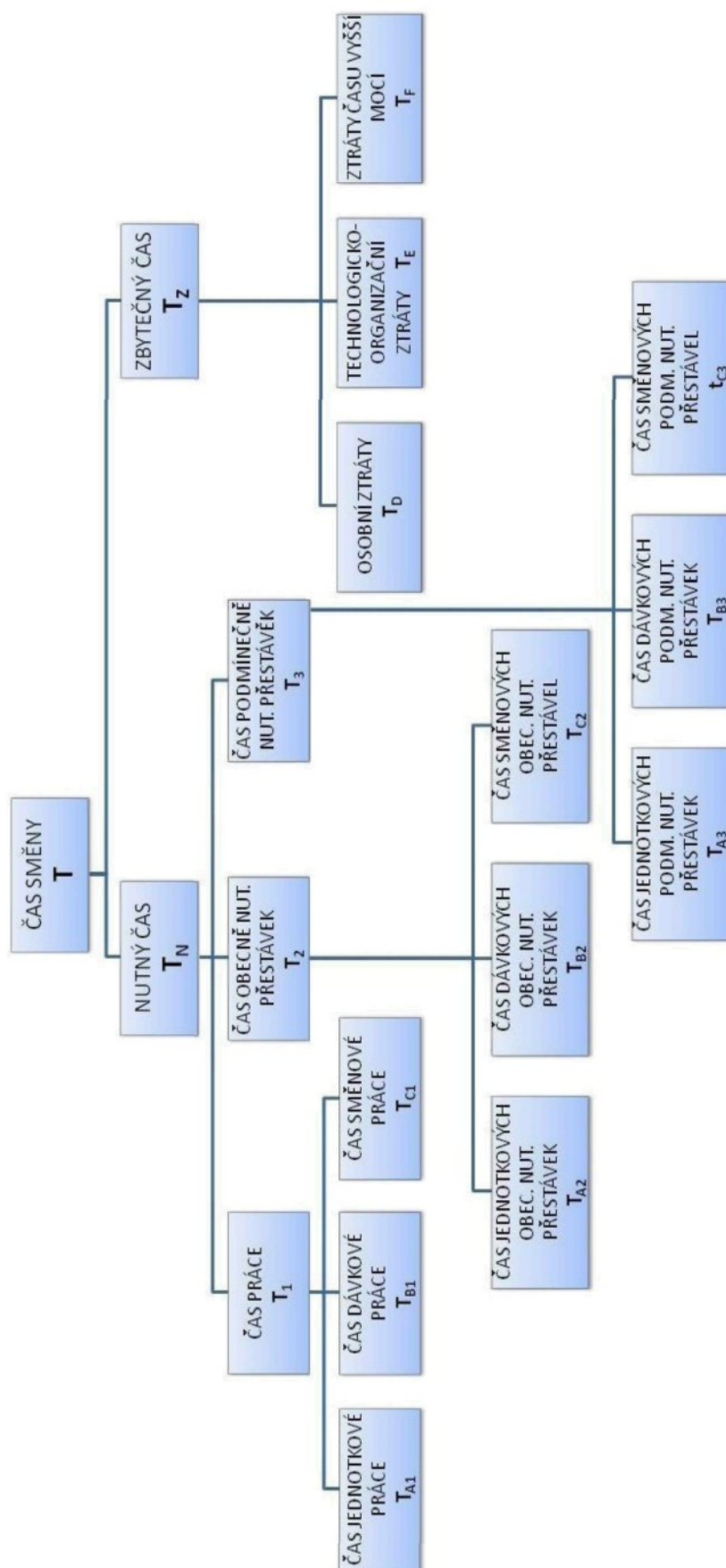
$$T_A = T_{A1} + T_{A2} + T_{A3} \text{ [min]} \quad (9)$$

$$T_B = T_{B1} + T_{B2} + T_{B3} \text{ [min]} \quad (10)$$

$$T_C = T_{C1} + T_{C2} + T_{C3} \text{ [min]} \quad (11)$$

$$T_Z = T_D + T_E + T_F \text{ [min]} \quad (12)$$

Pozn. vysvětlivky jednotlivých členů použitých ve vzorcích viz Obr. 6.1.



Obr. 6.1. Typové schéma třídění dějů a spotřeb času pracovníka v pracovní směně. [6]

6.3. Analýza spotřeby času

6.3.1. Analýza času jednotkové práce T_{A1}

K analýze jsem použil firemní normativ, který principiálně vychází ze starších normativů. Tento firemní normativ, vypracovaný oddělením normovačů, je aktualizován a bere v potaz dnešní moderní CNC stroje a normy. Je zpracován v elektronické podobě, která značně usnadňuje práci. Analýzu času jednotkové práce jsem provedl pro každou operaci a zpracoval jsem ji do tabulky, viz Příloha 7. Jednotková práce vychází $T_{A1} = 9131$ minut (152,2 hod.).

6.3.2. Analýza času dávkové práce T_{B1}

Analýzu času dávkové práce jsem opět provedl pomocí firemního normativu. Celá analýza času dávkové práce, viz Příloha 8. Z analýzy vychází, že čas dávkové práce $T_{B1} = 785$ minut (to je 13,1 hod.). Na tento čas jsem se zaměřil v následující kapitole 6.4. a provedl návrh jeho racionalizace.

6.3.3. Analýza času směnové práce T_{C1}

K této analýze jsem rovněž použil firemní normativ a je opět zpracovaná ve formě tabulky, viz Příloha 9. Celkový čas směnové práce $T_{C1} = 20$ minut.

6.3.4. Analýza času přestávek

Co se týká přestávek, tak je samozřejmostí během směny dodržení času *směnových obecně nutných přestávek* T_{C2} . Konkrétně jde o čas *směnový na jídlo a oddech* $T_{C203} = 30$ minut (zákonná přestávka), čas *směnový na přirozené potřeby a hygienu* $T_{C202} = 10$ minut. Pokud jde o časy *jednotkových* (T_{A2}) a *dávkových* (T_{B2}) *obecně nutných přestávek* a časy *jednotkových* (T_{A3}), *dávkových* (T_{B3}) a *směnových* (t_{C3}) *podmínečně nutných přestávek*, tak ty jsou, vzhledem k charakteru výroby, zbytečné a nepotřebné. Důvodem, proč nejsou tyto přestávky potřeba, je fakt, že během směny, vzhledem k rozsahu výroby, převážně běží obráběcí program a pracovník pouze hlídá proces obrábění. To se týká samozřejmě obrábění. Ale i v procesu kontroly rozměrů a tvarů, leštění, či balení je situace podobná a tyto přestávky nejsou nutné.

6.3.5. Výpočet normy spotřeby času

Jednotkový čas T_A [min]:

$$T_A = T_{A1} + T_{A2} + T_{A3} = 9131 + 0 + 0 = 9131[\text{min}] \quad (9)$$

Pozn. jedná se o jednotkový čas obsažený v celé výrobě. Bude rozdělen do jednotlivých směn.

Dávkový čas T_B [min]:

$$T_B = T_{B1} + T_{B2} + T_{B3} = 785 + 0 + 0 = 785[\text{min}] \quad (10)$$

Pozn. jedná se o dávkový čas obsažený v celé výrobě. Bude rozdělen do jednotlivých směn.

Směnový čas T_C [min]:

$$T_C = T_{C1} + T_{C2} + T_{C3} = 20 + 40 + 0 = 60[\text{min}] \quad (11)$$

Pozn. jedná se o směnový čas obsažený v každé směně.

Zbytečný čas T_Z [min]:

$$T_Z = T_D + T_E + T_F = 0[\text{min}] \quad (12)$$

6.4. Návrh racionalizace spotřeby času dávkové práce

Pro návrh racionalizace času dávkové práce, jsem se inspiroval metodou *SMED*, zkratka z anglického Single minute exchange of die. Česky to znamená něco ve smyslu Výměna nástroje během jedné minuty. Tuto metody vymyslel v Japonsku pan Shigeo Shingo a jejím hlavním cílem je snížení času potřebného pro nastavení a seřízení strojů z řádu hodin do řádu minut a snahou provést všechnu možnou práci za chodu stroje. [8], [9]

Metoda SMED má tři charakteristické kroky, které vedou ke snížení přípravného času:

- 1) Analýza
- 2) Návrh řešení
- 3) Realizace opatření ke zlepšení

[8], [9]

Hlavními oblastmi použití metody SMED je například:

- Zkracování ztrát ve výrobě spojených s přechody mezi výrobky, to je nejčastější využití
- Změna výroby na montážních linkách
- Zkracování rozsáhlých činností plánované údržby
- Zkracování montážních procesů
- Zkracování přípravy zakázek

[8], [9]

Po provedené analýze času dávkové práce (viz kapitola 6.3.2. a příloha) jsem mohl přistoupit k vlastnímu návrhu racionalizace tohoto času. Snahou bylo pokud možno co nejvíce činností z času dávkové práce v každé operaci provést během chodu stroje v předešlé operaci. Tato racionalizace se týká operací prováděných na obráběcím centru TRIMIL VU 3013 (konkrétně operace 10, 15, 20, 25, 30) a na ručním pracovišti (operace 40). Návrh racionalizace jsem pro přehlednost a jednoznačnost vypracoval graficky s příslušným popisem, vše viz Příloha 10.

Zhodnocení racionalizace normy spotřeby času:

Dle technologického postupu dává suma všech časů dávkové práce hodnotu 13,1 hodiny. Přesunem všech možných činností časů dávkové práce a jejich realizací během obrábění, lze ušetřit v celkovém součtu 5,2 hodiny, což je 39,7% úspora času oproti stávajícímu stavu.

7. Projekt pracoviště

7.1. Základní informace o stroji

Výroba se realizuje na stroji TRIMILL VU 3013 (viz příloha Obr. 76.), jedná se o vertikální pěti-osé obráběcí centrum. Stroj byl cíleně zkonstruován pro obrábění lisovacích nástrojů, forem a zápuštěk. Pevné části stroje jsou odlitky z minerálního betonu a hlavní pohyblivé části stroje jsou odlitky ze šedé, případně tvárné litiny. Konstantní výsledky obrábění jsou dosaženy stabilním termosymetrickým vedením. Stroj disponuje pevnou vidlicovou frézovací hlavou s naklápěcím vysokofrekvenčním hlavním elektrovřetenem (osa B, polohovací nebo simultánní provoz).

Obráběcí centrum je velmi kompaktní stroj s velkým pracovním prostorem při poměrně malém nároku na prostor. Obsluha stroje je řešena ergonomicky tak, aby byl možný dobrý přístup do pracovního prostoru. Stroj také disponuje automatickým zásobníkem nástrojů, systémem odstraňování třísek a kompletním krytím pracovního prostoru. Základní parametry viz Příloha 11. [10]

7.2. Layout pracoviště

Pracoviště se nachází v části pro výrobu svařovacích přípravků, konkrétně v centrální obrobně a je součástí linky, která ještě čítá další dvě obráběcí centra TRIMILL VU 3013, plus dvě obráběcí centra TRIMILL VF 4525 a jedno obráběcí centrum TOS PRIMA. Layout pracoviště viz Příloha 11.

7.3. Vybavení pracoviště

Pracoviště je vybaveno obráběcím centrem TRIMILL VU 3013, čtyřmi skříňkami, jednou židlí pro pracovníka a mobilním zásobníkem nástrojů. Na pracovišti jsou umístěny základní upínací prvky, jako jsou např. upínky, šrouby apod., ty jsou umístěny ve skříňkách spolu s nástroji na úklid. Speciální přípravky pro výrobu jsou opět umístěny v centrální výdejně nářadí. Na pracovišti je tedy umístěno to nejnútnejší. Vše ostatní si dle požadavků na výrobu pracovník vyzvedne v centrální výdejně nářadí.

8. Shrnutí poznatků, návrhy na opatření a ekonomické vyhodnocení

Během vypracování mé bakalářské práce jsem se seznámil s historickým průběhem rozvoje nástrojárny od prvních kroků až po dnešní, moderními technologiemi vybavenou, nástrojárnu.

Získal jsem přehled o fungování nástrojárny, jednotlivých fází výroby lemovacího lože, způsobu normování spotřeby času a principech programování pro CNC stroje. Také jsem viděl způsob lemování a svařování jednotlivých částí karoserií ve svařovně a poznal jsem moderní metody měření a digitalizace.

Osvojil jsem si provádění rozboru technologického postupu a normy spotřeby času. Byl jsem přítomen u několika zkoušek, jejich předmětem byla optimalizace řezných podmínek při obrábění lemovacího lože. Během těchto zkoušek jsem získal spoustu zkušeností týkajících se obrábění. Ať už šlo o typy vyměnitelných břitových destiček a jejich vliv na proces obrábění, konkrétně působení řezné síly vzhledem k ose vřetena, což má vliv na velikost vyložení vřetena. Získal jsem poznatky o důvodech použití konkrétních chladících prostředí, způsobu určování startovacích řezných podmínek, fungování fotometrie, o možných důvodech krokování programu při obrábění a také jsem se seznámil s moderní metodou obrábění HSC (high speed cutting), neboli vysokorychlostního obrábění.

Co se týká návrhů na opatření, tak vzhledem k výsledkům zkoušek a snahy v dnešní ekonomické krizi šetřit, by bylo nasazení navrhované technologie nevyhovující. Řečí čísel to vychází jasně, pro stávající technologii při hrubování obvodového tvaru lemovacího lože, jsou náklady (jak na řezné nástroje, tak i strojní) *21 870,2 Kč* a u navrhované technologie jsou náklady *34 540,7 Kč*, to je nárůst nákladů o 58%. Pozn. hodnoty jsou pro hrubování celkově, jsou v tom zahrnuty náklady jak na hrubování s přídatkem 2 mm, tak i s přídatkem 0,5 mm.

Pokud se ale zaměříme na faktor maximální výrobnosti a půjde nám tedy o co nejkratší strojní časy, byla by navrhovaná technologie při optimálních řezných podmínkách výhodnější. Konkrétní údaje jsou následující, při stávající technologii trvá hrubování obvodového tvaru (opět celková hodnota, jak s přídatkem 2 mm, tak i s přídatkem 0,5mm) celkem *204 minut*. Naopak u navrhované technologie vychází hrubování na *115,4 minut*. Což dává úsporu *43,4%*.

Z výsledků vyplývá, že by ideálním řešením byl řezný nástroj s podobnými vlastnostmi, které má řezný nástroj u navrhované technologie, ovšem za podobné náklady, za které se pořizuje řezný nástroj u stávající technologie.

Dalším návrhem je racionalizace spotřeby času dávkové práce. Z provedeného rozboru technologického postupu a normy spotřeby času při realizaci výroby lemovacího lože vyplývá, že vzhledem k rozsáhlosti výroby, lze část některého času dávkové práce provést v době, kdy běží obráběcí program v předešlé operaci. Tímto způsobem lze z původní hodnoty času dávkové práce 785 minut (13,1 hodin) ušetřit 311 minut (5,2 hodiny).

Vzhledem k tomu, že se ale jedná o kusovou výrobu, jsou tyto návrhy racionalizace předmětem diskuze. Bylo by jistě na místě provést racionalizaci řezných podmínek i na ostatních úsecích výroby. To už ovšem vzhledem k rozsahu obrábění nebylo možné do bakalářské práce zahrnout.

Seznam použité literatury

- [1] Firemní dokumenty
- [2] Keller, P., Programování a řízení CNC strojů. TUL – Katedra výrobních systémů, 2005. 100 s.
- [3] Kolektiv autorů: Šovar, M., Veselý, V., Koštejn, V., Klukan, S., Sommer, F., Růžička, R., Železník, L., Šída, J. Sto let výroby nářadí. 1. vyd. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, a.s. – Odbor nářadí, červen 2000. 94 s.
- [4] Příručka obrábění. Sandvik CZ, s.r.o. a Scientia, s.r.o., Praha, 1997. ISBN 91-9722 99-4-6.
- [5] Uživatelský manuál ATOS v5.4.1. Braunschweig, Germany. 102 s.
- [6] Základy normování výkonu a racionalizace výrobního procesu. 1. Vyd. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, a.s. – Průmyslové inženýrství, Prosinec 1997. 134 s.
- [7] Optimalizace při obrábění (řezné parametry), URL:
<<http://fstroj.utc.sk/journal/sk/013/013.htm>>
- [8] Rychlá změna (SMED), URL: <<http://www.produktivita.cz/cs/metody-pi/rychla-zmena-smed.html>>
- [9] SMED - Single Minute Exchange of Dies, URL:
<<http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=129>>
- [10] TRIMILL VU 3013, URL: <<http://www.trimill.cz/cz/produkty/56-trimill-vu-2313.html>>

Seznam příloh

- Příloha 1** – Linka pro lemování motorových kapot a její jednotlivé komponenty
- Příloha 2** – Členění technologického postupu
- Příloha 3** – Technologické podmínky
- Příloha 4** – Pracovní programový postup
- Příloha 5** – 3D měřicí stroj POLI TCX 3000
- Příloha 6** – Výpočty nákladů pro stávající i navrhovanou technologii
- Příloha 7** – Analýza času jednotkové práce
- Příloha 8** – Analýza času dávkové práce
- Příloha 9** – Analýza času směnové práce
- Příloha 10** – Racionalizace času dávkové práce
- Příloha 11** – Parametry obráběcího centra a layout pracoviště

Technická univerzita v Liberci

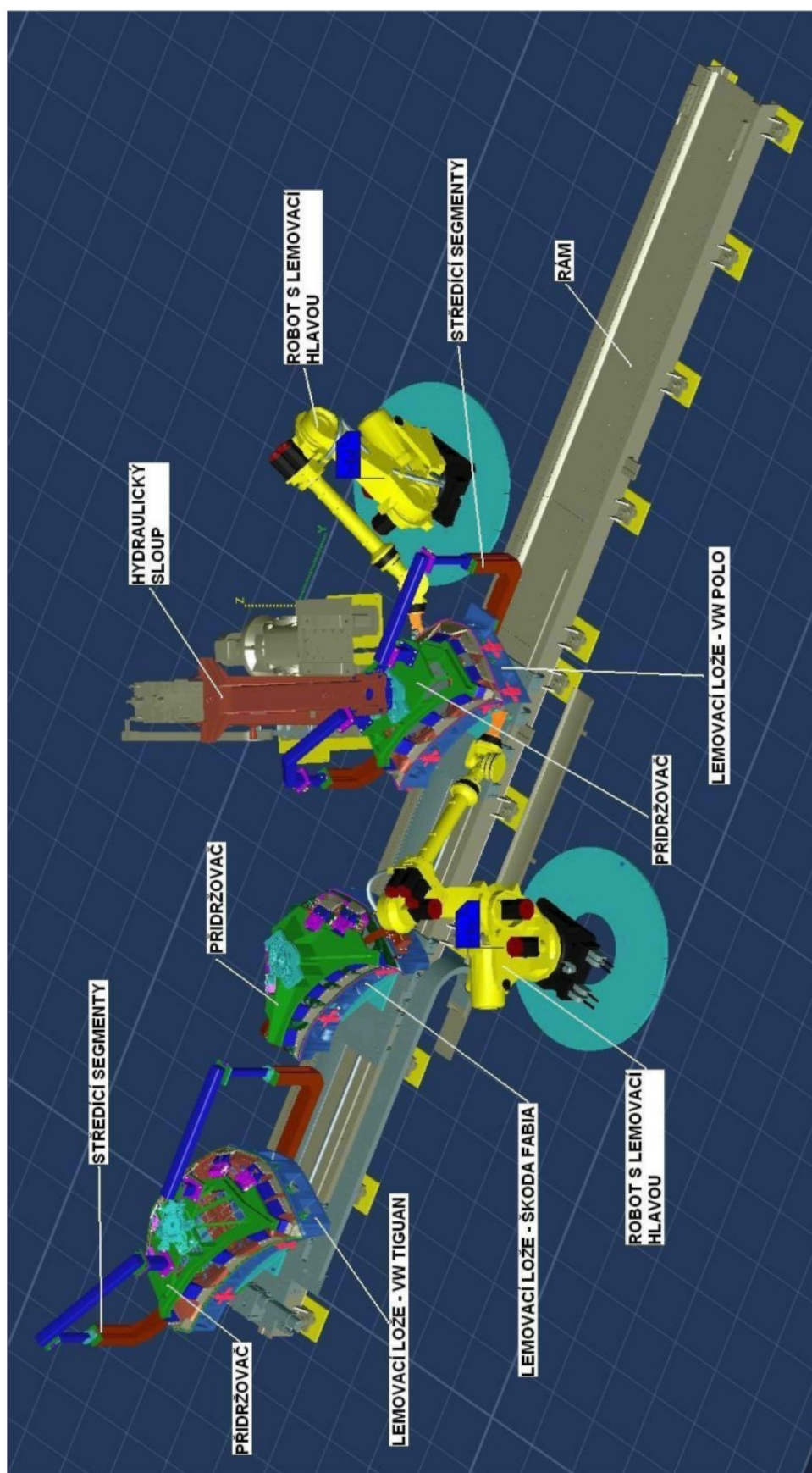
Fakulta strojní

**RACIONALIZACE TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ PŘI VÝROBĚ
LISOVACÍHO NÁSTROJE V PODNIKU ŠKODA AUTO, a.s.
MLADÁ BOLESLAV**

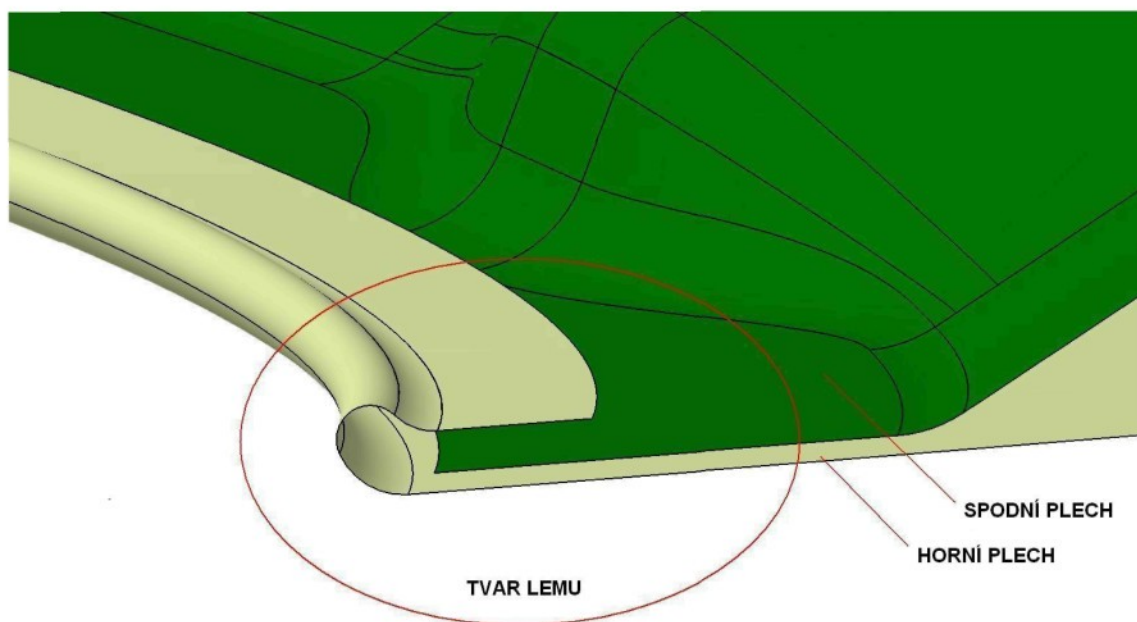
PŘÍLOHA

2010

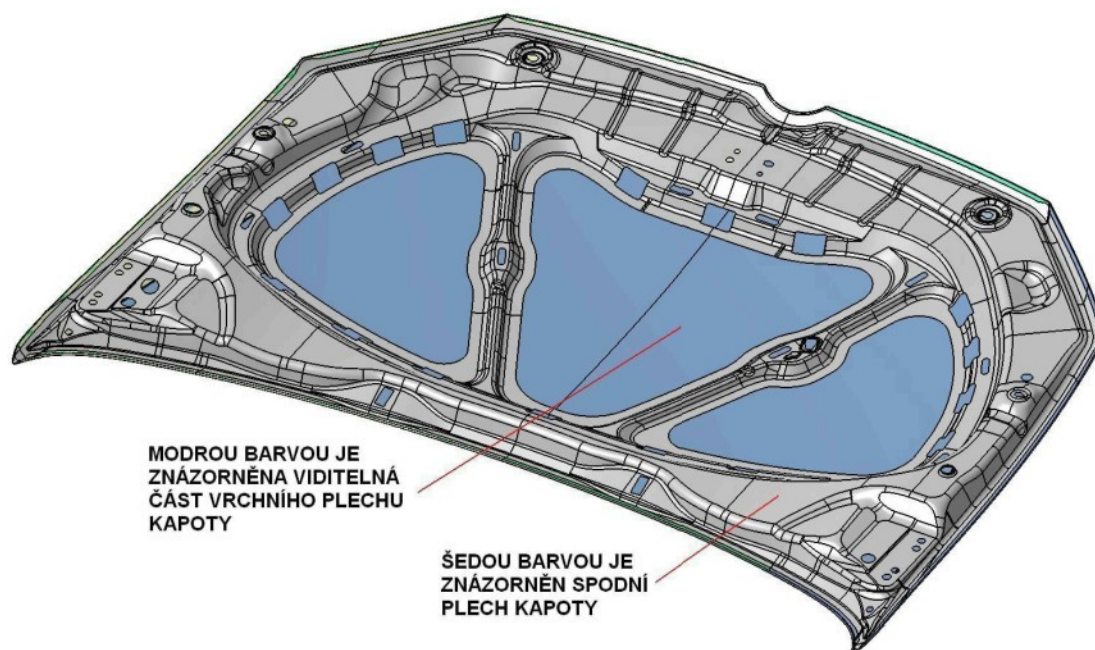
JIŘÍ KOŤÁTKO



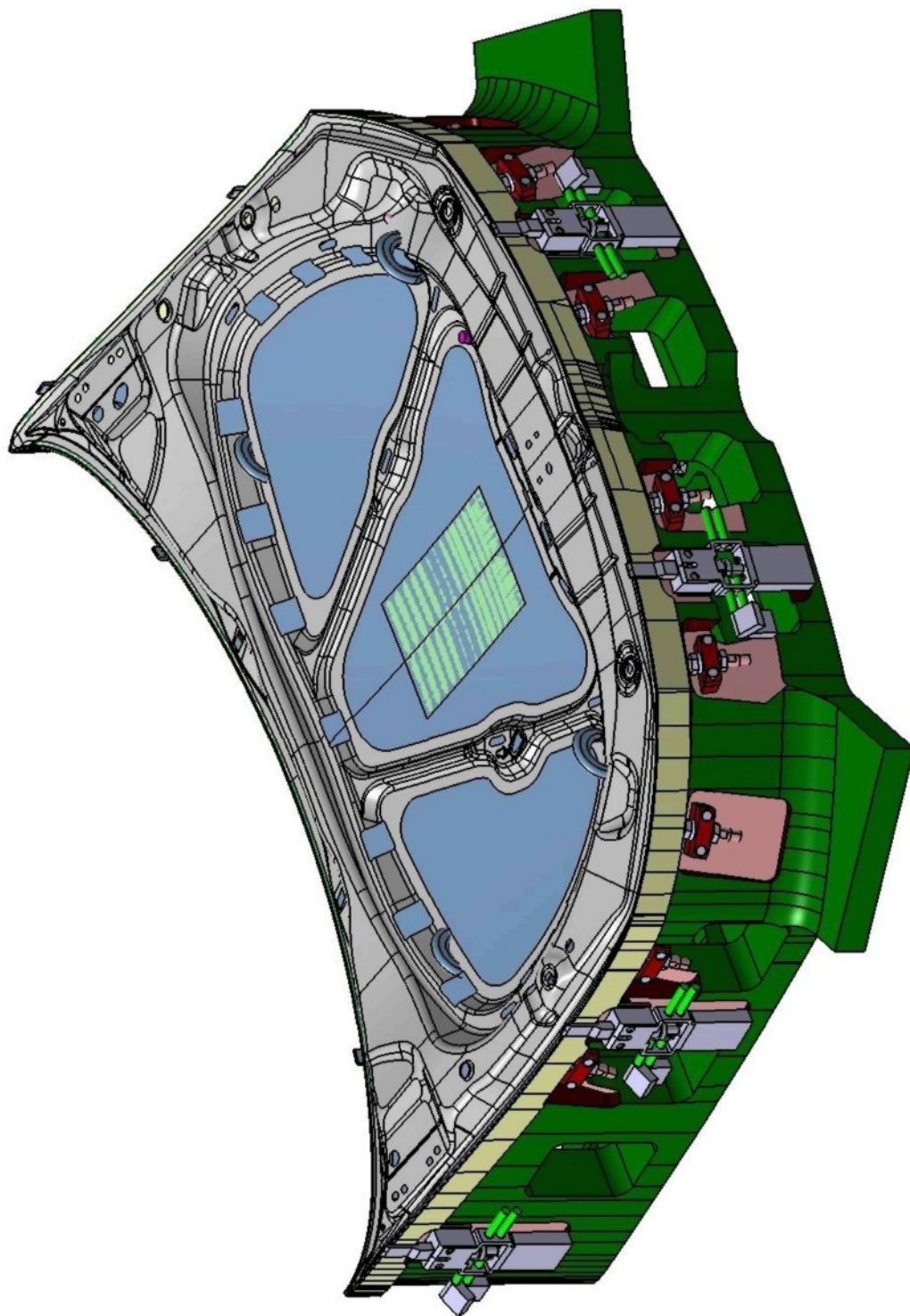
Obr. 1. Vizualizace linky



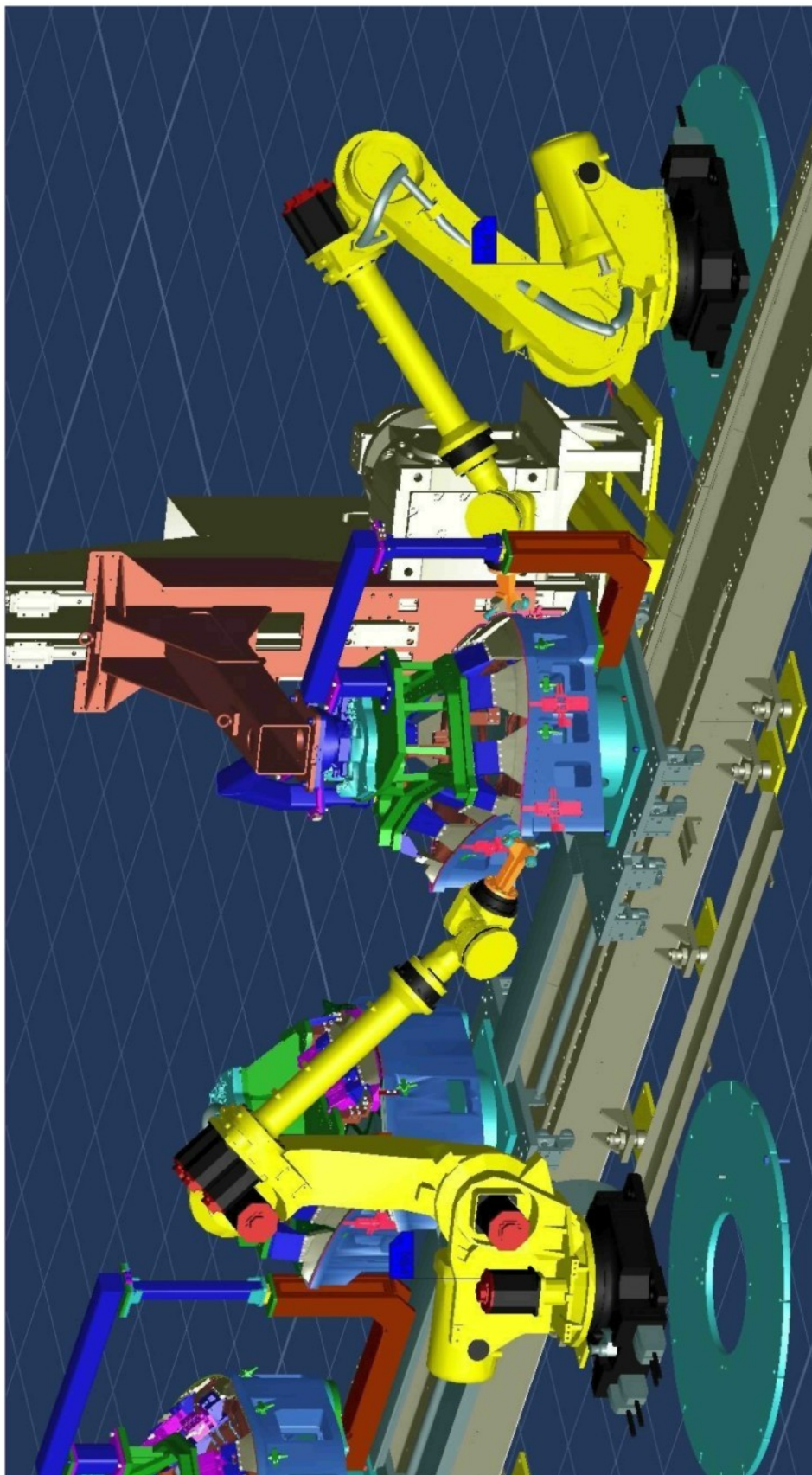
Obr. 2. Tvar lemu



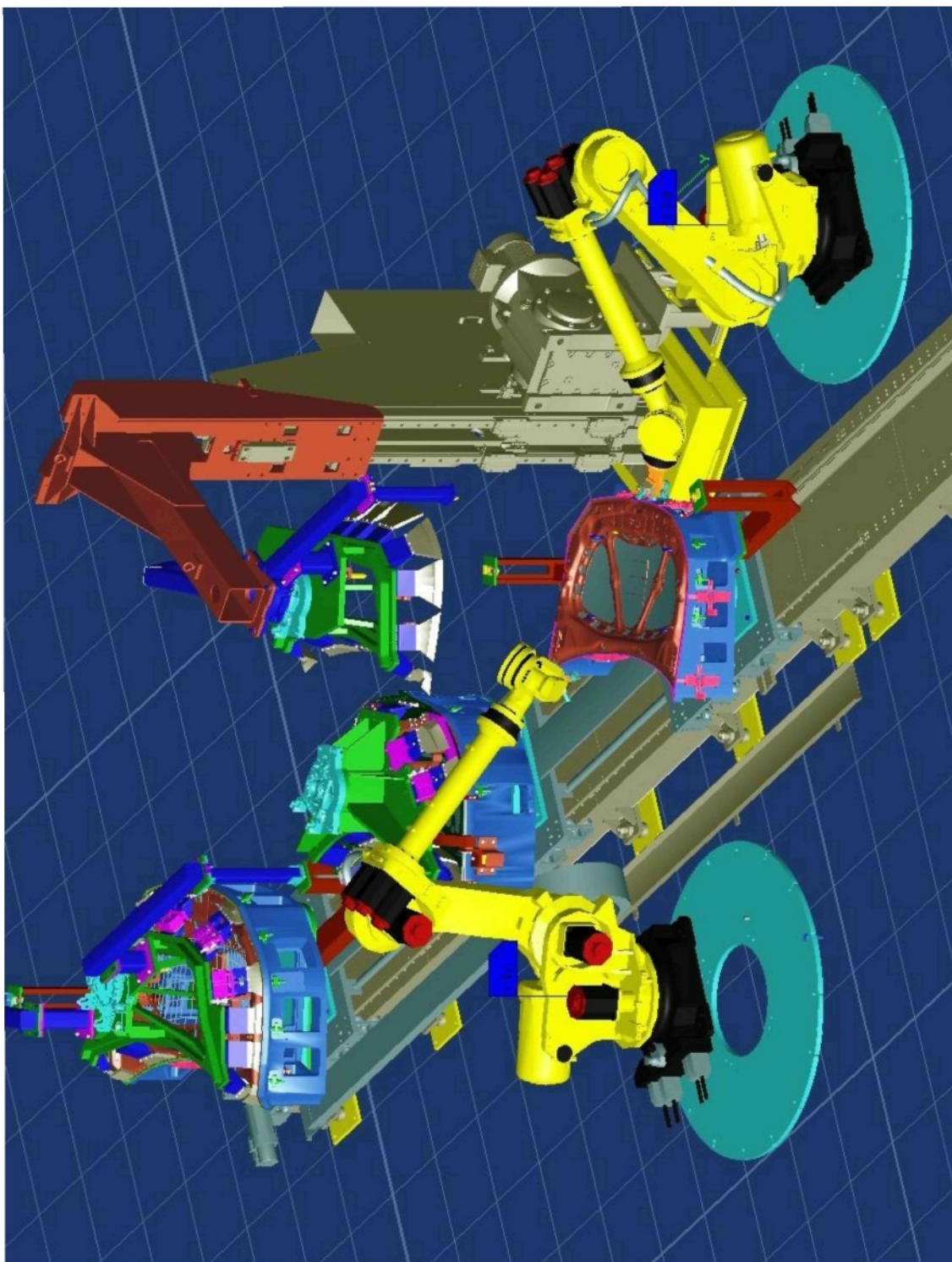
Obr. 3. Zalemovaná kapota



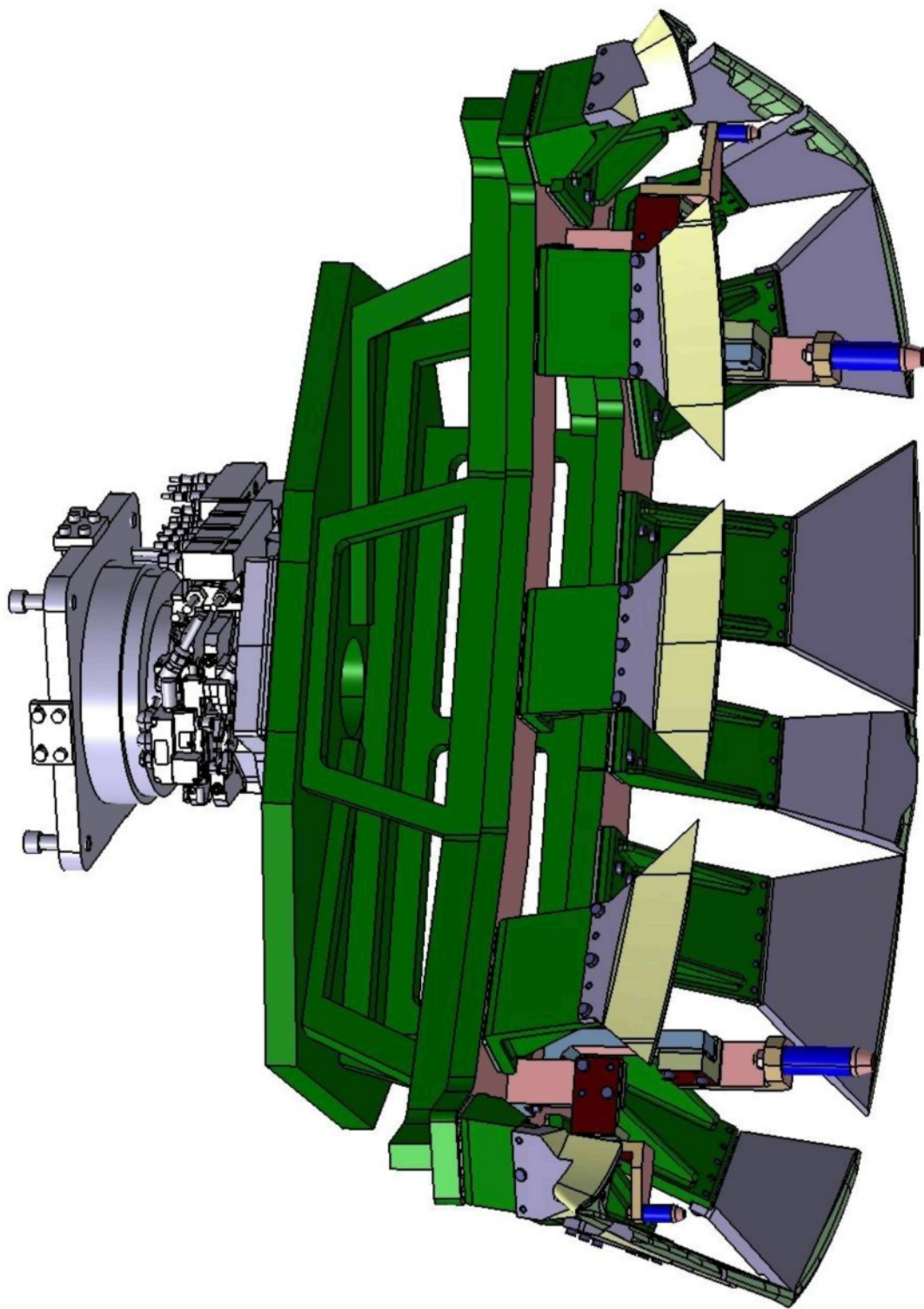
Obr. 4. Kapota založená v lemovacím loži



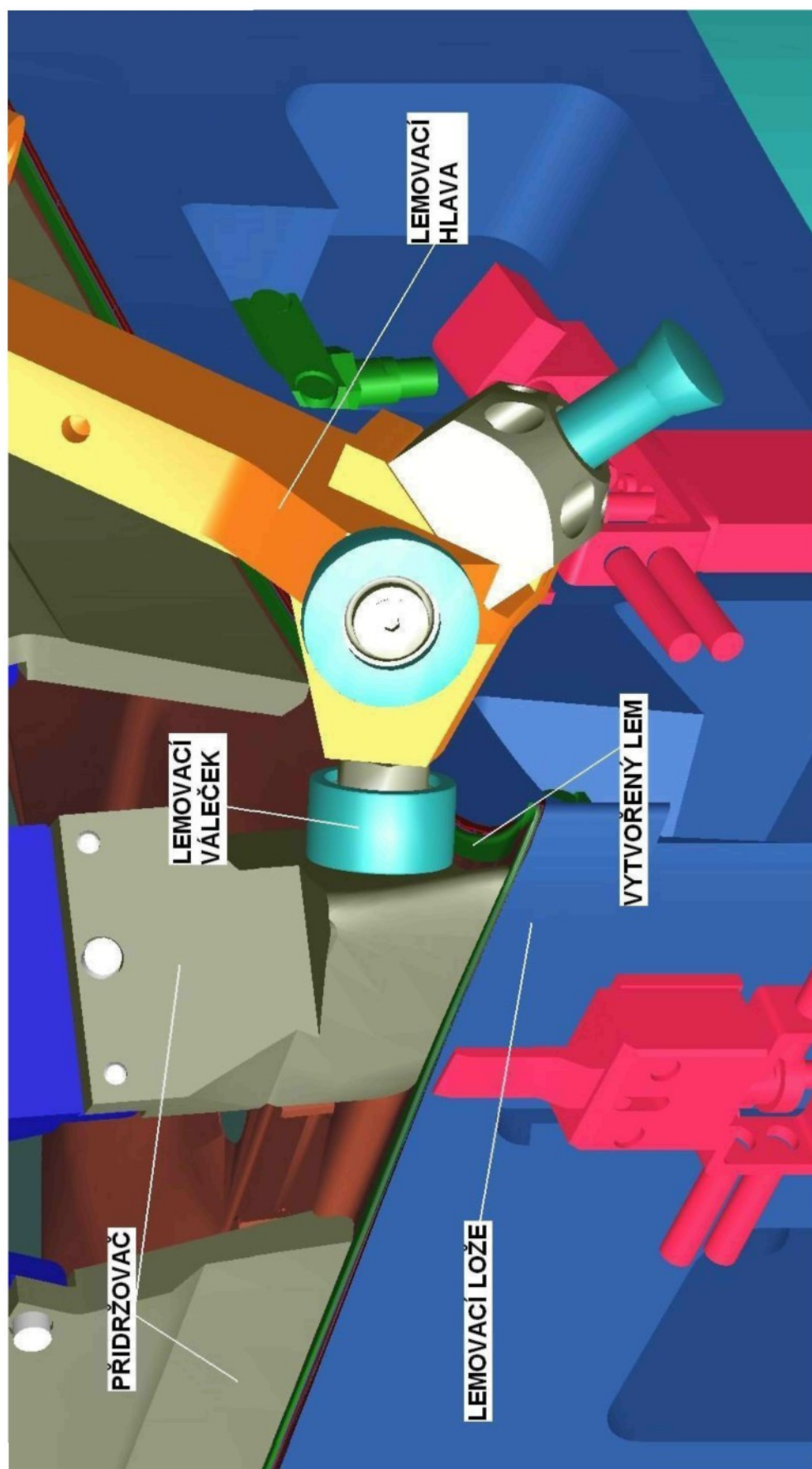
Obr. 5. Detail linky pro lemování motorových kapot



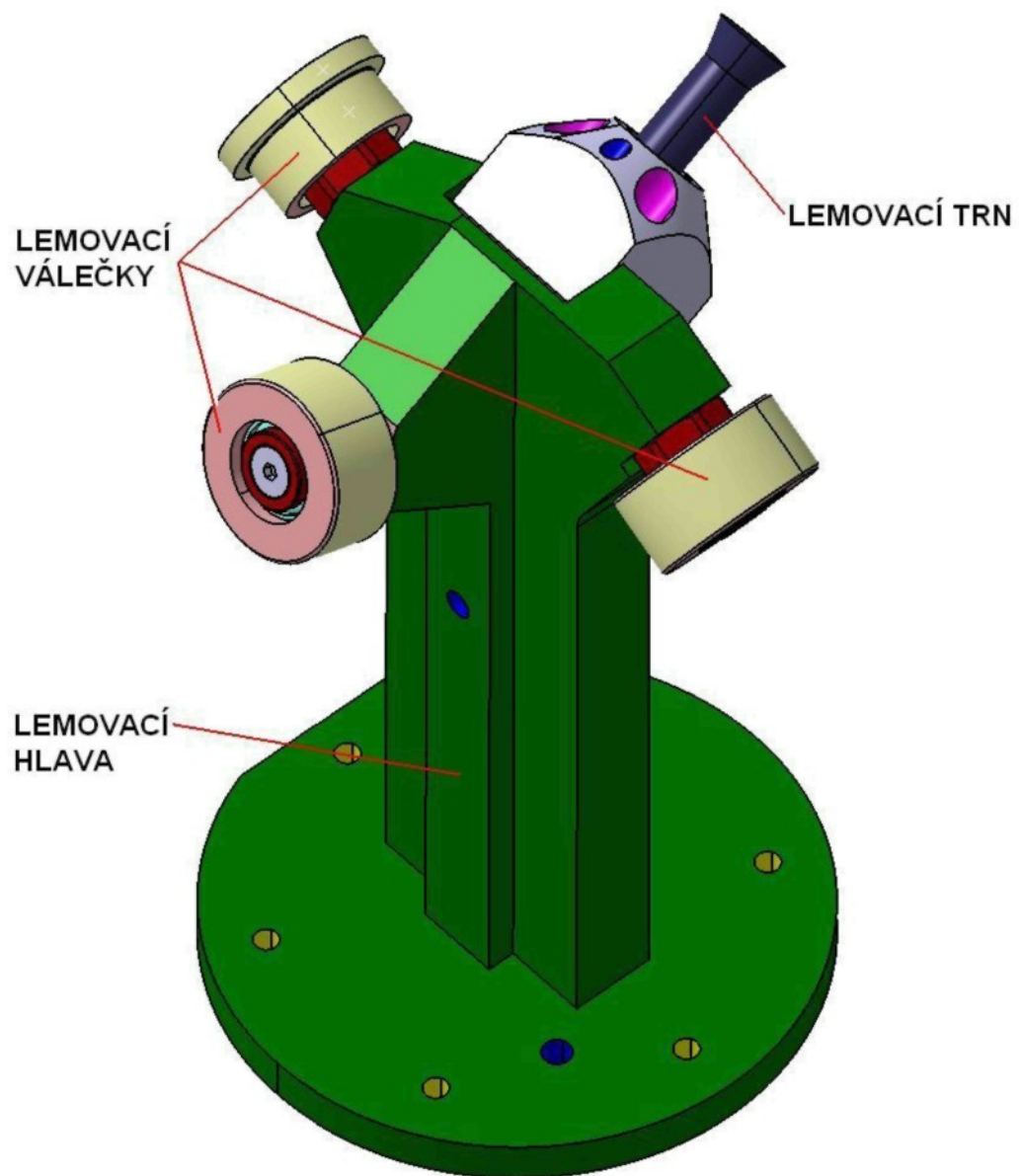
Obr. 6. Vyjetý přidržovat nahoru, kapota připravená na vyjmutí z lože



Obr. 7. Detail přidržovače



Obr. 8. Detail lemování



Obr. 9. Lemovací hlava

Příloha 2 – Členění technologického postupu [1]

Tab. 1: Členění technologického postupu

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			LEMOVACÍ LOŽE - VW POLO		
Jakost materiálu: EN JS2070			Hmotnost: 790 kg	Počet kusů: 1	List: 2
č. op.	středisko pracoviště	Operace	Úsek	Úkon	Přípravný Nr. lkus [min]
20	4214 45355	Základna načisto	Přeupnutí odlitku na pracovním stole		169 410
			Obrobit základnu načisto		
			*Vyrobit díru D30H7 – 2x	Vrtat díru D28	
				Vyhrubovat díru D28 na D29,7	
				Vystružit díru D29,7 na D30H7	
			Srazit hrany díry D30H7, 5x45° – 2x		
			*Vyrobit díru D10H7 – 4x	Vrtat díru D9	
				Vyhrubovat díru D9 na D9,8	
				Vystružit díru D9,8 na D10H7	
			Vrtat díru D18 – 4x		
25	4214 45355	Hrubování čelního a obvodového tvaru, vrtání děr, řezání závitů, obrábění přesných ploch na míru	Přeupnutí odlitku na pracovním stole		
			Hrubovat čelní a obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm	Odfrézovat na čele nálitky v rohách s přídavkem 2mm	
				Obrobit konturu na obvodě načisto	
				Hrubovat celý obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm	
				Hrubovat celý čelní tvar s přídavkem 0,5mm	
			Vyrobit díru se závitem M16 – 8x	vrtat díru pro závit D14	
				řezat závit M16	

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			LEMOVACÍ LOŽE - VW POLO		
Jakost materiálu: EN JS2070			Hmotnost: 790 kg	Počet kusů: 1	List: 3
č. op.	středisko pracoviště	Operace	Úsek	Úkon	Přípravný Nr. 1kus [min]
25	4214 45355		Vyrobit upinací plochy uvnitř odlitku	vyrobit plochu pro přidržovač 205 mm od základny – 1x	
				vyrobit plochy pro upínací prvky 220 mm od základny – 6x	
				vyrobit plochy pro upínací prvky 210 mm od základny – 4x	
				vyrobit plochy pro senzory – 4x	
			Vyrobit upínací plochy po obvodě odlitku	Vyrobit 4 kapsy po obvodě – 1. část	
				Vyrobit 1 kapsu po obvodě – 2. část	
				Vyrobit 6 kapsy po obvodě – 3. část	
				Vyrobit 1 kapsu po obvodě – 4. část	
				Vyrobit 4 kapsy po obvodě – 5. část	
				Vyrobit 7 kapes po obvodě – 6. část	
			Vyrobit na čele kapsy pro přísavky – 15x	Vrtat díru na čele pro najetí frézy – 15x	
				Frézovat kapsy na čele – 15x	
			*Vyrobit díru D40H7, míra 220 od základny – 2x	Vrtat díru D38	
				Vyhrubovat díru D38 na D39,7	
				Vystružit díru D39,7 na D40H7	

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			LEMOVACÍ LOŽE - VW POLO		
Jakost materiálu: EN JS2070			Hmotnost: 790 kg	Počet kusů: 1	List: 4
č. op.	středisko pracoviště	Operace	Úsek	Úkon	Přípravný Nr. 1kus [min]
25	4214 45355		Frézovat díru D51, míra 220 od základny – 2x	Hrubovat díru D51 s přídavkem 0,2 mm	225 1837
				Frézovat díru D51 načisto	
			Vyrobit díru D8H7 – 2x	Vrtat díru D7	
				Vyhrubovat díru D7 na D7,8	
				Vystružit díru D7,8 na D8H7	
			Vyrobit díru se závitem M8 – 4x	Vrtat díru D6,8	
				Řezat závit M8	
			Vyrobit díru se závitem M24, míra 220 od základny – 4x	Vrtat díru D21	
				Řezat závit M24	
			Vyrobit díru se závitem M10, míra 210 od základny – 4x	Vrtat díru D8,5	
				Řezat závit M10	
			*Vyrobit díru D12H7 – 4x	Vrtat díru D11,5	
				Frézovat díru D12	
			Vyrobit díru se závitem M6 – 4x	Vrtat díru D5	
				Řezat závit M6	
30	4214 45355	Čelní a obvodový tvar načisto	*Hrubovat přidržovač s přídavkem 1 mm *Hrubovat čelní tvar s přídavkem 0,3 mm *Hrubovat obvodový tvar s přídavkem 0,3 mm		

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			LEMOVACÍ LOŽE - VW POLO		
Jakost materiálu: EN JS2070			Hmotnost: 790 kg	Počet kusů: 1	List: 5
č. op.	středisko pracoviště	Operace	Úsek	Úkon	Přípravný Nr.1kus [min]
30	4214 45355		*Čelní tvar i s přidržovačem na čisto		169 800
			*Obvodový tvar načisto		
			*Profil na čele načisto		
			*Zaoblení hran kapes pro přísavky		
35	4052 38749	Kontrola úseků označených * u operací 20, 25, 35			0 800
40	4215 09444	Obrobit ostří a hrany, vyrobit díry se závity	Obrobit ostří a hrany		19 134
			vyrobit díru pro závit M6 – 8x	Vrtat díru D5	
				Řezat závit M6 – 16x	
45	4215 09444	Leštit čelní tvar			0 2300
50	4052 38749	Kontrola tvaru			0 500
55	4215 09444	Konzervovat a opatřit obalem			0 50
60	4000 32814	Tvarové plochy kalit laserem – externě			0 0
65	4052 38749	Kontrola tvaru			0 500
70	4215 09444	Tvarové plochy dohotovit, montáž kon. trnů			0 340
75	4052 38749	Ověření a zaznamenání souřadnic středu kontrolních trnů			0 200

Příloha 3 – Technologické podmínky [1]

Tab. 2: Technologické podmínky

č. op.	Úsek	Úkon	n [min ⁻¹]	v _c [m/min]	s [mm/min]	a _p [mm]	přídavek [mm]
10	Hrubovat základnu s přídavkem 2		1000	207,35	5000	1	2
15	Vrtat pomocné díry D12H7 pro najetí do os odlitku – 3x	Vrtat díru D11	2200	76,03	170	-	1
		Vyhrubovat díru D11 na D11,7	530	19,48	130	-	0,3
		vystružit díru D11,7 na D12H7	530	19,98	130	-	0
	Hrubovat čelní tvar		1000	207,35	5000	1,5	2
	Hrubovat obvodový tvar	Hrubovat obvodový tvar – 1. část	1000	157,08	5000	1,5	2
		Hrubovat obvodový tvar – 2. část	1000	157,08	5000	1,5	2
		Hrubovat obvodový tvar – 3. část	1000	157,08	5000	1,5	2
		Hrubovat obvodový tvar – 4. část	1000	157,08	5000	1,5	2
		Hrubovat konturu na obvodě	1000	63,83	500	-	2
20	Obrobit základnu načisto		1000	207,35	5000	1	0
	Vyrobit díru D30H7 – 2x	vrtat díru D28	250	21,99	50	-	2
		vyhrubovat díru D28 na D29,7	250	23,33	50	-	0,3
		vystružit díru D29,7 na D30H7	250	23,56	50	-	0
	Srazit hrany díry D30H7, 5x45° – 2x		300	18,85	150	-	0

č. op.	Úsek	Úkon	n [min ⁻¹]	v _c [m/min]	s [mm/min]	a _p [mm]	přídavek [mm]
20	Vyrobit díru D10H7 – 4x	Vrtat díru D9	2228	63,00	170	-	1
		Vyhrubovat díru D9 na D9,8	640	19,70	160	-	0,2
		Vystružit díru D9,8 na D10H7	640	20,11	160	-	0
	Vrtat díru D18 – 4x		440	24,88	50	-	0
	Vyrobit díru se závitem M16 – 8x	vrtat díru pro závit D14	1600	70,37	120	-	-
		řezat závit M16	100	5,03	200	-	-
25	hrubovat čelní a obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm	Odfrézovat na čele nálitky v rohách s přídavkem 2mm	1000	207,35	5000	1,5	0,5
		Obrobit konturu na obvodě načisto	1000	62,83	500	-	0,5
		Hrubovat celý obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm	1000	207,35	5000	-	0,5
		Hrubovat celý čelní tvar s přídavkem 0,5mm	2500	157,08	1500	-	0,5
	Vyrobit upínací plochy uvnitř odlitku	vyrobit plochu pro přídržovač 205 mm od základny – 1x	2000	251,33	2000	-	0
		vyrobit plochy pro upínací prvky 220 mm od základny – 6x	2000	251,33	2000	-	0
		vyrobit plochy pro upínací prvky 210 mm od základny – 4x	2000	251,33	2000	-	0
		vyrobit plochy pro senzory – 4x	1000	125,66	1000	-	0

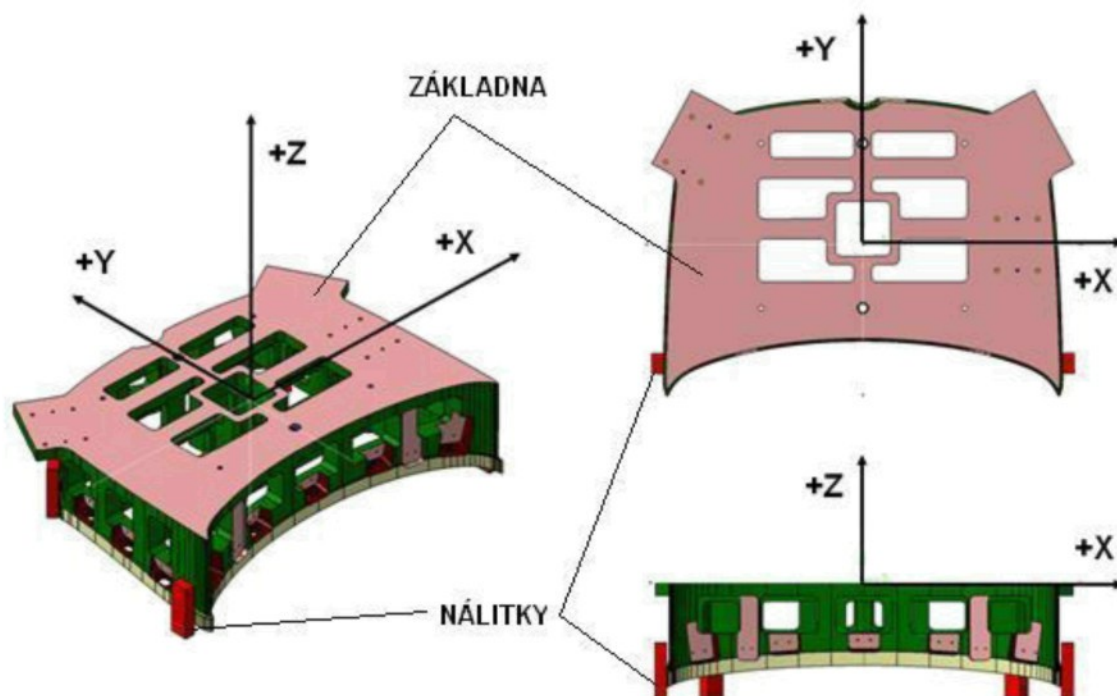
č. op.	Úsek	Úkon	n [min ⁻¹]	v _c [m/min]	s [mm/min]	a _p [mm]	přídavek [mm]
25	Vyrobit upínací plochy po obvodě odlitku	Vyrobit 4 kapsy po obvodě – 1. část	350	35,19	300	-	0
		Vyrobit 1 kapsy po obvodě – 2. část	350	35,19	300	-	0
		Vyrobit 6 kapsy po obvodě – 3. část	350	35,19	300	-	0
		Vyrobit 1 kapsy po obvodě – 4. část	350	35,19	300	-	0
		Vyrobit 4 kapsy po obvodě – 5. část	350	35,19	300	-	0
		Vyrobit 7 kapsy po obvodě – 6. část	350	35,19	300	-	0
	Vyrobit na čele kapsy pro přísavky – 15x	Vrtat díru na čele pro najetí frézy – 15x	350	39,58	50	-	-
		Frézovat kapsy na čele – 15x	200	20,11	150	-	-
	*Vyrobit díru D40H7, míra 220 od základny – 2x	Vrtat díru D38	250	29,85	50	-	2
		Vyhrubovat díru D38 na D39,7	250	31,18	50	-	0,3
		Vystružit díru D39,7 na D40H7	250	31,42	50	-	0
	Frézovat díru D51, míra 220 od základny – 2x	Hrubovat díru D51 s přídavkem 0,2 mm	2500	125,66	1000	-	0,2
		Frézovat díru D51 načisto	2500	125,66	1000	-	0

č. op.	Úsek	Úkon	n [min ⁻¹]	v _c [m/min]	s [mm/min]	a _p [mm]	přídavek [mm]
25	Vyrobit díru D8H7 – 2x	Vrtat díru D7	2228	49	170	-	1
		Vyhrubovat díru D7 na D7,8	640	15,68	160	-	0,2
		Vystružit díru D7,8 na D8H7	640	16,09	160	-	0
	Vyrobit díru se závitem M8 – 4x	Vrtat díru D6,8	3713	79,32	290	-	-
		Řezat závit M8	199	5,00	249	-	-
	Vyrobit díru se závitem M24, míra 220 od základny – 4x	Vrtat díru D21	320	21,11	80	-	-
		Řezat závit M24	66	4,98	198	-	-
	Vyrobit díru se závitem M10, míra 210 od základny – 4x	Vrtat díru D8,5	2785	74,37	220	-	-
		Řezat závit M10	159	5,00	238	-	-
	*Vyrobit díru D12H7 – 4x	Vrtat díru D11,5	530	19,15	130	-	0,5
		Frézovat díru D12	1000	37,70	800	-	0
	Vyrobit díru se závitem M6 – 4x	Vrtat díru D5	1000	15,71	800	-	1
		Řezat závit M6	1060	22,65	260	-	0
	Vyrobit díru se závitem M8 – 30x	Vrtat díru D6,8	1060	22,65	260	-	0
		Řezat závit M8	199	5,00	249	-	-
	Vyrobit díru pro závit M6 - 16x	Vrtat díru D5	1060	16,65	260	-	-
30	*Hrubovat přídržovač s přídavkem 1 mm		1000	78,54	1000	3	1
	*Hrubovat čelní tvar s přídavkem 0,3 mm		8000	402,12	7000	-	0,3
	*Hrubovat obvodový tvar s přídavkem 0,3 mm		120	23,75	100	-	0,3

č. op.	Úsek	Úkon	n [min ⁻¹]	v _c [m/min]	s [mm/min]	a _p [mm]	přídavek [mm]
30	*Čelní tvar i s přídržovačem na čisto		3600	180,96	2000	-	0
	*Obvodový tvar na čisto		120	23,75	100	-	0
	*Profil na čele na čisto		3600	113,10	2000	-	0
	*Zaoblení hran kapes pro přísavky		5000	157,08	1000	-	0
40	Obrobit ostří a hrany		Ruční pracoviště				
	vyrobit díru pro závit M6 – 8x	Vrtat díru D5	Ruční pracoviště				
		Řezat závit M6 – 16x					

Operace číslo 10 - Hrubování základny

Upnutí odlitku:



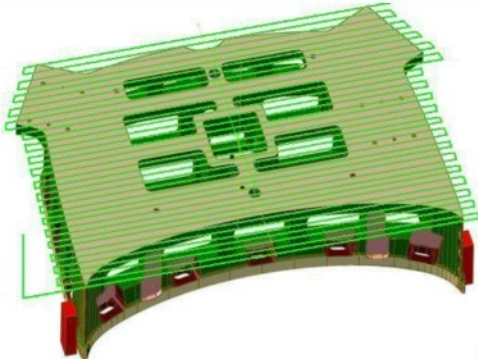
Obr. 10. Upnutí odlitku

Odlitek je upnut za nálitky (viz obrázek 7), které jsou součástí odlitku. Tyto nálitky jsou navrženy konstrukcí pouze z důvodu snadného upnutí při obrábění základny, protože by bylo problematické upnout odlitek za čelní tvarovou plochu. Nálitky jsou po obrobení základny načisto trvale odstraněny a nemají tedy žádnou jinou funkci, než pro upnutí.

Tab. 3: Seznam nářadí v operaci 10

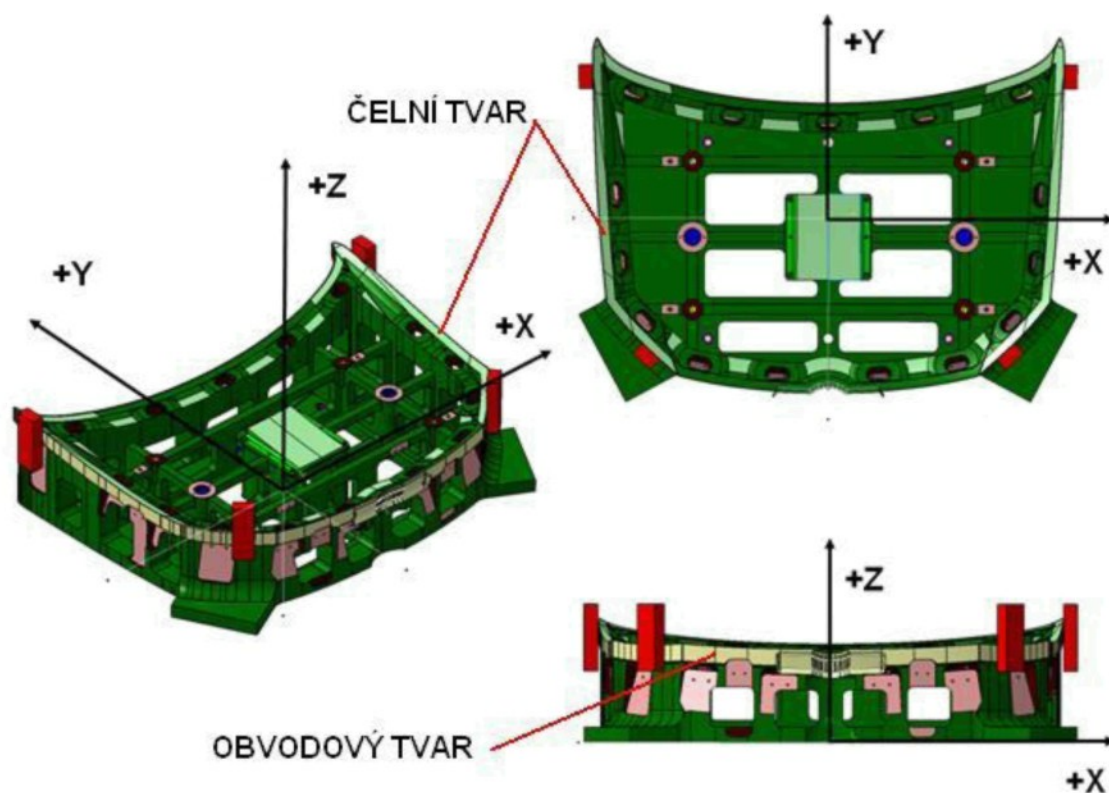
Číslo programu	Č. nástr.	Popis nástroje	Průměr [mm]	Rádus [mm]	Řezná délka [mm]	Využitelná délka [mm]	Celk. délka [mm]
-	T1	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	175	185

Tab. 4: Dráhy nástroje v operaci 10

Číslo operace: 10		Úsek: Hrubovat základnu s přídavkem 2mm
Pořadí programu: 1	Nástroj: T1	Úkon:
Číslo programu: -	Popis drah nástroje: Vzhledem k tomu, že se jedná o obrábění rovinné plochy, píše si tento program pracovník sám. Nástroj se pohybuje v horizontálním směru po jednoduchých přímých drahách, dokud neobrobí celou plochu základny s přídavkem 2mm. Úspornější dráhy nástroje by mohl naprogramovat programátor, ale tato úspora času by byla minimální. Navíc jde o jednoduchou rovinnou plochu a bylo by zbytečné, aby se tím programátor zabýval, když je pracovník v základech programování vyškolen.	
Obr. 11.	dráhy nástroje při hrubování základny s přídavkem 2 mm	

Operace číslo 15 – Hrubování čelního a obvodového tvaru

Upnutí odlitku:



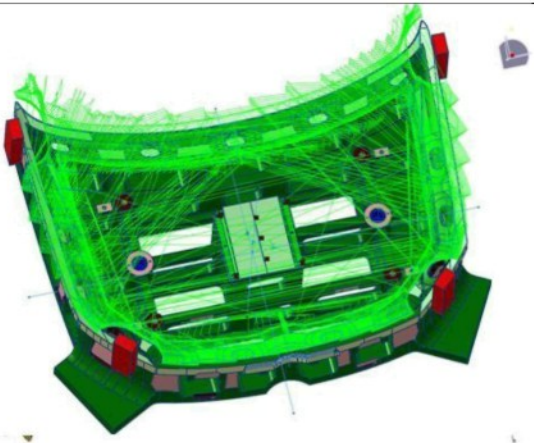
Obr. 12. Upnutí odlitku

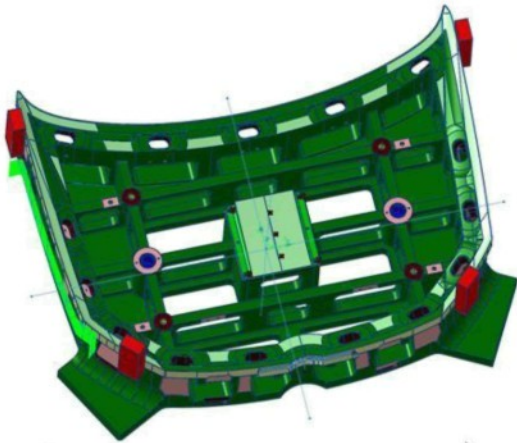
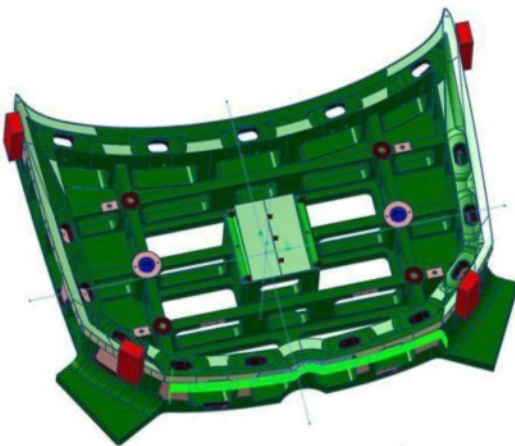
Odlitek je upnutý za základnu (viz Obrázek 9), která byla v operaci číslo 10 hrubována s přídavkem 2mm. Upnutí k pracovnímu stolu se realizuje pomocí upínek.

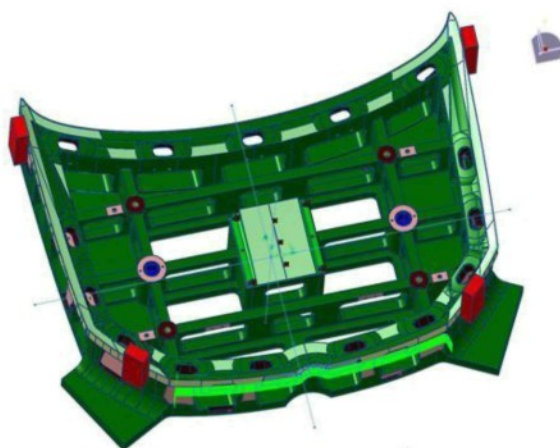
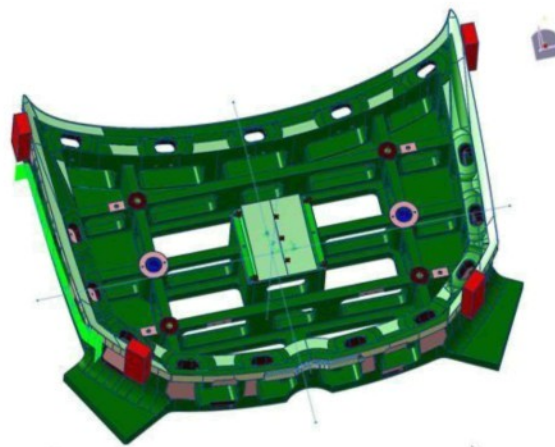
Tab. 5: Seznam nářadí v operaci 15

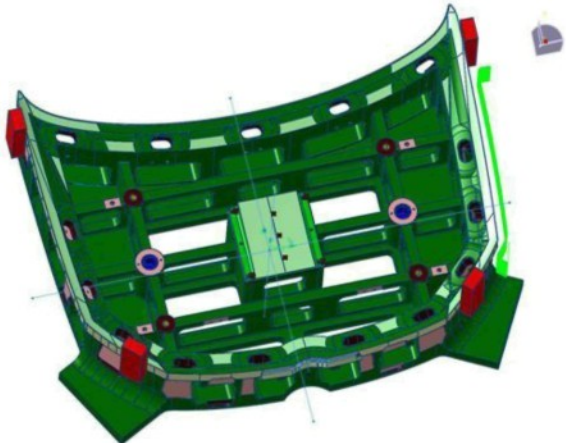
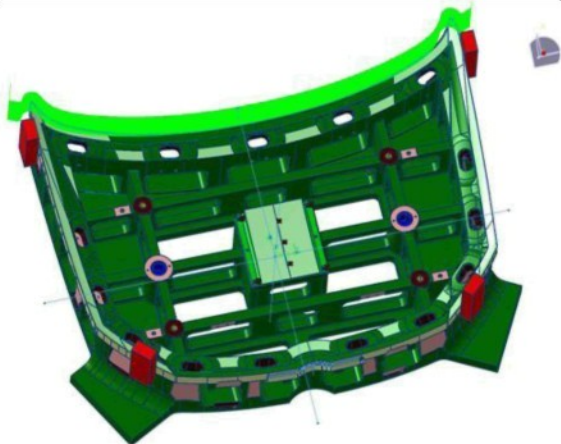
Číslo programu	Č. nástr.	Popis nástroje	Průměr [mm]	Rádus [mm]	Řezná délka [mm]	Využitelná délka [mm]	Celk. délka [mm]
AP90226	T1	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	175	185
AP90227	T1	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	175	185
AP90228	T1	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	175	185
AP90229	T1	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	175	185
AP90230	T1	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	175	185
AP90231	T2	Fréza 20/13 plátková	20	0,00	15	90	200

Tab. 6: Dráhy nástroje v operaci 15

Číslo operace: 15		Úsek: Hrubovat čelní tvar s přídavkem 2mm
Pořadí programu: 1	Nástroj: T1	Úkon: -
Číslo programu: AP90226	Popis drah nástroje: Dráhy nástroje programuje programátor. Nástroj začíná v pravém horním rohu a po jednotlivých vrstvách odebírá materiál. Zároveň se vyhýbá v rozích nálitkům, které budou ještě v další operaci sloužit pro upnutí. Vzhledem k tvaru odlitku, který je profilován lehce do tvaru „U“, je program navržen tak, aby se obrobila postupně bezprostřední část kolem rohů a pak části uprostřed. Je to z toho důvodu, že pokud by nástroj obráběl odlitek od jedné strany ke druhé, vznikl by uprostřed najednou velký rozdíl mezi již obrobenou částí odlitku a mezi neobrobenou. Zjednodušeně řečeno by se vytvořil velký „schod“. Program by šel samozřejmě navrhnout a realizovat tak, aby dráha nástroje sledovala profil odlitku. Toto řešení by ale vyžadovalo celkem složitou proceduru programování a proto programátor zvolil obrábění po vrstvách. Navíc má toto řešení tu výhodu, že pracovník může na stroji pomocí řídicího systému regulovat výšku odebírané vrstvy, pokud je to potřeba. Proto je toto zvolené řešení obrábění nejvhodnější.	
Obr. 13.	Dráhy nástroje při hrubování čelního tvaru s přídavkem 2 mm 	

Číslo operace: 15		Úsek: Hrubovat obvodový tvar s přídavkem 2mm
Pořadí programu: 2	Nástroj: T1	Úkon: Hrubovat obvodový tvar – 1. část
Číslo programu: AP90227	Popis drah nástroje: Nástroj začíná odebírat materiál po horizontálních vrstvách v horním levém rohu a pokračujeme směrem k levému dolnímu rohu.	
Obr. 14. Dráhy nástroje při hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm – 1. část 		
Pořadí programu: 3	Nástroj: T1	Úkon: Hrubovat obvodový tvar – 2. část
Číslo programu: AP90228	Popis drah nástroje: Nástroj začíná odebírat materiál po horizontálních vrstvách v dolním levém rohu a pokračujeme směrem k pravému dolnímu rohu.	
Obr. 15. Dráhy nástroje při hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm – 2. část 		



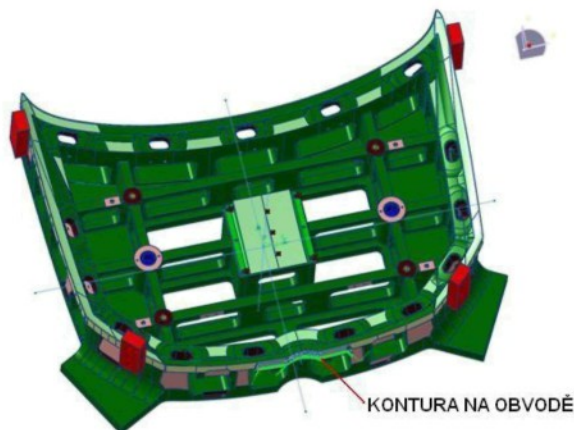
Číslo operace: 15		Úsek: Hrubovat obvodový tvar s přídavkem 2mm
Pořadí programu: 4	Nástroj: T1	Úkon: Hrubovat obvodový tvar – 3. část
Číslo programu: AP90229	Popis drah nástroje: Nástroj začíná odebírat materiál po horizontálních vrstvách v dolním pravém rohu a pokračujeme směrem k pravému hornímu rohu.	
Obr. 16. Dráhy nástroje při hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm – 3. část		
Pořadí programu: 5	Nástroj: T1	Úkon: Hrubovat obvodový tvar – 4. část
Číslo programu: AP90230	Popis drah nástroje: Nástroj začíná odebírat materiál po horizontálních vrstvách v horním pravém rohu a pokračujeme směrem k levému hornímu rohu.	
Obr. 17. Dráhy nástroje při hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm – 4. část		

Číslo operace: 15		Úsek: Hrubovat obvodový tvar s přídavkem 2mm
Pořadí programu: 6	Nástroj: T2	Úkon: Hrubovat konturu na obvodě
Číslo programu: AP90231	Popis drah nástroje: Nástroj odebírat materiál po horizontálních vrstvách uprostřed obvodového tvaru mezi dolním pravým a levým rohem.	

Obr. 18.

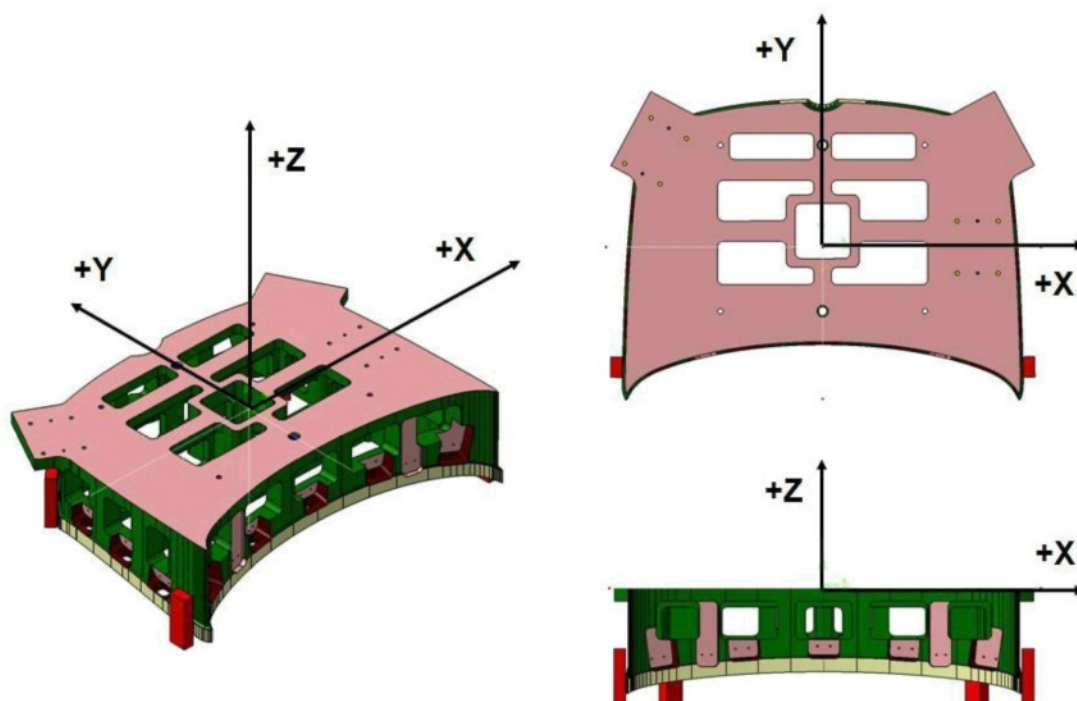
Dráhy nástroje při hrubování kontury na obvodovém tvaru

KONTURA NA OBVODĚ



Operace číslo 20 – základna načisto

Upnutí odlitku:

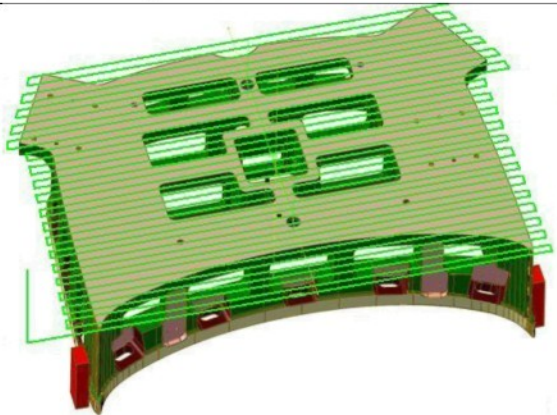
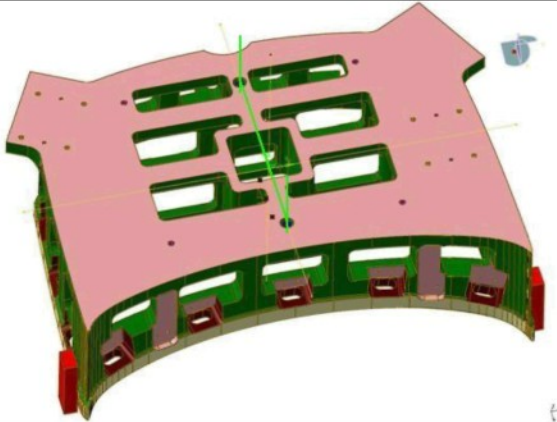


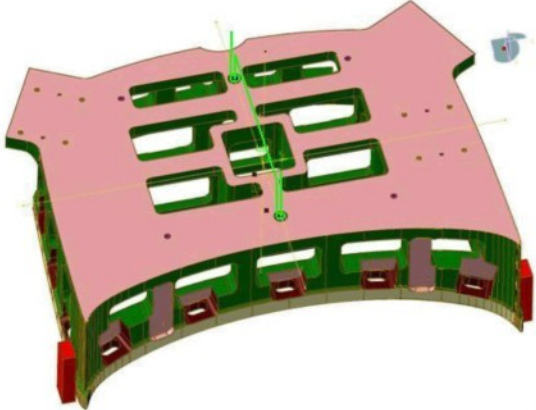
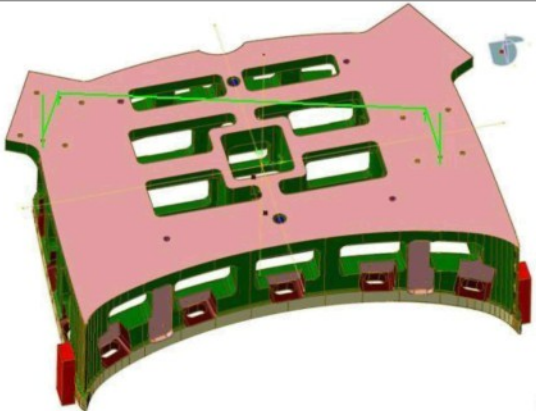
Obr. 19. Upnutí odlitku

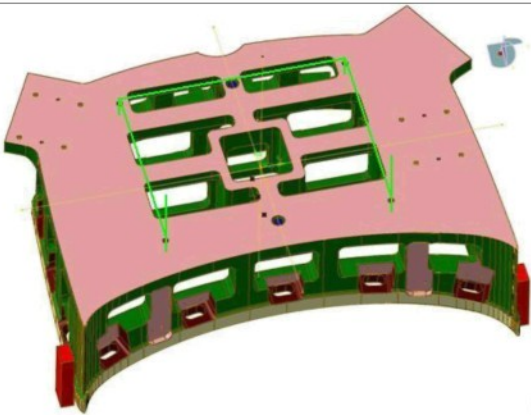
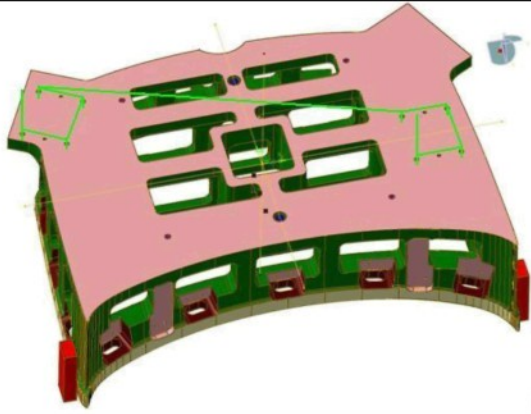
Tab. 7: Seznam nářadí v operaci 20

Číslo programu	Č. nástr.	Popis nástroje	Průměr [mm]	Rádus [mm]	Řezná délka [mm]	Využitelná délka [mm]	Celk. délka [mm]
AP90232	T1	T1 Vrták 28/112 Walter	28	0,00	112	157	157
	T2	T2 Vrtací tyč 29.7	29,7	2,00	90	90	90
	T3	T4 Hlavička NOVEX 30H7	30	2,00	75	75	75
AP90233	T4	Fréza 20/20st/75 NA HRANY	20	0,00	75	100	120
AP90234	T5	Vrták D9	9	-	50	50	100
	T6	Fréza D9,8	9,8	-	40	50	100
	T7	Výstružník D10H7	10	-	40	50	100
AP90235	T8	Vrták 18/90 CSN	18	-	90	110	180
AP90236	T9	Vrták D14	14	-	50	50	100
	T10	Závitník M16	16	-	50	60	100
-	T11	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	175	185

Tab. 8: Dráhy nástroje v operaci 20

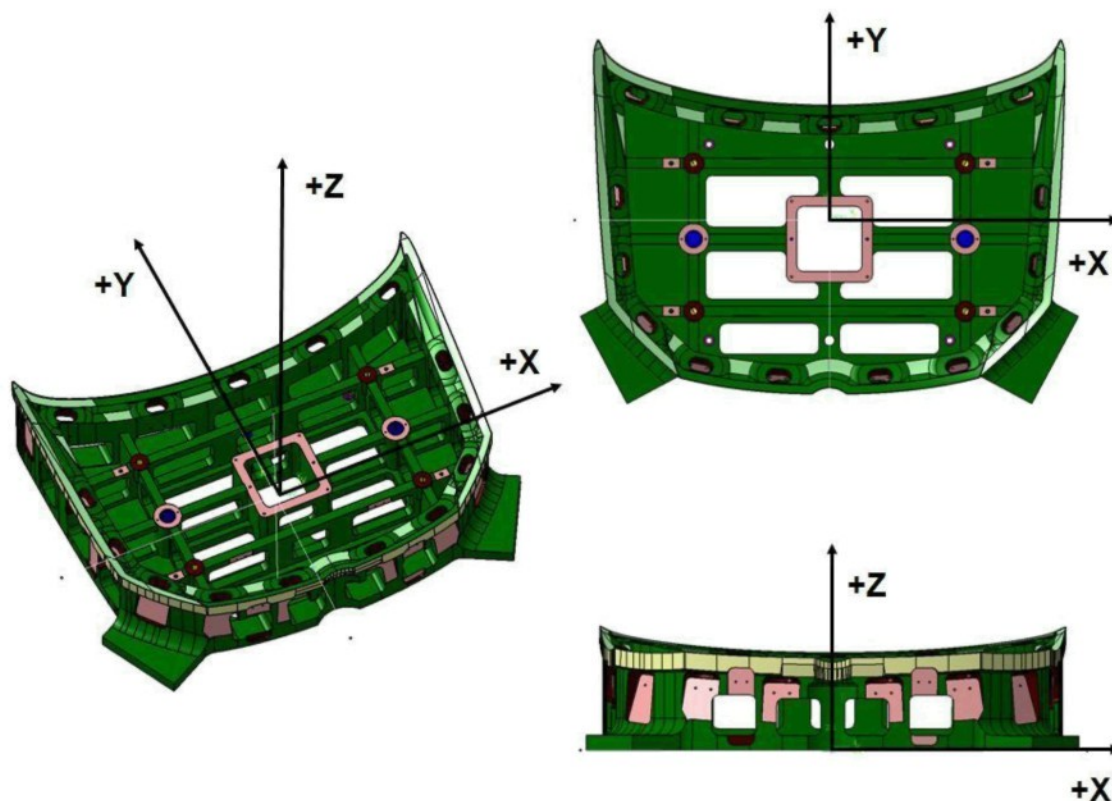
Číslo operace: 20		Úsek: Obrobit základnu načisto
Pořadí programu: 1	Nástroj: T11	Úkon: -
Číslo programu: -	Popis drah nástroje: Program na obrobení základny si opět píše pracovník sám. Nástroj se pohybuje v horizontálním směru po jednoduchých přímých drahách, dokud neobrobí celou plochu základny načisto.	
Obr. 20.	Dráhy nástroje při obrobení základny načisto	
Číslo operace: 20		Úsek: Vyrobít díru D30H7 – 2x
Pořadí programu: 1, 2, 3	Nástroj: T1, T2, T3	Úkon: Vrtat díru D28; Vyhrubovat díru D28 na D29,7; Vystružit díru D29,7 na D30H7
Číslo programu: AP90232	Popis drah nástroje: Nástroj přijede na souřadnice první díry, vyvrtá díru, přejede na souřadnice druhé díry, opět vyvrtá díru a pak pracovník vymění nástroj. Tyto dráhy se opakují, pouze s jiným nástrojem, dokud není hotová díra D30H7.	
Obr. 21.	Výroba díry D30H7	

Číslo operace: 20		Úsek: Srazit hrany díry D30H7, 5x45° - 2x
Pořadí programu: 4	Nástroj: T4	Úkon: -
Číslo programu: AP90233	Popis drah nástroje: Nástroj přijede na souřadnice díry, srazí hrany díry D30H7 tím, že fréza kruhovým pohybem vytvoří sražení 5x45°.	
Obr. 22. Dráhy nástroje při sražení hran 5x45° u díry D30H7		
Číslo operace: 20		Úsek: Vyrobít díru D10H7 – 4x
Pořadí programu: 5, 6, 7	Nástroj: T5, T6, T7	Úkon: Vrtat díru D9; Vyhrubovat díru D9 na D9,8; Vystružit díru D9,8 na D10H7
Číslo programu: AP90234	Popis drah nástroje: Nástroj přijede na souřadnice první díry, vyvrtá díru, přejede na souřadnice druhé, třetí, čtvrté díry, opět vyvrtá díru a pak pracovník vymění nástroj. Tyto dráhy se opakují, pouze s jiným nástrojem, dokud není hotová díra D10H7.	
Obr. 23. Výroba díry D10H7		

Číslo operace: 20		Úsek: Vyrobít díru D18 – 4x
Pořadí programu: 8	Nástroj: T8	Úkon: -
Číslo programu: AP90235	Popis drah nástroje: Nástroj přijede na souřadnice první díry, vyvrtá díru, přejede na souřadnice druhé, třetí, čtvrté díry a opět vyvrtá díru	
Obr. 24. Dráhy nástroje při výrobě díry D18		
Číslo operace: 20		Úsek: Vyrobít díru se závitem M16 – 8x
Pořadí programu: 9, 10	Nástroj: T5, T6, T7	Úkon: Vrtat díru pro závit D14; Řezat závit D16
Číslo programu: AP90236	Popis drah nástroje: Nástroj přijede na souřadnice první díry, vyvrtá díru, tímto způsobem vyvrtá všech 8 děr, ve kterých následně po stejných drahách postupně vyřízne závit.	
Obr. 25. Dráhy nástroje při výrobě díry se závitem M16		

Operace číslo 25 – Hrubování čelního a obvodového tvaru, vrtání děr, řezání závitů, obrábění přesných ploch na míru

Upnutí odlitku:



Obr. 26. Upnutí odlitku

Tab. 9: Seznam nářadí v operaci 25

Číslo programu	Č. nástr.	Popis nástroje	Průměr [mm]	Rádus [mm]	Řezná délka [mm]	Využitelná délka [mm]	Celk. délka [mm]
AP90237	T1	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	70	150
AP90238	T2	Fréza 20/13 plátková	20	0,00	15	90	200
AP90239	T1	PRAMET D66 R3.52	66	3,52	11	70	150
AP90240	T3	Kulová D20 R10	20	10,00	20	30	120
AP90241	T4	Fréza 40/15/170 Sandvik	40	0,00	15	40	170
AP90242	T4	Fréza 40/15/170 Sandvik	40	0,00	15	40	170

Číslo programu	Č. nástr.	Popis nástroje	Průměr [mm]	Rádus [mm]	Řezná délka [mm]	Využitelná délka [mm]	Celk. délka [mm]
AP90243	T4	Fréza 40/15/170 Sandvik	40	0,00	15	40	170
AP90244	T4	Fréza 40/15/170 Sandvik	40	0,00	15	40	170
AP90245	T5	Fréza 32/80 plátková	32	0,00	80	80	250
AP90246	T5	Fréza 32/80 plátková	32	0,00	80	80	250
AP90247	T5	Fréza 32/80 plátková	32	0,00	80	80	250
AP90248	T5	Fréza 32/80 plátková	32	0,00	80	80	250
AP90249	T5	Fréza 32/80 plátková	32	0,00	80	80	250
AP90250	T5	Fréza 32/80 plátková	32	0,00	80	80	250
AP90251	T6	Vrták 36/72 Walter	36	0,00	72	104	200
AP90252	T5	Fréza 32/80 plátková	32	0,00	80	80	250
AP90253	T7	Vrták 38/76 Walter	38	0,00	76	130	220
	T8	Vrtací tyč 39.7	39,7	2,00	110	110	220
	T9	Hlavička NOVEX 40H7	40	2,00	92	92	220
AP90254	T10	Fréza 16/40	16	0,00	15	60	220
AP90255	T11	Fréza 16/40 ROUBIK	16	0,00	15	60	220
AP90256	T11	Fréza 16/40 ROUBIK	16	0,00	15	60	220
AP90257	T12	Vrták D7	7	-	50	-	120
	T13	Fréza D7.8	7,8	-	50	-	120
	T14	Výstružník D8H7	8	-	50	-	120
AP90258	T15	Vrták D6,8	6,8	-	50	-	100
	T16	Závitník M8	8	-	50	-	100
AP90259	T17	Vrták D21	21	-	50	-	150
	T18	Závitník M24	24	-	50	60	150

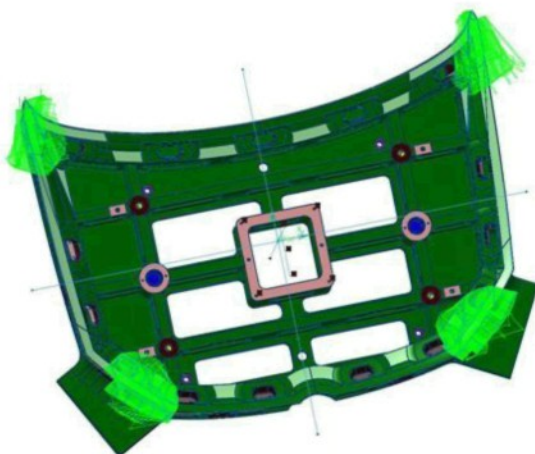
Číslo programu	Č. nástr.	Popis nástroje	Průměr [mm]	Rádus [mm]	Řezná délka [mm]	Využitelná délka [mm]	Celk. délka [mm]
AP90260	T19	Vrták D8,5	8,5	-	50	-	150
	T20	Závitník M10	10	-	50	60	150
AP90261	T21	Vrták D11,5	11,5	-	50	-	150
	T22	Rohová D12 ROUBIK	12	0,00	50	60	150
AP90262	T23	Vrták D5	5	-	50	-	150
AP90263	T24	Vrták D6,8	6,8	-	50	-	150
AP90264	T24	Vrták D6,8	6,8	-	50	-	150
AP90265	T24	Vrták D6,8	6,8	-	50	-	150
AP90266	T24	Vrták D6,8	6,8	-	50	-	150
AP90267	T24	Vrták D6,8	6,8	-	50	-	150
AP90268	T24	Vrták D6,8	6,8	-	50	-	150
AP90269	T23	Vrták D5	5	-	50	-	150
AP90270	T23	Vrták D5	5	-	50	-	150
AP90271	T23	Vrták D5	5	-	50	-	150
AP90272	T23	Vrták D5	5	-	50	-	150

Tab. 10: Dráhy nástroje v operaci 25

Číslo operace: 25		Úsek: Hrubovat čelní a obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm
Pořadí programu: 1	Nástroj: T1	Úkon: Odfrézovat na čele nálitky v rohách s přídavkem 2 mm
Číslo programu: AP90237	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontální rovině a po jednotlivých vrstvách odebírá materiál nálitku a jeho blízkého neobrobeného okolí s přídavkem 2 mm.	

Obr. 27.

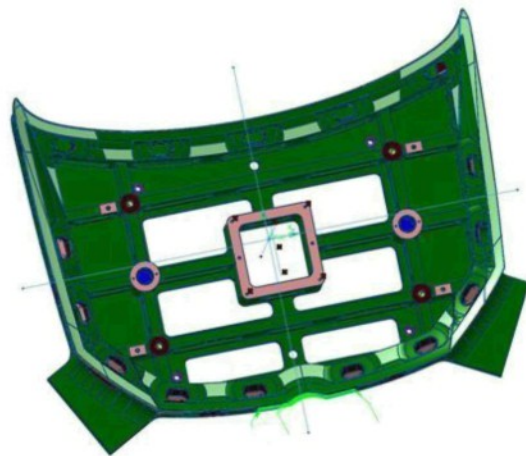
Dráhy nástroje při frézování nálitků

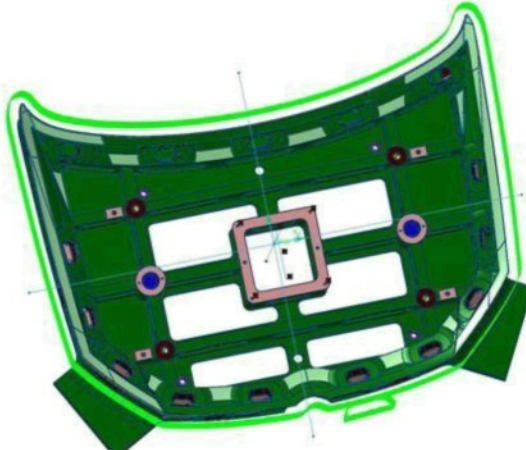
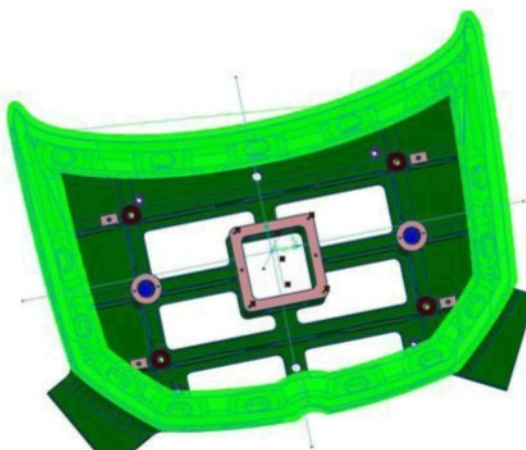


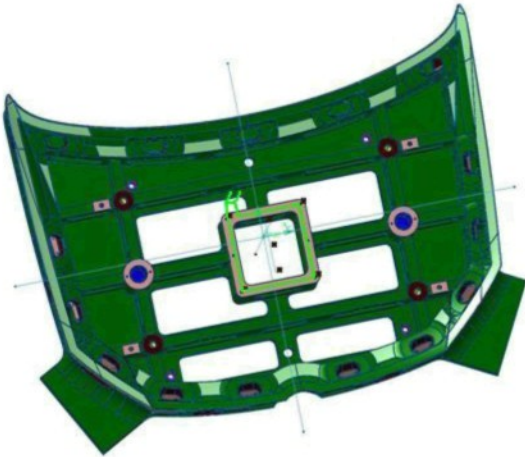
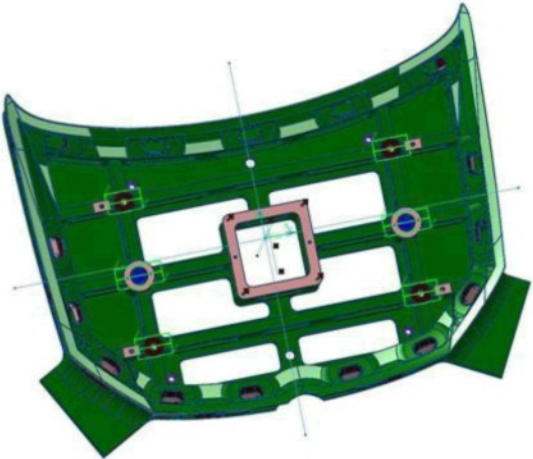
Pořadí programu: 2	Nástroj: T2	Úkon: Obrobit konturu na obvodě načisto
Číslo programu: AP90238	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontálním směru a dle profilu kontury až se vytvoří daný tvar kontury.	

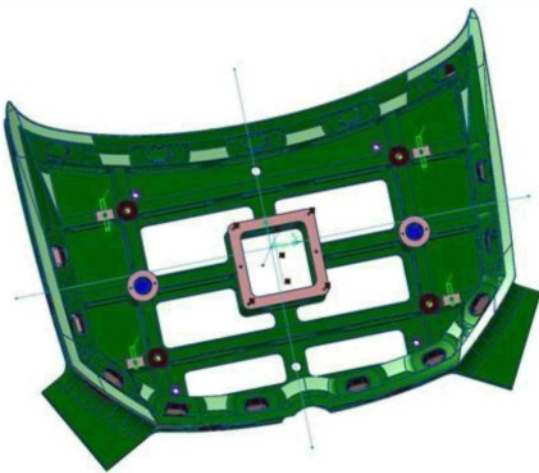
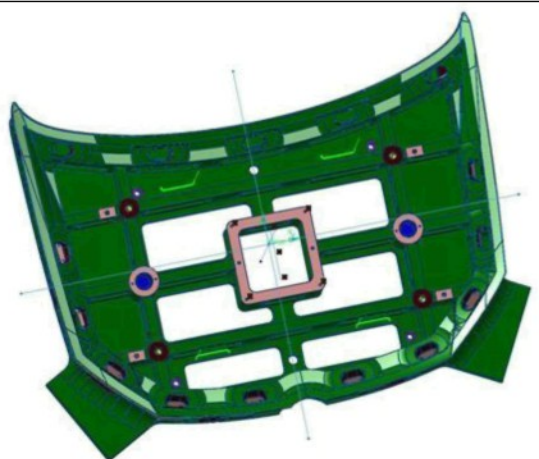
Obr. 28.

Obrobení kontury



Číslo operace: 25		Úsek: Hrubovat čelní a obvodový tvar s přídavkem 0,5 mm
Pořadí programu: 3	Nástroj: T1	Úkon: Hrubovat celý obvodový tvar s přídavkem 0,5mm
Číslo programu: AP90239	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontální rovině a po jednotlivých vrstvách odebírá materiál po obvodě.	
Obr. 29. Dráhy nástroje při hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm 		
Pořadí programu: 4	Nástroj: T3	Úkon: Hrubovat celý čelní tvar s přídavkem 0,5 mm
Číslo programu: AP90240	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje jak v horizontální, tak i ve svislé rovině a vytváří požadovaný čelní tvar s přídavkem 0,5 mm	
Obr. 30. Hrubování čelního tvaru s přídavkem 0,5 mm 		

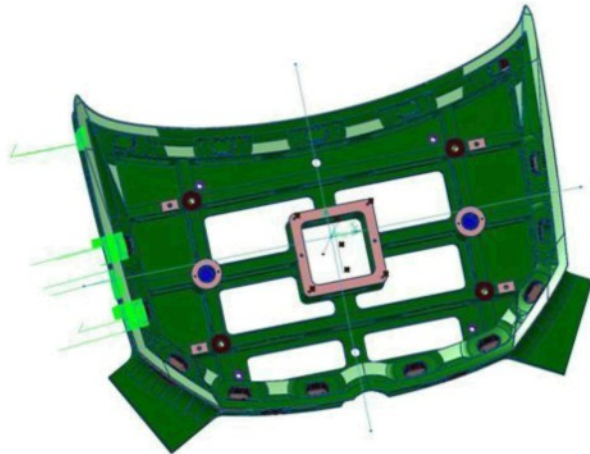
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobit upínací plochy uvnitř odlitku
Pořadí programu: 5	Nástroj: T4	Úkon: Vyrobit plochu pro přidržovač 205 mm od základny
Číslo programu: AP90241	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontální rovině. Dráha nástroje opisuje tvar upínací plochy.	
Obr. 31. Dráhy nástroje při výrobě plochy pro přidržovač		
Pořadí programu: 6	Nástroj: T4	Úkon: Vyrobit plochy pro upínací prvky 220 mm od základny
Číslo programu: AP90242	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje jak v horizontální rovině po vrstvách	
Obr. 32. Dráhy nástroje při výrobě ploch pro upínací prvky		

Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít upínací plochy uvnitř odlitku
Pořadí programu: 7	Nástroj: T4	Úkon: Vyrobít plochy pro upínací prvky 210 mm od základny
Číslo programu: AP90243	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje jak v horizontální rovině po vrstvách	
Obr. 33. Dráhy nástroje při výrobě ploch pro upínací prvky 		
Pořadí programu: 8	Nástroj: T4	Úkon: Vyrobít plochy pro senzory
Číslo programu: AP90244	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje jak v horizontální rovině po vrstvách	
Obr. 34. Dráhy nástroje při výrobě ploch pro senzory 		

Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít upínací plochy po obvodě odlitku
Pořadí programu: 9	Nástroj: T5	Úkon: Vyrobít 4 kapsy po obvodě – 1. část
Číslo programu: AP90245	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice kapsy a dle profilu kapsy ji vyfrézuje	

Obr. 35.

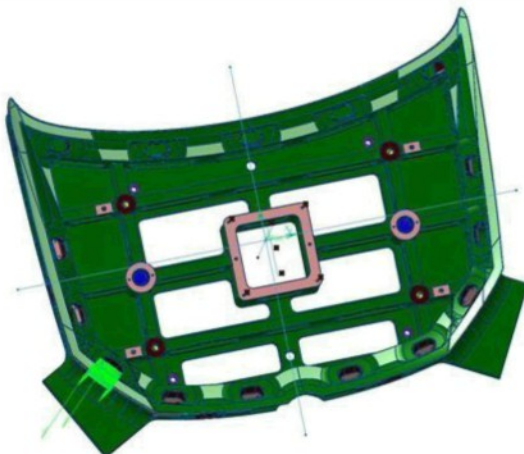
Dráhy nástroje při výrobě kapes

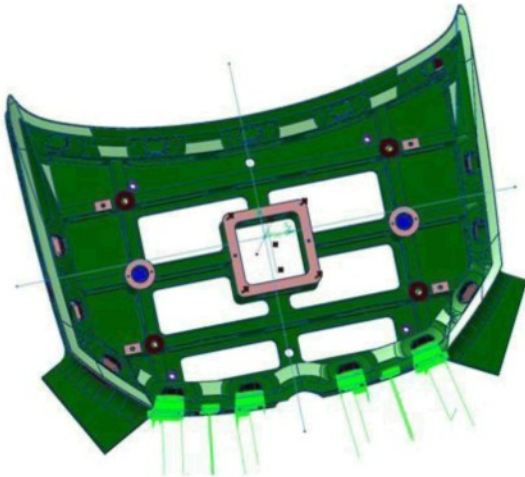
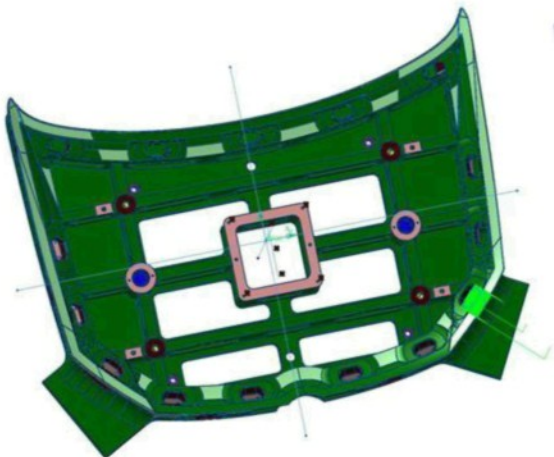


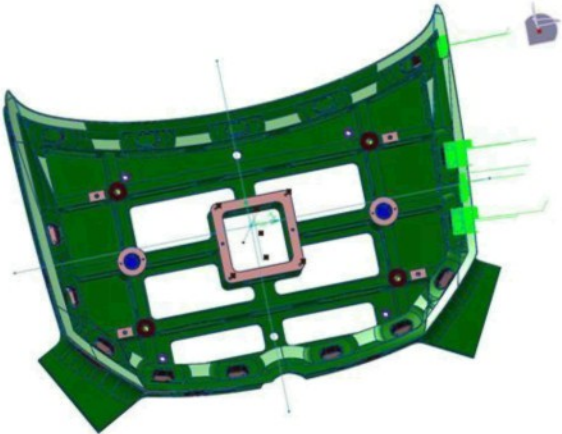
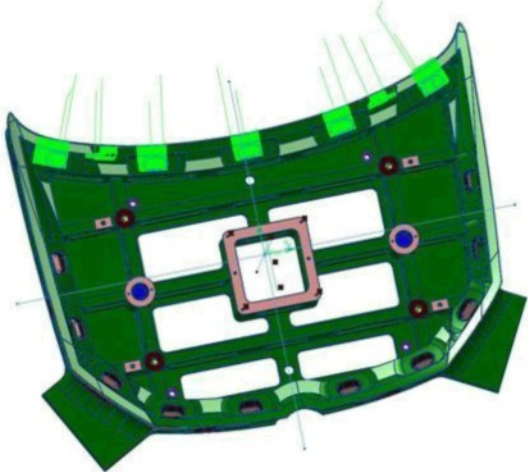
Pořadí programu: 10	Nástroj: T5	Úkon: Vyrobít 1 kapsu po obvodě – 2. část
Číslo programu: AP90246	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice kapsy a dle profilu kapsy ji vyfrézuje	

Obr. 36.

Dráhy nástroje při výrobě kapes



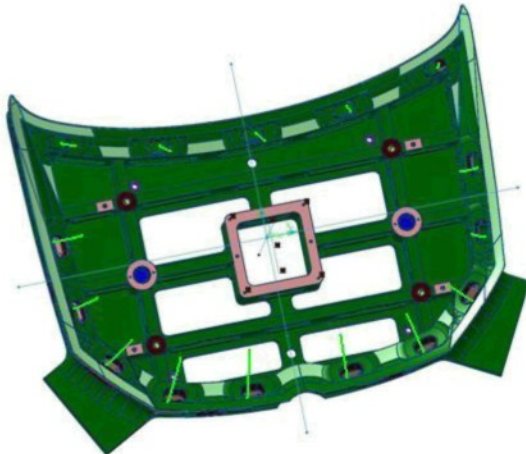
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít upínací plochy po obvodě odlitku
Pořadí programu: 11	Nástroj: T5	Úkon: Vyrobít 6 kapes po obvodě – 3. část
Číslo programu: AP90247	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice kapsy a dle profilu kapsy ji vyfrézuje	
Obr. 37. Dráhy nástroje při výrobě kapes		
Pořadí programu: 12	Nástroj: T5	Úkon: Vyrobít 1 kapsu po obvodě – 4. část
Číslo programu: AP90248	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice kapsy a dle profilu kapsy ji vyfrézuje	
Obr. 38. Dráhy nástroje při výrobě kapes		

Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít upínací plochy po obvodě odlitku
Pořadí programu: 13	Nástroj: T5	Úkon: Vyrobít 4 kapsy po obvodě – 5. část
Číslo programu: AP90249	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice kapsy a dle profilu kapsy ji vyfrézuje	
Obr. 39. Dráhy nástroje při výrobě kapes		
Pořadí programu: 14	Nástroj: T5	Úkon: Vyrobít 7 kapes po obvodě – 6. část
Číslo programu: AP90250	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice kapsy a dle profilu kapsy ji vyfrézuje	
Obr. 40. Dráhy nástroje při výrobě kapes		

Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít na čele kapsy pro přísavky
Pořadí programu: 15	Nástroj: T6	Úkon: Vrtat díry na čele pro najetí frézy
Číslo programu: AP90251	Popis drah nástroje: Nástroj přijede na souřadnice díry a vyvrtá ji	

Obr. 41.

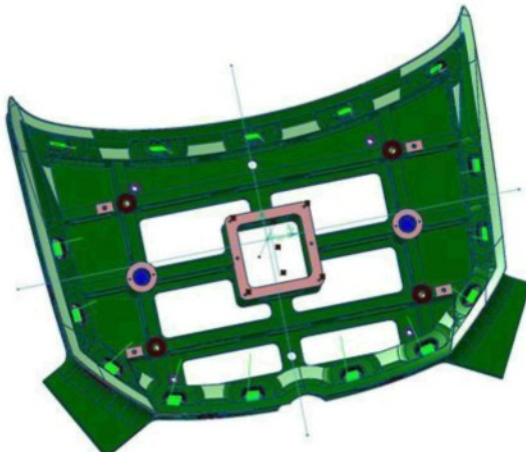
Dráhy nástroje při výrobě kapes pro přísavky



Pořadí programu: 16	Nástroj: T5	Úkon: Frézovat kapsy na čele
Číslo programu: AP90252	Popis drah nástroje: Nástroj opisuje tvar kapsy a po vrstvách odebírá materiál	

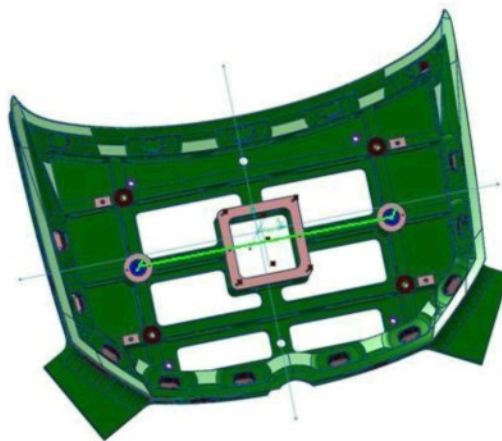
Obr. 42.

Dráhy nástroje při výrobě kapes pro přísavky



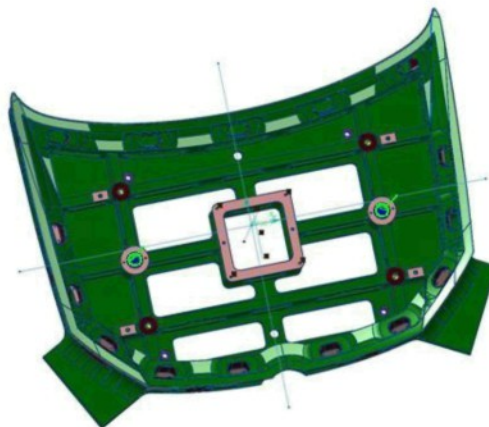
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru D40H7, míra 220 mm od základny – 2x
Pořadí programu: 17, 18, 19	Nástroj: T7, T8, T9	Úkon: Vrtat díru D38; Vyhrubovat díru D38 na D39,7; Vystružit díru D39,7 na D40H7
Číslo programu: AP90253	Popis drah nástroje: Nástroj přijede na souřadnice první díry, vyvrtá díru, přejede na souřadnice druhé díry, opět vyvrtá díru a pak pracovník vymění nástroj. Tyto dráhy se opakují, pouze s jiným nástrojem, dokud není hotová díra D40H7.	

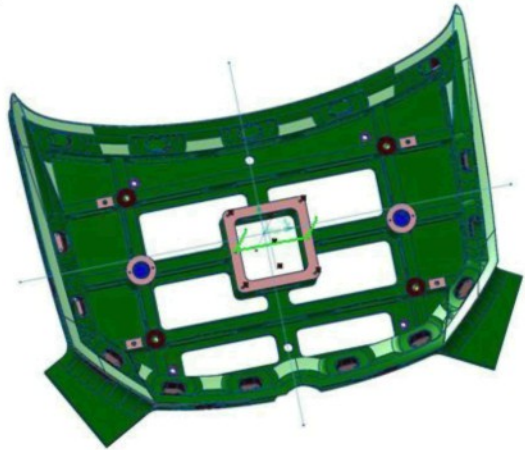
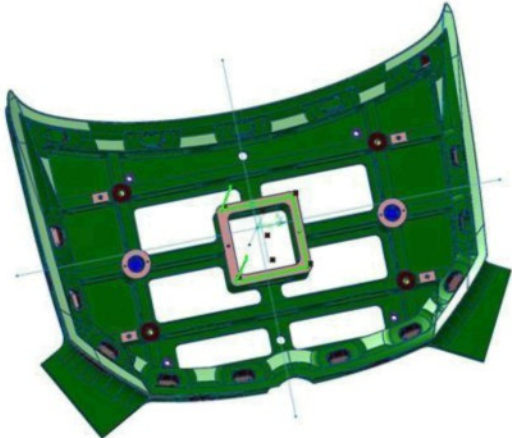
Obr. 43. Dráhy nástroje při výrobě díry D40H7



Číslo operace: 25		Úsek: Frézovat díru D51, míra 220 mm od základny – 2x
Pořadí programu: 20, 21, 22	Nástroj: T10, T11	Úkon: Hrubovat díru D51 s přídavkem 0,2 mm; Frézovat díru D51 načisto
Číslo programu: AP90254, AP90255, AP90256	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje kruhovou interpolací jak při hrubování, tak i při obrábění načisto.	

Obr. 44. Frézování díry D51

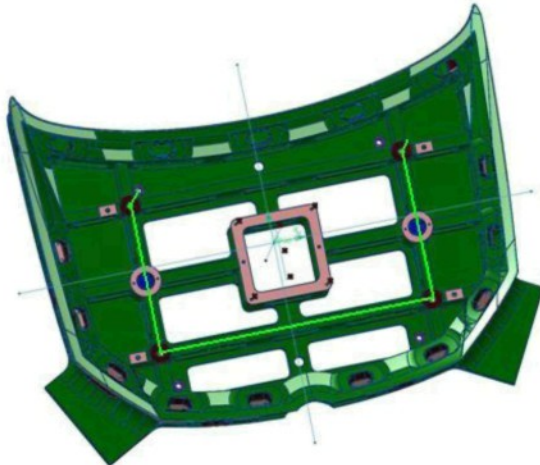


Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru D8H7 – 2x
Pořadí programu: 23, 24 ,25	Nástroj: T12, T13, T14	Úkon: Vrtat díru D7; Vyhrubovat díru D7 na D7,8; Vystružit díru D7,8 na D8H7
Číslo programu: AP90257	Popis drah nástroje: Nástroj přijede na souřadnice první díry, vyvrtá díru, přejede na souřadnice druhé díry, opět vyvrtá díru a pak pracovník vymění nástroj. Tyto dráhy se opakují, pouze s jiným nástrojem, dokud není hotová díra D8H7.	
Obr. 45. Dráhy nástroje při výrobě díry D8H7		
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M8 – 4x
Pořadí programu: 26, 27	Nástroj: T15, T16	Úkon: Vrtat díru D6,8; Řezat závit M8
Číslo programu: AP90258	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry, vyvrtá díru, pak pracovník vymění nástroj, který najede na souřadnice díry a vyřízne závit	
Obr. 46. Výroba díry se závitem		

Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M24, míra 220 od základy – 4x
Pořadí programu: 28, 29	Nástroj: T17, T18	Úkon: Vrtat díru D21; Řezat závit M24
Číslo programu: AP90259	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry, vyvrtá díru, pak pracovník vymění nástroj, který najede na souřadnice díry a vyřízne závit	

Obr. 47.

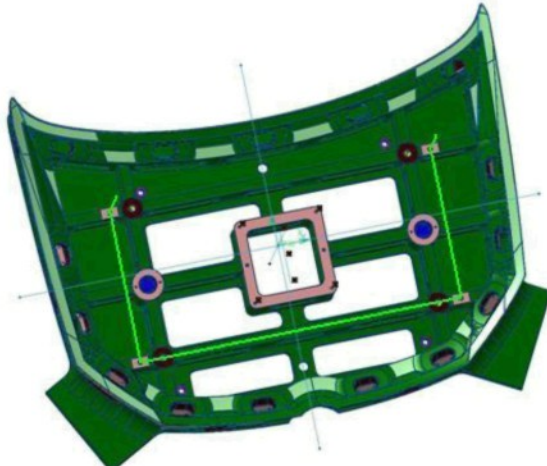
Dráhy nástroje při výrobě díry se závitem M24



Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M10, míra od základny 210 mm – 4x
Pořadí programu: 30, 31	Nástroj: T19, T20	Úkon: Vrtat díru D8,5; Řezat závit M10
Číslo programu: AP90260	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry, vyvrtá díru, pak pracovník vymění nástroj, který najede na souřadnice díry a vyřízne závit	

Obr. 48.

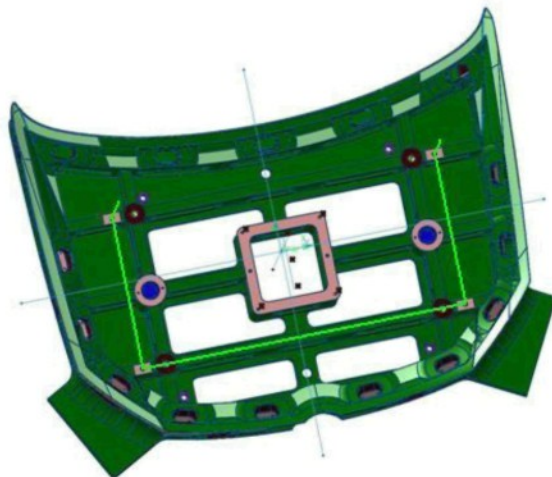
Výroba díry se závitem M10



Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru D12H7 – 4x
Pořadí programu: 32, 33	Nástroj: T21, T22	Úkon: Vrtat díru D11,5; Frézovat díru D12H7
Číslo programu: AP90261	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry, vyvrtá díru, pak pracovník vymění nástroj, který najede na souřadnice díry a fréza obrobí díru na D12H7	

Obr. 49.

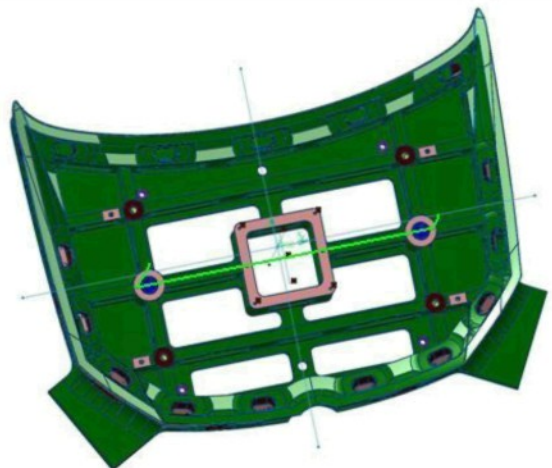
Dráhy nástroje při výrobě díry D12H7



Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M6 – 4x
Pořadí programu: 34	Nástroj: T23	Úkon: Vrtat díru D5
Číslo programu: AP90262	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry, vyvrtá díru, závit se řeže v jiné operaci	

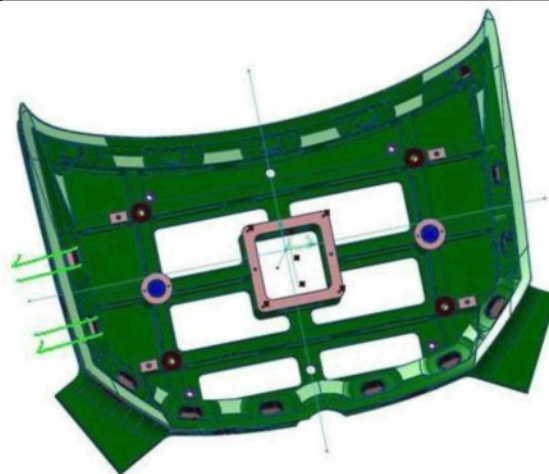
Obr. 50.

Výroba díry se závitem D5



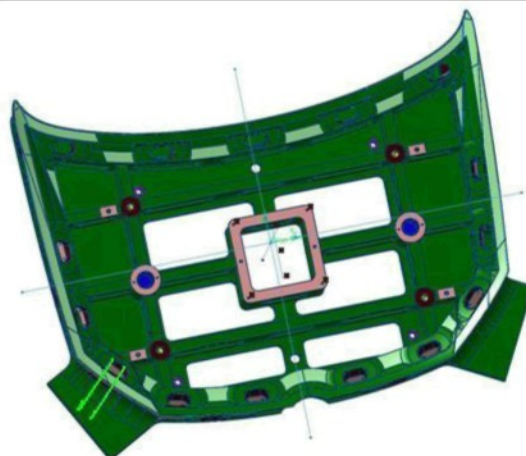
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M8 – 30x
Pořadí programu: 35	Nástroj: T24	Úkon: Vrtat díru D6,8
Číslo programu: AP90263	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 51. Dráhy nástroje při výrobě díry D6,8



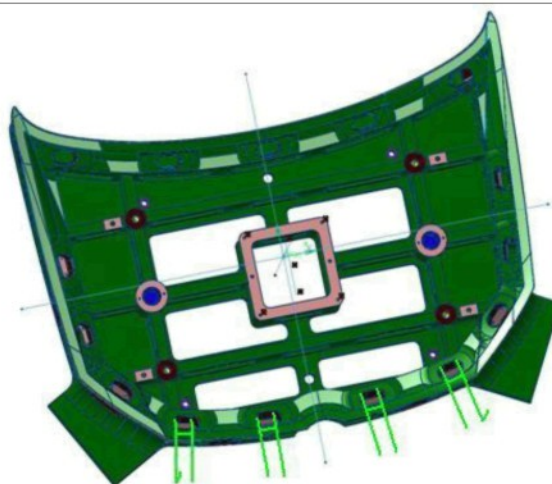
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M8 – 30x
Pořadí programu: 36	Nástroj: T24	Úkon: Vrtat díru D6,8
Číslo programu: AP90264	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 52. Dráhy nástroje při výrobě díry D6,8



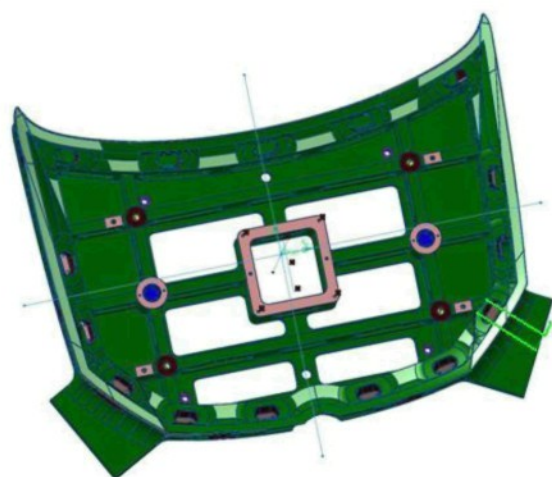
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M8 – 30x
Pořadí programu: 37	Nástroj: T24	Úkon: Vrtat díru D6,8
Číslo programu: AP90265	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 53. Dráhy nástroje při výrobě díry D6,8



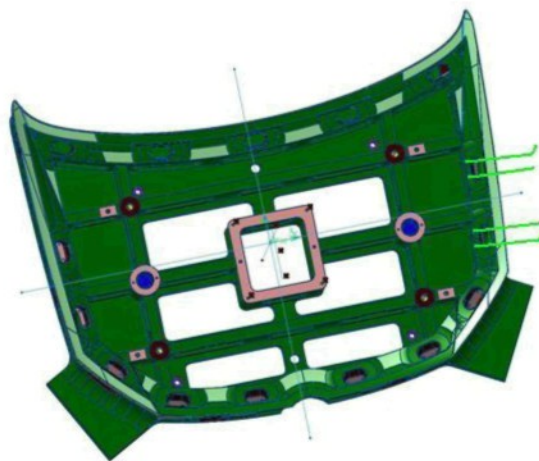
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M8 – 30x
Pořadí programu: 38	Nástroj: T24	Úkon: Vrtat díru D6,8
Číslo programu: AP90266	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 54. Dráhy nástroje při výrobě díry D6,8



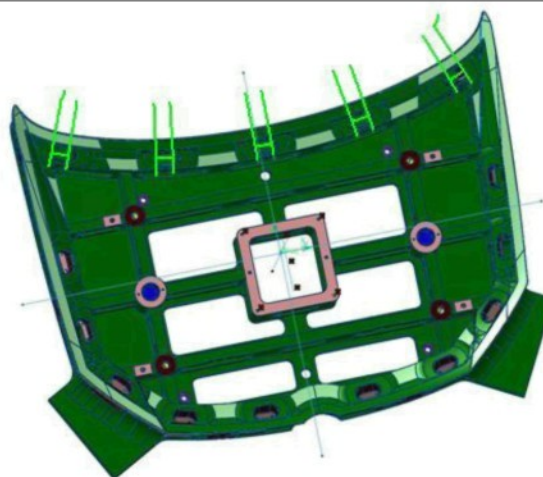
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M8 – 30x
Pořadí programu: 39	Nástroj: T24	Úkon: Vrtat díru D6,8
Číslo programu: AP90267	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 55. Dráhy nástroje při výrobě díry D6,8



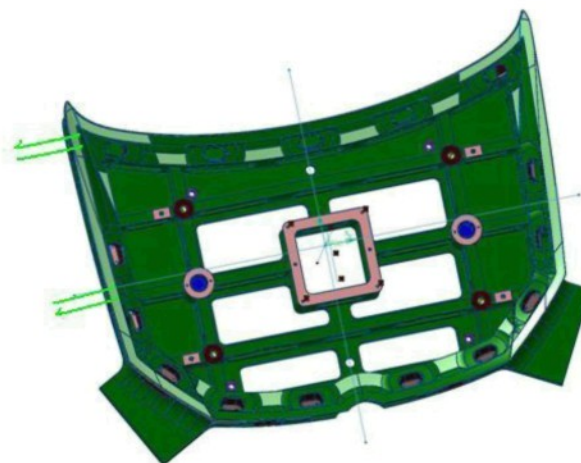
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru se závitem M8 – 30x
Pořadí programu: 40	Nástroj: T24	Úkon: Vrtat díru D6,8
Číslo programu: AP90268	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 56. Dráhy nástroje při výrobě díry D6,8



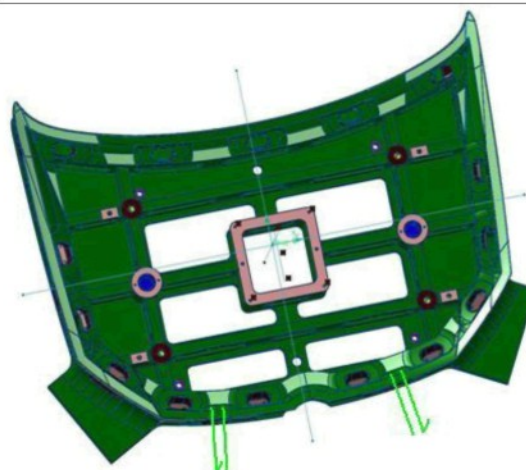
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru pro závit M6 – 16x
Pořadí programu: 41	Nástroj: T23	Úkon: Vrtat díru D5
Číslo programu: AP90269	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 57. Dráhy nástroje při výrobě díry D5



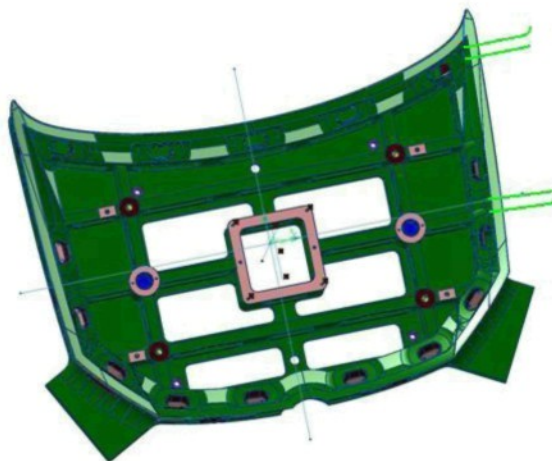
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru pro závit M6 – 16x
Pořadí programu: 42	Nástroj: T23	Úkon: Vrtat díru D5
Číslo programu: AP90270	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 58. Dráhy nástroje při výrobě díry D5



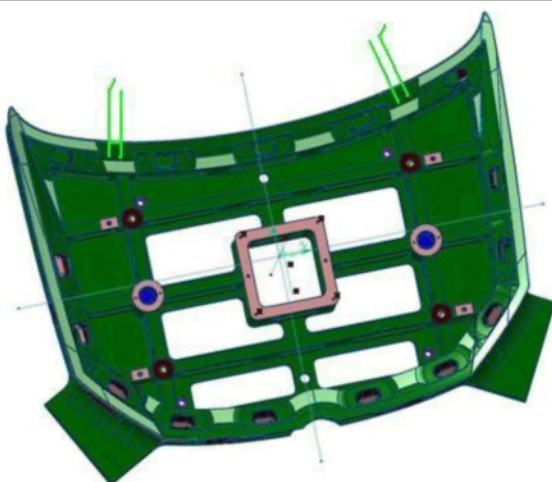
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru pro závit M6 – 16x
Pořadí programu: 43	Nástroj: T23	Úkon: Vrtat díru D5
Číslo programu: AP90271	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 59. Dráhy nástroje při výrobě díry D5



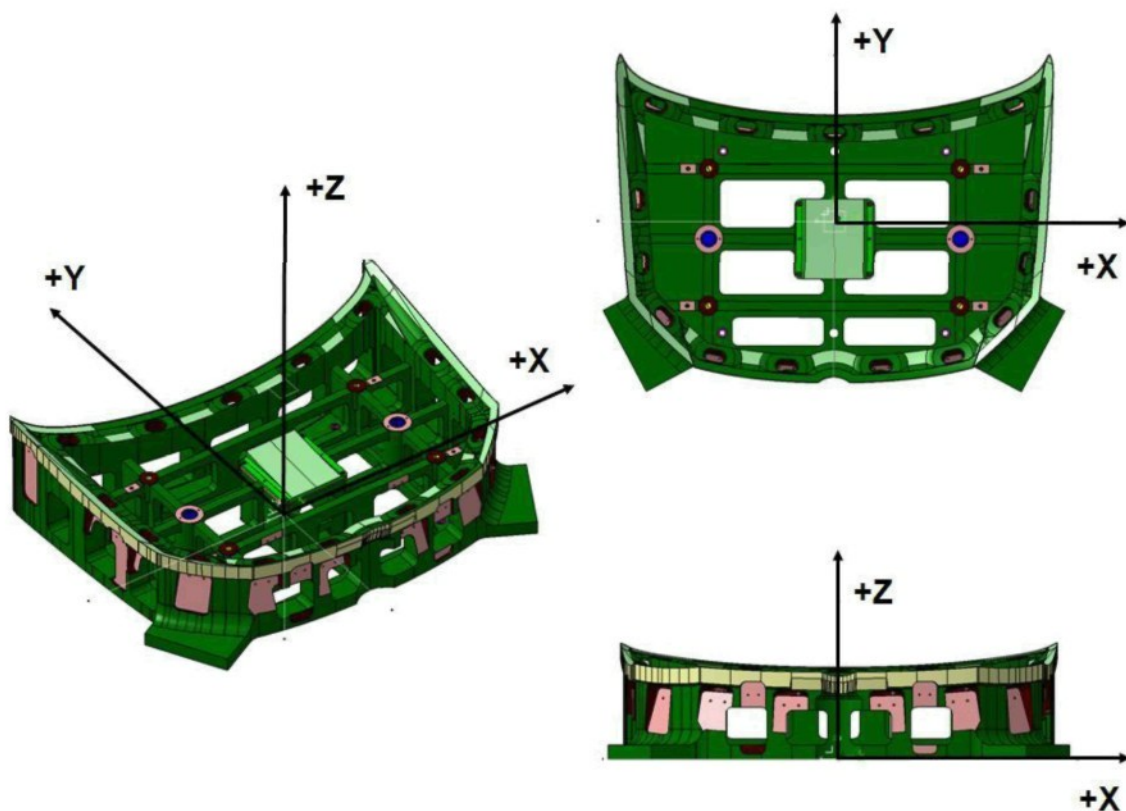
Číslo operace: 25		Úsek: Vyrobít díru pro závit M6 – 16x
Pořadí programu: 44	Nástroj: T23	Úkon: Vrtat díru D5
Číslo programu: AP90272	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice díry a vyvrtá díru, závit se vyřízne v jiné operaci	

Obr. 60. Dráhy nástroje při výrobě díry D5



Operace číslo 30 – Čelní a obvodový tvar načisto

Upnutí odlitku:

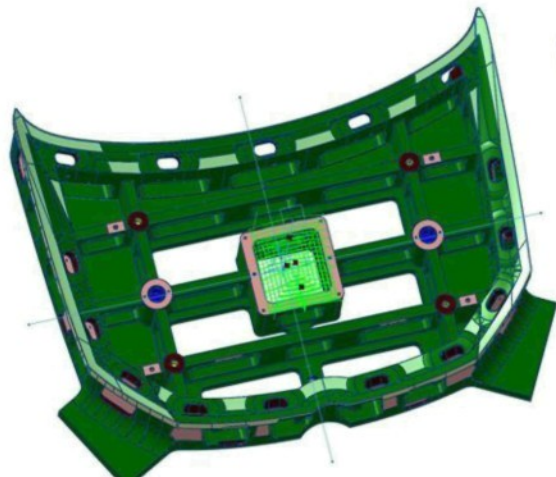


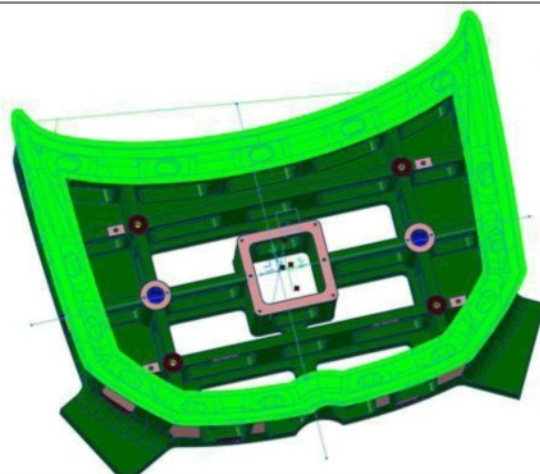
Obr. 61. Upnutí odlitku

Tab. 11: Seznam nářadí v operaci 30

Číslo programu	Č. nástr.	Popis nástroje	Průměr [mm]	Rádus [mm]	Řezná délka [mm]	Využitelná délka [mm]	Celk. délka [mm]
AP90273	T1	Rohová D25 R0 ROUBIK	25	0,00	40	50	150
AP90274	T2	Kulová D16/70 ROUBIK	16	8,00	30	70	150
AP90275	T3	Fréza 63/170/200 Heli	63	0,00	170	200	200
AP90276	T2	Kulová D16/70 ROUBIK	16	8,00	30	70	150
AP90277	T3	Fréza 63/170/200 Heli	63	0,00	170	200	200
AP90278	T4	Kulová D10/50 ROUBIK	10	5,00	30	50	150
AP90279	T4	Kulová D10/50 ROUBIK	10	5,00	30	50	150

Tab. 12: Dráhy nástroje v operaci 30

Číslo operace: 30		Úsek: Hrubovat přídržovač s přídavkem 1 mm
Pořadí programu: 1	Nástroj: T1	Úkon: -
Číslo programu: AP90273	Popis drah nástroje: Nástroj najede na souřadnice přídržovače a následně dle tvaru obvodu postupně přejede celou plochu přídržovače	
Obr. 62. Dráhy nástroje při hrubování přídržovače 		

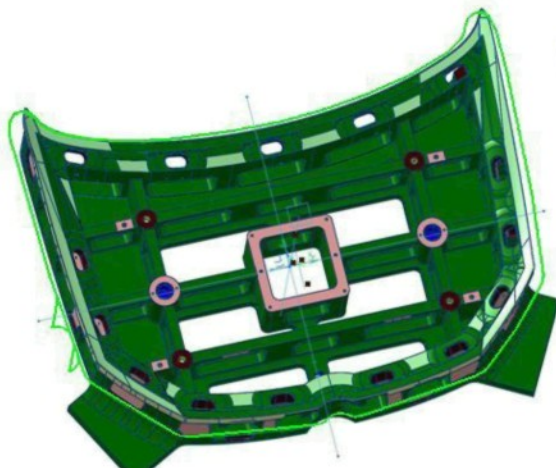
Číslo operace: 30		Úsek: Hrubovat čelní tvar s přídavkem 0,3 mm
Pořadí programu: 2	Nástroj: T2	Úkon: -
Číslo programu: AP90274	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontální i vertikální rovině a obrábí dle profilu čelní tvar.	
Obr. 63. Dráhy nástroje při hrubování čelního tvaru 		

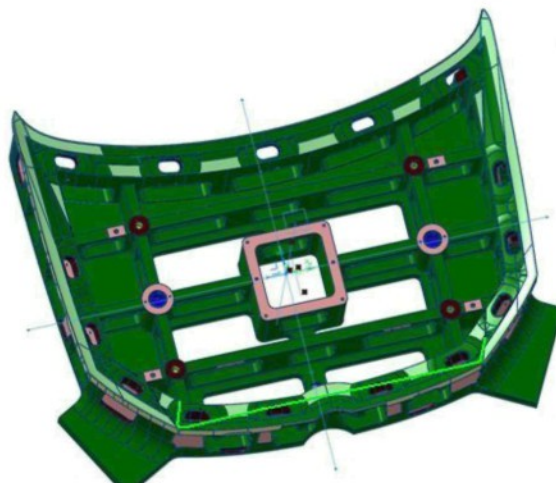
Číslo operace: 30		Úsek: Hrubovat obvodový tvar s přídavkem 0,3 mm
Pořadí programu: 3	Nástroj: T3	Úkon: -
Číslo programu: AP90275	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontální rovině po vrstvách a odebírá jednotlivé vrstvy materiálu	

| Obr. 64. | Dráhy nástroje při hrubování obvodového tvaru | |

Číslo operace: 30		Úsek: Čelní tvar i s přidržovačem načisto
Pořadí programu: 4	Nástroj: T2	Úkon: -
Číslo programu: AP90276	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontální i vertikální ose a obrábí dle profilu čelní tvar.	

| Obr. 65. | Dráhy nástroje při obrábění čelního tvaru i přidržovače načisto | |

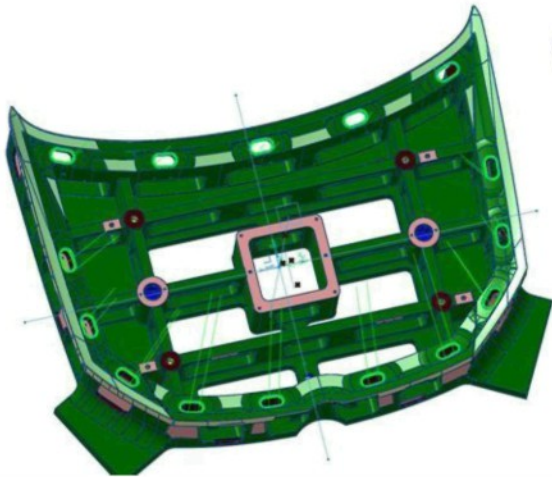
Číslo operace: 30		Úsek: Obvodový tvar načisto
Pořadí programu: 5	Nástroj: T3	Úkon: -
Číslo programu: AP90277	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontální rovině po vrstvách a odebírá jednotlivé vrstvy materiálu	
Obr. 66.	Dráhy nástroje při obrábění obvodového tvaru načisto	

Číslo operace: 30		Úsek: Čelní tvar i s přidržovačem načisto
Pořadí programu: 6	Nástroj: T4	Úkon: -
Číslo programu: AP90278	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje dle profilu na čele	
Obr. 67.	Dráhy nástroje při obrábění profilu na čele načisto	

Číslo operace: 30		Úsek: Zaoblení hran kapes pro přísavky
Pořadí programu: 7	Nástroj: T4	Úkon: -
Číslo programu: AP90279	Popis drah nástroje: Nástroj se pohybuje v horizontální rovině ve tvaru kapsy	

Obr. 68.

Dráhy nástroje při
zaoblení hran



Příloha 5 – 3D měřicí stroj POLI TCX 3000 [1]



Obr. 69. 3D měřicí stroj POLI TCX 3000

Příloha 6 - Výpočty nákladů pro stávající i navrhovanou technologii

- Hrubování obvodového tvaru s přídavkem 2 mm

Náklady na řezný nástroj – stávající technologie:

Pozn.: zdroj hodnot dosazených do vzorců viz kapitola 4.2. Tab. 2 a Tab. 3 v hlavní části práce

Celková trvanlivost VBD T_C :

$$T_C = \frac{T_{RH}}{O_{VBD}} \times 100 \times p_{RH} = \frac{138}{100} \times 100 \times 4 = 552[\text{min}] \quad (6)$$

Náklady na řezný nástroj N_O :

$$N_O = \frac{N_{OBR}}{T_C} \times C_{VBD} \times p_{VBD} + C_n = \frac{2000}{552} \times 128 \times 5 \times +7500 = 9818,8[\text{Kč}] \quad (5)$$

Náklady na řezný nástroj – navrhovaná technologie:

Pozn.: zdroj hodnot dosazených do vzorců viz kapitola 4.4.1. Tab. 6 a Tab. 7 v hlavní části práce

Celková trvanlivost VBD T_C :

$$T_C = \frac{T_{RH}}{O_{VBD}} \times 100 \times p_{RH} = \frac{118}{100} \times 100 \times 2 = 236[\text{min}] \quad (6)$$

Náklady na řezný nástroj N_O :

$$N_O = \frac{N_{OBR}}{T_C} \times C_{VBD} \times p_{VBD} + C_n = \frac{2000}{236} \times 191 \times 6 \times +6767 = 16478,9[\text{Kč}] \quad (5)$$

Strojní čas – stávající technologie:

Při $a_p = 1,5[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 10 v hlavní části práce

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{455000}{5000} = 91[min] \quad (4)$$

Strojní čas – navrhovaná technologie:

Při $a_p = 1[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 10 v hlavní části práce

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{682500}{5000} = 136,5[min] \quad (4)$$

Při $a_p = 2[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 10 v hlavní části práce

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{341250}{5000} = 68,3[min] \quad (4)$$

Při $a_p = 3[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 10 v hlavní části práce

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{227500}{5000} = 75,8[min] \quad (4)$$

Strojní náklady stávající technologie:

Při $a_p = 1,5[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 9 a 10 v hlavní části práce

$$N_S = \frac{t_s}{60} \times H_S = \frac{91}{60} \times 823 = 1248[Kč] \quad (7)$$

Strojní náklady navrhovaná technologie:

Při $a_p = 1[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 9 a 10 v hlavní části práce

$$N_S = \frac{t_s}{60} \times H_S = \frac{136}{60} \times 823 = 1865,5[Kč] \quad (7)$$

Při $a_p = 2[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 9 a 10 v hlavní části práce

$$N_S = \frac{t_s}{60} \times H_S = \frac{68,3}{60} \times 823 = 936,8[Kč] \quad (7)$$

Při $a_p = 3[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 9 a 10 v hlavní části práce

$$N_S = \frac{t_s}{60} \times H_S = \frac{75,8}{60} \times 823 = 1039,7[Kč] \quad (7)$$

- Hrubování obvodového tvaru s přídavkem 0,5 mm

Náklady na řezný nástroj – stávající technologie:

Pozn.: zdroj hodnot dosažených do vzorců viz Tab. 4 a 5 v hlavní části práce

Celková trvanlivost VBD T_C :

$$T_C = \frac{T_{RH}}{O_{VBD}} \times 100 \times p_{RH} = \frac{146}{80} \times 100 \times 4 = 730[\text{min}] \quad (6)$$

Náklady na řezný nástroj N_O :

$$N_O = \frac{N_{OBR}}{T_C} \times C_{VBD} \times p_{VBD} + C_n = \frac{2000}{730} \times 128 \times 5 \times +7500 = 9253,4[\text{Kč}] \quad (5)$$

Náklady na řezný nástroj – navrhovaná technologie:

Pozn.: zdroj hodnot dosažených do vzorců viz Tab. 6 a 7 v hlavní části práce

Celková trvanlivost VBD T_C :

$$T_C = \frac{T_{RH}}{O_{VBD}} \times 100 \times p_{RH} = \frac{118}{100} \times 100 \times 2 = 236[\text{min}] \quad (6)$$

Náklady na řezný nástroj N_O :

$$N_O = \frac{N_{OBR}}{T_C} \times C_{VBD} \times p_{VBD} + C_n = \frac{2000}{236} \times 191 \times 6 \times +6767 = 16478,9[\text{Kč}] \quad (5)$$

Strojní čas – stávající technologie:

Při $a_p = 1,5[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 12 v hlavní části práce

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{565000}{5000} = 113[min] \quad (4)$$

Strojní čas – navrhovaná technologie:

Při $a_p = 6[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 12 v hlavní části práce

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{141250}{3000} = 47,1[min] \quad (4)$$

Při $a_p = 4[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 12 v hlavní části práce

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{211875}{3000} = 70,6[min] \quad (4)$$

Při $a_p = 3[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 12 v hlavní části práce

$$t_s = \frac{L}{v_f} = \frac{328000}{4000} = 82[min] \quad (4)$$

Strojní náklady stávající technologie:

Při $a_p = 1,5[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 11 a 12 v hlavní části práce

$$N_S = \frac{t_s}{60} \times H_S = \frac{113}{60} \times 823 = 1550[Kč] \quad (7)$$

Strojní náklady navrhované technologie:

Při $a_p = 6[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 11 a 12 v hlavní části práce

$$N_S = \frac{t_s}{60} \times H_S = \frac{47,1}{60} \times 823 = 646,1[Kč] \quad (7)$$

Při $a_p = 4[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 11 a 12 v hlavní části práce

$$N_S = \frac{t_s}{60} \times H_S = \frac{70,6}{60} \times 823 = 968,4[Kč] \quad (7)$$

Při $a_p = 3[mm]$ a daných řezných podmínkách viz Tab. 11 a 12 v hlavní části práce

$$N_S = \frac{t_s}{60} \times H_S = \frac{82}{60} \times 823 = 1124,8[Kč] \quad (7)$$

Příloha 7 – Analýza času jednotkové práce [1]

Tab. 13. Analýza času jednotkové práce

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU JEDNOTKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času [min]
10	T_{A11}	Práce za klidu	10
	T_{A12}	Práce za chodu	390
	T_{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T_{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			$\Sigma = 400$
15	T_{A11}	Práce za klidu	20
	T_{A12}	Práce za chodu	828
	T_{A13}	Práce strojní - ruční	12
	T_{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			$\Sigma = 860$
20	T_{A11}	Práce za klidu	17
	T_{A12}	Práce za chodu	393
	T_{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T_{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			$\Sigma = 410$
25	T_{A11}	Práce za klidu	65
	T_{A12}	Práce za chodu	1772
	T_{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T_{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			$\Sigma = 1837$

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU JEDNOTKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času [min]
30	T _{A11}	Práce za klidu	12
	T _{A12}	Práce za chodu	788
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ = 800
35	T _{A11}	Práce za klidu	70
	T _{A12}	Práce za chodu	730
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ = 800
40	T _{A11}	Práce za klidu	0
	T _{A12}	Práce za chodu	0
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	134
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ = 134
45	T _{A11}	Práce za klidu	0
	T _{A12}	Práce za chodu	0
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	2300
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ =2300

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU JEDNOTKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času [min]
50	T _{A11}	Práce za klidu	40
	T _{A12}	Práce za chodu	460
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ = 500
55	T _{A11}	Práce za klidu	0
	T _{A12}	Práce za chodu	0
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	50
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ = 50
60	T _{A11}	Práce za klidu	0
	T _{A12}	Práce za chodu	0
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
	Pozn. operace 60 vykonána v externí firmě		Σ = 0
65	T _{A11}	Práce za klidu	40
	T _{A12}	Práce za chodu	460
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ = 500

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU JEDNOTKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času [min]
70	T _{A11}	Práce za klidu	0
	T _{A12}	Práce za chodu	0
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	340
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ = 340
75	T _{A11}	Práce za klidu	20
	T _{A12}	Práce za chodu	180
	T _{A13}	Práce strojní - ruční	0
	T _{AX}	Čas nepravidelné obsluhy	0
			Σ = 200

Příloha 8 – Analýza času dávkové práce [1]

Tab. 14: Analýza času dávkové práce

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU DÁVKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času [min]
10	-	Upnutí lože na tvar	58
		- Přípravení pracovní plochy (očištění pracovního prostoru, vřeten do výchozí polohy)	10
		- Přemístění lože pomocí jeřábu	10
		- Příprava upínacích pomůcek (kostky, upínky, šrouby, stavěcí šrouby apod.)	8
		- Ustavení lože a vyrovnaní	20
		- Upnutí lože	10
	T _{B1001}	Obstarání pracovních podkladů (technologický postup, pracovní postup)	4
	T _{B1002}	Prostudování pracovních podkladů (technologický postup, pracovní postup)	2
	T _{B1003}	Obstarávání nástrojů, přípravků, materiálu (Fréza 20/13 plátková)	7
	T _{B1004}	Seřízení strojů, nástrojů, přípravků (najetí nulového bodu, korekce frézy)	4
	T _{B1009}	Tvorba a korekce obráběcího programu (tvorba programu pro hrubování základny s přídavkem 2mm)	15
			Σ = 90

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU DÁVKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času
15	-	Upnutí lože na základnu	38
		- Přípravení pracovní plochy (očištění pracovního prostoru, včetně do výchozí polohy)	10
		- Přemístění lože pomocí jeřábu	10
		- Příprava upínacích pomůcek (kostky, upinky, šrouby, stavěcí šrouby apod.)	8
		- Ustavení lože a vyrovnaní	5
		- Upnutí lože	5
	T _{B1002}	Prostudování pracovních podkladů (technologický postup, pracovní postup)	6
	T _{B1003}	Obstarávání nástrojů, přípravků, materiálu (obstarat frézu PRAMET D50 R3.52 L230, Fréza 20/13 plátková)	10
	T _{B1004}	Seřízení strojů, nástrojů, přípravků (korekce obou fréz)	9
	T _{B1009}	Tvorba a korekce obráběcího programu (tvorba programu pro vrtání pomocných děr D12H7, kontrola programu pro hrubování čelního i obvodového tvaru odlitku s přídavkem 2mm)	50
			Σ = 113

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU DÁVKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času [min]
20	-	Upnutí lože na tvar	58
		- Přípravení pracovní plochy (očištění pracovního prostoru, vřetenno do výchozí polohy) - Přemístění lože pomocí jeřábu - Příprava upínacích pomůcek (kostky, upínky, šrouby, stavěcí šrouby apod.) - Ustavení lože a vyrovnaní - Upnutí lože	10 10 8 20 10
	T _{B1002}	Prostudování pracovních podkladů (technologický postup, pracovní postup)	10
	T _{B1003}	Obstarávání nástrojů, přípravků, materiálu (vrtáky, výhrubníky, výstružníky, frézy)	15
	T _{B1004}	Seřízení strojů, nástrojů, přípravků (korekce všech nástrojů pro operaci 20)	26
	T _{B1009}	Tvorba a korekce obráběcího programu (tvorba programu pro obrobení základny načisto, kontrola všech programů, které jsou potřeba v operaci 20)	60
			Σ = 169

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU DÁVKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času
25	-	Upnutí lože na základnu	38
		- Přípravení pracovní plochy (očištění pracovního prostoru, vřetenno do výchozí polohy)	10
		- Přemístění lože pomocí jeřábu	10
		- Příprava upínacích pomůcek (kostky, upínky, šrouby, stavěcí šrouby apod.)	8
		- Ustavení lože a vyrovnaní	5
		- Upnutí lože	5
	T _{B1002}	Prostudování pracovních podkladů (technologický postup, pracovní postup)	30
	T _{B1003}	Obstarávání nástrojů, přípravků, materiálu (obstarat všechny frézy, vrtáky, výhrubníky, výstružníky, závitníky potřebné v operaci 25)	30
	T _{B1004}	Seřízení strojů, nástrojů, přípravků (korekce všech nástrojů potřebných operaci 25)	47
	T _{B1009}	Tvorba a korekce obráběcího programu (kontrola programu pro hrubování čelního i obvodového tvaru odlitku s přídavkem 0,5 mm, vrtání děr, řezání závitů, obrábění přesných ploch na míru)	80
			Σ = 225

ANALÝZA SPOTŘEBY ČASU DÁVKOVÉ PRÁCE			
č. op	Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času [min]
30	T _{B1002}	Prostudování pracovních podkladů (technologický postup, pracovní postup)	12
	T _{B1003}	Obstarávání nástrojů, přípravků, materiálu (obstarat všechny frézy potřebné v operaci 30)	35
	T _{B1004}	Seřízení strojů, nástrojů, přípravků (korekce všech nástrojů potřebných operaci 30)	42
	T _{B1009}	Tvorba a korekce obráběcího programu (kontrola programu pro obrábění čelního i obvodového tvaru odlitku načisto)	80
			Σ = 169
35			Σ = 0
40	T _{B1001}	Obstarání pracovních podkladů (technologický postup, pracovní postup)	5
	T _{B1002}	Prostudování pracovních podkladů (technologický postup, pracovní postup)	3
	T _{B1003}	Obstarávání nástrojů, přípravků, materiálu (obstarat vrták a závitník)	9
	T _{B1008}	Odevzdání nástrojů, pracovních podkladů	2
			Σ = 19
45			Σ = 0
50			Σ = 0
55			Σ = 0
60			Σ = 0
65			Σ = 0
70			Σ = 0
75			Σ = 0

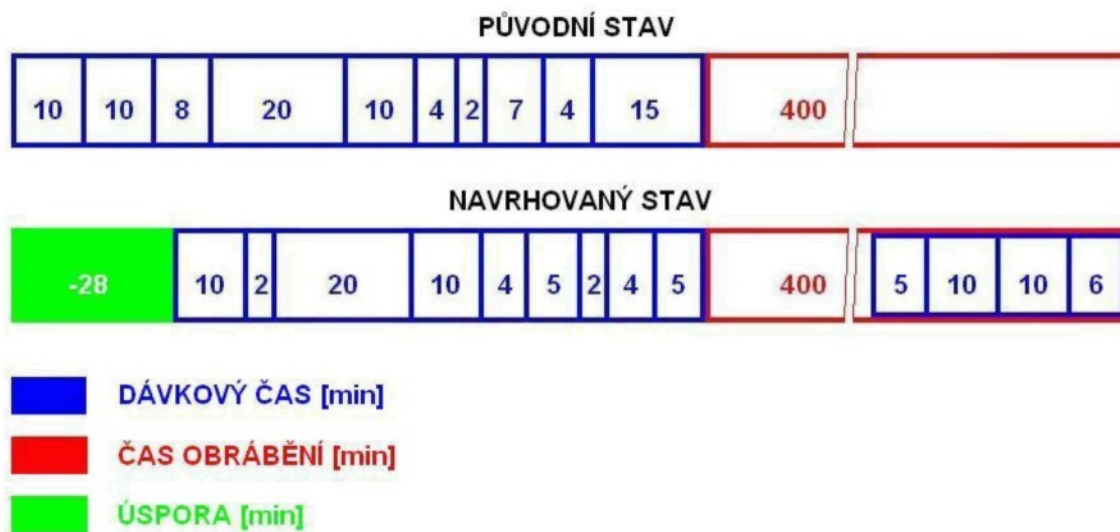
Příloha 9 – Analýza času směnové práce [1]

Tab. 15. Analýza času směnové práce

Symbol času	Název spotřeby času	Norma spotřeby času [min]
T _{C1001}	Cesta na pracoviště	1
T _{C1002}	Příprava na úklid nářadí a pomůcek	4
T _{C1003}	Nezbytné mazání a čištění	3
T _{C1004}	Navlékání ochranných oděvů a pomůcek	2
T _{C1005}	Doplňování maz. médií a chladicí kapaliny	2
T _{C1006}	Vrácení výrobního a cenného odpadu	-
T _{C1007}	Nezbytný úklid pracoviště	3
T _{C1008}	Přenášení nástrojů a pomůcek na pracoviště	-
T _{C1009}	Předání směny	2
T _{C1010}	Zápis denní práce	1
T _{C1011}	Služební rozhovory	2
		$\Sigma = 20$

Příloha 10 – Racionalizace času dávkové práce

Racionalizace Operace 10:



Obr. 70. Racionalizace operace 10

Původní stav:

Přípravný čas – jednotlivé složky přípravného času pro operaci 10 viz příloha Tabulka 3.

Navrhovaný stav:

Přípravný čas – popis jednotlivých složek přípravného času z obrázku je zleva doprava. Opět se vychází z analýzy přípravného času, viz příloha Tabulka 3.

Část prováděná před obráběním:

- 28 [min] úspora přípravného času pro operaci 10
- 10 [min] připravení pracovní plochy
- 2 [min] překrytí 2 činností: jeden pracovník manipuluje s ložem pomocí jeřábu [10 min], druhý připravuje upínací pomůcky [8 min]
- 20 [min] ustavení lože a vyrovnaní
- 10 [min] upnutí lože
- 4 + 5 [min] obstarání pracovních podkladů a nástrojů během jedné cesty (odpadne jedna cesta navíc [2 min])
- 2 [min] prostudování pracovních podkladů
- 4 [min] seřízení nástrojů a stroje

- 5 [min] korekce programu (původně si má psát program pracovník. Navrhují, aby ho psal programátor, ušetří se [10 min])

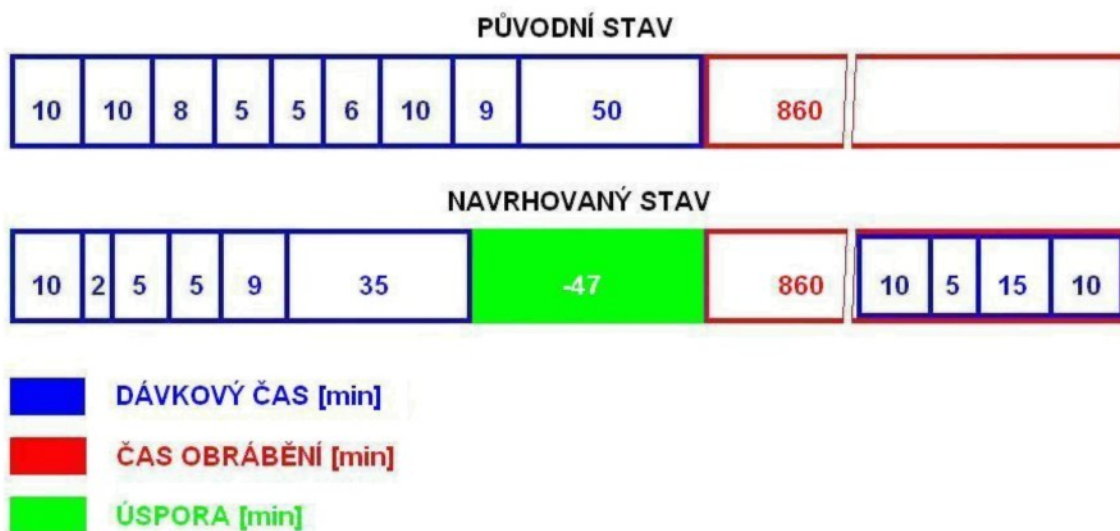
Část prováděná během obrábění:

- 5 [min] kontrola programu pro operaci 15
- 10 [min] tvorba programu pro operaci 15
- 10 [min] obstarávání nástrojů pro operaci 15
- 6 [min] prostudování pracovních podkladů pro operaci 15

Čas dávkové práce v operaci 10:

- Původní stav $\Sigma 90$ [min]
- Navrhovaný stav $\Sigma 62$ [min]
- Úspora $\Sigma 28$ [min]

Racionalizace operace 15:



Obrázek 71. Racionalizace operace 15

Původní stav:

Přípravný čas – jednotlivé složky přípravného času pro operaci 10 viz příloha Tabulka 3.

Navrhovaný stav:

Přípravný čas – popis jednotlivých složek přípravného času z obrázku je zleva doprava.

Opět se vychází z analýzy přípravného času, viz příloha Tabulka 3.

Část prováděná před obráběním:

- 10 [min] připravení pracovní plochy
- 2 [min] překrytí 2 činností: jeden pracovník manipuluje s ložem pomocí jeřábu [10 min], druhý připravuje upínací pomůcky [8 min]
- 5 [min] ustavení lože a vyrovnaní
- 5 [min] upnutí lože
- 9 [min] seřízení nástrojů a stroje
- 35 [min] korekce programu
- 47 [min] úspora přípravného času pro operaci 15

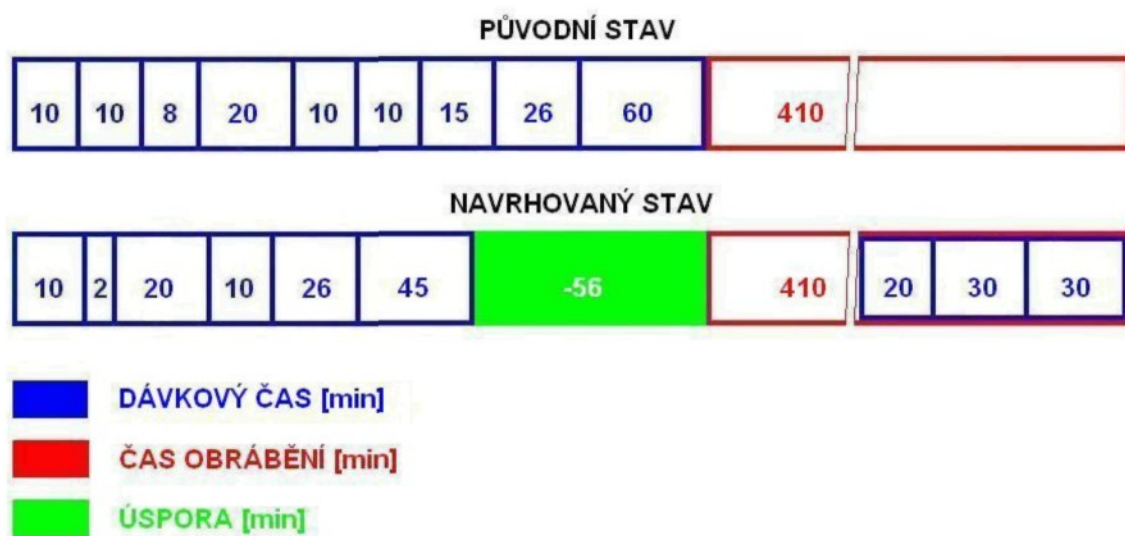
Část prováděná během obrábění:

- 10 [min] tvorba programu pro operaci 20
- 5 [min] kontrola programu pro operaci 20
- 15 [min] obstarání nástrojů pro operaci 20
- 10 [min] prostudování pracovních podkladů pro operaci 20

Čas dávkové práce v operaci 15:

- Původní stav $\Sigma 113$ [min]
- Navrhovaný stav $\Sigma 66$ [min]
- Úspora $\Sigma 47$ [min]

Racionalizace operace 20:



Obrázek 72. Racionalizace operace 20

Původní stav:

Přípravný čas – jednotlivé složky přípravného času pro operaci 10 viz příloha Tabulka 3.

Navrhovaný stav:

Přípravný čas – popis jednotlivých složek přípravného času z obrázku je zleva doprava. Opět se vychází z analýzy přípravného času, viz příloha Tabulka 3.

Část prováděná před obráběním:

- 10 [min] připravení pracovní plochy
- 2 [min] překrytí 2 činností: jeden pracovník manipuluje s ložem pomocí jeřábu [10 min], druhý připravuje upínací pomůcky [8 min]
- 20 [min] ustavení lože a vyrovnaní
- 10 [min] upnutí lože
- 26 [min] seřízení nástrojů a stroje
- 45 [min] korekce programu
- 56 [min] úspora přípravného času pro operaci 20

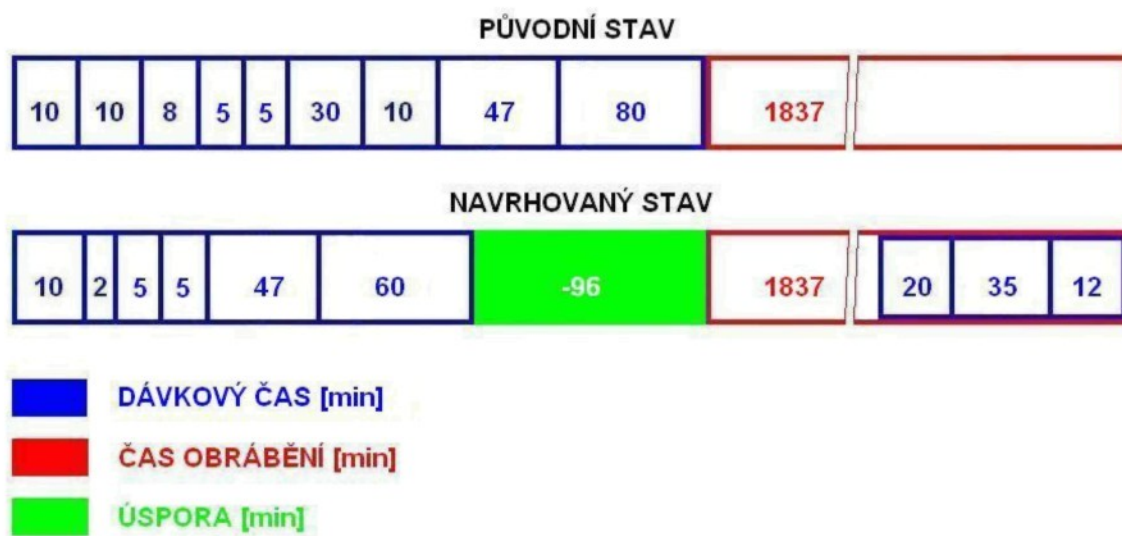
Část prováděná během obrábění:

- 20 [min] kontrola programu pro operaci 25
- 30 [min] prostudování pracovních podkladů pro operaci 25
- 30 [min] obstarávání nástrojů pro operaci 25

Čas dávkové práce v operaci 20:

- Původní stav $\Sigma 169$ [min]
- Navrhovaný stav $\Sigma 113$ [min]
- Úspora $\Sigma 56$ [min]

Racionalizace operace 25:



Obrázek 73. Racionalizace operace 25

Původní stav:

Přípravný čas – jednotlivé složky přípravného času pro operaci 10 viz příloha Tabulka 3.

Navrhovaný stav:

Přípravný čas – popis jednotlivých složek přípravného času z obrázku je zleva doprava.

Opět se vychází z analýzy přípravného času, viz příloha Tabulka 3.

Část prováděná před obráběním:

- 10 [min] připravení pracovní plochy
- 2 [min] překrytí 2 činností: jeden pracovník manipuluje s ložem pomocí jeřábu [10 min], druhý připravuje upínací pomůcky [8 min]
- 5 [min] ustavení lože a vyrovnaní
- 47 [min] seřízení nástrojů a stroje
- 60 [min] korekce programu
- 96 [min] úspora přípravného času pro operaci 25

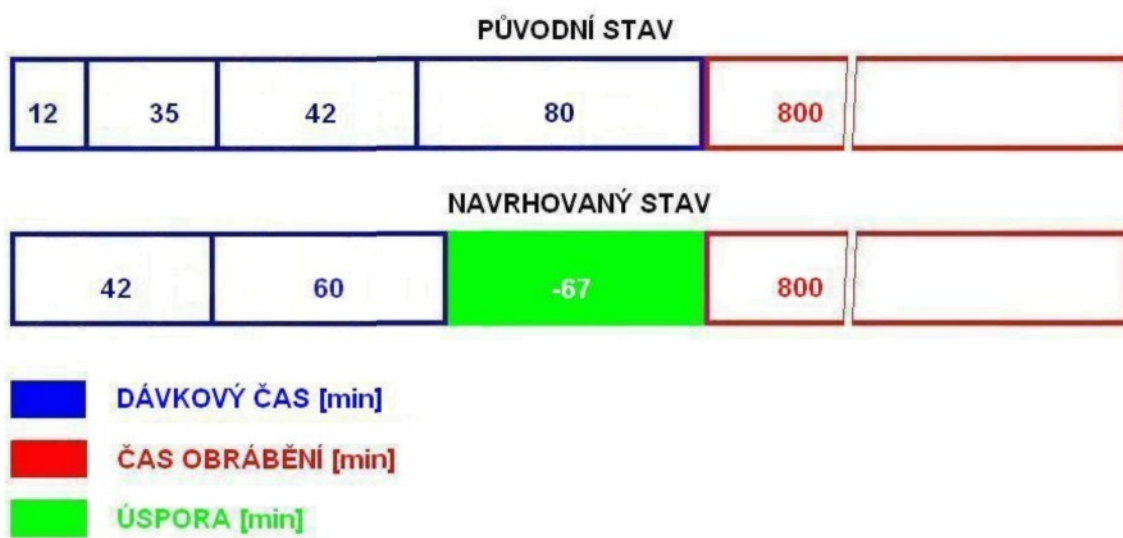
Část prováděná během obrábění:

- 20 [min] kontrola programu pro operaci 30
- 35 [min] obstarávání nástrojů pro operaci 30
- 12 [min] prostudování pracovních podkladů pro operaci 30

Čas dávkové práce v operaci 25:

- Původní stav $\Sigma 225$ [min]
- Navrhovaný stav $\Sigma 129$ [min]
- Úspora $\Sigma 96$ [min]

Racionalizace operace 30:



Obrázek 74. Racionalizace operace 30

Původní stav:

Přípravný čas – jednotlivé složky přípravného času pro operaci 10 viz příloha Tabulka 3.

Navrhovaný stav:

Přípravný čas – popis jednotlivých složek přípravného času z obrázku je zleva doprava. Opět se vychází z analýzy přípravného času, viz příloha Tabulka 3.

Část prováděná před obráběním:

- 42 [min] seřízení nástrojů a stroje
- 60 [min] korekce programu
- 67 [min] úspora přípravného času pro operaci 30

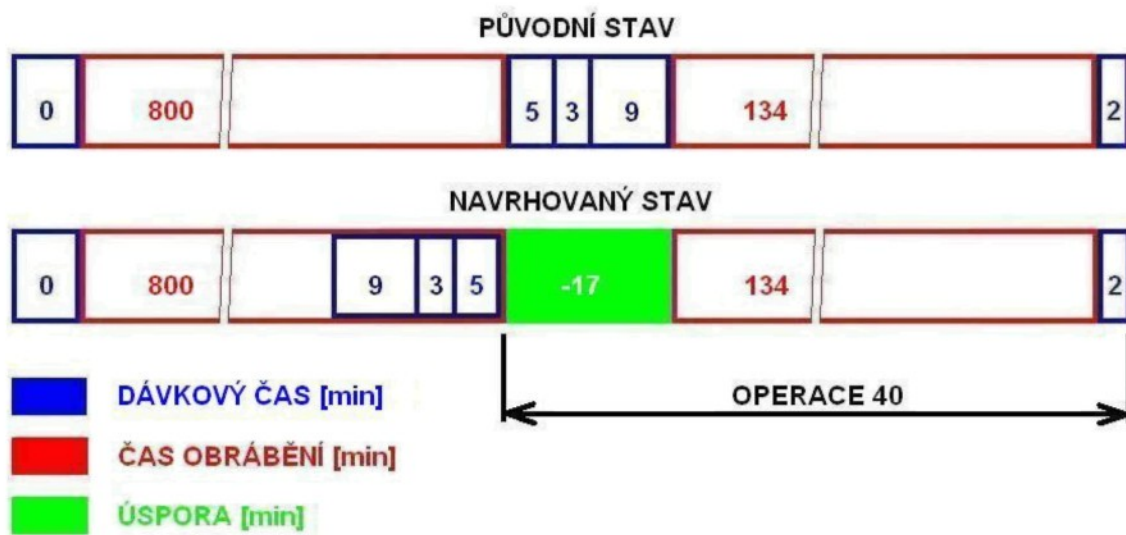
Část prováděná během obrábění:

- Během obrábění není nutná žádná jiná dávková práce

Čas dávkové práce v operaci 30:

- Původní stav $\Sigma 169$ [min]
- Navrhovaný stav $\Sigma 102$ [min]
- Úspora $\Sigma 67$ [min]

Racionalizace operace 40:



Obrázek 75. Racionalizace operace 40

Původní stav:

Přípravný čas – jednotlivé složky přípravného času pro operaci 10 viz příloha Tabulka 3.

Navrhovaný stav:

Přípravný čas – popis jednotlivých složek přípravného času z obrázku je zleva doprava. Opět se vychází z analýzy přípravného času, viz příloha Tabulka 3.

Část prováděná během obrábění v operaci 35:

- 9 [min] obstarání nástrojů pro operaci 40
- 3 [min] prostudování pracovních podkladů
- 5 [min] obstarání pracovních podkladů pro operaci 40

Část prováděná před obráběním:

- Před obráběním není nutná žádná jiná příprava

Část prováděná během obrábění:

- Během obrábění není nutná žádná jiná příprava

Část prováděná po obrábění:

- 2 [min] odevzdání nástrojů

Čas dávkové práce v operaci 40:

- Původní stav $\Sigma 19$ [min]
- Navrhovaný stav $\Sigma 2$ [min]
- Úspora $\Sigma 17$ [min]

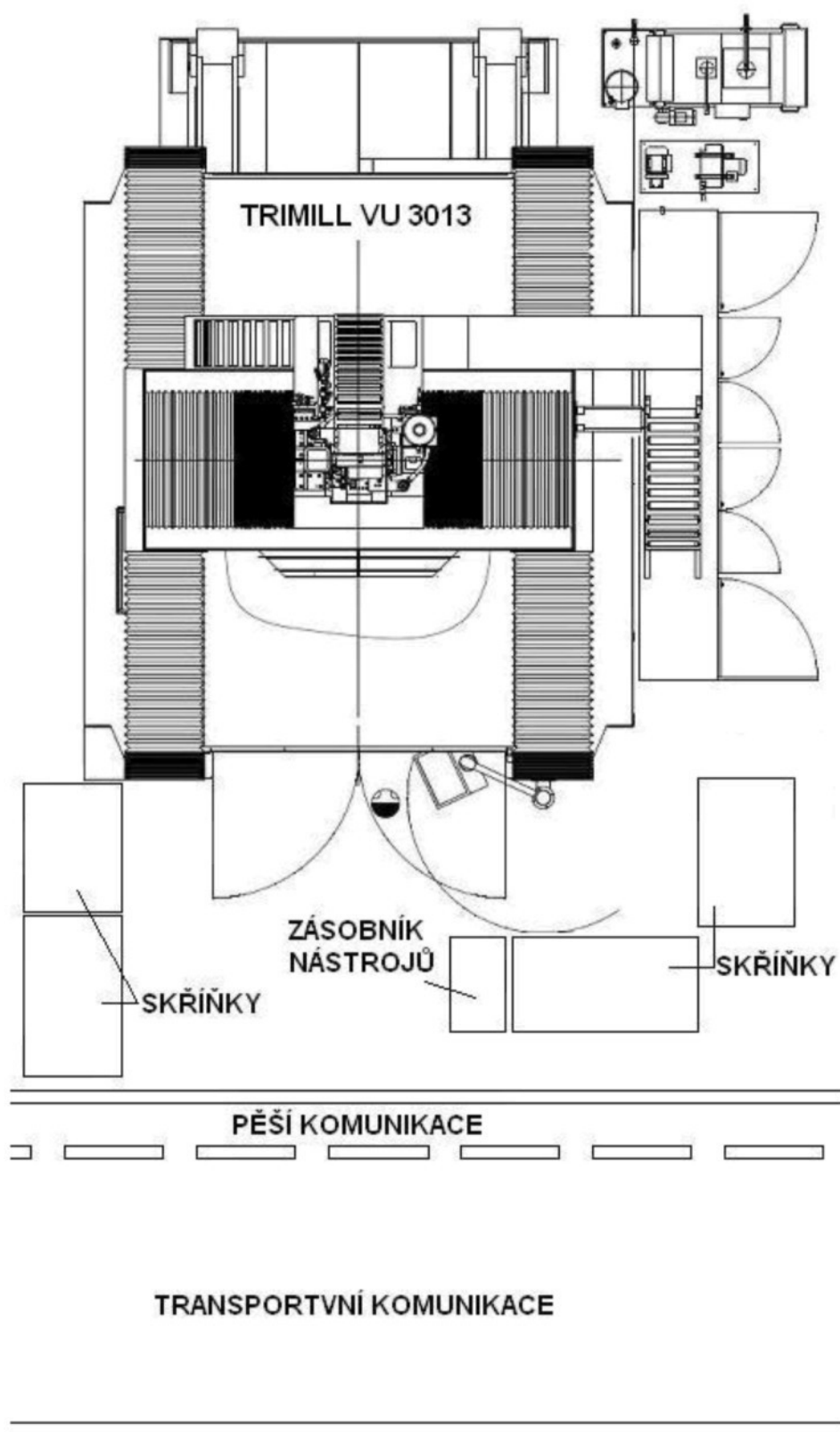
Příloha 11 – Parametry obráběcího centra a layout pracoviště [1]



Obr. 76. TRIMILL VU 3013

Tab. 16: Základní parametry stroje [1]

Rozjezdy os	
Osa X	3 000 mm
Osa Y	1 300 mm
Osa Z	1 000 mm
Průchod mezi stojany	2 500 mm
Vzdálenost – upínací plocha/čelo vřetena	1 340 mm
Vzdálenost mezi čely vřetena v horizontální poloze obou úvratích	590 mm (Y) 2 290 mm (X)
Rychlost pojezdu	
Pracovní posuv X,Y,Z	30 000 mm/min
Zrychlení	3 m/s
Pracovní stůl	
Velikost stolu	otočný 1 800 x 1 800 mm
Hmotnost obrobku	18 000 kg
T drážky	18 mm H7, 18 mm H12
Vřeteno	
Výkon	25 kW
Otáčky	1-10 000 min
Krouticí moment	195 Nm
Upínání	HSK 100A
Osa C	otočný stůl n x 360°
Osa A/B	-2/+95°
Automatická výměna nástroje	ANO
Počet míst	10
Kužel	HSK 100A
Maximální hmotnost	12 kg
Maximální délka	300 mm
Maximální průměr	110 mm
CNC řízení	FIDIA C20
Dialog v ČJ	ANO
Příslušenství	
Sonda – měření nástrojů	ANO
Sonda – měření obrobků	ANO
Videokontrola	ANO
Chlazení vnější, vnitřní	ANO
Dopravníky třísek	ANO
Krytování stroje	ANO



Obr. 77. Layout pracoviště [1]