

# Optimalizace výroby směrového kormidla ultralehkého letounu

Petr Štyks

---

Bakalářská práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Petr Štyks</b>
Osobní číslo:	<b>T19839</b>
Studijní program:	<b>B3909 Procesní inženýrství</b>
Studijní obor:	<b>Technologická zařízení</b>
Forma studia:	<b>Kombinovaná</b>
Téma práce:	<b>Optimalizace výroby směrového kormidla ultralehkého letounu</b>

## Zásady pro vypracování

- 1.- teoretická rešerše na dané téma
- 2.- analýza současného stavu výrobních a montážních postupů směrového kormidla
- 3.- návrh optimalizace výroby a montáže
- 4.- porovnání stavu a vyhodnocení přínosů optimalizace výroby a montáže dílů

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 169 s. ISBN 9788021447479.

ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYAY, ed. *Sheet metal forming fundamentals*. Ohio: ASM International, [2012], XIII, 296 s. ISBN 978-1-61503-842-8.

HAW, Milton C. *Metal cutting principles*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2005, 1 online zdroj (XIX, 651 p.). Oxford series on advanced manufacturing. ISBN 9781613449462. Dostupné také z: [https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMCP000J/metal\\_cutting\\_principles\\_2nd\\_edition](https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMCP000J/metal_cutting_principles_2nd_edition)  
GUDMUNDSSON, Snorri. *General aviation aircraft design: Applied Methods and Procedures*. Butterworth-Heinemann, 2013.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 24. února 2022

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta: Petr Štyks

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se věnuje analýze výroby směrového kormidla letounu SportStar RTC ve firmě Evekter-Aerotechnik a návrhu jeho optimalizace. V teoretické části práce je uveden popis hlavních částí letounu, základní rozdělení letounů a definován pojem ultralehký letoun. Následně je v práci stručný popis hliníkových slitin používaných v letectví, popis technologie výroby dílů a montáže sestav draku ultralehkého letounu. V praktické části je analyzován současný stav výroby, výrobních postupů směrového kormidla a návrh optimalizace výroby a montáže, s následným vyhodnocením této optimalizace.

Klíčová slova: letoun, ultralehký letoun, konstrukce letounu, technologie výroby, výrobní postup, optimalizace výroby.

## **ABSTRACT**

The bachelor's thesis deals with the analysis of the production of the rudder for the SportStar RTC aircraft in the company Evekter-Aerotechnik and the design of its optimization. The theoretical part of the thesis describes the main parts of the aircraft, types of aircraft and defines the term ultralight aircraft. Subsequently, the work contains a brief description of aluminum alloys used in aviation industry, a description of the technology of production of individual parts and assembly of ultralight aircraft airframe assemblies. The practical part analyzes the current state of production, production processes of the rudder and the design of production and assembly optimization, with subsequent evaluation of this optimization.

Keywords: airplane, ultralight airplane, airplane construction, production technology, production process, production optimization.

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za velkou ochotu, cenné rady a odborné vedení při vypracování mé bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě Evekter-Aerotechnik, a.s. za umožnění vypracování a poskytnutí podkladů pro tuto práci.

V neposlední řadě děkuji manželce a dětem za podporu a trpělivost během mého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 LETOUN A JEHO HLAVNÍ ČÁSTI</b> .....	<b>13</b>
1.1 HLAVNÍ ČÁSTI LETOUNU .....	13
1.1.1 Trup .....	13
1.1.2 Křídlo .....	14
1.1.3 Křídélka .....	14
1.1.4 Vztlakové klapky .....	14
1.1.5 Ocasní plochy .....	14
1.1.6 Podvozek .....	15
1.2 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE V LETECKÉ KONSTRUKCI .....	15
1.3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ LETOUNŮ .....	16
1.3.1 Rozdělení dle počtu nosných ploch .....	16
1.3.2 Rozdělení dle polohy křídla vůči trupu .....	17
1.3.3 Rozdělení dle konstrukčního schématu křídla .....	18
1.3.4 Rozdělení dle konstrukce částí letounu .....	19
1.3.5 Rozdělení dle druhu použitého pohonu .....	21
1.3.6 Rozdělení dle počtu motorů .....	21
1.3.7 Rozdělení dle konstrukce podvozku. ....	21
1.4 ULTRALEHKÝ LETOUN .....	22
1.5 ULTRALEHKÝ LETOUN SPORTSTAR RTC .....	22
1.5.1 Technický popis letounu .....	23
1.5.2 Směrové kormidlo .....	25
<b>2 HLINÍKOVÉ SLITINY V LETECTVÍ</b> .....	<b>26</b>
2.1 HLINÍKOVÁ SLITINA EN AW 2024 (ALCu4Mg1) .....	26
2.2 HLINÍKOVÁ SLITINA EN AW 6061 (ALMg1SiCu) .....	27
2.3 HLINÍKOVÁ SLITINA EN AW 7075 (ALZn5.5MgCu) .....	27
2.4 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ TVÁŘENÝCH DÍLŮ Z HLINÍKOVÝCH SLITIN .....	28
2.4.1 Značení stavů tepelně vytvrditelných slitin hliníku .....	29
2.4.2 Rekrystalizační žíhání .....	29
2.4.3 Precipitační vytvrzování .....	29
<b>3 TECHNOLOGIE VÝROBY DÍLŮ A MONTÁŽ SESTAV DRAKU ULTRALEHKÉHO LETOUNU</b> .....	<b>33</b>
3.1 VÝROBA ROZVINUTÝCH TVARŮ DÍLŮ ULTRALEHKÉHO LETOUNU .....	33
3.1.1 Řezání vodním paprskem .....	33
3.1.2 Řezání laserovým paprskem .....	34
3.1.3 Obrábění nástroji s definovanou geometrií .....	35
3.1.4 Stříhání .....	35
3.2 TVÁŘENÍ DÍLŮ ULTRALEHKÉHO LETOUNU .....	36

3.2.1	Ohýbání .....	36
3.2.2	Tváření nepevnými nástroji.....	37
3.3	NÝTOVÁNÍ.....	38
3.3.1	Nýtování v letectví .....	40
3.3.2	Zhotovení nýtových spojů leteckých sestav.....	40
3.4	MONTÁŽ.....	43
3.4.1	Montážní činnosti.....	43
3.4.2	Druhy montáže .....	44
3.4.3	Montáž ultralehkého letounu.....	45
<b>4</b>	<b>SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI PRÁCE.....</b>	<b>46</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍCH A MONTÁŽNÍCH POSTUPŮ SMĚROVÉHO KORMIDLA.....</b>	<b>49</b>
6.1	SESTAVA SMĚROVÉHO KORMIDLA.....	49
6.2	STROJNÍ VYBAVENÍ .....	50
6.3	DOLNÍ, HORNÍ A STŘEDNÍ ŽEBRO .....	50
6.4	PŘEDNÍ A ZADNÍ POTAH .....	51
6.5	SEDLO .....	52
6.6	ZESÍLENÍ, PROFIL L, PROFIL P .....	53
6.7	PODÉLNÍK.....	53
6.8	FLETNER, PODLOŽKA L, PODLOŽKA P.....	54
6.9	HORNÍ A DOLNÍ ČEP .....	55
6.10	KONCOVÝ OBLOUK .....	55
6.11	MONTÁŽ SMĚROVÉHO KORMIDLA .....	56
<b>7</b>	<b>NÁVRH OPTIMALIZACE VÝROBY A MONTÁŽE.....</b>	<b>57</b>
7.1	DOLNÍ, HORNÍ A STŘEDNÍ ŽEBRO .....	58
7.2	PŘEDNÍ A ZADNÍ POTAH .....	59
7.3	SEDLO .....	60
7.4	ZESÍLENÍ, PROFIL L, PROFIL P .....	62
7.5	PODÉLNÍK.....	62
7.6	FLETNER, PODLOŽKA L, PODLOŽKA P.....	63
7.7	MONTÁŽ SMĚROVÉHO KORMIDLA .....	64
<b>8</b>	<b>POROVNÁNÍ STAVU A VYHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ OPTIMALIZACE VÝROBY A MONTÁŽE DÍLŮ .....</b>	<b>66</b>
8.1	DOLNÍ, HORNÍ A STŘEDNÍ ŽEBRO .....	66
8.2	PŘEDNÍ A ZADNÍ POTAH .....	67



8.3	SEDLO .....	67
8.4	ZESÍLENÍ, PROFIL L, PROFIL P .....	67
8.5	PODÉLNÍK.....	68
8.6	FLETNER, PODLOŽKA L, PODLOŽKA P.....	68
8.7	MONTÁŽ SMĚROVÉHO KORMIDLA .....	69
8.8	CELKOVÉ VYHODNOCENÍ .....	69
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>71</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>72</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>75</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>76</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>78</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>79</b>

## ÚVOD

Američtí bratři Wilbur a Orville Wrightovi uskutečnili 17. prosince 1903 první let letounu těžšího než vzduch, který byl poháněn motorem a vrtulí. Stroj vyroben ze dřeva a plátna se udržel 12 sekund ve výšce 2,5 až 3,5 metrů nad zemí a uletěl 37 metrů. Po této události ovládla svět letecká horečka.

Další vývoj letadel pokračoval ve Francii, kde letecký průkopník a konstruktér Alberto Santos-Dumont uskutečnil 23. října 1906 v pařížském Boloňském lesíku 60 metrů dlouhý let ve výšce asi pěti metrů s letadlem Santos-Dumont 14-bis vlastní konstrukce, které bylo tvořeno z nosných prvků z bambusu a borovice spojených hliníkovými objímkami a potaženo japonským hedvábím. O měsíc později, 12. listopadu, nastavil první světový rekord uznávaný Mezinárodní leteckou federací, když za 21,5 sekund uletěl vzdálenost 220 metrů.

Dne 13. ledna 1908 proletěl Henri Farman u Paříže vzdálenost přes 1 km po kruhové dráze. V téže době podnikal úspěšné pokusy Francouz Louis Blériot, který díky nové konstrukci motoru a převratné konstrukci draku letadla jednoplošníku Blériot XI, 25. července 1909 jako první člověk přeletěl kanál La Manche mezi Calais a Doverem letem trvajícím 37 minut. Letadlo Blériot XI mělo kostru z jasanového dřeva, která byla z části potažená plátnem. Hlavní podvozek tvořila dvě bicyklová kola, v zadní části trupu bylo menší ostruhové kolo. Po první světové válce a během druhé světové války došlo k rychlému rozvoji letectví. Z pomalých dvojplošníků z konstrukcí ze dřeva a tkaniny se vyvinuly výkonné jednoplošníky z hliníkových slitin, to znamenalo revoluci v civilním i vojenském letectví. Z továrny Ernsta Heinkela vyšlo první tryskové letadlo Heinkel He 178, které poprvé vzlétlo v německém městě Rostock 27. srpna 1939, tedy jen pár dní před vypuknutím druhé světové války. [33]

Během pozdních sedmdesátých a začátku osmdesátých let, většinou stimulovaných hnutím závažného létání, mnoho lidí hledalo cenově dostupné motorové létání. V důsledku toho mnoho leteckých úřadů stanovilo definice lehkých, pomalu létajících letadel, která by mohla podléhat minimálním stavebním předpisům. Výsledná letadla se běžně nazývají ultralehká letadla, ačkoli hmotnostní a rychlostní limity se v jednotlivých zemích liší. Ve většině bohatých zemí nyní ultralehká letadla představují významné procento globálních civilních letadel. Například v Letecké amatérské asociaci ČR bylo v roce 2016 registrováno téměř 5000 ultralehkých letounů. [19]

Evektor-Aerotechnik, a.s. se sídlem v Kunovicích patří k předním výrobcům jednomotorových lehkých letadel, cvičných letounů a pokročilých ultralightů. Tento český výrobce letadel úspěšně exportoval za posledních 40 let přes 1000 letounů do více než 40 zemí světa. Skupina Evektor se také aktivně účastní projektu vývoje dvoumotorového turbovrtulového letounu EV-55 Outback určeného pro přepravu 9-14 pasažérů a jednomotorového čtyřmístného letounu VUT100 Cobra. [20]

Práce se v teoretické části zabývá popisem a rozdělením letounů a jejich hlavních částí, dále popisem materiálu používaných v letectví a stručnému popisu technologie výroby dílů a montáži sestav draku ultralehkého letounu. Praktická část práce je věnovaná analýze současné výroby směrového kormidla letounu SportStar RTC ve výše zmiňované firmě Evektor-Aerotechnik, a.s. a následnému návrhu optimalizace výroby tohoto směrového kormidla.

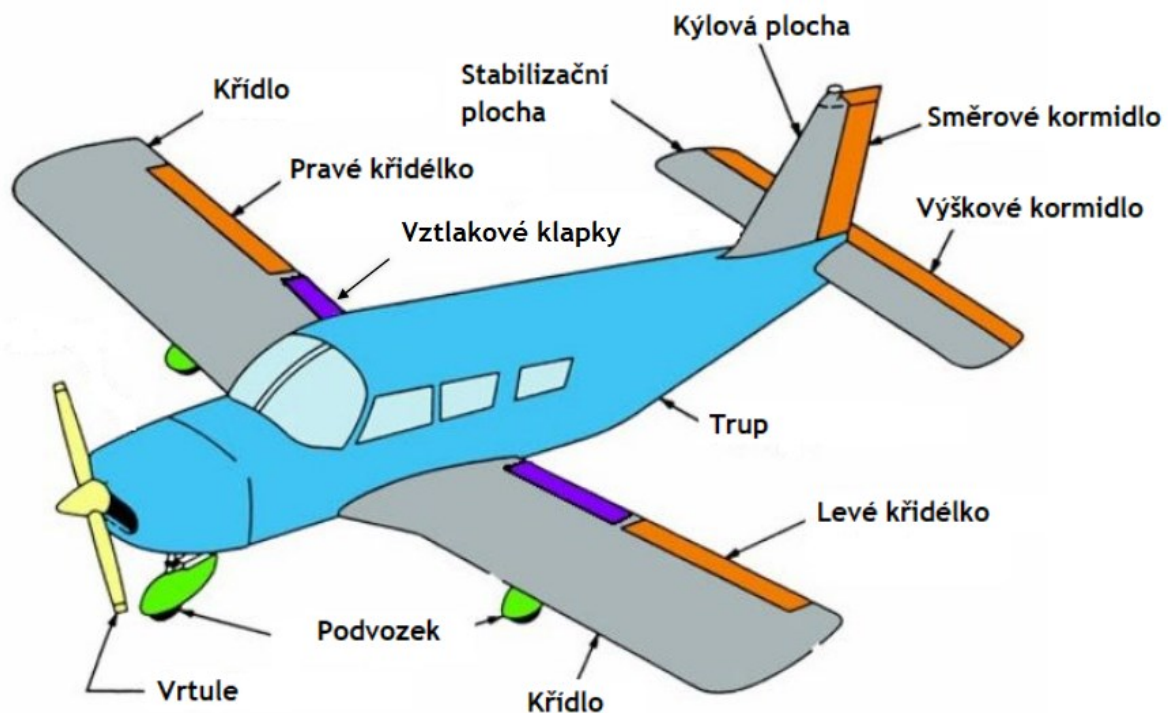
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 LETOUN A JEHO HLAVNÍ ČÁSTI

Letoun je motorové letadlo těžší než vzduch, s pevnými nosnými plochami, obvykle pevnými křídly. Vlivem tahové síly, kterou vyvolává pohonná jednotka, jejíž hlavní části tvoří například motor s vrtulí, koná motorový letoun dopředný pohyb. Bezmotorový letoun koná po skloněné dráze dopředný pohyb, působením dopředné složky zemské gravitace. Díky dopřednému pohybu letounu vzniká na jeho nepohyblivých nosných plochách aerodynamický vztlak, který slouží k překonání zemské gravitace. [1]

### 1.1 Hlavní části letounu

Hlavní části letounu tvoří drak, pohonná soustava a výstroj. Drak letounu se skládá z křídla, trupu, ocasních ploch, podvozku a řízení. [1, 2]



Obr. 1: Hlavní části letounu [3]

#### 1.1.1 Trup

Spojuje nosné plochy s ocasními a tvoří tak systém potřebný pro stabilitu a ovladatelnost letounu. Slouží také k uložení užitečného zatížení, které tvoří například pohonné hmoty, posádka nebo zavazadla. V trupu jsou instalována všechna potřebná zařízení k ovládání draku letounu a jeho pohonné jednotky. U jednomotorových letounů je pohonná jednotka obvykle umístěna v přední části trupu. Na trupu bývá také umístěno přistávací zařízení

letounu. V přední části předové kolo, ve střední části hlavní podvozek nebo plováky a v zadní části zadové kolo či ostruha.

### **1.1.2 Křídlo**

Křídlo je hlavní nosná plocha letounu, na níž se vytváří největší část vztlaku. Podílí se největší měrou na letových vlastnostech, proto mu musí být věnována největší pozornost při návrhu letounu.

### **1.1.3 Křidélka**

Křidélka se používají pro příčné řízení letounu. Jejich mechanismus je navržen tak, aby při vychýlení jednoho křidélka dolů se druhé vychýlilo nahoru. Na křídle s křidélkem skloněným nahoru vztlak klesne, na druhé straně naopak vzroste, takže vznikne moment kolem podélné osy, který způsobí potřebný náklon letounu.

### **1.1.4 Vztlakové klapky**

Vztlakové klapky jsou umístěny na odtokové hraně křídla mezi trupem a křidélkem. Zvyšují maximální vztlak křídla, což snižuje pádovou rychlost letounu při vzletu nebo přistání. Při velkých výchylkách zvyšují klapky také odpor a slouží jako aerodynamická brzda.

### **1.1.5 Ocasní plochy**

Ocasní plochy jsou tvořeny svislými ocasními plochami (SOP) a vodorovnými ocasními plochami (VOP)

#### **1.1.5.1 SOP**

Svislé ocasní plochy zajišťují směrové řízení a stabilitu letounu. Tvoří je pevná část, která se nazývá kýlová plocha a pohyblivá část – směrové kormidlo.

#### **1.1.5.2 VOP**

Vodorovné ocasní plochy zajišťují podélnou stabilitu a řízení letounu. Obvykle jsou složeny z pevné stabilizační plochy a z pohyblivého výškového kormidla.

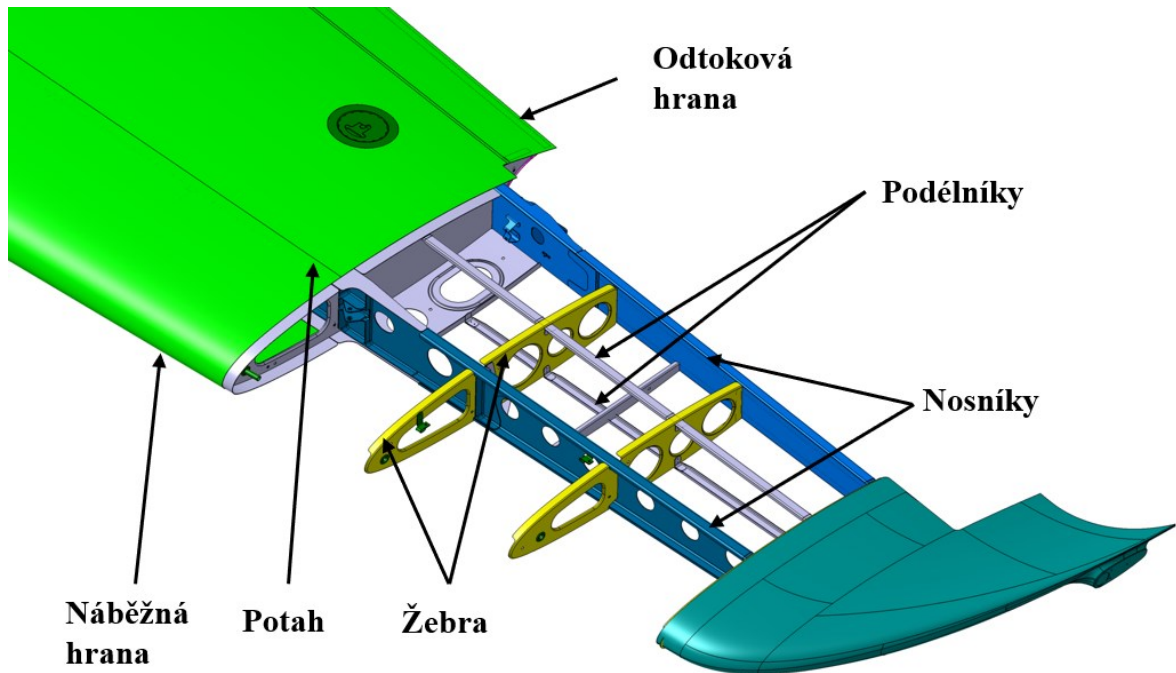
### 1.1.6 Podvozek

Umožňuje vzlet nebo přistání na pevnou zem či vodní plochu. Při přistávání tlumí nárazy a přenáší je do nosného systému nebo trupu. Také slouží k zpomalování a zastavení letounu pomocí brzd. [1, 2, 6]

## 1.2 Základní terminologie v letecké konstrukci

Při konstrukci či stavbě letounů je možné se setkat s následujícími termíny:

- Centroplán – spojuje vnější křídla s trupem. Jedná se v podstatě o přerušenu část křídla, která je umístěna ve vnitřní části trupu.
- Potah – vnější vrstva letounu, která tvoří jeho aerodynamický tvar. U ultralehkých letounů tuto vrstvu tvoří nejčastěji plechy z hliníkových slitin o tloušťce 0,4 – 0,8 mm.
- Nosník – část letecké sestavy, která obvykle přenáší největší podíl sil a kroutících momentů, které na sestavu působí.
- Žebro – společně s nosníkem tvoří kostru leteckých sestav a určuje tak jejich tvar.
- Podélník – tvoří podélné výztuhy potahu obvykle mezi jednotlivými žebry.
- Náběžná hrana (část) – přední část letecké sestavy (např. křídla nebo ocasních ploch), kde dochází k prvnímu kontaktu s proudem vzduchu.
- Odtoková hrana (část) – zadní část letecké sestavy, kde se setkává proud vzduchu rozdělený náběžnou hranou.



Obr. 2: Řez křídlem letounu VUT100 Cobra

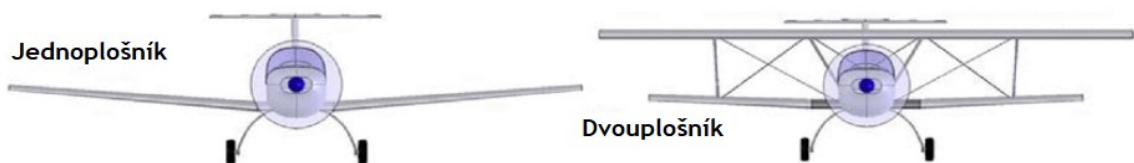
### 1.3 Základní rozdělení letounů

Letouny dělíme především dle:

- Počtu nosných ploch
- Polohy křídla vůči trupu
- Konstruktivního schématu křídla
- Konstrukce letounu
- Druhu použitého pohonu
- Počtu motorů
- Konstrukce podvozku [2, 6, 13]

#### 1.3.1 Rozdělení dle počtu nosných ploch

Letouny dělíme na jednoplošníky a dvouplošníky.



Obr. 3: Jednoplošník a dvouplošník [6]



### 1.3.1.1 Jednoplošník

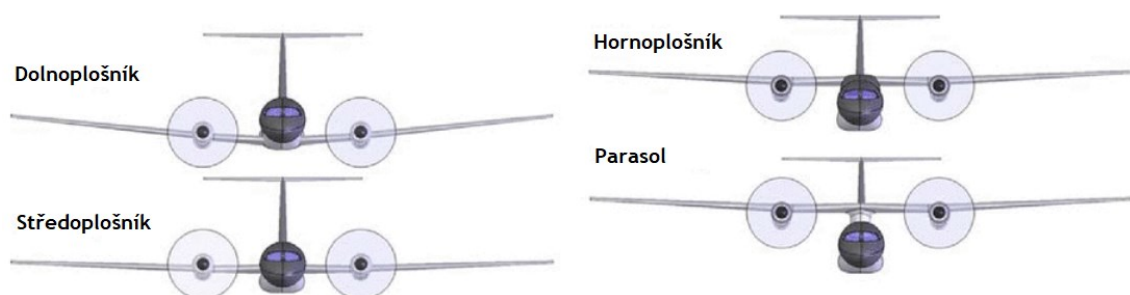
Jednoplošník je letoun s jedinou pevnou nosnou plochou. Dnes jednoznačně nejrozšířenější a nejúčelnější koncept letounu. Staví se převážně v samonosném provedení, vyztužené jednoplošníky se v dnešní době vyskytují zřídka.

### 1.3.1.2 Víceplošník

Víceplošník je letoun se dvěma nebo více pevnými nosnými plochami. Víceplošné letouny se objevovaly již od samých počátků pokusů o ovládnutí vzdušného prostoru člověkem. Např. všechny kluzáky bratří Wrightů byly konstruovány jako dvojplošníky. Víceplošná konstrukce poskytuje lepší obratnost letounu a pevnost konstrukce, avšak z důvodu horších aerodynamických vlastností výrazně ztrácí ve výkonech oproti jednoplošným letounům. V dnešní době se víceplošné letouny vyrábějí pouze v malém počtu, především jako speciály pro akrobatické letectví. [6, 13]

### 1.3.2 Rozdělení dle polohy křídla vůči trupu

Dle polohy křídla dělíme letouny na hornoplošníky, středoplošníky, dolnoplošníky a parasoly.



Obr. 4: Rozdělení letounů dle polohy křídla vůči trupu [6]

#### 1.3.2.1 Hornoplošník

Jako hornoplošník se označuje letoun, který má křídlo zastavěné v horní části trupu. Výhodou je velmi dobrý výhled z letounu, u vícemotorových letounů možnost umístit motory vysoko nad letištní plochy a díky tomu lepší chránění motoru před nasátím nečistot a cizích těles. Nevýhodou je úzký podvozek na trupu, který zapříčiňuje horší stabilitu při vzletech a přistáních. Častým řešením je rozšíření dolní části trupu o podvozkové gondoly. To ale znamená navýšení hmotnosti a zvýšení aerodynamického odporu.

### 1.3.2.2 Středoplošník

Středoplošník má křídlo vetknuté v trupu. Toto umístění má nejlepší aerodynamické vlastnosti a proto se nejčastěji vyskytuje u nadzvukových letounů. Nevýhodou je podstatně snížená možnost využití centroplošné části trupu jako prostor pro osádku letounu.

### 1.3.2.3 Dolnoplošník

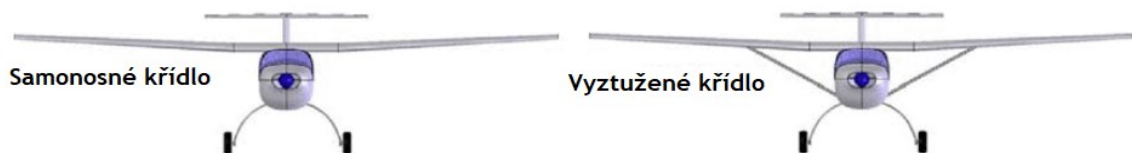
Dolnoplošník je nejrozšířenější typ letounu, kde křídlo je zastavěno v dolní části trupu. Nízko položené křídlo umožňuje použít nízký, lehký podvozek, umístěný do křídla. U malých letounů usnadňuje nastupování a vystupování z letounu. Také významně zvyšuje bezpečnost posádky při nouzových přistáních a havarijním kontaktu se zemí. Nevýhodou je horší výhled, omezená manévrovatelnost v blízkosti země a horší aerodynamické charakteristiky.

### 1.3.2.4 Parasol

Parasol je zvláštní typ hornoplošníku, kde jeho křídlo není spojeno přímo s trupem, ale je umístěno nad trupem pomocí soustavy vzpěr. Z důvodu konstrukční jednoduchosti bylo toto uspořádání v minulosti poměrně často používané, v dnešní době se s ním ale setkáme vzácně. [6, 13]

## 1.3.3 Rozdělení dle konstrukčního schématu křídla

Podle konstrukčního uspořádání křídla rozdělujeme letouny na dva druhy – se samonosným nebo vyztuženým křídlem.



Obr. 5: Letouny se samonosným a s vyztuženým křídlem [6]

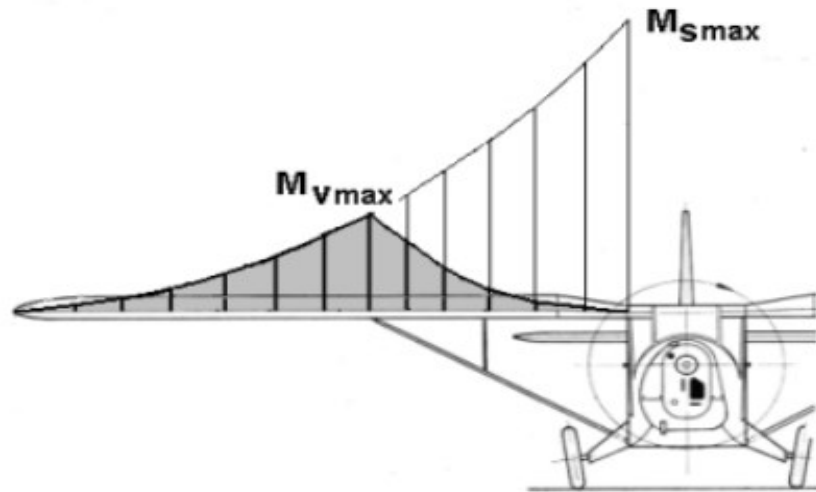
### 1.3.3.1 Vyztužené křídlo

V počátcích letectví byla křídla vždy vyztužená soustavou lan nebo drátů, které byly později nahrazeny vzpěrami. Vzpěry bývají obvykle dvě, buď rovnoběžné nebo ve tvaru

V se společným závěsem v trupu. Díky vyztužení je příznivěji rozložen ohybový moment po rozpětí křídla (Obr. 6) a tím můžeme výrazně snížit hmotnost křídla. Vyztužení křídel ale významně navyšuje aerodynamický odpor a tím snižuje výkon letounu. Proto jsou v dnešní době vyztužená křídla využívána zřídka, jen u pomalých, malých letounů.

### 1.3.3.2 Samonosné křídlo

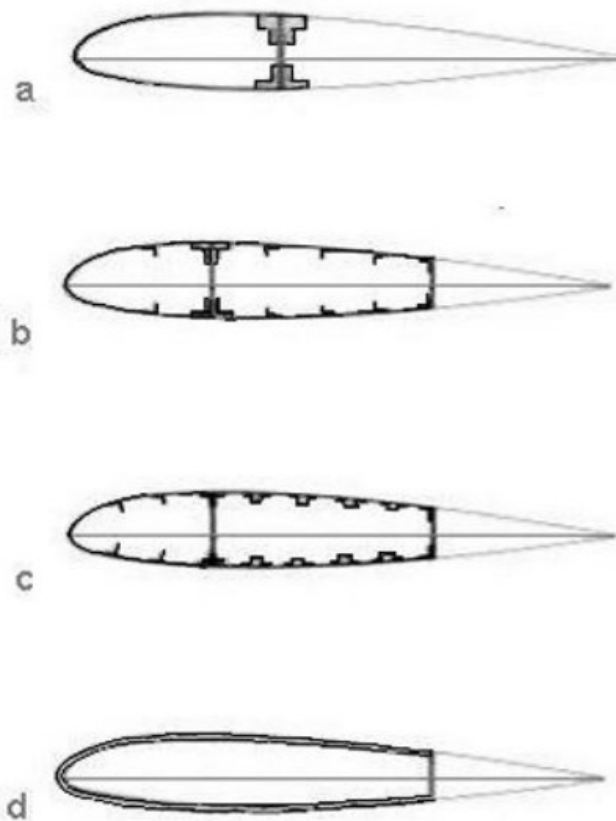
Samonosná křídla jsou konstruována bez jakéhokoliv vnějšího vyztužení a veškerému zatížení odporují pouze díky vnitřním silám v konstrukci křídla. Při hornoplošném uspořádání (křídlo není dělené po celém rozpětí) se ohybové síly vůbec nepřenáší do trupu letounu. Pokud je křídlo dělené (vetknuto do trupu), přenáší ohybové zatížení do centroplánu, což je v podstatě přerušovaný nosník křídla ve vnitřní části trupu. Maximální ohybový moment je u kořene samonosného křídla 2x – 3x větší než u vyztuženého (Obr. 6). Proto jsou samonosná křídla vždy hmotnější. Avšak zisk z mnohem lepších aerodynamických vlastností významně převyšuje ztrátu z navýšené hmotnosti křídla. Díky tomu je většina dnešních letounů konstruována se samonosnými křídly. [6, 13]



Obr. 6: Maximální ohybový moment samonosného křídla ( $M_{smax}$ ) a vyztuženého ( $M_{vmax}$ ), při stejném zatížení letounu [13]

### 1.3.4 Rozdělení dle konstrukce částí letounu

Podle konstrukce sestav letounu rozdělujeme do čtyř skupin – konstrukce nosníková, nosníková skořepina, poloskořepinová konstrukce a skořepinová konstrukce.



Obr. 7: Konstrukční řešení sestavy letounu [13]

#### 1.3.4.1 Nosníková konstrukce

Kolmé zatížení přenáší jeden nebo více masivních nosníků. Potahy slouží pouze k přenosu aerodynamických sil na nosníky a žebra. Tato konstrukce byla využívána v minulosti, kdy byly použity plátěné potahy (Obr. 7a).

#### 1.3.4.2 Nosníková poloskořepina

Nosníky jsou méně masivní část potahu mezi nosníky nebo na náběžné hraně je tuhá a vyztužena žebry s podélníky. Potahy část ohybového zatížení přebírají na sebe (Obr. 7b).

#### 1.3.4.3 Poloskořepinová konstrukce

Podobná jako nosníková poloskořepina. Má lehčí nosníky, silnější a více vyztužený potah, který přenáší ohybové zatížení ještě více. Mezi poloskořepinovou konstrukcí a nosníkovou poloskořepinou není jasná hranice (Obr. 7c).

#### 1.3.4.4 Skořepinová konstrukce

Skořepinovou konstrukci tvoří nosný potah, většinou třívrstvý sendvič, který přenáší veškeré působící zatížení (Obr. 7d). [2, 13]

#### 1.3.5 Rozdělení dle druhu použitého pohonu

Podle použitého pohonu dělíme na letadla s vrtulovým, reakčním, nebo kombinovaným pohonem.

##### 1.3.5.1 Letadla s vrtulovým pohonem

Jsou poháněna tahem nebo tlakem vrtule, na kterou se přenáší kroučící moment turbínového nebo pístového motoru.

##### 1.3.5.2 Letadla s reakčním pohonem

Jsou poháněna tahem, který vzniká při výstupu zplodin hoření z pohonné trysky raketového, pulzačního, náporového nebo turbínového motoru.

##### 1.3.5.3 Letadla s kombinovaným pohonem

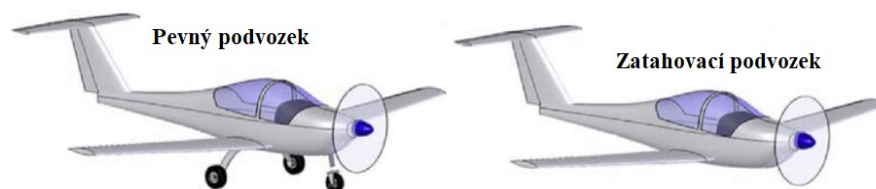
V tomto případě je pohon letadla zajištěn, jak tlakem nebo tahem vrtulí, tak i tahem reakčního motoru. [2, 6]

#### 1.3.6 Rozdělení dle počtu motorů

Dle počtu motorů dělíme letadla na jednomotorová, dvojmotorová nebo vícemotorová. [2, 6]

#### 1.3.7 Rozdělení dle konstrukce podvozku.

Dle konstrukce podvozku dělíme na letouny s pevným nebo zatahovacím podvozkem. [2, 6]



Obr. 8: Letoun s pevným a zatahovacím podvozkem [6]

## 1.4 Ultralehký letoun

Ultralehký letoun je motorové letadlo, jehož maximální vzletová hmotnost nepřesahuje 600 kg, nebo 650 kg u letounů určených k použití na vodě a pádová rychlost nepřevyšuje 83 km/h. Je maximálně dvoumístný a řízený aerodynamickými prostředky. Ze všech sportovních létajících zařízení dosahuje nejvyšších výkonů a při vhodné výbavě jsou schopny umožnit turistické cestování na tisícikilometrové vzdálenosti.

Ultralehký letoun lze postavit vlastníma rukama nebo zakoupit letoun tovární výroby. Cena továrně vyráběných letounů se pohybuje od 1 do 2 milionů korun. [19]

## 1.5 Ultralehký letoun SPORTSTAR RTC

SportStar RTC je moderní jednomotorový dolnoplošný letoun se dvěma sedadly vedle sebe. Je vyráběn společností Evekter-Aerotechnik, která patří k předním výrobcům jednomotorových lehkých letadel. Letoun SportStar RTC je certifikován agenturou Evropské unie pro bezpečnost letectví (EASA). Díky tomu je možné použít letoun v leteckých školách pro výcvik pilotů. Nejvyšší užitečné zatížení ve své kategorii, dolet až 1300 km, nízké provozní náklady a přitom vynikající letové vlastnosti dělají ze SportStaru RTC ideální letoun pro turistiku a cestování. [18, 20, 21]



Obr. 9: Letoun SportStar RTC [18]

### 1.5.1 Technický popis letounu

Drak letounu má poloskořepinovou konstrukci tvořenou výztuhami, přepážkami a potahy z duralového plechu, které jsou navzájem nýtovány především trhacími nýty. Spoje jsou lepeny pro zvýšení únavové životnosti. Některé, obzvláště nenosné části, jsou vyrobeny z laminátu. Je vybaven pevným tříkolovým podvozkem s říditelným předovým kolem. Pohonnou jednotku tvoří čtyřválcový motor ROTAX 912S a kompozitová třílistá vrtule WOODCOMP KLASSIC 170/3/R. [18, 20]

#### 1.5.1.1 Rozměry a hmotnosti

Letoun je dlouhý 5,98 m, vysoký 2,48 m s maximální vzletovou hmotností 600 kg.

Délka	5,98 m
Výška	2,48 m
Rozpětí křídel	8,65 m
Šířka kabiny	1,18 m
Objem zavazadlového prostoru	285 l
Prázdná hmotnost	343 kg
Maximální vzletová hmotnost	600 kg
Maximální hmotnost zavazadel	25 kg

Tab. 1: Rozměry a hmotnosti letounu SportStar RTC [20]

### 1.5.1.2 Výkony

Cestovní rychlost letounu je 174 km/h, praktický dostup 4720 m a dolet letounu až 1300 km.

Nepřekročitelná rychlost	270 km/h
Max. rychlost vodorovného letu	213 km/h
Cestovní rychlost (75% výkonu)	171 km/h
Pádová rychlost	78 km/h
Rychlost stoupání	4,5 m/s
Praktický dostup	4720 m
Délka rozjezdu (betonové VPD)	128 m
Délka vzletu přes 15 m překážku (betonové VPD)	365 m
Délka dojezdu (betonové VPD)	169 m
Dolet	1 300 km

Tab. 2: Výkony letounu SportStar RTC [20]

### 1.5.1.3 Pohonná jednotka

Pohonnou jednotku tvoří motor Rotax 912ULS a třílistá stavitelná vrtule WOODCOMP KLASSIC 170/3/R.

Motor	Rotax 912ULS
Počet válců	4
Maximální výkon	74,5 kW (100 hp)
Palivo	Bezolovnatý automobilový benzín nebo AVGAS 100LL
Vrtule	WOODCOMP KLASSIC 170/3/R

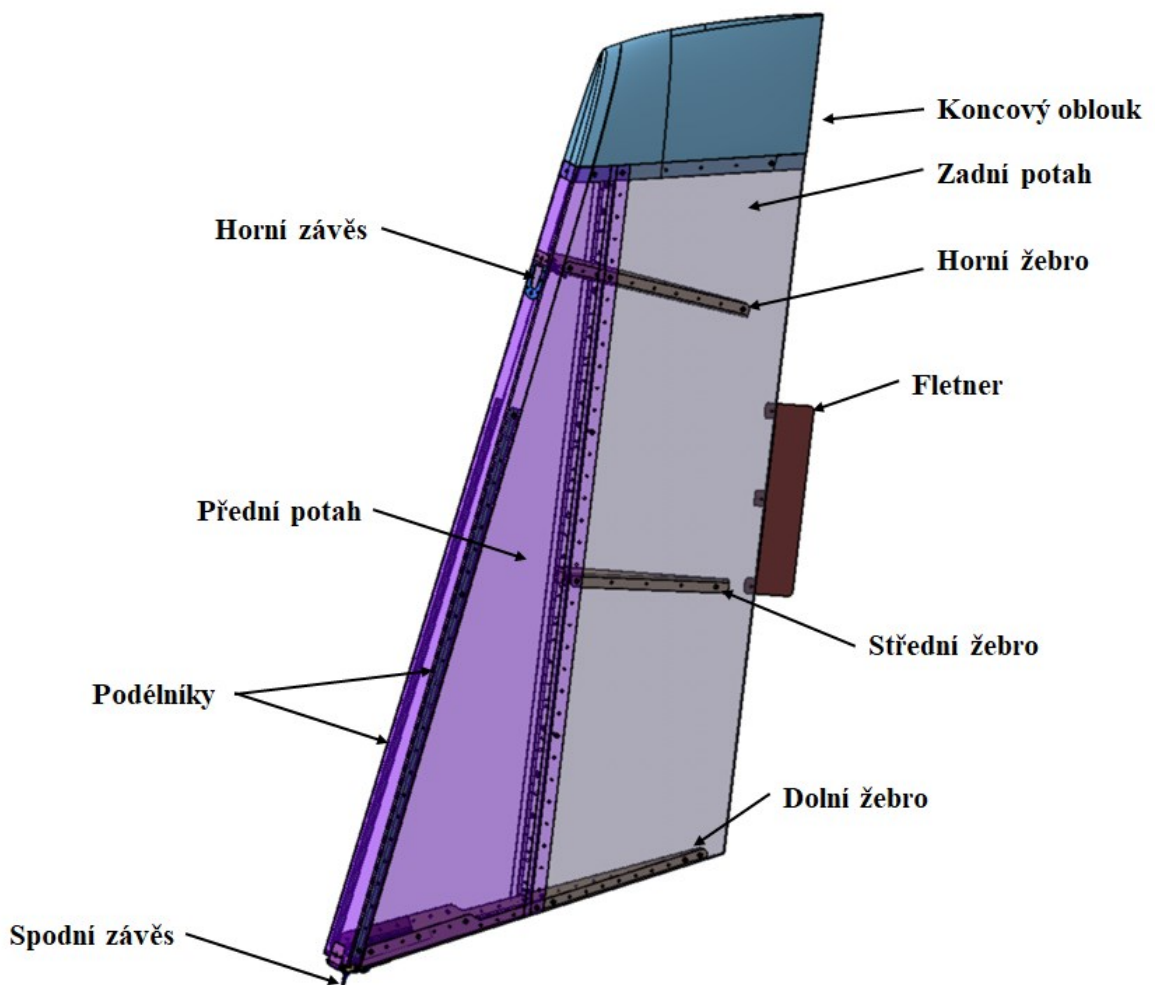
Tab. 3: Pohonná jednotka letounu SportStar RTC [18, 20]



### 1.5.2 Směrové kormidlo

Směrové kormidlo má poloskořepinovou konstrukci, kterou tvoří přední a zadní potah, žebra a podélníky. Díly jsou vyrobeny z hliníkové plátované slitiny 2024 ALCLAD.

Zadní potah tvoří plech ohnutý do klínového tvaru, který je v přední části nýtovaný a vytváří tak nosník kormidla. Přední potah je přinýtován k zadnímu potahu. Náběžná část potahu je vyztužena dvěma podélnými výztuhami. Dolní žebro nese přinýtovaný dolní závěs směrového kormidla, je snýtováno s předním i zadním potahem a uzavírá tak spodní část kormidla. V zesílení přední části dolního žebra se nachází závěsy lan směrového řízení. Střední žebro vyztužuje zadní potah. Horní žebro je snýtováno s předním i zadním potahem. Pevná vyvažovací ploška (fletner) je přinýtována k odtokové hraně. Koncový laminátový oblouk je přinýtován přes potahy a uzavírá tak horní část kormidla. [18]



Obr. 10: Model směrového kormidla letounu SportStar RTC

## 2 HLINÍKOVÉ SLITINY V LETECTVÍ

Materiály z hliníkových slitin jsou levné, dobře dostupné, lehké a při tom mají dobré mechanické vlastnosti, mimo jiné i při teplotách sahajících hluboko pod bod mrazu. Díky těmto vlastnostem jsou hliníkové slitiny hlavním a nejdůležitějším materiálem v leteckém průmyslu. Například letoun Airbus A340 váží přibližně 90 tun a téměř 70 % použitých materiálů tvoří hliníkové slitiny. I přes snahu je nahradit lehčími materiály na bázi hořčíku nebo kompozity se skelnými či karbonovými vlákny, hliníkové slitiny zůstávají nenahraditelné především při výrobě vysoce namáhaných komponent, jako je například trup nebo křídlo letounu. [4]

Nejvýznamnějšími materiály v leteckém průmyslu jsou hliníkové slitiny 2024, 6061 a 7075. [6]

### 2.1 Hliníková slitina EN AW 2024 (AlCu4Mg1)

Materiál EN AW 2024, který je někdy nazýván jako tzv. superdural, je slitina hliníku a mědi s přísadami hořčíku a manganu. [5]

Obsah [%]	Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Cr	Zn
Min.	3,8	1,2	0,3	-	-	-	-
Max.	4,9	1,8	0,9	0,5	0,5	0,1	0,25

Tab. 4: Obsah příměsí hliníkové slitiny 2024 [5]

Díky vysoké pevnosti, pomalému růstu trhlin, dobré lomové houževnatosti a únavové životnosti se jedná o nejpoužívanější slitinu v leteckém průmyslu. Používá se ve vysoce namáhaných konstrukcích jako je například trup, křídlo nebo ocasní plochy letounu. Je tepelně vytvrditelná, špatně svařitelná, a má špatnou odolnost proti korozi. Pro zvýšení odolnosti proti korozi mohou být plechy ze slitiny 2024 po obou stranách plátovány čistým hliníkem (čistota minimálně 99,3 %), nebo hliníkovými slitinami z řady 6000. Typická plátovací vrstva se pohybuje od 1,5 % až do 5 % tloušťky jádra. Plátované plechy jsou označeny pod názvem ALCLAD. Slitina 2024 se v leteckém průmyslu vyskytuje především ve vytvrzeném stavu T3xx nebo T4xx. [4, 5, 6]

Označení	R <sub>m</sub> [MPa]	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	A [%]
2024 O	max. 220	max. 96	15
2024 T3	434	289	12
2024 T42	427	262	12
2024 T62	441	345	5

Tab. 5: Mechanické vlastnosti plechů z hliníkové slitiny 2024 [5]

## 2.2 Hliníková slitina EN AW 6061 (AlMg1SiCu)

Materiál EN AW 6061 je slitina hliníku s hořčíkem, křemíkem a mědí. [5]

Obsah [%]	Mg	Si	Cu	Cr	Fe	Ti	Mn	Zn
Min.	0,8	0,4	0,15	0,04	-	-	-	-
Max.	1,2	0,8	0,35	0,35	0,7	0,15	0,15	0,25

Tab. 6: Obsah příměsí hliníkové slitiny 6061 [5]

Slitina má střední pevnost, velmi dobrou korozní odolnost, vysokou lomovou houževnatost, je dobře svařitelná a tepelně vytvrditelná. Je vhodná pro svařované konzoly, méně zatížená kování, části palivového nebo hydraulického systému. Používá se především ve vytvrzeném stavu T6xx. [5, 6]

Označení	R <sub>m</sub> [MPa]	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	A [%]
6061 O	max. 152	max. 83	16
6061 T42	207	96	15
6061 T62	290	241	9

Tab. 7: Mechanické vlastnosti plechů z hliníkové slitiny 6061 [5]

## 2.3 Hliníková slitina EN AW 7075 (AlZn5.5MgCu)

U slitiny EN AW 7075 je hlavním legujícím prvkem zinek, další legury jsou hořčík, měď a chrom.

Obsah [%]	Zn	Mg	Cu	Cr	Mn	Fe	Si	Ti
Min.	5,1	2,1	1,2	0,18	-	-	-	-
Max.	6,1	2,9	2	0,28	0,3	0,5	0,4	0,2

Tab. 8: Obsah příměsí hliníkové slitiny 7075 [5]

Materiál 7075 dosahuje nejvyšší pevnosti ze všech hliníkových slitin. Slitina je tepelně vytvrditelná a špatně svařitelná. Používá se především ve stavech T6xx nebo T7xx. Ve stavu T6xx má slitina nejvyšší pevnost, ale malou lomovou houževnatost a velmi špatnou odolnost proti korozi. Odolnost proti korozi lze zvýšit plátováním plechů nebo přestárnutím slitiny během tepelného zpracování. Ve stavu T76x má sníženou pevnost, avšak dobrou odolnost proti korozi a vyšší houževnatost. Ve stavu T73x je prakticky imunní proti korozi, ale pevnost je srovnatelná se slitinou 2024. [4, 5, 6]

Označení	R <sub>m</sub> [MPa]	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	A [%]
7075 O	max. 276	max. 145	10
7075 T62	538	469	5
7075 T73	461	386	8
7076 T76	503	427	8

Tab. 9: Mechanické vlastnosti plechů z hliníkové slitiny 7075 [5]

## 2.4 Tepelné zpracování tvářených dílů z hliníkových slitin

Tváření hliníkových slitin za studena se provádí především ve stavu O, kdy mají maximální tvařitelnost. Již vytvrzené polotovary je nutné na stav O rekrytalizačně vyžít. Po tváření pak následuje precipitační vytvrzení na požadovaný stav.

Tváření je možné také provést do 60 min po rozpouštěcím žhání a prudkém ochlazení, než začne slitina stárnout.

V případě jednoduchých tvářecích operací je možné použít materiál i ve vytvrzených stavech.

### 2.4.1 Značení stavů tepelně vytvrditelných slitin hliníku

Označení stavu materiálu následuje většinou za číselným značení materiálu. Hlavní značení se skládá z písmen a další úpravy nebo zpracování označujeme jednou nebo více číslicemi. [5, 6]

Stav	Definice
F	Stav z výroby polotovaru. Bez specifikace mechanických vlastností
O	Žíhaný
W	Stav bezprostředně po rozpouštěcím žíhání (nestabilní stav)
T3	Po rozpouštěcím žíháním, tváření za studena a přirozeném stárnutí
T4	Po rozpouštěcím žíhání a přirozeném stárnutí
T42	Po rozpouštěcím žíhání ze stavu O nebo F a přirozeném stárnutí. Tepelné zpracování výrobku u uživatele
T6	Po rozpouštěcím žíháním, tváření za studena a umělém stárnutí
T62	Po rozpouštěcím žíhání ze stavu O nebo F a umělém stárnutí. Tepelné zpracování výrobku u uživatele
T73	Po rozpouštěcím žíhání a umělém přestárnutí k dosažení nejlepší odolnosti proti korozi za napětí
T76	Po rozpouštěcím žíhání a umělém přestárnutí k dosažení dobré odolnosti proti vrstevnaté korozi

Tab. 10: Vybrané značení stavů vytvrditelných hliníkových slitin [4, 5, 6]

### 2.4.2 Rekrystalizační žíhání

Při rekrystalizačním žíhání dochází z původně deformované struktury za studena tvářeného výrobku k nové, rekrystalizované struktuře. Zvyšují se plastické vlastnosti a snižují mechanické.

V žíhaném stavu dosahuje hliníková slitina maximální tvařitelnost za studena. Při tváření se minimálně deformačně zpevňuje a můžeme ji považovat za dlouhodobě stabilní, protože slitina nestárne.

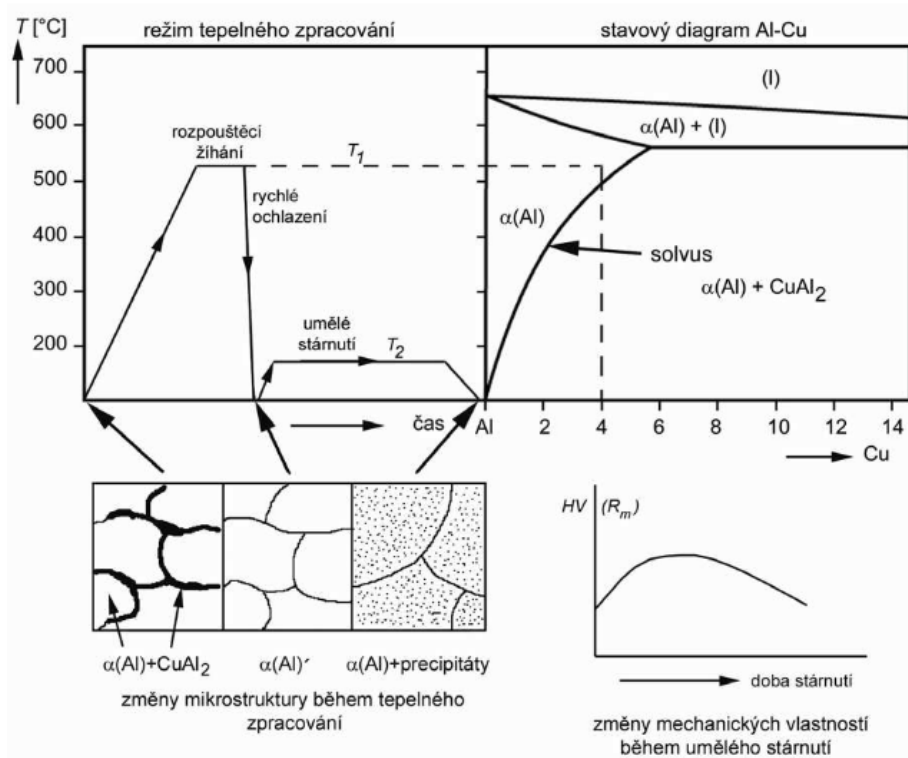
Žíhání slitiny 2024 se provádí za teplot 330-420 °C 1-6 h s následným pozvolným ochlazením v peci na 200 °C, dále na vzduchu. [4, 5, 7]

### 2.4.3 Precipitační vytvrzování

Vytvrzování patří k nejdůležitějším způsobům tepelného zpracování hliníkových slitin. Podmínkou pro vytvrzení je přítomnost legujícího prvku, který má dostačující změnu rozpustnosti v tuhém roztoku  $\alpha(\text{Al})$ . Jedná se zvláště o prvky Cu a Mg, eventuálně Ni nebo Zn. Vytvrzování se skládá ze tří technologických operací, které vzájemně souvisí tak,

že každé dílčí provedení jednotlivé operace ovlivňuje konečný výsledek. Technologické úkony následují po sobě takto:

- Rozpouštěcí žihání – vzniká homogenní tuhý roztok  $\alpha(\text{Al})$
- Rychlé ochlazení – vzniká přesycený tuhý roztok  $\alpha(\text{Al})$
- Stárnutí (vytvrzování) [7, 8]



Obr. 11: Postup precipitačního vytvrzení slitiny Al-Cu [8]

### 2.4.3.1 Rozpouštěcí žihání

Žihání je třeba provádět při teplotě  $T_1$  (Obr. 11), která leží v oblasti homogenního tuhého roztoku  $\alpha(\text{Al})$  nad křivkou solvu. Teplota žihání se volí 10-15 °C pod eutektickou teplotou. Při výdrži na této teplotě dochází k převedení intermetalických fází do tuhého roztoku. Překročení optimální žíhací teploty vede k natavení hranic zrn, hrubnutí zrna, a dochází tak k znehodnocení slitiny. Naopak nižší teploty žihání způsobují nedokonalé rozpouštění segregátů a dochází k omezení očekávaného vytvrzení.

Pro slitinu 2024 volíme teplotu rozpouštěcího žihání  $495 \pm 5$  °C. [5, 7, 8]

### 2.4.3.2 Rychlé ochlazení

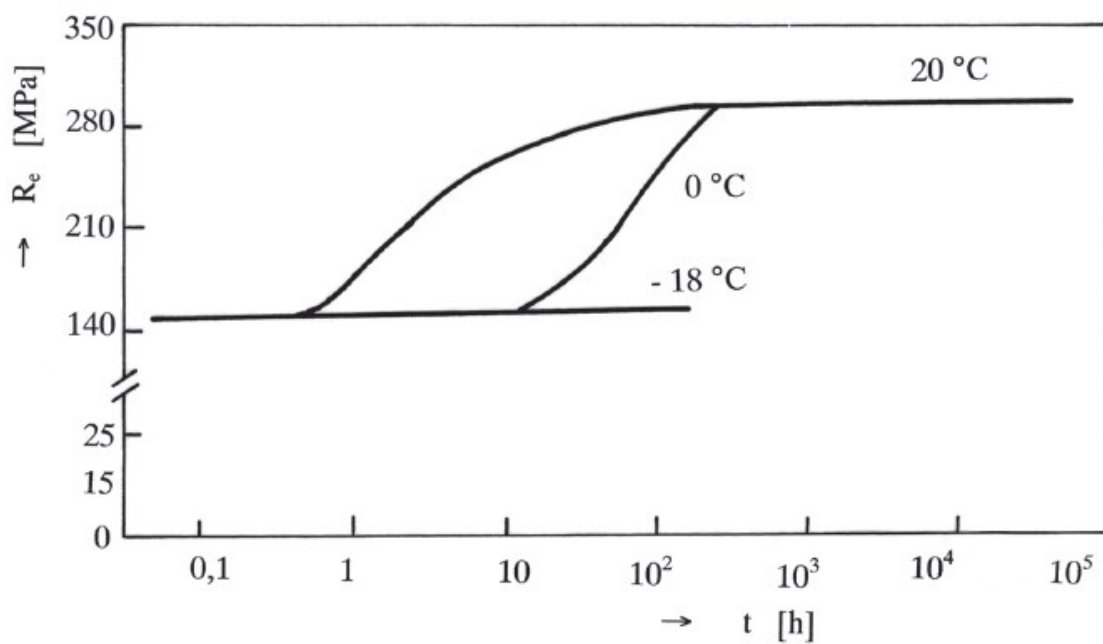
Bezprostředně po rozpouštěcím žíhání následuje ochlazení kritickou rychlostí ve studené vodě, k získání přesyceného roztoku  $\alpha(\text{Al})$ . Pokud není slitina ochlazována ihned po vyjmutí z pece, nebo je ochlazována menší rychlostí, dojde k vyloučení intermetalické fáze legujících prvků z přesyceného roztoku fáze  $\alpha(\text{Al})$  a k podstatnému zhoršení konečných vlastností. Po rozpouštěcím žíhání a rychlém ochlazení slitina vykazuje nižší pevnostní vlastnosti, vyšší tažnost a houževnatost. [4, 7, 8]

### 2.4.3.3 Stárnutí

Po rychlém ochlazení následuje přirozené nebo umělé stárnutí. Je to proces, při kterém dochází k rozpadu přesyceného tuhého roztoku  $\alpha(\text{Al})$  a k vyloučení velmi jemných částic – precipitátů (Obr. 11). Díky vzniku precipitátů dochází ve slitině k výraznému nárůstu pevnosti a tvrdosti, snižování tvárnosti.

Umělé stárnutí je ohřev a potřebná výdrž na teplotě  $T_2$  (Obr. 11), s následným ochlazením na vzduchu. Slitina získává maximálně možné vysoké pevnostní vlastnosti. U slitiny 2024 probíhá umělé stárnutí za teplot 185-196 °C po dobu 8-12 h. Při delší výdrži na teplotě  $T_2$  precipitát hrubne a dochází k poklesu tvrdosti. Toto stádium se nazývá přestárnutí.

Přirozené stárnutí probíhá při pokojové teplotě na vzduchu několik dní. Např. slitina 2024 přirozeně stárne až 96 h. Dosahuje se menšího vytvrzení než u umělého stárnutí. Pokud potřebujeme z technologický důvodů stárnutí zpomalit nebo potlačit, je nutné výrobky po rozpouštěcím žíhání podchladiť. Při podchlazení na 0 °C je kinetika rozpadu přesyceného tuhého roztoku opožděná. Při teplotách nižší než -18 °C se kinetika rozpadu přesyceného tuhého roztoku neuskutečňuje (Obr. 12). [4, 5, 8]



Obr. 12: Kinetika rozpadu přesyceného tuhého roztoku slitiny EN AW 2024 [4]



### 3 TECHNOLOGIE VÝROBY DÍLŮ A MONTÁŽ SESTAV DRAKU ULTRALEHKÉHO LETOUNU

Výroba dílů pro sestavy draku letounu začíná většinou výrobou rozvinutých tvarů, či přípravou tyčového materiálu nebo plechů, které jsou zpravidla dokončeny tvářením nebo obráběním. Hotové díly jsou poté na montáži sestaveny a nerozebíratelně spojovány především pomocí nýtování.

#### 3.1 Výroba rozvinutých tvarů dílů ultralehkého letounu

Rozvinuté tvary pro tvářené díly je možné obrábět pomocí nástrojů s definovanou geometrií, stříháním, řezáním vodním nebo laserovým paprskem.

##### 3.1.1 Řezání vodním paprskem

Tato technologie je proces řezání za studena s využitím vody a je dvojího druhu:

- a) Dělení materiálu čistým vodním paprskem – pro řezání měkkých materiálů jako jsou těsnění, pěna, plast, papír, jednorázové pleny, cementotřískové desky.
- b) Dělení materiálu vodním paprskem s příměsí abrazivního materiálu – po vytvoření čistého vodního paprsku je do řezací hlavy přidáno abrazivo (Obr. 13), které je smícháno s vodou a výsledkem je abrazivní vodní paprsek, který dokáže řezat tvrdé materiály jako je kov, kámen, sklo nebo keramika o tloušťce materiálu až 300 mm. [9, 22]



Obr. 13: Tryska pro řezání vodním paprskem s příměsí abraziva [22]

Výhodou řezání vodním paprskem je možnost řezat velkou škálu materiálů, včetně těžko opracovatelných. Řez probíhá bez tepelného působení a dílce se tepelně nedeformují. Nevýhodou je rychlý nástup povrchové koroze po kontaktu s vodou a abrazivním materiálem, pokud není povrch okamžitě vhodně ošetřen. Dále možnost změny barvy a znečištění, u nasákavých materiálů nutnost delšího vysoušení. [22, 23]

Z důvodu použití abraziva dochází na řezné ploše ke vzniku mikrotrhlin. U nosných dílů letounu je tak nutné povrch dále začist'ovat, čímž se zvyšují náklady na výrobu, a proto je řezání vodním paprskem spíše vhodné pro výrobu dílů sekundárních konstrukcí ultralehkého letounu.

### 3.1.2 Řezání laserovým paprskem

Základem je generátor úzkého svazku paprsků světla o velmi vysoké intenzitě – tzv. laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Princip laseru je postaven na uvolňování potenciální energie elektronů atomů prvku, který je v malém množství obsažen v základní hmotě laseru a je vlastním nositelem zesílení světelných paprsků. Laserem vyzářený paprsek světla je až 100 000 krát intenzivnější než světlo, kterým byl ozářen. Záření generované laserem má v podstatě jednu vlnovou délku a je tedy vysoce monochromatické. Dále se vyznačuje vysokým stupněm prostorové a časové koherence (záření má stejný směr, fázi i amplitudu) a minimální divergencí (rozbíhavostí záření).

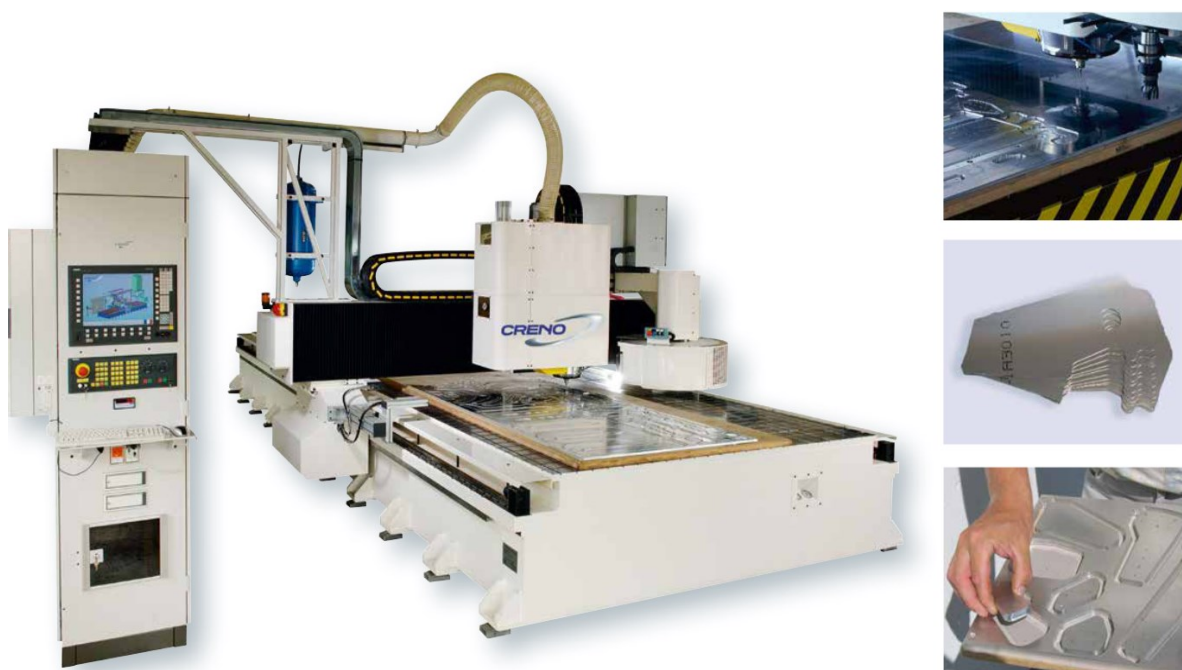
Energie elektromagnetického záření laseru je fokusována na velmi malou plošku materiálu. Přeměna energie tohoto záření na energii tepelnou způsobí v místě dopadu zahřátí na teplotu, která značně převyšuje teplotu tavení a tím se materiál začne tavit a odpařovat. [9, 32]

Laserem lze řezat rozmanité materiály od ocele přes barevné kovy až po nekovové materiály jako jsou plasty, keramika a sklo. Má vysokou rychlost řezu a přesnost řezání až  $\pm 0,1$  mm. Avšak při řezu dochází k výraznému přenosu tepla, které může negativně ovlivnit některé výrobky. Také mohou být teplem deformovány. Nevýhodou je i omezená tloušťka materiálu, kterou dokáže laser přerazit – obvykle 25 mm a méně, v závislosti na materiálu. [9, 23]

Z důvodu tepelného ovlivnění materiálu je nepřijatelné použití laserového paprsku pro výrobu nosných dílů konstrukce ultralehkého letounu a jeho použití je tak možné pouze u dílů sekundární konstrukce.

### 3.1.3 Obrábění nástroji s definovanou geometrií

Při této metodě jsou použity nástroje, které mají jasně určenou rovinu čela, hřbetu a základovou rovinu – jsou definovány těmito rovinami. Většinou se jedná o nástroje ze slinutých karbidů nebo nástrojových ocelí. Touto technologií jsou rozvinuté tvaru dílů opracovány pomocí frézování a vrtání na CNC strojích. Výhodou je vysoká přesnost výroby a kvalita povrchu bez abrazivního či tepelného ovlivnění, bezproblémová opakovatelnost procesu. Lze frézovat různé druhy materiálů jako jsou kovy, plasty, dřevo nebo polyuretanové pěny. Nevýhodou jsou vysoké přípravné a výrobní časy. Avšak tuto nevýhodu částečně odstraňují speciální CNC frézky rozvinutých tvarů (Obr. 14), které umožňují obrábět několik plechů najednou a výrazně tak zkracují výrobní časy. Díky tomu je tato metoda vhodná pro výrobu nosných i sekundárních dílů ultralehkého letounu. [9, 24, 25, 28]



Obr. 14: CNC frézka rozvinutých tvarů CRENO [25]

### 3.1.4 Stříhání

Stříhání je jedna z nejrozšířenějších operací pro dělení materiálů ve výrobě, která spočívá v oddělení polotovaru pomocí břitů protilehlých nožů. Kvalita a přesnost střížné plochy je ovlivněna především velikostí střížné mezery, způsobem stříhání, kvalitou střížného nástroje nebo vlastnostmi stříhaného materiálu. Využívá se k dělení tabulí plechu, sviteků, profilových materiálů, pro vystřihování tvarů, k přistřihování a ostříhování materiálu.

Dle stříhacího nože rozdělujeme na stříhání:

- a) s rovnoběžnými noži – rovnoběžné ostří nožů, velmi rychle narůstá síla a vznikají rázy.
- b) se skloněnými noži – nůž vniká do materiálu postupně pod úhlem, zdvih je delší a rázy podstatně menší. Nástroj je rozměrnější a díky tomu i nákladnější na výrobu, avšak má větší životnost.
- c) s tvarovými noži – používá se pro stříhání profilového materiálu – nože mají negativní tvar profilu.
- d) s rotačními noži – souvislé stříhání plechů bez rázů, nože se dotýkají polotovaru téměř bodově, což umožňuje vystřihování křivkových profilů. [9, 13]

Pro výrobu rozvinutých tvarů ultralehkého letounu stříháním jsou používány nůžky ruční, pákové nebo tabulové. Tato výroba je však nepřesná, málo produktivní a vhodná pouze do malých sérií. Ve velkých sériových výroбах jsou nahrazeny moderními CNC vysekávacími/děrovacími stroji, které jsou velmi přesné a výkonné. Nevýhodou je však pracné začišťování nekvalitně zastřižených ploch.

## 3.2 Tváření dílů ultralehkého letounu

Tváření je výrobní proces, při kterém dochází účinkem vnějších sil k trvalé plastické deformaci a přemístění objemu materiálu, aniž by se porušila jeho soudržnost. Technologií tváření můžeme zhotovit v přesných rozměrech díly jednoduchého i složitějšího tvaru, které jsou obvykle tenkostěnné. Proces tváření většinou produkuje malý, nebo žádný odpad a tvářené výrobky mají převážně lepší mechanické vlastnosti než odlévané nebo obráběné. Mezi základní metody tváření patří rovnání, ohýbání, zakružování, tažení, kalibrování, kroužlení a tváření nepevnými nástroji. [9, 15]

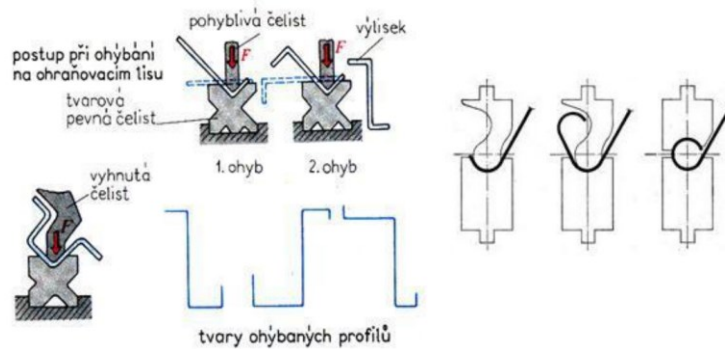
Pro tváření dílů ultralehkého letounu se využívá především metody ohýbání a tváření nepevnými nástroji.

### 3.2.1 Ohýbání

Ohýbání je ve strojírenské výrobě velmi využívaný technologický proces, při němž se polotovar buď rovná nebo ohýbá vzniklým napětím od působící síly. Polotovar se pružně a plasticky deformuje o určený úhel ohybu a při tom je osa ohybu přímá, ohýbaný tvar

rozvinutelný. Ohýbání probíhá především za studena, křehké a tvrdé materiály je nutné ohýbat za tepla. [9, 14]

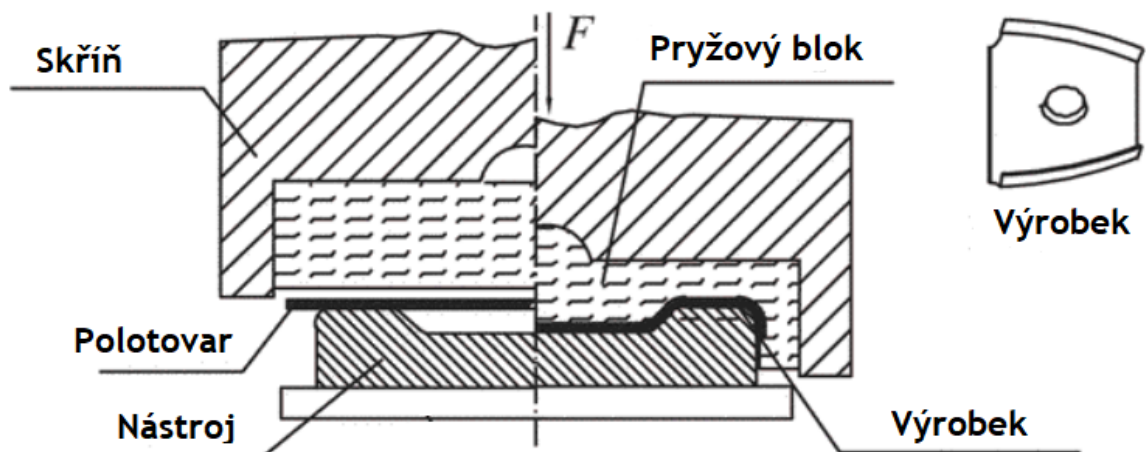
Ohýbání může být provedeno ručně, na ručních ohýbačkách, mechanických nebo hydraulických lisech, moderních CNC ohraňovacích lisech apod. [16]



Obr. 15: Příklady ohýbání na ohraňovacích lisech [16]

### 3.2.2 Tváření nepevnými nástroji

U tváření nepevnými nástroji je jeden nástroj nahrazen pružným materiálem, například kapalinou v pružném vaku nebo polyuretanem či pryží v ocelové skříni. Pružný materiál je připevněn k beranu, na spodní desce lisu je umístěn pevný tvarovací nástroj, na které je umístěn polotovár. Během tvářecího cyklu deformuje pružná matrice přes tvarovací formu polotovár do požadovaného tvaru. Tlak, kterým působí pružný blok na polotovár, je rovnoměrný, takže proces tváření nevytváří žádné ztenčení materiálu. Při tomto procesu lze tvářet díly různých velikostí a tvarů, u kterých se díky měkkým nástrojům horní povrch dílce nepoškodí, ani nepoškrábe. Tvarovací nástroje se mohou vyrábět například ze dřeva, hliníkových slitin, epoxidové pryskyřice nebo oceli. Díky relativně levné a technicky nenáročné výrobě tvarovacích nástrojů je tento proces vhodný do malosériové výroby. V leteckém průmyslu je touto technologií vyrobena až polovina plechových dílů. Pro velkosériové výroby tato metoda není vhodná, z důvodu dlouhé doby tvářecího cyklu. [9, 17]



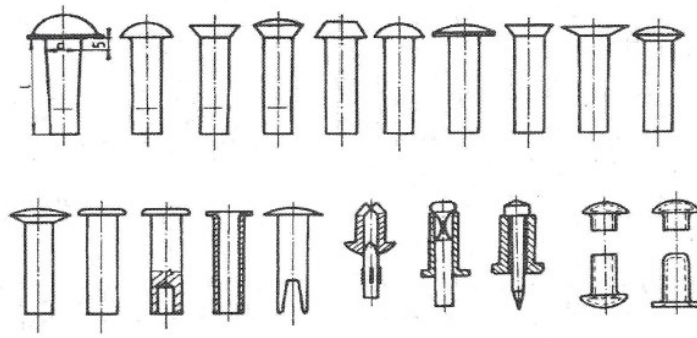
Obr. 16: Proces tváření pomocí nepevného nástroje [17]

### 3.3 Nýtování

Nýtování je nerozebíratelné spojování nepříliš tlustých součástí (např. plechů, pásů, profilů) plastickou deformací nýtu, vloženého do otvoru ve spojovaných součástech. I když nýtové spoje byly v mnoha případech nahrazeny svarovými a lepenými spoji, stále jsou oblasti, kde vyniknout přednosti nýtování. Jedná se především o možnost bez problémů spojovat různé, obtížně svařitelné kombinace materiálů. Též pro spojování různorodých materiálů: plastů, skla, kovů, keramiky atd. Nýt odolává dlouhodobému rázovému a mechanickému zatížení, může sloužit jako vodič, izolant nebo jako otočný čep. Nýtové spoje jsou vytvářeny ručně nebo strojně, za studena nebo za tepla. Nýtovací technologii lze plně mechanizovat a automatizovat. Ke strojnímu nýtování se zpravidla používají nýtovací zařízení poháněné vzduchem. [9]

Nýtové spoje rozdělujeme na:

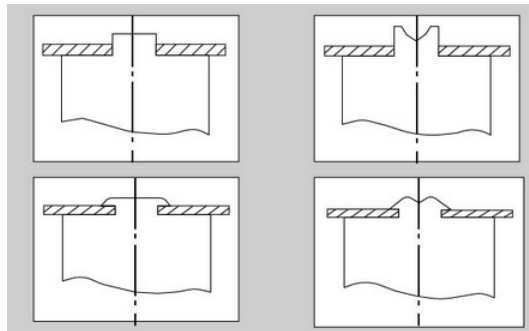
- pevné – např. u ocelových konstrukcí mostů, střech, skeletů, rámců vozidel.
- pevné a nepropustné – vyžadují pevnost i těsnost spoje. Používají se především při výrobě vysokotlakého potrubí, kotlů a nádrží.
- nepropustné – pro zajištění těsnosti a zabránění úniku kapalin, par nebo plyn, při malém zatížení spoje. Používají se při výrobě komínů, sudů, otevřených nádrží.
- stahové – pro spojování tenkých součástí letadel, automobilů, pláštů strojních zařízení. [9]



Obr. 17: Normalizované tvary nýtů [10]

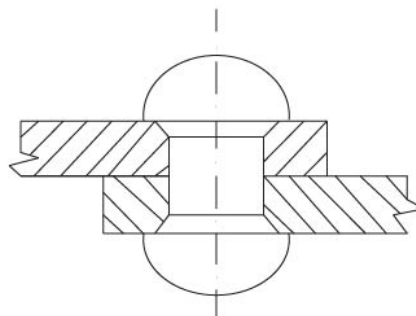
Základní rozdělení nýtování:

- a) přímé nýtování – spoj vzniká napěchováním a roznýtováním spojované součásti, která je vložena do otvoru druhé součásti. [10, 11]



Obr. 18: Přímé nýtování [11]

- b) nepřímé nýtování – spoj tvoří nýt, vložený do otvorů dvou přeplátovaných, svrtných součástí. Napěchováním nýtu se vyplní otvory spojovaných součástí a uzavřou se závěrnou hlavou. [10, 11]



Obr. 19: Nepřímé nýtování [11]

### 3.3.1 Nýtování v letectví

Přestože ve většině odvětví nýtování ustupuje svařování, v leteckém průmyslu stále dominuje. Prakticky většina letounů, od nejmenších ultralehkých letounů, až po největší dopravní letouny jako Airbus A330 nebo Boeing 787 jsou tvořeny především nýtovými spoji. Hlavním důvodem je obtížné svařování leteckých hliníkových slitin 2024 a 7075. Nýtové spoje jsou v letounech snadněji kontrolovatelné, jsou pevnější a odolnější než spoje svařované, nedochází u nich k tepelnému ovlivnění a deformacím spojovaných materiálů. [11, 12]

### 3.3.2 Zhotovení nýtových spojů leteckých sestav

V letectví se používají především 2 typy nýtů – s půlkulatou a se zápusťnou hlavou.



Obr. 20: Dva nejpoužívanější typy nýtů v letectví [6]

Pro zhotovení nýtového spoje je nejdříve nutné ustavit jednotlivé díly, vyvrtat otvory pro nýty, odstranit otřepy po vrtání a případně zahloubit otvory pro nýty se zápusťnou hlavou. Poté jsou do otvorů vloženy nýty, u kterých se roznýtováním vytvoří závěrné hlavy. [6]





Obr. 21: Standardní postup zhotovení nýtového spoje [6]

Pro správné ustavení a zajištění součástí při vrtání otvorů nebo nýtování se využívají Cleco svorky, jinak také zvané jako letecké agrafy. Svorky těsně zapadají do otvorů, zajišťují souosost všech otvorů jednotlivých dílů a zároveň stahují součásti k sobě. [6]



Obr. 22: Zajištění plechů pomocí Cleco svorky [29]

Při nýtování klasických nýtů jsou v letectví používány pneumatické nýtovací kladiva a nýtovací opěrky. Práci provádí obvykle dva pracovníci. Jeden pracovník umístí nýtovací

kladivo na hlavu nýtu, zatím co druhý pracovník tlačí na druhou stranu nýtu pomocí nýtovací opěrky. Při stisknutí spouště nýtovací kladivo vytvoří krátké, rychlé úder do hlavy nýtu, což způsobí deformaci a vytvoření závěrné hlavy nýtu na straně nýtovací opěrky. [6, 30]



Obr. 23: Zhotovení nýtového spoje pomocí pneumatického nýtovacího kladiva a nýtovací opěrky [30]

V letectví se také hojně využívá tzv. slepé (jednostranné) nýtování pomocí trhacích nýtů. Pro zhotovení nýtového spoje postačuje přístup pouze z jedné strany. Po vložení nýtu do otvoru se pomocí kleští nebo pneumatické pistole vtáhne dřík nýtu, který deformací vytvoří závěrnou hlavu. Poté se dřík buď ustříhne nebo utrhne v záměrně zeslabeném místě. Používá se v případě nedostatečného přístupu ze zadní strany pro nýtování klasických nýtů. Využívá se také pro nýtování nekritických spojů letounu. V porovnání s klasickým nýtování je slepé nýtování mnohem jednodušší a efektivnější, avšak spoje mají menší pevnost. [6]



- montážní – ustavení a spojování jednotlivých dílů a podsestav například nýtováním, lepením, svařováním, šroubováním nebo lisováním.
- mezioperační kontrola – provádí se během montážních prací a kontroluje se provedení předchozích operací.
- kontrolní a zkušební práce – kontroluje se jak funkčnost výrobku, tak i kvalita spojů, jejich uložení a vůle, souosost, vzhled apod. [26, 27]

### 3.4.2 Druhy montáže

Dle provedení dělíme na montáže:

- a) celkové – výstupem je finální sestava.
- b) dílčí – výstupem je podskupina nebo skupina výrobku.

Dle místa montáže rozdělujeme na:

- a) interní – montáž finálního celku je provedena ve výrobním podniku.
- b) externí – montáž je provedena mimo výrobní podnik (např. montáž mostních konstrukcí, továrních hal).

Dle organizace pracoviště jsou montáže rozděleny na:

- a) montáž neproudová – postupná montáž celých, obvykle těžkých a rozměrných výrobků na jenom místě.

Neproudovou montáž dále dělíme na :

- montáž soustředěná – na výrobku pracuje jen jedna skupina pracovníků na jednom pracovišti.
- montáž rozčleněná – montují se zvlášť podskupiny a skupiny, které se poté postupně upevňují na základní část výrobku – zkrácení průběhu montáže.

- b) montáž proudová – základna či rám výrobku je umístěn na dopravník nebo vozík a během montáže je přemísťován k různým montážním stanovištím.

Proudovou montáž dále dělíme na:

- taktovaná montáž – pohyb výrobku je přerušován prodlevami na jednotlivých montážních stanovištích.

- plynulá montáž – montážní práce na výrobku se provádějí při plynulém pohybu dopravníku. [26, 27]

### **3.4.3 Montáž ultralehkého letounu**

Montáž ultralehkého letounu je obvykle neproudová – rozčleněná. V první fázi dochází k sestavení a spojování součástí do podskupin a skupin (např. trup, křídla, ocasní plochy) na různých pracovištích. Následně jsou všechny součásti, podskupiny a skupiny letounu na jednom stacionárním stanovišti sestaveny v konečný celek.

## 4 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI PRÁCE

V úvodní kapitole teoretické části byly představeny hlavní části letounů, jejich základní rozdělení a byla definována základní terminologie v letecké konstrukci. Dále se kapitola věnuje popisu letounu SportStar RTC, u kterého bude optimalizována výroba směrového kormidla. Druhá kapitola je věnována hliníkovým slitinám používaných v leteckém průmyslu, jejich vlastnostem a tepelnému zpracování. V poslední, třetí kapitole teoretické části jsou rozebrány možnosti výroby dílů a sestav ultralehkých letounů.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Cílem praktické části je analyzovat současnou výrobu směrového kormidla letounu SportStar RTC ve firmě Evektor-Aerotechnik a navrhnout její optimalizaci. Hlavním cílem je zavést moderní trend ve stavbě ultralehkých letounů, který spočívá ve vyvrtání otvorů pro nýty již v jednotlivých dílech letounu a díky tomu odstranit velké množství ruční práce na montáži sestav. Dalším cílem je provést optimalizaci zastaralých výrobních postupů a využít nové strojní vybavení firmy.

Firma očekává zefektivnění montáže alespoň o 50 % s podmínkou, že výrobní čas dílů směrového kormidla, ve kterých budou předem vyvrtány otvory pro nýty, naroste maximálně o 15 %.

V závěrečné části bude vyhodnocen přínos optimalizace v porovnání se současným stavem a budou kalkulovány její časové i finanční úspory.



## 6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍCH A MONTÁŽNÍCH POSTUPŮ SMĚROVÉHO KORMIDLA

Z důvodu upozadění výroby ultralehkých letounů za jinými projekty ve firmě postupně v tomto odvětví společnost začíná ztrácet na konkurenci. I přes pořízení nových, moderních CNC strojů jsou součásti stále vyráběny se zastaralými technologickými postupy a některé nebyly aktualizovány i více než 8 let.

Společnost nyní vyrábí přibližně 30 ultralehkých letounů ročně. Avšak díky novým obchodním možnostem na zahraničních trzích plánuje v roce 2023 navýšit výrobu až na 60 letounů ročně. V současné době je montáž letounů velmi přetížená a může nastat situace, kdy bude mít společnost problém své výrobky dodávat ve smluvních termínech. Z důvodu nedostatku kvalifikovaných pracovníků na trhu práce bude muset firma výrazně zefektivnit a zjednodušit montáž sestav tak, aby byla schopna plnit své závazky včas i po plánovaném navýšení výroby.

### 6.1 Sestava směrového kormidla

Směrové kormidlo letounu SportStar RTC je složeno ze 17 ks vyráběných dílů, 253 ks nýtů, 3 ks matic, podložky a značícího štítku.

Poz.	Číslo výkresu	Název	Materiál	Norma	ks
1.	S5540011D	DOLNI ZEBRO	2024 T42		1
2.	S5540012D	HORNI ZEBRO	2024 T42		1
3.	S5540013D	STREDNI ZEBRO	2024 T42		1
4.	S5540015D	POTAH ZADNI	2024 T3		1
5.	S5540017D	POTAH PREDNI	2024 T3		1
6.	S5540019D	PODELNIK	2024 T3		2
7.	S5540021D	PROFIL L	2024 T3		1
8.	S5540022D	PROFIL P	2024 T3		1
9.	S5540025D	SEDLO	2024 T42		1
10.	S5540027D	DOLNI CEP	4340 AQ		1
11.	S5540023D	PODLOZKA L	2024 T3		1
12.	S5540024D	PODLOZKA P	2024 T3		1
13.	S5540033D	ZESILENÍ	2024 T3		1
14.	S5540035D	HORNI CEP	4340 AQ		1
15.	S5540037D	FLETNER	2024 T3		1
16.	S5540201D	KONCOVY OBLOUK	laminát		1
50.		MATICE M6		OST 1 33260-89	2
51.		MATICE M6		DIN 980 V	1
52.		PODLOZKA 6,4		ISO 7089	1
100.		STITEK		LDN 3760.32	4

701.		NYT 3.2x7.9		1691-0410	240
703.		NYT 3.2x7.9		MS20426AD4-5	4
704.		NYT 3.2x9.5		MS20426AD4-6	4
706.		NYT 3.2x4		1031-3204	5

Tab. 11: Kusovník sestavy směrového kormidla letounu SportStar RTC

## 6.2 Strojní vybavení

Firma Evektor-Aerotechnik pro výrobu dílů ultralehkého letounu disponuje tímto strojním vybavením:

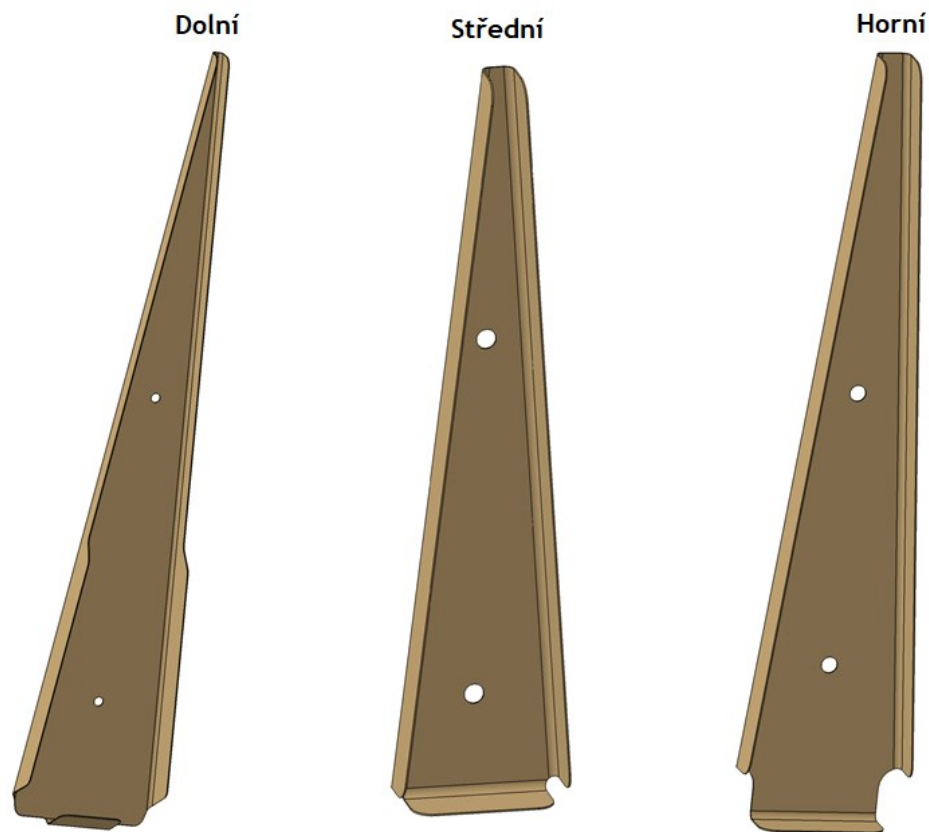
- Tabulové nůžky – maximální tloušťka plechu 6,3 mm a délka 2800 mm.
- CNC frézka CRENO pro rozvinuté tvary – lze stohovat více plechů na sebe až do šířky 12 mm.
- Ohýbačka XOM 3000 - maximální síla plechu 5 mm a délka 3000 mm
- Hydraulický lis HL 1000 – tváření dílů nepevným nástrojem pomocí pryže a lisovací formy. Maximální rozměr polotovaru 1000 x 500 mm.
- CNC ohraňovací lis TruBend 5170 – pro ohýbání plechů z hliníkových slitin v žíhaném i vytvrzeném stavu. Ohraňovací délka maximálně 3050 mm.

## 6.3 Dolní, horní a střední žebro

Žebra jsou vyráběna z plátovaného plechu hliníkové slitiny 2024 ve stavu T3. Rozvinuté tvary žeber jsou vyfrézovány na konečný rozměr na CNC frézce CRENO s vyvrtáním dvou technologických otvorů pro správné ustavení na lisu. Po odstranění otřepů jsou rekrytalizačně žíhány na stav O, následuje tváření na lisu HL 1000. Výlisky jsou poté tepelně zpracovány rozpouštěcím žíháním a ihned opět přelisovány na lisu HL 1000, dále minimálně 96 h přirozeně stárnutý na vzduchu na stav T42 do úplného vytvrzení.

Žebra mají poměrně jednoduchý tvar s přímými osami ohybu, ale jsou vyráběny složitě za pomoci tepelného zpracování a tváření nepevným nástrojem. Nabízí se tedy využití nového ohraňovacího lisu pro ohyb tvaru dílce přímo ve stavu T3.

Výrobní technologické postupy žeber jsou uvedeny v přílohách II, IV, VI.



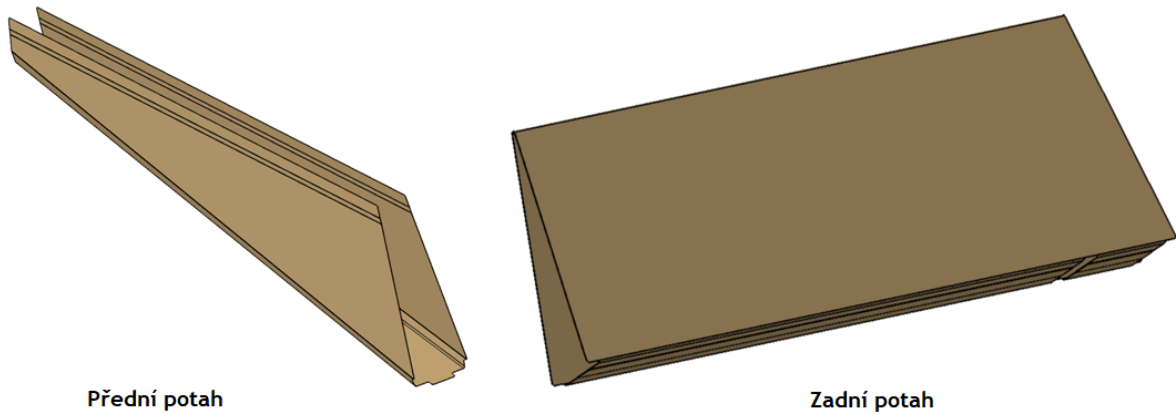
Obr. 26: Dolní, střední a horní žebro

#### 6.4 Přední a zadní potah

Hrubý polotovar potahů je stříhán na tabulových nůžkách. Klempíř pomocí rýsovací šablony přenese tvar rozvinutého tvaru na polotovar, který následně vystřihne pomocí ručních nůžek a odstraní otřepy. Potahy jsou poté ohnuty do tvaru na ohýbačce XOM 3000. Z důvodu nepřesné ruční výroby mají potahy na okrajích ponechány technologické přídatky, které jsou po správném ustavení potahů na montáži zastříženy do tvaru kormidla.

Výroba potahů je velmi pracná a nepřesná. K zefektivnění výroby je vhodné využít CNC frézku CRENO pro výrobu rozvinutých tvarů a CNC ohraňovací lis TruBend 5170 pro ohyb.

Výrobní technologické postupy potahů jsou uvedeny v přílohách VIII a X.



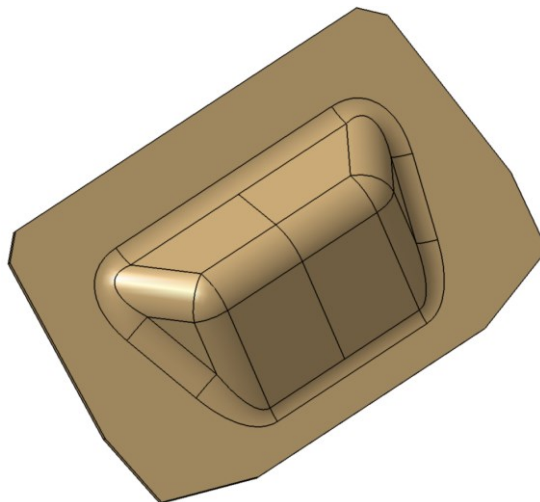
Obr. 27: Přední a zadní potah

## 6.5 Sedlo

Hrubé polotovary sedla z materiálu 2024 ve stavu T3 jsou vystřiženy na tabulových nůžkách. Po odstranění otřepů klempířem jsou rekrystalizačně žihány na stav O. Po tepelném zpracování následuje tváření na lisu HL 1000 pomocí nepevného nástroje. Poté jsou díly tepelně zpracovány rozpouštěcím žiháním a opět ihned přelisovány. Klempíř na sedlech rozměří ručně jejich tvar, který ostříhá a odstraní otřepy.

Z důvodu přemístění velkého objemu materiálu při tváření, je nutné zachovat lisování ve stavu O a přelisování po rozpouštěcím žihání. Pro rychlejší a přesnější zhotovení konečného tvaru dílce je vhodné vyrobit tvarovou a vrtací šablonu.

Výrobní technologický postup sedla je uveden v příloze XII.



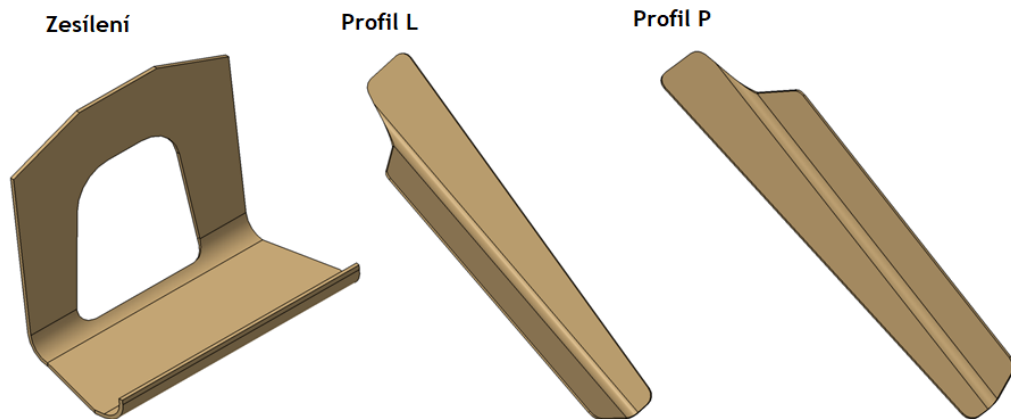
Obr. 28: Sedlo

## 6.6 Zesílení, profil L, profil P

Rozvinuté tvary jsou frézovány na CNC frézce CRENO na konečný rozměr. Po odstranění otřepů klempíř ohýbá díly do konečného tvaru na ohýbačce XOM 3000.

Pro rychlejší a přesnější ohýbání dílců by bylo vhodnější využít CNC ohraňovacího lisu TruBend 5170.

Výrobní technologické postupy zesílení a profilů jsou uvedeny v přílohách XIV, XVI a XVIII.



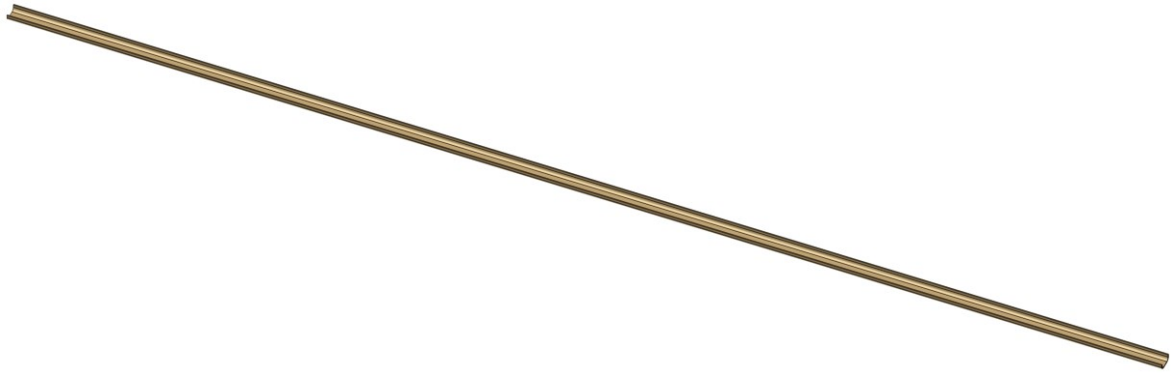
Obr. 29: Zesílení, profil L a profil P

## 6.7 Podélník

Rozvinutý tvar podélníku je stříhán na tabulových nůžkách a klempíř odstraní otřepy. Následuje ohnutí do tvaru pomocí výstředníkového lisu a ohýbacího přípravku, který funguje podobně jako ohraňovací lis.

Pro ohýbání podélníků bude vhodnější využít nový CNC ohraňovací lis.

Výrobní technologický postup podélníku je uveden v příloze XX.



Obr. 30: Podélník

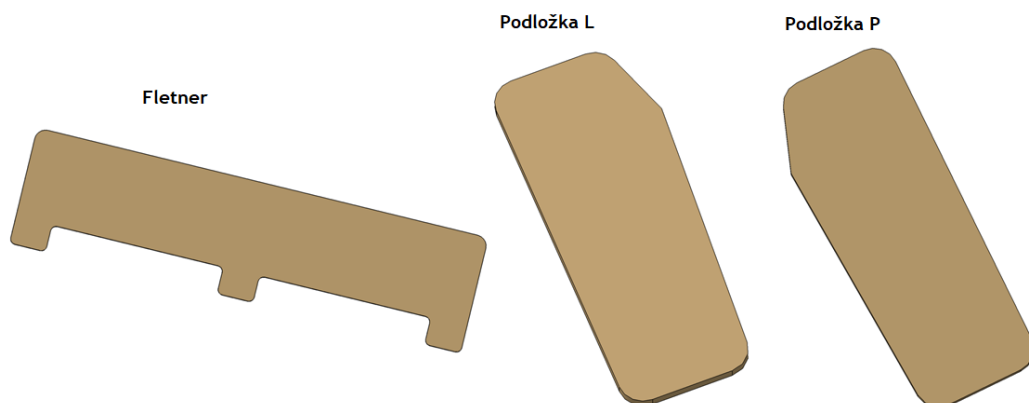
## 6.8 Fletner, podložka L, podložka P

Tvary dílů jsou frézovány na CNC frézce CRENO na konečný rozměr a následně odstraněny otřepy klempířem.

Výroba dílů je dostatečně efektivní, v rámci optimalizace bude vhodné doplnit otvory pro nýty.

Výrobní technologické postupy fletneru a podložek jsou uvedeny v přílohách XXII, XXIV a XXVI.

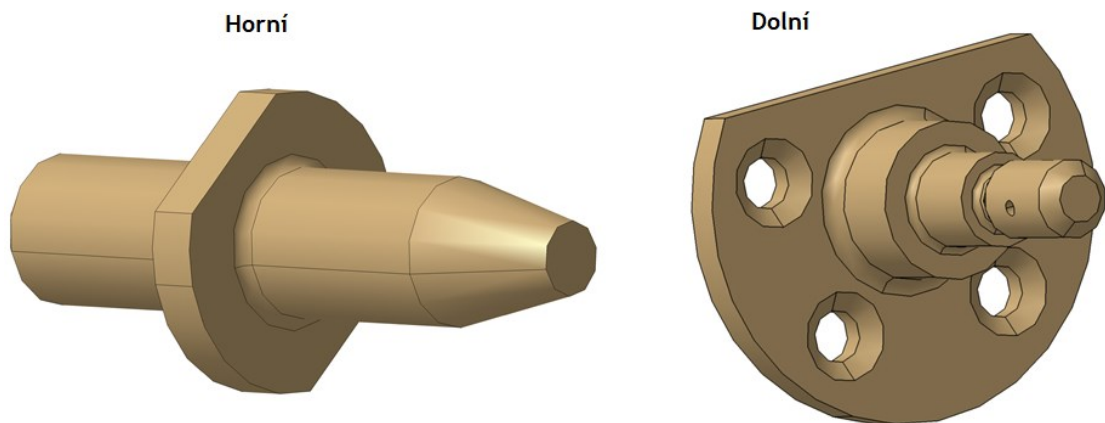
.



Obr. 31: Fletner, podložka L, podložka P

## 6.9 Horní a dolní čep

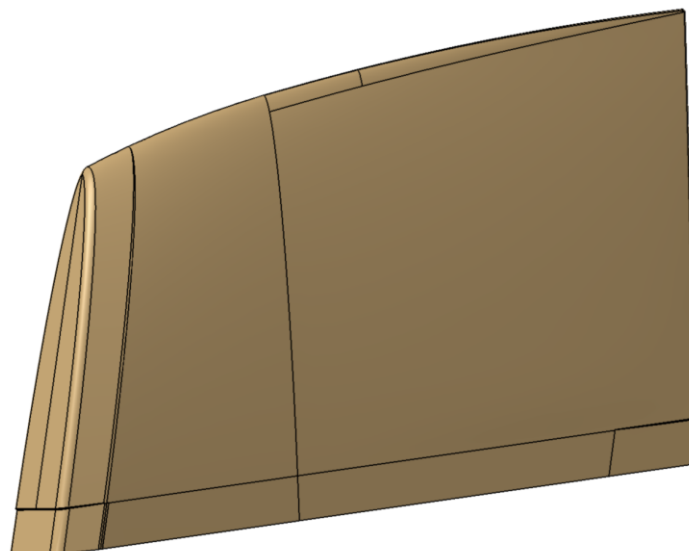
Čepy jsou vyráběny na CNC soustruhu s poháněnými nástroji. V horním čepu jsou vrtány otvory pro nýty, včetně zahloubení pro zapuštěné nýty. Výroba je tedy dostatečně efektivní a čepy nebudou zahrnuty do optimalizace výroby.



Obr. 32: Horní a dolní čep

## 6.10 Koncový oblouk

Laminátový koncový oblouk je vyráběn v kooperaci a nebude zahrnut do optimalizace výroby.



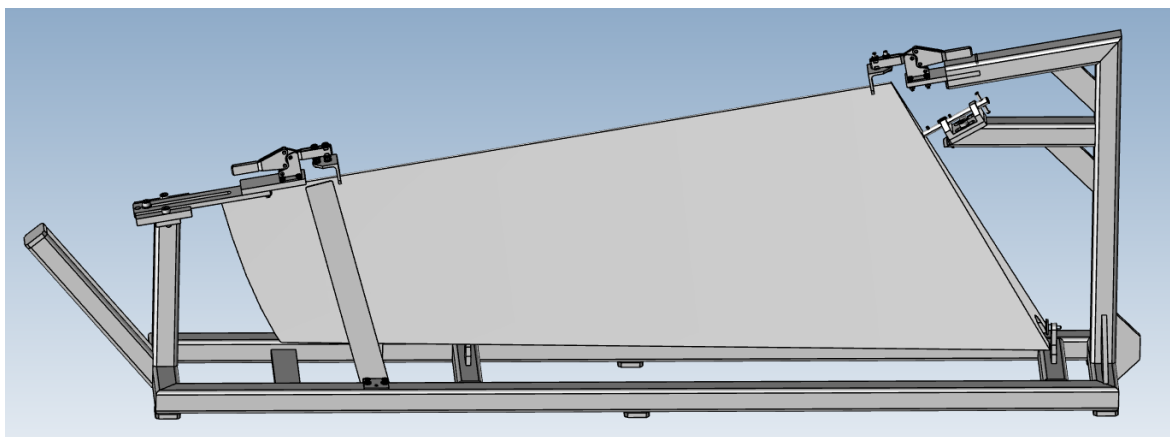
Obr. 33: Koncový oblouk

## 6.11 Montáž směrového kormidla

Pro montáž směrového kormidla je nutný sestavovací přípravek. V tomto přípravku jsou postupně ustaveny a zajištěny jednotlivé dílce kormidla. Na dílech jsou ručně rozměřovány a vrtány otvory pro nýty, přes které se pomocí leteckých agraf sestava dále zajišťuje. Po ustavení všech dílů a převrtání otvorů je celá sestava rozebrána a ze všech dílů odstraněny otřepy. Poté jsou opět jednotlivé díly ustaveny pomocí přípravku, zajištěny leteckými agrafami a postupně nýtovány.

Montáž je velmi časově náročná, především z důvodu velkého množství ruční práce (rozměrování, vrtání, odstraňování otřepů). Toto také vede k častým chybám pracovníků, které způsobují další vícepráce a prodloužení času montáže.

Další nevýhodou je potřebný sestavovací přípravek pro montáž směrového kormidla. Pokud by se firma rozhodla pro zrychlení montáže vyrábět paralelně více sestav směrového kormidla, bylo by nutné vyrobit další, velmi nákladné sestavovací přípravky.



Obr. 34: Směrové kormidlo ustavené v sestavovacím přípravku



## 7 NÁVRH OPTIMALIZACE VÝROBY A MONTÁŽE

Hlavním cílem optimalizace je odstranit velké množství ruční práce na montáži směrového kormidla, které výrazně navyšuje čas výroby. Jednotlivé součásti směrového kormidla budou vyráběny na konečný rozměr, včetně všech otvorů pro nýty, především za pomoci výkonných a přesných CNC strojů. Na montáži se poté díly letounu budou již pouze postupně ustavovat a nýtovat bez dalších zásahů do vyráběných dílů. Díky tomu bude čas montáže směrového kormidla výrazně zkrácen. Avšak ve výrobě dojde k navýšení času výroby součástí, především z důvodu odstraňování otřepů z velkého množství otvorů pro nýty, které firma zatím nemá možnost automatizovat.

Pro zvýšení efektivity odstraňování otřepů z otvorů pro nýty byly pořízeny zahlubovací hlavice Microstop. Po upnutí záhlubníku do hlavice lze nastavit přesně hloubku zahloubení pomocí krokově (0,025 mm) nastavitelného dorazu. Přiložením hlavice k plechu bude také zajištěna přesná kolmost nástroje vůči součásti a pomocí vedení záhlubníku souosost vůči otvoru. Díky tomu budou všechny otvory pro nýty sraženy přesně, rovnoměrně a mnohem rychleji než při klasickém odstraňování otřepů.

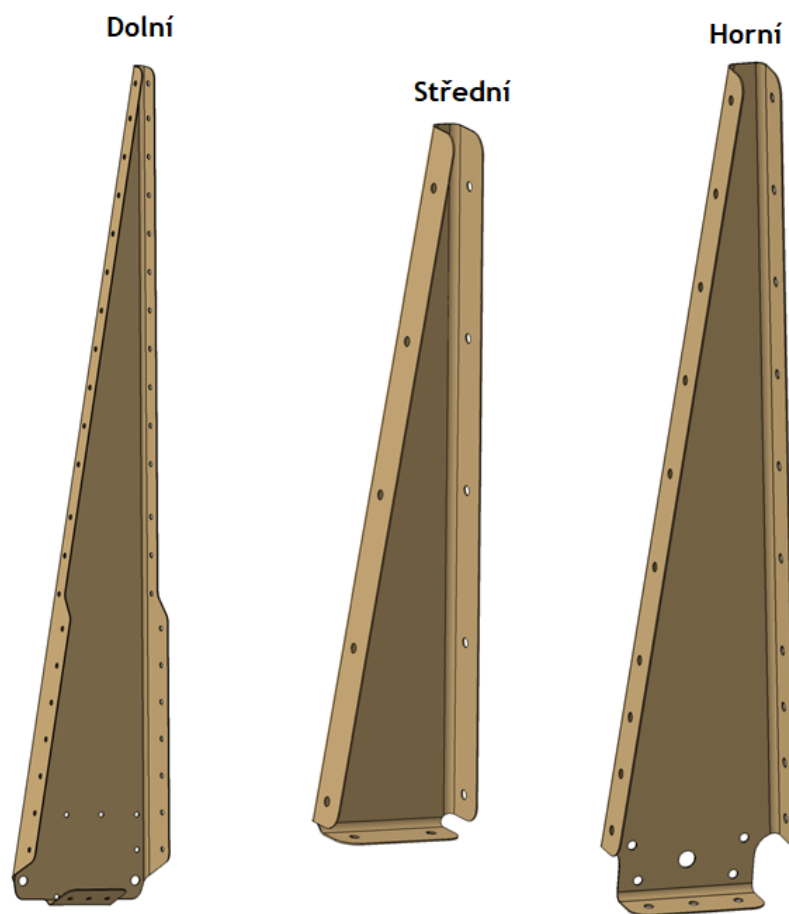


Obr. 35: Hlavice Microstop s výměnnými záhlubníky s vedením [31]

## 7.1 Dolní, horní a střední žebro

V rámci optimalizace je do dolního žebra přidáno 51 otvorů pro nýty a 2 otvory pro svorníky směrového řízení, do středního žebra 12 otvorů pro nýty, do horního žebra 27 otvorů pro nýty a jeden otvor pro horní závěs. U všech žebel jsou odstraněny oba otvory pro ustavení na lisu. Rozvinutý tvar je vyfrézován a vyvrtán na konečný rozměr pomocí CNC frézky CRENO. Po odstranění ořepů jsou žebra ohýbána do tvaru na CNC ohraňovacím lisu TruBend přímo ve stavu T3, čímž odpadlo veškeré tepelné zpracování a technologické prodlevy pro přirozené stárnutí na stav T42. Díky přesnosti ohybu ohraňovacího lisu je také předpoklad, že budou zaručeny správné polohy děr pro bezproblémové ustavení v sestavě směrového kormidla.

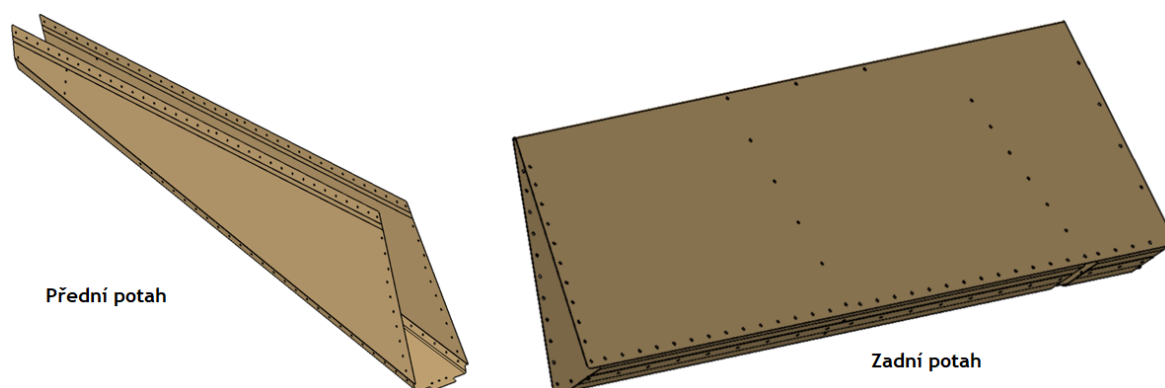
Optimalizované výrobní technologické postupy žebel jsou uvedeny v přílohách III, V, VII.



Obr. 36: Optimalizované dolní, střední a horní žebro

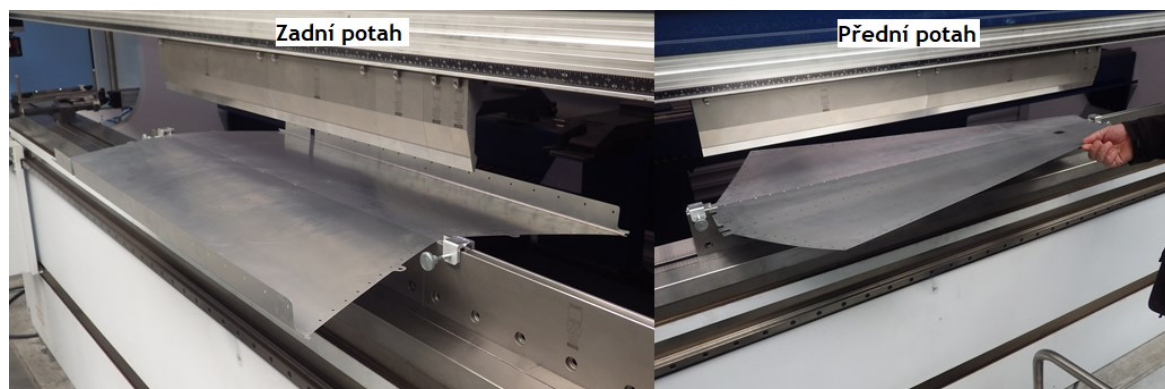
## 7.2 Přední a zadní potah

Do předního potahu je přidáno 148 otvorů a do zadního potahu 163 otvorů pro nýty. Rozvinutý tvar je frézován a vrtán na CNC frézce CRENO na konečný rozměr, původní technologické přídatky byly odstraněny. Po odstranění otřepů je proveden ohyb potahů na ohraňovacím lisu.



Obr. 37: Optimalizovaný přední a zadní potah

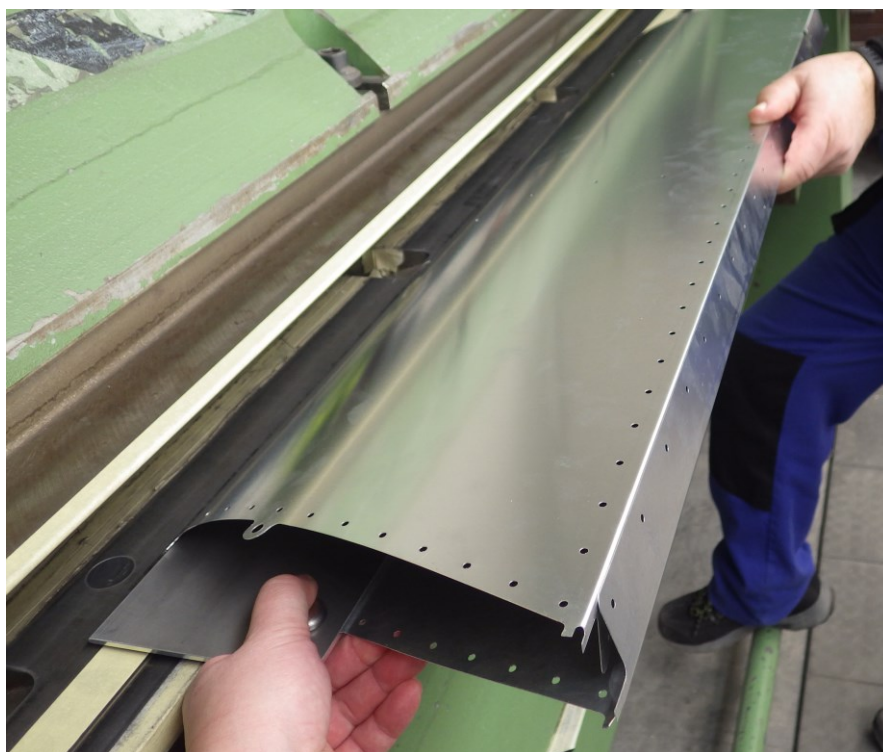
Potahy nemají rovnoběžné osy ohybu a jsou vyráběny z velmi pružného plechu o tloušťce 0,4 mm. Při první výrobě bylo z tohoto důvodu obtížné potahy přesně ustavit na dorazy ohraňovacího lisu. Proto byl vyroben speciální ustavovací doraz na lis a do rozvinutého tvaru potahů byly přidány technologické ustavovací přídatky, díky kterým jsou potahy ustaveny na ohraňovacím lisu přesně v ose ohybu.



Obr. 38: Ustavení zadního a předního potahu na ohraňovací lis pomocí ustavovacího dorazu

U uzavřeného předního potahu je ohyb na ohraňovacím lisu proveden na krajních lemech, ohyb ve střední části je proveden pouze částečně. Celý ohyb a uzavření potahu je následně

dokončeno na ohýbačce XOM 3000 za pomoci ohýbacího přípravku, který zajišťuje přesnou polohu osy ohybu.



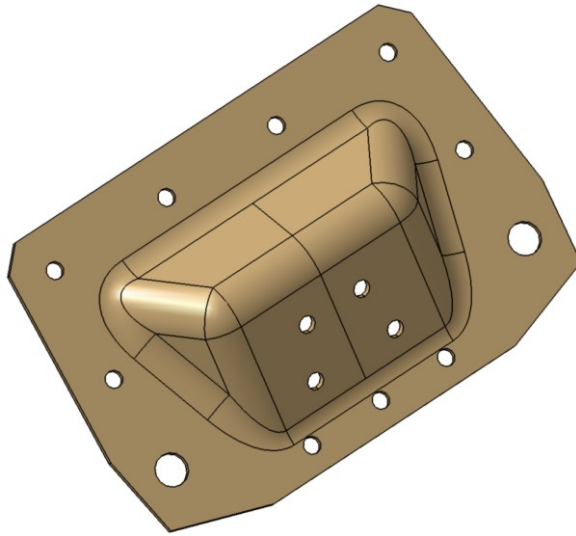
Obr. 39: Dokončení ohybu zadního potahu přes ohýbací přípravek

Po dokončení všech ohybů potahů jsou technologické ustavovací přídatky zastřiženy a začištěny.

Optimalizované výrobní technologické postupy potahů jsou uvedeny v přílohách IX a XI.

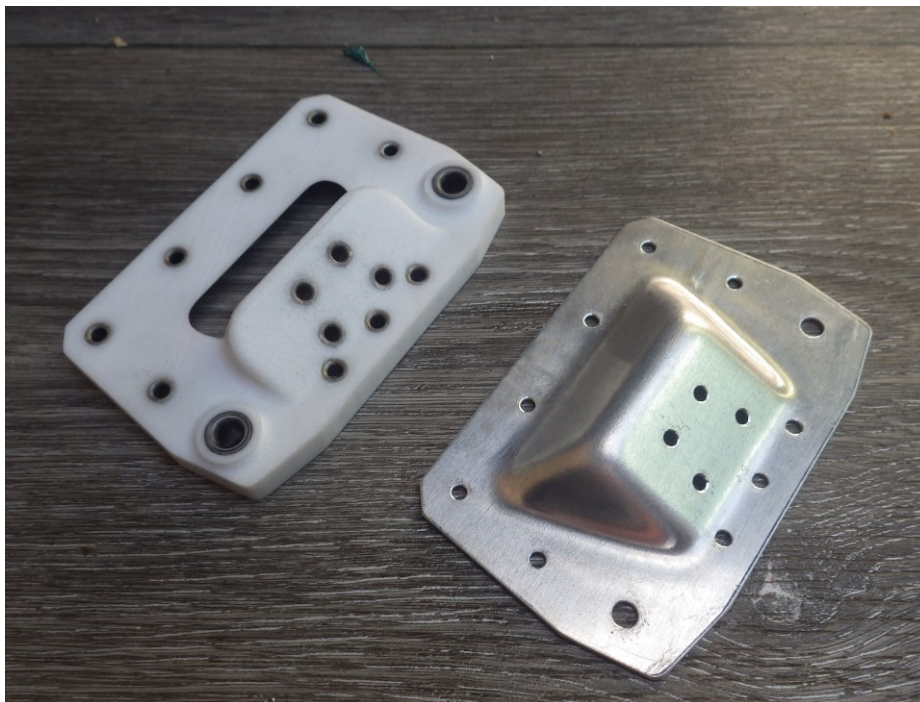
### 7.3 Sedlo

Do sedla je přidáno 13 otvorů pro nýty a 2 otvory pro svorníky směrového řízení. Pro optimalizovanou výrobu je místo vytvrzeného plechu ve stavu T3 použit žíhaný plech ve stavu O, čímž ve výrobě odpadá rekrytalizační žíhání. Hrubý polotovár je stříhán pomocí tabulových nůžek a lisován pomocí nepevného nástroje na lisu HL 1000. Po tepelném zpracování rozpouštěcím žíháním je sedlo opět přelísováno na lisu HL 1000 a poté přirozené stárnuo na stav T42.



Obr. 40: Optimalizované sedlo

Po úplném vytvrzení jsou v sedle převrtány otvory pro nýty a svorníky směrového řízení, orýsován a zastřižen konečný tvar. Pro ten to účel byla pomocí 3D tisku vyrobena šablona se zalisovanými vrtacími pouzdry.



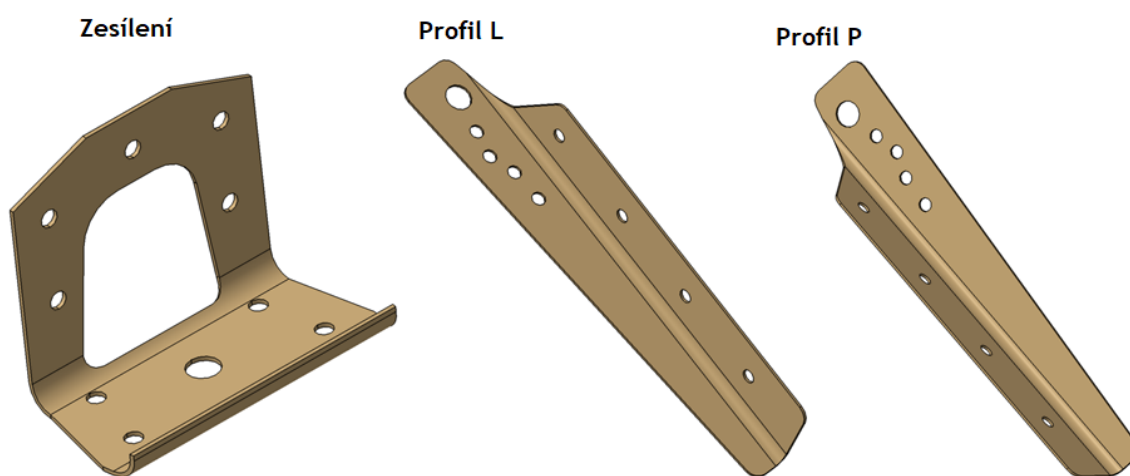
Obr. 41: Šablona (vlevo) a sedlo s převrtanými otvory

Optimalizovaný výrobní technologický postup sedla je uveden v příloze XIII.

## 7.4 Zesílení, profil L, profil P

Do rozvinutých tvarů dílců, obráběných na CNC frézce CRENO, jsou přidány otvory pro nýty. U zesílení je navíc přidán otvor pro horní čep a u profilů otvory pro svorníky směrového řízení. Ohyb do konečného tvaru je proveden na ohraňovacím lisu TruBend 5170.

Optimalizované výrobní technologické postupy zesílení a profilů jsou uvedeny v přílohách XV, XVII, XIX.

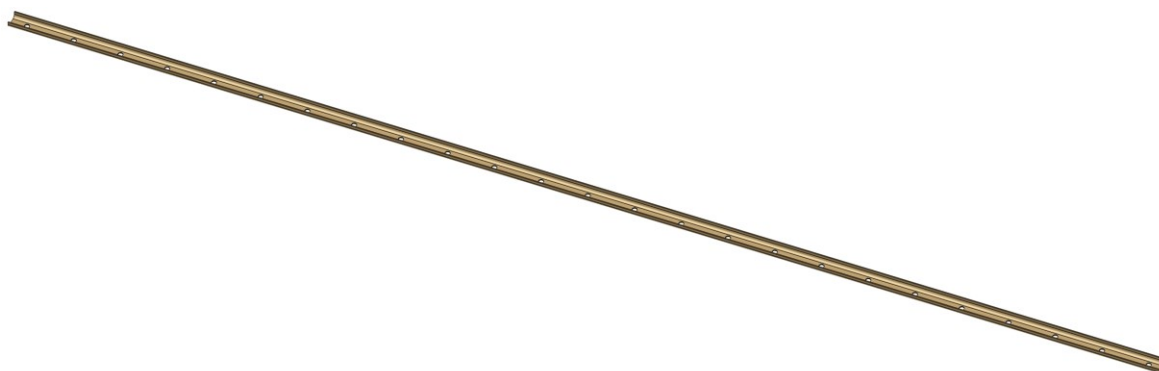


Obr. 42: Optimalizované zesílení, profil L, profil P

## 7.5 Podélník

Pro výrobu rozvinutého tvaru jsou tabulové nůžky nahrazeny CNC frézku CRENO, kde je navíc vrtáno 25 otvorů pro nýty. Ohyb je proveden na ohraňovacím lisu TruBend 5170, který nahrazuje lis výstředníkový.

Optimalizovaný výrobní technologický postup podélníku je uveden v příloze XXI.

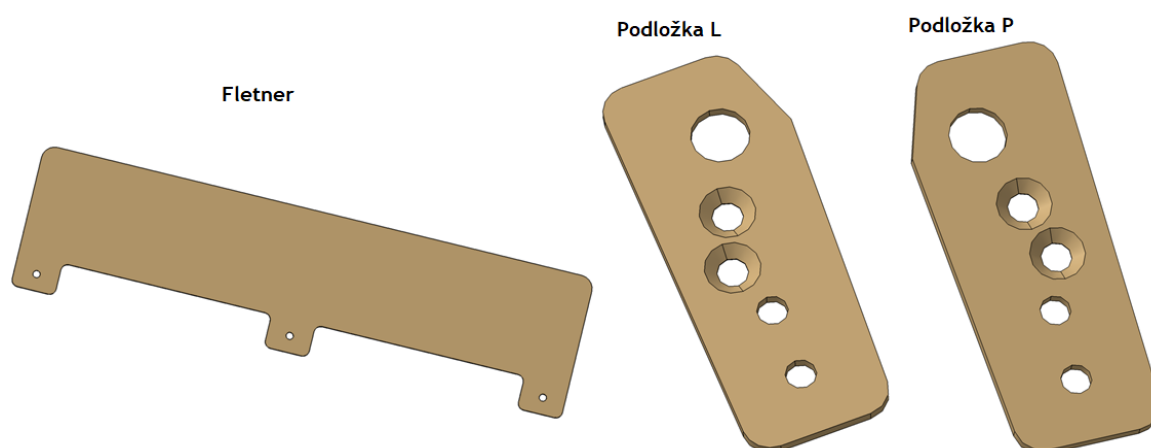


Obr. 43: Optimalizovaný podélník

## 7.6 Fletner, podložka L, podložka P

V rámci optimalizace jsou do dílů přidány otvory pro nýty, do podložek navíc otvory pro svorníky směrového řízení a také zahloubení otvorů pro zapuštěné nýty.

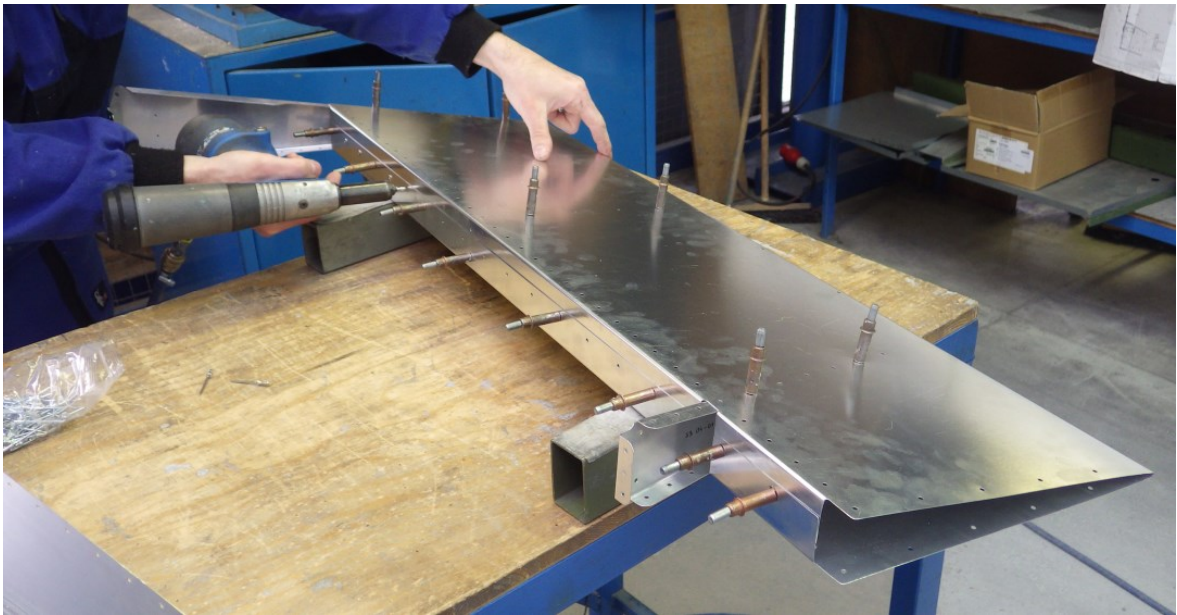
Optimalizované výrobní technologické postupy fletneru a podložek jsou uvedeny v přílohách XXIII, XXV, XXVII.



Obr. 44: Optimalizovaný fletner, podložka L, podložka P

## 7.7 Montáž směrového kormidla

Optimalizovaná montáž směrového kormidla probíhá na obyčejném stole, bez sestavovacího přípravku. Jednotlivé díly jsou ustavovány a zajištěny přes již zhotovené otvory pro nýty pomocí leteckých agraf. Je tak zabezpečeno jejich správné umístění. Po ustavení jsou díly ihned postupně nýtovány.



Obr. 45: Zajištění zadního potahu se žebry pomocí leteckých agraf a jejich nýtování



Obr. 46: Zajištění zadního potahu se žebry pomocí leteckých agraf a jejich nýtování



Na montáži tedy odpadá veškeré rozměrování, vrtání a odjehlování otvorů pro nýty, což montáž výrazně urychluje.

Pro pracovníky montáže byl vypracován montážní návod (příloha I), který pomocí obrázků a podrobných popisů jednotlivých kroků výrazně usnadňuje a urychluje práci na směrovém kormidle.

Při montáži kormidla bez sestavovacího přípravku je také možné vyrábět paralelně více sestav, aniž by bylo nutné vyrábět další, nákladné sestavovací přípravky. Další výhodou je možnost libovolně otáčet sestavu kormidla při montáži, díky čemuž pracovník získá lepší přístupnost při nýtování sestavy.

## 8 POROVNÁNÍ STAVU A VYHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ OPTIMALIZACE VÝROBY A MONTÁŽE DÍLŮ

K vyhodnocení přínosu optimalizace výroby jsou použity data z reálné výroby před a po této optimalizaci. Časy jednotkové  $T_a$  a časy dávkové (přípravné)  $T_b$ , jsou uvedeny v technologických postupech jednotlivých dílů v přílohách této práce. Pro výpočty je kalkulována výrobní dávka 30 kusů, která pokryje celoroční aktuální výrobu, případně polovinu při plánovaném navýšení výroby.

Výpočet proběhl následovně:

- Výpočet času výroby dávky jednoho dílu – jednotkový čas  $T_a$  byl vynásoben počtem kusů v dávce a následně připočten přípravný čas  $T_b$ . U montáže směrového kormidla je uveden čas pouze jednotkový. Příprava pro montáž (vychystání dílů, spojovacího materiálu apod.) probíhá pro každou sestavu zvlášť a je tak započítána přímo do výrobního času.
- Rozdíl v časech výroby dávky původního a optimalizovaného dílu – čas výroby původní dávky kusu byl odečten od času výroby optimalizované dávky kusu.
- Rozdíl v nákladech na výrobu původní a optimalizované dávky dílu – rozdíl v časech byl vynásoben hodinovou sazbou operace.

### 8.1 Dolní, horní a střední žebro

Jak ukazuje Tab. 12, u optimalizované výroby žeber došlo k navýšení času výroby rozvinutých tvarů a odstranění otřepů, z důvodu doplnění otvorů pro nýty. Naopak k výrazné úspoře došlo díky odstranění tepelného zpracování a provedením ohybu na ohraňovacím lisu. Celkově došlo ke zrychlení výroby o 9,68 h a snížení nákladů o 13723 Kč na dávku všech žeber.

Název operace	Původní výroba [h/dávka]	Výroba po optimalizaci [h/dávka]	Rozdíl v časech pro výrobu [h/dávka]	Rozdíl v nákladech na výrobu [Kč/dávka]
CNC frézka CRENO	1,79	1,97	0,18	261
Klempíř	5,21	7,4	2,19	1643
Ohraňovací lis TruBend	-	4,58	4,58	5038
Odmašťování	0,64	-	-0,64	-480
Tepelné zpracování	6	-	-6	-5700
Lis HL 1000	9,99	-	-9,99	-14485
<b>Celkem</b>	<b>23,63</b>	<b>13,95</b>	<b>-9,68</b>	<b>-13723</b>

Tab. 12: Vyhodnocení výroby dolního, středního a horního žebra

## 8.2 Přední a zadní potah

Při výrobě potahů došlo k výraznému navýšení výrobního času z důvodu odjehlování vysokého počtu otvorů, které byly do dílů přidány. Avšak díky efektivní strojní výrobě rozvinutých tvarů a jejich ohýbání byl celkový čas výroby navýšen pouze o 2,73 h a náklady se zvýšily o 5920 Kč na dávku.

Název operace	Původní výroba [h/dávka]	Výroba po optimalizaci [h/dávka]	Rozdíl v časech pro výrobu [h/dávka]	Rozdíl v nákladech na výrobu [Kč/dávka]
Tabulové nůžky	3,64	-	-3,64	-2148
CNC frézka CRENO	-	2,45	2,45	3553
Klempíř	17,34	16,76	-0,58	-435
Ohraňovací lis TruBend	-	4,5	4,5	4950
<b>Celkem</b>	<b>20,98</b>	<b>23,71</b>	<b>2,73</b>	<b>5920</b>

Tab. 13: Vyhodnocení výroby předního a zadního potahu

## 8.3 Sedlo

Použitím plechu ve stavu O odpadá rekrytalizační žihání. Rozdíl v ceně plechu ve stavu O a T3 je zanedbatelný. Výroba byla zrychlena o 0,64 h a náklady sníženy o 780 Kč na dávku.

Název operace	Původní výroba [h/dávka]	Výroba po optimalizaci [h/dávka]	Rozdíl v časech pro výrobu [h/dávka]	Rozdíl v nákladech na výrobu [Kč/dávka]
Tabulové nůžky	0,52	0,52	0	0
Klempíř	1,93	2,94	1,01	757
Odmašťování	0,31	0,16	-0,15	-112
Tepelné zpracování	2	0,5	-1,5	-1425
Lis HL 1000	3,1	3,1	0	0
<b>Celkem</b>	<b>7,86</b>	<b>7,22</b>	<b>-0,64</b>	<b>-780</b>

Tab. 14: Vyhodnocení výroby sedla

## 8.4 Zesílení, profil L, profil P

Díky efektivnímu ohýbání na ohraňovacím lisu TruBend bylo dosaženo zrychlení výroby o 3,05 h a snížení nákladů na výrobu o 1665 Kč na výrobní dávku.

Název operace	Původní výroba [h/dávka]	Výroba po optimalizaci [h/dávka]	Rozdíl v časech pro výrobu [h/dávka]	Rozdíl v nákladech na výrobu [Kč/dávka]
CNC frézka CRENO	1,6	1,72	0,12	174
Klempíř	7,3	2,59	-4,71	-3533
Ohraňovací lis TruBend	-	1,54	1,54	1694
<b>Celkem</b>	<b>8,9</b>	<b>5,85</b>	<b>-3,05</b>	<b>-1665</b>

Tab. 15: Vyhodnocení výroby zesílení, profilu L a profilu P

## 8.5 Podélník

Po doplnění otvorů pro nýty byla výroba podélníku byla prodloužena o 0,52 h a náklady zvýšeny o 1018 Kč na dávku.

Název operace	Původní výroba [h/dávka]	Výroba po optimalizaci [h/dávka]	Rozdíl v časech pro výrobu [h/dávka]	Rozdíl v nákladech na výrobu [Kč/dávka]
Tabulové nůžky	0,62	-	-0,62	-366
Klempíř	0,97	1,85	0,88	660
Výstředníkový lis	1,4	-	-1,4	-1330
CNC frézka CRENO	-	0,65	0,65	943
Ohraňovací lis TruBend	-	1,01	1,01	1111
<b>Celkem</b>	<b>2,99</b>	<b>3,51</b>	<b>0,52</b>	<b>1018</b>

Tab. 16: Vyhodnocení výroby podélníku

## 8.6 Fletner, podložka L, podložka P

Přidáním otvorů pro nýty byl prodloužen čas výroby o 0,74 h a náklady na výrobu byly navýšeny o 663 Kč na dávku.

Název operace	Původní výroba [h/dávka]	Výroba po optimalizaci [h/dávka]	Rozdíl v časech pro výrobu [h/dávka]	Rozdíl v nákladech na výrobu [Kč/dávka]
CNC frézka CRENO	1,65	1,76	0,11	160
Klempíř	1,38	2,01	0,63	473
<b>Celkem</b>	<b>3,03</b>	<b>3,77</b>	<b>0,74</b>	<b>633</b>

Tab. 17: Vyhodnocení výroby fletneru a podložek

## 8.7 Montáž směrového kormidla

Po optimalizaci výroby dílů směrového kormidla odpadá na montáži veškeré rozměrování, vrtání a odjehlování otvorů pro nýty. Díly jsou na montáži pouze postupně sestaveny a nýtovány. Při montáži kormidla tak bylo dosaženo výrazného zrychlení o 12,15 h a náklady na montáž byly sníženy o 9112 Kč na jedno směrové kormidlo.

Název operace	Původní čas montáže [h/ks]	Čas montáže po optimalizaci [h/ks]	Rozdíl v časech na montáž [h/ks]	Rozdíl v nákladech na montáž [Kč/ks]
Sestavář - nýtař	14,5	2,35	-12,15	-9112
<b>Celkem</b>	<b>14,5</b>	<b>2,35</b>	<b>-12,15</b>	<b>-9112</b>

Tab. 18: Vyhodnocení montáže směrového kormidla

## 8.8 Celkové vyhodnocení

Výroba všech optimalizovaných dílů při dávce 30 kusů byla zrychlena celkem o 9,38 h. Čas výroby byl tedy snížen o 13,9 % a náklady na výrobu klesly o 8597 Kč.

Název vyráběných součástí	Původní výroba [h/dávka]	Výroba po optimalizaci [h/dávka]	Rozdíl v časech pro výrobu [h/dávka]	Rozdíl v nákladech na výrobu [Kč/dávka]
Žebro horní, střední, dolní	23,63	13,95	-9,68	-13723
Zadní a přední potah	20,98	23,71	2,73	5920
Sedlo	7,86	7,22	-0,64	-780
Zesílení, profil L a P	8,9	5,85	-3,05	-1665
Podélník	2,99	3,51	0,52	1018
Fletner, podložka L a P	3,03	3,77	0,74	633
<b>Celkem</b>	<b>67,39</b>	<b>58,01</b>	<b>-9,38</b>	<b>-8597</b>

Tab. 19: Celkové vyhodnocení výroby součástí směrového kormidla

Při roční výrobě 30 směrových kormidel je čas montáže po optimalizaci snížen o 364,5 h, tedy o 84,8 %. Finanční úspora činí 273 360 Kč. Při plánovaném navýšení výroby na 60 kusů ročně bude čas montáže směrového kormidla díky optimalizaci snížen o 729 h a náklady klesnou až o 546 720 Kč.

Počet vyráběných směrových kormidel	Původní čas montáže [h]	Čas montáže po optimalizaci [h]	Rozdíl v časech na montáž [h]	Rozdíl v nákladech na montáž [Kč]
1	14,5	2,35	-12,15	-9112
30	435	70,5	-364,5	-273360
60	870	141	-729	-546720

Tab. 20: Celkové vyhodnocení montáže směrového kormidla

## ZÁVĚR

Bakalářská práce se věnovala analýze současného stavu výroby směrového kormidla letounu SportStar RTC ve firmě Evektor-Aerotechnik a následně návrhu optimalizace výroby za účelem zavedení moderních trendů a využití nového strojního vybavení firmy.

V teoretické části se práce věnovala popisu hlavních konstrukčních částí letounu a základnímu rozdělení letounů, byl definován pojem ultralehký letoun a stručně popsán model letounu SportStar RTC, kterého se týká optimalizace výroby směrového kormidla.

Následně jsou v teoretické části definované hliníkové slitiny používané v letectví s jejich tepelným zpracováním, technologie výroby dílů a montáž sestav draku ultralehkého letounu.

V praktické části práce, v kapitole věnované analýze, byly podrobně popsány jednotlivé části směrového kormidla a jejich výroba spolu s montážní postupy, taktéž strojní vybavení použito na jejich výrobu. Původní výrobní postupy jsou uvedeny v přílohách práce.

Následující kapitola se věnovala návrhu optimalizace výroby a montáže. Hlavní cíl optimalizace byl zavést moderní trend ve stavbě ultralehkých letounů, který spočívá ve vyvrtání otvorů pro nýty již v jednotlivých dílech sestavy a odstranit tak vysokou pracnost na montáži. Požadavek firmy byl, aby tento způsob výroby nenavýšil výrobní čas dílů o více než 15 %. Avšak díky optimalizaci zastaralých výrobních postupů a využití nového strojního vybavení firmy, čas výroby dílů směrového kormidla při dávce 30 kusů klesl o 13,9 % (9,38 h) a náklady na výrobu klesly o 8597 Kč. Optimalizované výrobní postupy jsou uvedeny v přílohách práce.

V rámci montáže bylo hlavním cílem odstranit velké množství ruční práce a snížit montážní čas alespoň o 50 %. Díky optimalizaci jsou na montáži díly směrového kormidla na sebe pouze ustaveny a ihned nýtovány bez jakýchkoliv dalších zásahů. Také bylo možné odstranit sestavovací přípravek, což snížilo nákladovost výroby, a tím že odpadla potřeba přípravku, je možné vyrábět paralelně více sestav. Vzhledem na celkové vyhodnocení montáže při roční výrobě 30 směrových kormidel se čas montáže snížil o 84,8 % (364,5 h) a náklady na výrobu klesly o 273 360 Kč. Při plánovaném navýšení výroby na 60 kusů ročně může být čas montáže snížen o 729 h se snížením nákladů až o 546 720 Kč.

Vzhledem na dosažené výsledky je možné konstatovat, že stanovené cíle pro optimalizaci byly splněny.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- 1 OLŠANSKÝ, Oldřich a Jiří MATĚJČEK. *Konstrukce a výpočet ultralehkých letounů*. Letecká amatérská asociace ČR, 1999.
- 2 *Učebnice pilota 2016: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. Cheb: Svět křídel, 2016. ISBN 978-80-87567-89-0.
- 3 *Aircraft Structure* [online]. [cit. 2021-12-09]. Dostupné z: <https://www.pinterest.at/pin/632474341395192557/>
- 4 MICHNA, Štefan. *Encyklopedie hliníku*. Prešov: Adin, 2005. ISBN 80-890-4188-4.
- 5 *AEN 2003: Kovové materiály*. Verze A. Kunovice: Evektor, 2016.
- 6 GUDMUNDSSON, Snorri. *General aviation aircraft design: applied methods and procedures*. Oxford: Elsevier, 2014. ISBN 978-012-3973-085.
- 7 KRAUS, Václav. *Tepelné zpracování a slinování*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2013. ISBN 978-80-261-0260-1.
- 8 VOJTĚCH, Dalibor. *Kovové materiály*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-708-0600-1.
- 9 BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2014. ISBN 978-80-7454-471-2.
- 10 VOLEK, František. *Základy konstruování a části strojů I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. ISBN 978-80-7318-654-8.
- 11 ŽIVČÁK, Tomáš. *Stavba a provoz strojů I: Spoje a spojovací součásti* [online]. [cit. 2021-9-23]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/208/02.html>
- 12 *Why Are Airplanes Manufactured With Riveted Joints Instead of Welded?* [online]. Melbourne: Monroe Aerospace, 4.12.2018 [cit. 2021-9-29]. Dostupné z: <https://monroeaerospace.com/blog/why-are-airplanes-manufactured-with-riveted-joints-instead-of-welded/>
- 13 SLAVĚTÍNSKÝ, Dušan. *O letadlech: Stavba letadel* [online]. 25.4.2010 [cit. 2021-10-23]. Dostupné z: <http://www.slavetind.cz/Stavbaletadel.aspx>



- 14 DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-802-1447-479.
- 15 ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYA. *Sheet Metal Forming Fundamentals*. ASM International, 2012. ISBN 978-1-61503-842-8.
- 16 LENFELD, Petr. *Tváření kovů* [online]. Technická univerzita Liberec: Fakulta strojní [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/obsah\\_kovy.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/obsah_kovy.htm)
- 17 BOLJANOVIC, Vukota. *Sheet Metal Forming Processes and Die Design (2nd Edition)*. 2014. Industrial Press. ISBN 978-0-8311-3492-1.
- 18 *Průručka pro údržbu pro SportStar RTC*. Kunovice: Evektor, 2017.
- 19 *Letecká amatérská asociace ČR: Ultralehké letouny* [online]. Praha [cit. 2021-12-08]. Dostupné z: <http://www.laacr.cz/Stranky/Odbornosti/ultralehke-letouny/default.aspx>
- 20 *Evektor* [online]. Kunovice: Evektor [cit. 2021-8-9]. Dostupné z: <https://www.evektor.cz>
- 21 *Technický popis, návod k obsluze, údržbě a opravám SportStar MAX*. Kunovice: Evektor, 2011.
- 22 *How waterjet works* [online]. Flow: shape technologies group, 2021 [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: <https://www.flowwaterjet.com/Learn/How-Waterjet-Works>
- 23 *Dělení materiálu* [online]. Chomutov: CHPS, 2021 [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: <https://chps.cz/deleni-materialu/>
- 24 KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
- 25 *Routing of Aluminum Sheets* [online]. CRENO, 2019 [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://www.creno-industry.com/aluminum/>
- 26 BÍLEK, Ondřej. *Strojírenská technologie I: Montáž*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2021.
- 27 PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN ISBN978-80-248-2773-5.

- 28 SHAW, Milton Clayton. *Metal cutting principles*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2005. Oxford series on advanced manufacturing. ISBN 0-19-514206-3.
- 29 *Agrafy (Cleco svorky) pro nýtování* [online]. Ostrava - Třebovice: RONAX DEVICES, 2021 [cit. 2021-12-25]. Dostupné z: <https://www.ronax.cz/agrafy-cleco-svorky/>
- 30 *Aerospace industrial solutions* [online]. Atlas Copco, 2016 [cit. 2021-12-25]. Dostupné z: <https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/industrial-technique/general/documents/catalogs/1860%2001%20Aerospace%20industrial%20solutions.pdf>
- 31 *Air Capital Microstop and Countersink Kit* [online]. Minnesota: Northern Tool [cit. 2022-01-02]. Dostupné z: [https://www.northerntool.com/shop/tools/product\\_200451725\\_200451725](https://www.northerntool.com/shop/tools/product_200451725_200451725)
- 32 SADÍLEK, Marek. *Nekonvenční metody obrábění II: obrábění laserem, plazmou, ultrazvukem, elektronovým, iontovým a vodním paprskem*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2016. ISBN 978-80-248-3944-8.
- 33 CROUCH, Tom D., Roger E. BILSTEIN a Walter James BOYNE. *History of flight. Encyclopedia Britannica* [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/history-of-flight>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A	Tažnost [%]
HB	Pevnost podle Brinella
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti v tahu [MPa]
R <sub>p0,2</sub>	Smluvní mez kluzu z trvalé deformace při zatížení (0,2 % deformace) [MPa]
VPD	Vzletová a přistávací dráha
VOP	Vodorovné ocasní plochy
SOP	Svislé ocasní plochy

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Hlavní části letounu [3] .....	13
Obr. 2: Řez křídlem letounu VUT100 Cobra .....	16
Obr. 3: Jednoplošník a dvouplošník [6].....	16
Obr. 4: Rozdělení letounů dle polohy křídla vůči trupu [6].....	17
Obr. 5: Letouny se samonosným a s vyztuženým křídlem [6] .....	18
Obr. 6: Maximální ohybový moment samonosného křídla ( $M_{smax}$ ) a vyztuženého ( $M_{vmax}$ ), při stejném zatížení letounu [13] .....	19
Obr. 7: Konstrukční řešení sestavy letounu [13] .....	20
Obr. 8: Letoun s pevným a zatahovacím podvozkem [6].....	21
Obr. 9: Letoun SportStar RTC [18] .....	23
Obr. 10: Model směrového kormidla letounu SportStar RTC.....	25
Obr. 11: Postup precipitačního vytvrzení slitiny Al-Cu [8].....	30
Obr. 12: Kinetika rozpadu přesyceného tuhého roztoku slitiny EN AW 2024 [4].....	32
Obr. 13: Tryska pro řezání vodním paprskem s příměsí abraziva [22] .....	33
Obr. 14: CNC frézka rozvinutých tvarů CRENO [25] .....	35
Obr. 15: Příklady ohýbání na ohraňovacích lisech [16] .....	37
Obr. 16: Proces tváření pomocí nepevného nástroje [17].....	38
Obr. 17: Normalizované tvary nýtů [10] .....	39
Obr. 18: Přímé nýtování [11].....	39
Obr. 19: Nepřímé nýtování [11] .....	39
Obr. 20: Dva nepoužívanější typy nýtů v letectví [6].....	40
Obr. 21: Standardní postup zhotovení nýtového spoje [6] .....	41
Obr. 22: Zajištění plechů pomocí Cleco svorky [29].....	41
Obr. 23: Zhotovení nýtového spoje pomocí pneumatického nýtovacího kladiva a nýtovací opěrky [30].....	42
Obr. 24: Zhotovení nýtového spoje pomocí jednostranného nýtování [6] .....	43
Obr. 25: Etapy montáže [26].....	43
Obr. 26: Dolní, střední a horní žebro .....	51
Obr. 27: Přední a zadní potah .....	52
Obr. 28: Sedlo .....	52
Obr. 29: Zesílení, profil L a profil P .....	53
Obr. 30: Podélník.....	54
Obr. 31: Fletner, podložka L, podložka P .....	54
Obr. 32: Horní a dolní čep .....	55

Obr. 33: Koncový oblouk .....	55
Obr. 34: Směrové kormidlo ustavené v sestavovacím přípravku .....	56
Obr. 35: Hlavice Microstop s výměnnými záhlubníky s vedením [31].....	57
Obr. 36: Optimalizované dolní, střední a horní žebro .....	58
Obr. 37: Optimalizovaný přední a zadní potah.....	59
Obr. 38: Ustavení zadního a přední potahu na ohraňovací lis pomocí ustavovacího dorazu .....	59
Obr. 39: Dokončení ohybu zadního potahu přes ohýbací přípravek .....	60
Obr. 40: Optimalizované sedlo .....	61
Obr. 41: Šablona (vlevo) a sedlo s převrtnými otvory .....	61
Obr. 42: Optimalizované zesílení, profil L, profil P.....	62
Obr. 43: Optimalizovaný podélník .....	63
Obr. 44: Optimalizovaný fletner, podložka L, podložka P .....	63
Obr. 45: Zajištění zadního potahu se žebry pomocí leteckých agraf a jejich nýtování .....	64
Obr. 46: Zajištění zadního potahu se žebry pomocí leteckých agraf a jejich nýtování .....	64

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1: Rozměry a hmotnosti letounu SportStar RTC [20] .....	24
Tab. 2: Výkony letounu SportStar RTC [20].....	24
Tab. 3: Pohonná jednotka letounu SportStar RTC [18, 20].....	24
Tab. 4: Obsah příměsí hliníkové slitiny 2024 [5] .....	26
Tab. 5: Mechanické vlastnosti plechů z hliníkové slitiny 2024 [5] .....	27
Tab. 6: Obsah příměsí hliníkové slitiny 6061 [5] .....	27
Tab. 7: Mechanické vlastnosti plechů z hliníkové slitiny 6061 [5] .....	27
Tab. 8: Obsah příměsí hliníkové slitiny 7075 [5] .....	28
Tab. 9: Mechanické vlastnosti plechů z hliníkové slitiny 7075 [5] .....	28
Tab. 10: Vybrané značení stavů vytvrditelných hliníkových slitin [4, 5, 6].....	29
Tab. 11: Kusovník sestavy směrového kormidla letounu SportStar RTC .....	50
Tab. 12: Vyhodnocení výroby dolního, středního a horního žebra .....	66
Tab. 13: Vyhodnocení výroby předního a zadního potahu.....	67
Tab. 14: Vyhodnocení výroby sedla .....	67
Tab. 15: Vyhodnocení výroby zesílení, profilu L a profilu P .....	68
Tab. 16: Vyhodnocení výroby podélníku .....	68
Tab. 17: Vyhodnocení výroby fletneru a podložek .....	68
Tab. 18: Vyhodnocení montáže směrového kormidla .....	69
Tab. 19: Celkové vyhodnocení výroby součástí směrového kormidla.....	69
Tab. 20: Celkové vyhodnocení montáže směrového kormidla.....	70

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Montážní návod

PŘÍLOHA P II: Původní technologický postup dolního žebra

PŘÍLOHA P III: Optimalizovaný technologický postup dolního žebra

PŘÍLOHA P IV: Původní postup technologický středního žebra

PŘÍLOHA P V: Optimalizovaný technologický postup středního žebra

PŘÍLOHA P VI: Původní technologický postup horního žebra

PŘÍLOHA P VII: Optimalizovaný technologický postup horního žebra

PŘÍLOHA P VIII: Původní technologický postup předního potahu

PŘÍLOHA P IX: Optimalizovaný technologický postup předního potahu

PŘÍLOHA P X: Původní technologický postup zadního potahu

PŘÍLOHA P XI: Optimalizovaný technologický postup zadního potahu

PŘÍLOHA P XII: Původní technologický postup sedla

PŘÍLOHA P XIII: Optimalizovaný technologický postup sedla

PŘÍLOHA P XIV: Původní technologický postup zesílení

PŘÍLOHA P XV: Optimalizovaný technologický postup zesílení

PŘÍLOHA P XVI: Původní technologický postup profilu L

PŘÍLOHA P XVII: Optimalizovaný technologický postup profilu L

PŘÍLOHA P XVIII: Původní technologický postup profilu P

PŘÍLOHA P XIX: Optimalizovaný technologický postup profilu P

PŘÍLOHA P XX: Původní technologický postup podélníku

PŘÍLOHA P XXI: Optimalizovaný technologický postup podélníku

PŘÍLOHA P XXII: Původní technologický postup fletneru

PŘÍLOHA P XXIII: Optimalizovaný technologický postup fletneru

PŘÍLOHA P XXIV: Původní technologický postup podložky L


PŘÍLOHA P XXV: Optimalizovaný technologický postup podložky L

PŘÍLOHA P XXVI: Původní technologický postup podložky P

PŘÍLOHA P XXVII: Optimalizovaný technologický postup podložky P



# PŘÍLOHA P I: MONTÁŽNÍ NÁVOD

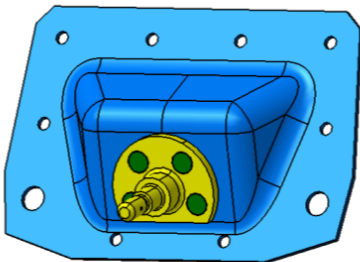
	<b>Montážní návod</b>				
	Č. mon. návodu:	MN_S5540001S_01	Č. výkresu:	S5540001S	Název sestavy:

**Obecné pokyny:**

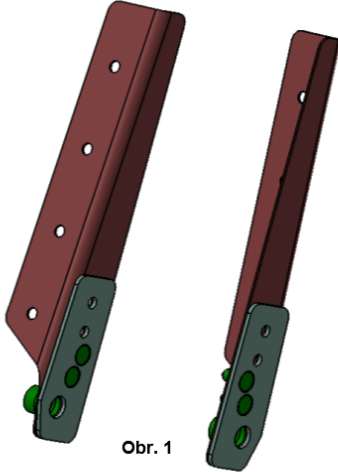
Dle AEN 5566 všechny styčné plochy nýtových spojů trnovými nýty odmastit a lepit tmelem EMFIMASTICS PU-50. Začistit přetoky tmelů.

**Montáž směrového kormidla:**

- Ustavit na sebe, zajistit pomocí agraf a nýtovat 2x profil L/P **poz. 7 a 8**, 2x podložku L/P **poz. 11 a 12**, nanytovací matice M6 **poz. 50**. Matice nýtovat pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 703** a podložky s profily pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 701 (Obr. 1)**.
- Na sedlo **poz. 9** ustavit a zajistit agrafami dolní čep **poz. 10** a nýtovat nýty **3,2 x 9,5 poz. 704 (Obr. 2)**.



**Obr. 2**

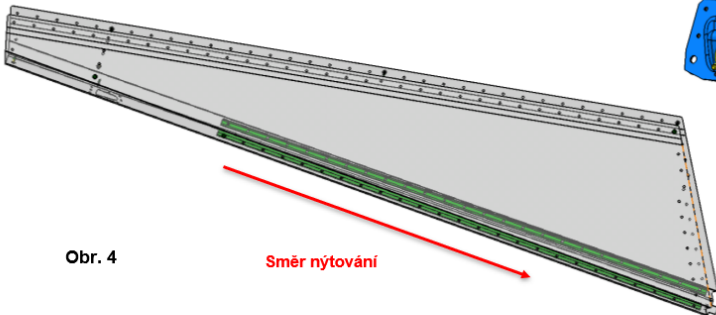


**Obr. 1**

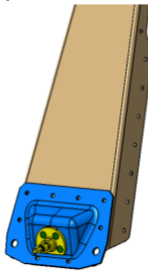
Datum vydání:	08.10.2021	Revize:	A	Zavedeno změnou:	EFT00002	Vytvořil:	P.Štyks	Stránka 1 z 5
---------------	------------	---------	---	------------------	----------	-----------	---------	---------------

Č. výkresu:	S5540001S	Název sestavy:	SMEROVE KORMIDLO
-------------	-----------	----------------	------------------

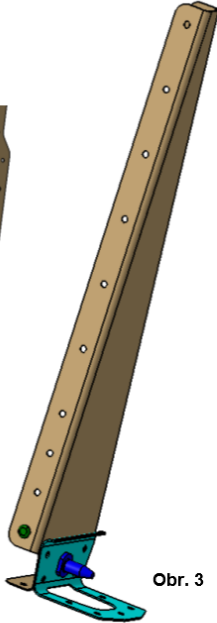
- Na horní žebro **poz. 2** zajistit agrafami a přinýtovat zesílení **poz. 13** pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 701**. Ze strany zesílení vložit horní čep **poz. 20** a zajistit maticí **poz. 51** s podložkou **poz. 52 (Obr.3)**.
- Do předního potahu **poz.5** ustavit a zajistit agrafami 2x podélník **poz. 6**. Postupně nýtovat směrem od středu potahu k jeho okraji pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 701 (Obr.4)**
- Na dolní žebro **poz. 1** ustavit sedlo **poz. 9**, zajistit agrafami a postupně nýtovat pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 701 (Obr.5)**



**Obr. 4**



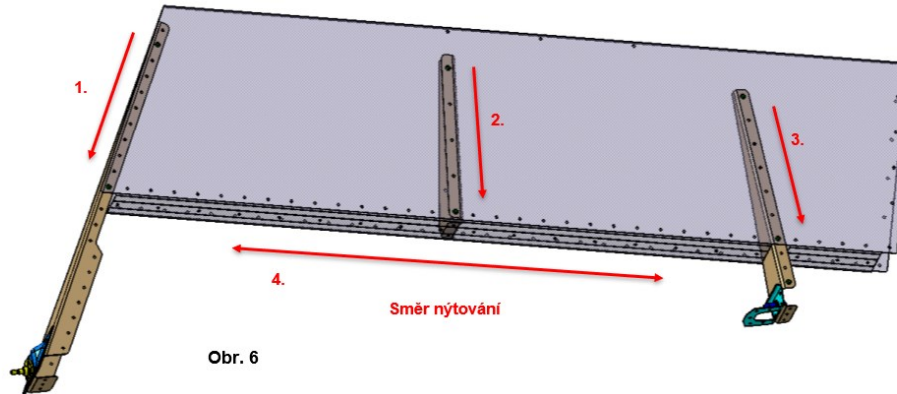
**Obr. 5**



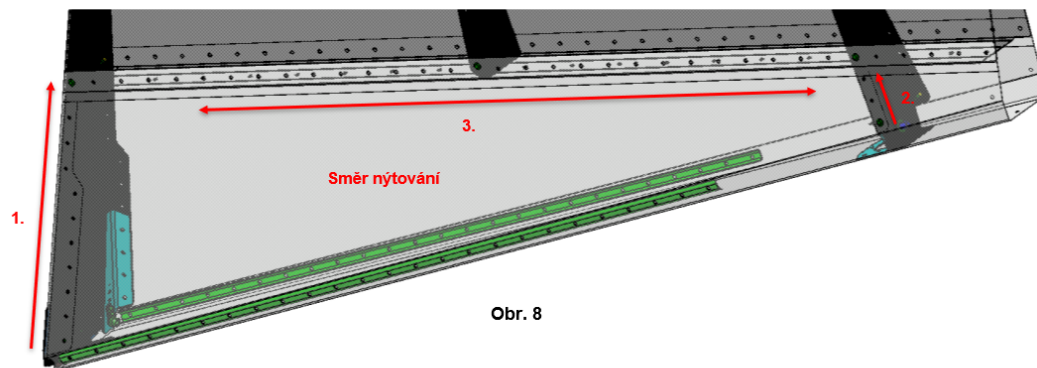
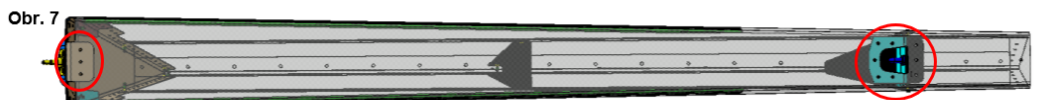
**Obr. 3**

Datum vydání:	08.10.2021	Revize:	A	Stránka 2 z 5
---------------	------------	---------	---	---------------

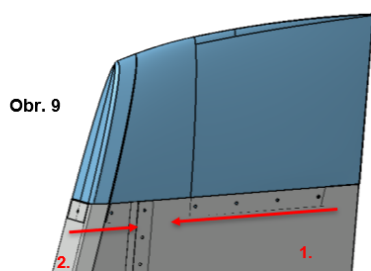
6. Do zadního potahu **poz.4** ustavit a zajistit agrafami dolní žebro **poz. 1**, střední žebro **poz. 3**, horní žebro **poz. 2** a spoj potahů. Nýtovat první dva otvory dolního žebra u odtokové hrany pomocí nýtů **3,2 x 4 poz. 706**. Postupně nýtovat dolní, střední a horní žebro směrem od odtokové hrany k okraji zadního potahu pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 701**. Poté nýtovat spoj potahu od středu k jeho okraji nýty **3,2 x 7,9 poz. 701**. (**Obr.6**)



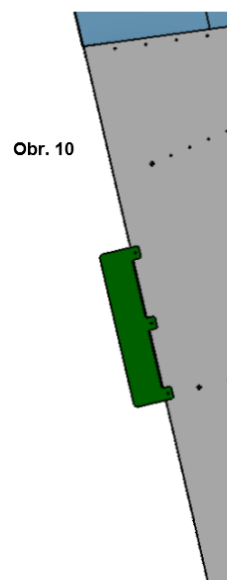
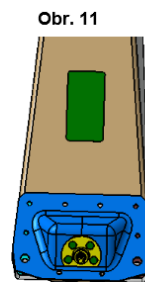
7. Na dolní žebro **poz. 1** ustavit profily L/P **poz. 7 a 8** s nanýtovanou podložkou a maticí (jištěno pomocí tmelu). Na sestavu ustavit přední potah **poz. 5**, opatrně zajistit agrafami profily L/P k žebru a potahu, přes otvor v potahu kontrolovat správné zajištění profilů. Poté zajistit agrafami zbylé oblasti předního potahu. Pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 701** nýtovat přední potah s dolním žebrem **poz. 1**, zesílením **poz. 13** a horním žebrem **poz. 2**. (**Obr.7**)
8. Pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 701** postupně nýtovat s předním potahem dolní a horní žebro od okraje potahu směrem ke středu kormidla. Poté nýtovat spoj zadního a předního potahu od středního žebra směrem k okraji kormidla. (**Obr.8**)



9. Do směrového kormidla ustavit koncový oblouk **poz. 16**, postupně se zajišťováním agraf převrtat otvory  $\varnothing 3,3$  z potahů do koncového oblouku. Rozebrat, odjehlít otvory, znovu ustavit koncový oblouk do směrového kormidla, zajistit agrafami a postupně nýtovat pomocí nýtů **3,2 x 7,9 poz. 701**. (**Obr. 9**)
10. Na pravou stranu směrového kormidla ustavit fletner **poz. 15**, zajistit agrafami a nýtovat pomocí nýtů **3,2 x 4 poz. 706**. (**Obr. 10**)
11. Na spodní žebro nalepit štítek **poz.100** (**Obr. 11**).



Směr nýtování



## PŘÍLOHA P II: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP DOLNÍHO ŽEBRA

<b><u>Průvodka materiálu</u></b>		
<b>Materiál:</b> P 0,5 (0.02")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,5x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 552,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 145,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,141 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### **TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540011D <b>Název:</b> DOLNI ZEBRO <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,25 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 2,2 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit tvar a otvory			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,25 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Odmastit před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 90 min.
Rekrystalizačně žíhat na stav O. 410 – 420 °C, výdrž na teplotě min. 1 h Ochlazení s pecí do 200 °C, dále na vzduchu			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,8 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a lisovat tvar dílce. Náradí: Lisovací forma S5540011D_5210.			

<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,35 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Odmastit před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 040-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 30 min.
Rozpouštěcí žihání na stav W. 495 ± 5 °C, výdrž na teplotě 20 – 25 min. Ochlazení ve vodě 20 – 40 °C. Přelisovat bezprostředně po tepelném zpracování. Poté přirozeně stárnou na vzduchu na stav T42.			
<b>Operace:</b> 045-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 050-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,8 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a přelisovat tvar dílce do 2 hodin po rozpouštěcím žihání. Náradí: Lisovací forma S5540011D_5210.			
<b>Operace:</b> 055-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,7 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Přerovnat a upravit do tvaru do 2 hodin po rozpouštěcím žihání. Náradí: Lisovací forma S5540011D_5210.			
<b>Operace:</b> 060-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 065-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tvrdosti	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Kontrola tvrdosti po 96 h po rozpouštěcím žihání.			
<b>Operace:</b> 070-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky.			
<b>Operace:</b> 075-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P III: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP DOLNÍHO ŽEBRA

<b><u>Průvodka materiálu</u></b>		
<b>Materiál:</b> P 0,5 (0.02")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,5x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 552,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 145,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,141 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### **TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540011D <b>Název:</b> DOLNI ZEBRO <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,45 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 7,39 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 2,41 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ohýbat do tvaru 3x R2,5. Nářadí: OW200/K R2,5 ; EW003-W10			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky.			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P IV: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP  
STŘEDNÍHO ŽEBRA**

<b><u>Průvodka materiálu</u></b>		
<b>Materiál:</b> P 0,5 (0.02")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,5x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 256,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 92,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,034 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540013D <b>Název:</b> STREDNI ZEBRO <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,15 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,5 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit tvar a otvory			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,2 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Odmastit před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 90 min.
Rekrystalizačně žíhat na stav O. 410 – 420 °C, výdrž na teplotě min. 1 h Ochlazení s pecí do 200 °C, dále na vzduchu			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,6 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a lisovat tvar dílce. Náradí: Lisovací forma S5540013D_5210.			

<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,3 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Odmastit acetonem před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 040-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 30 min.
Rozpouštěcí žihání na stav W. 495 ± 5 °C, výdrž na teplotě 20 – 25 min. Ochlazení ve vodě 20 – 40 °C. Přelisovat bezprostředně po tepelném zpracování. Poté přirozeně stárnou na vzduchu na stav T42.			
<b>Operace:</b> 045-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 050-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,6 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a přelisovat tvar dílce do 2 hodin po rozpouštěcím žihání. Náradí: Lisovací forma S5540013D_5210.			
<b>Operace:</b> 055-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,5 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Přerovnat a upravit do tvaru do 2 hodin po rozpouštěcím žihání. Náradí: Lisovací forma S5540013D_5210.			
<b>Operace:</b> 060-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 065-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tvrdosti	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Kontrola tvrdosti po 96 h po rozpouštěcím žihání.			
<b>Operace:</b> 070-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 075-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			



## PŘÍLOHA P V: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP STŘEDNÍHO ŽEBRA

<u>Průvodka materiálu</u>		
<b>Materiál:</b> P 0,5 (0.02")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,5x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 256,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 92,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,034 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540013D <b>Název:</b> STREDNI ZEBRO <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,2 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 2,3 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 2,37 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ohýbat do tvaru 3x R2,5. Nářadí: OW200/K R2,5 ; EW003-W10			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P VI: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP HORNÍHO ŽEBRA

<u>Průvodka materiálu</u>		
<b>Materiál:</b> P 0,5 (0.02")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,5x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 321,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 102,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,048 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540012D <b>Název:</b> HORNÍ ZEBRO <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,18 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,7 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit tvar a otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,2 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Odmastit před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 90 min.
Rekrystalizačně žíhat na stav O. 410 – 420 °C, výdrž na teplotě min. 1 h Ochlazení s pecí do 200 °C, dále na vzduchu			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,6 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a lisovat tvar dílce. Nářadí: Lisovací forma S5540012D_5210.			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,3 min.	<b>Tb:</b> 5 min.

Odmastit před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 040-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 30 min.
Rozpouštěcí žihání na stav W. 495 ± 5 °C, výdrž na teplotě 20 – 25 min. Ochlazení ve vodě 20 – 40 °C. Přelisovat bezprostředně po tepelném zpracování. Poté přirozeně stárnou na vzduchu na stav T42.			
<b>Operace:</b> 045-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 050-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,6 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a přelisovat tvar dílce do 2 hodin po rozpouštěcím žihání. Náradí: Lisovací forma S5540012D_5210.			
<b>Operace:</b> 055-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,5 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Přerovnat a upravit do tvaru do 2 hodin po rozpouštěcím žihání. Náradí: Lisovací forma S5540012D_5210.			
<b>Operace:</b> 060-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 065-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tvrdosti	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Kontrola tvrdosti po 96 h po rozpouštěcím žihání.			
<b>Operace:</b> 070-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky.			
<b>Operace:</b> 075-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P VII: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP HORNÍHO ŽEBRA

<u>Průvodka materiálu</u>		
<b>Materiál:</b> P 0,5 (0.02")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,5x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 321,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 102,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,048 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540012D <b>Název:</b> HORNÍ ZEBRO <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,29 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 4,1 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 2,37 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ohýbat do tvaru 3x R2,5. Nářadí: OW200/K R2,5 ; EW003-W10			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky.			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P VIII: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP PŘEDNÍHO POTAHU

<u>Průvodka materiálu</u>		
<b>Materiál:</b> P 0,4 (0.016")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,4x1250x2500	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 1171,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 678,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,894 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540017D <b>Název:</b> POTAH PREDNI <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Tabulové nůžky	<b>Ta:</b> 3,4 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Stříhat na rozměr 1171 x 678			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 16 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit po stříhání. 2. Na polotovar ustavit šablonu, orýsovat a stříhat tvar. Dopilovat a odjehlit. 3. Rýsovat a ohnout lemy na ohýbačce XOM 3000. 4. Na koncích potahu ponechat přídavek 10 mm k zastřížení v sestavě. Náradí: Rýsovací šablona S5540017D 6010			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P IX: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP PŘEDNÍHO POTAHU

<u>Průvodka materiálu</u>		
<b>Materiál:</b> P 0,4 (0.016")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,4x1250x2500	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 1011,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 618,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,719 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540017D <b>Název:</b> POTAH PREDNI <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 1,4 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 15,1 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 3,5 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ustavit a ohýbat 4x R2,5  Nářadí: OW200/K R2,5 ; EW003-W10 ; doraz E2029/1			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,8 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odstříhnout a začistit technologické přídatky.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 040-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P X: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP ZADNÍHO POTAHU

<b><u>Průvodka materiálu</u></b>		
<b>Materiál:</b> P 0,4 (0.016")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,4x1250x2500	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 1060,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 630,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,778 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### **TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540015D <b>Název:</b> POTAH ZADNI <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Tabulové nůžky	<b>Ta:</b> 3,2 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Stříhat na rozměr 1060 x 630			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 18 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit po stříhání. 2. Na polotovar ustavit šablonu, orýsovat a stříhat tvar. Dopilovat a odjehlit. 3. Rýsovat a ohnout lemy na ohýbačce XOM 3000. 4. Na koncích potahu ponechat přídavek 10 mm k zastřížení v sestavě. Náradí: Rýsovací šablona S5540015D 6010			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			



## PŘÍLOHA P XI: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP ZADNÍHO POTAHU

<b><u>Průvodka materiálu</u></b>		
<b>Materiál:</b> P 0,4 (0.016")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,4x1250x2500	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 1030,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 620,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,735 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### **TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540015D <b>Název:</b> POTAH ZADNI <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 1,5 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 12,1 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 3,5 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ustavit na doraz a ohýbat 2x 84,7° dle výkresu. Úhel 10,7° částečně předechnout. Náradí: OW200/K R2,5 ; EW003-W10 ; doraz E2029/1			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 3,2 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Na ohýbačce XOM 3000, pomocí ohýbací a kontrolní šablony, dokončit ohyb na úhel 10,7°. 2. Odstříhnout a začistit technologické přídavky. Náradí: Ohýbací šablona S5540015D 6110 ; Kontrolní šablona S5540015D 1610			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>

Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 040-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P XII: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP SEDLA

<u>Průvodka materiálu</u>		
<b>Materiál:</b> P 1,2	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 1,2x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 120,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 100,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,042 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

## TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540025D <b>Název:</b> SEDLO <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Tabulové nůžky	<b>Ta:</b> 0,7 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Stříhat na rozměr 120 x 100.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit po stříhání.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,15 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Odmastit před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 90 min.
Rekrystalizačně žíhat na stav O. 410 – 420 °C, výdrž na teplotě min. 1 h Ochlazení s pecí do 200 °C, dále na vzduchu			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,4 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a lisovat tvar dílce. Nářadí: Lisovací forma S5540025D_5210.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,15 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Odmastit acetonem před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 30 min.

<p>Rozpouštěcí žíhání na stav W.  495 ± 5 °C, výdrž na teplotě 20 – 25 min.  Ochlazení ve vodě 20 – 40 °C.  Přelísovat bezprostředně po tepelném zpracování. Poté přirozeně stárnou na vzduchu na stav T42.</p>			
<b>Operace:</b> 040-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 045-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,4 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a přelísovat tvar dílce do 2 hodin po rozpouštěcím žíhání.			
Náradí: Lisovací forma S5540025D 5210.			
<b>Operace:</b> 050-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 2,7 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Přerovnat a upravit do tvaru do 2 hodin po rozpouštěcím žíhání. 2. Rozměřit, rýsovat a stříhat a dopilovat tvar sedla			
Náradí: Lisovací forma S5540025D 5210.			
<b>Operace:</b> 055-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 060-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tvrdosti	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Kontrola tvrdosti po 96 h po rozpouštěcím žíhání.			
<b>Operace:</b> 065-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 070-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XIII: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ  
POSTUP SEDLA**

<b><u>Průvodka materiálu</u></b>		
<b>Materiál:</b> P 1,2	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 1,2x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 O ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 120,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 100,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,042 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540025D <b>Název:</b> SEDLO <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Tabulové nůžky	<b>Ta:</b> 0,7 min.	<b>Tb:</b> 10
Stříhat na rozměr 120 x 100.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit po stříhání.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,4 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ustavit na lisovací formu a lisovat tvar dílce. Nářadí: Lisovací forma S5540025D_5210.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Odmašťování	<b>Ta:</b> 0,15 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Odmastit před tepelným zpracováním.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Tepelné zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b> 30 min.
Rozpouštěcí žíhání na stav W. 495 ± 5 °C, výdrž na teplotě 20 – 25 min. Ochlazení ve vodě 20 – 40 °C. Přelisovat bezprostředně po tepelném zpracování. Poté přirozeně stárnou na vzduchu na stav T42.			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tepelného zpracování	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Lis HL 1000	<b>Ta:</b> 2,4 min.	<b>Tb:</b> 20 min.

Ustavit na lisovací formu a přelisoval tvar dílce do 2 hodin po rozpouštěcím žihání.			
Náradí: Lisovací forma S5540025D 5210.			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Klempír	<b>Ta:</b> 4,7 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Přerovnat a upravit do tvaru do 2 hodin po rozpouštěcím žihání.			
2. Ustavit šablonu, převrtat otvory, odjehlít			
3. Orýsovat dle šablony, stříhat a dopilovat tvar.			
Náradí: Lisovací forma S5540025D 5210 ; Vrtací a rýsovací šablona S5540025D 6510			
<b>Operace:</b> 040-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 045-0	<b>Název operace:</b> Kontrola tvrdosti	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Kontrola tvrdosti po 96 h po rozpouštěcím žihání.			
<b>Operace:</b> 050-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 055-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

# PŘÍLOHA P XIV: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP ZESÍLENÍ

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,81 (0,032")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,81x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 75,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 57,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,010 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

## TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540033D <b>Název:</b> ZESILENI <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,09 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 6,2 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlít. 2. Rýsovat osy ohybu, ohýbat na ohýbačce XOM 3000 dle výkresu.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P XV: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP ZESÍLENÍ

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,81 (0,032")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,81x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 75,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 57,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,010 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540033D <b>Název:</b> ZESILENI <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,2 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,5 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 1,13 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ohýbat do tvaru 2x R2,5. Nářadí: OW200/K R2,5 ; EW003-W10			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			



**PŘÍLOHA P XVI: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP PROFILU  
L**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,6	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,6x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 118,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 35,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,008 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540021D <b>Název:</b> PROFIL L <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,05 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 3,7 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlít. 2. Rýsovat osu ohybu, ohýbat na ohýbačce XOM 3000 dle výkresu.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XVII: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ  
POSTUP PROFILU L**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,6	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,6x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 118,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 35,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,008 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540021D <b>Název:</b> PROFIL L <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,12 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,35 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 0,62 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ohýbat do tvaru 1x R2,5. Nářadí: OW200/K R2,5 ; EW003-W10			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			

<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XVIII: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP  
PROFILU P**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,6	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,6x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 118,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 35,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,008 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540021D <b>Název:</b> PROFIL P <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,05 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 3,7 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlít. 2. Rýsovat osu ohybu, ohýbat na ohýbačce XOM 3000 dle výkresu.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P XIX: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP PROFILU P

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,6	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,6x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 118,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 35,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,008 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540022D <b>Název:</b> PROFIL P <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,12 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,35 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 0,62 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ohýbat do tvaru 1x R2,5. Nářadí: OW200/K R2,5 ; EW003-W10			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			

<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XX: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP  
PODÉLNÍKU**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,6	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,6x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 740,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 17,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,026 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540019D <b>Název:</b> PODELNÍK <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Tabulové nůžky	<b>Ta:</b> 0,92 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Stříhat na rozměr 740 x 17			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,6 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit a přerovnat			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Výstředníkový lis	<b>Ta:</b> 1,8 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ohýbat do tvaru 2x R2,5. Náradí: Ohýbací lišty – E2226/R2,5			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

## PŘÍLOHA P XXI: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP PODÉLNÍKU

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,6	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,6x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 740,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 17,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,026 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

### TECHNOLOGICKÝ POSTUP

<b>Číslo výkresu:</b> S5540019D <b>Název:</b> PODELNÍK <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,3 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar a vrtat otvory dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 3,37 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Ohraňovací lis TruBend 5170	<b>Ta:</b> 1,35 min.	<b>Tb:</b> 20 min.
Ohýbat do tvaru 2x R2,5. Nářadí: OW200/K R2,5 ; RB 200			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 030-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			



<b>Operace:</b> 035-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XXII: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP  
FLETNERU**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,5 (0.02")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,5x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 250,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 65,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,024 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540037D <b>Název:</b> FLETNER <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,09 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 0,9 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky.			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XXIII: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ  
POSTUP FLETNERU**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 0,5 (0.02")	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 0,5x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 250,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 65,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,024 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540037D <b>Název:</b> FLETNER <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO.			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,11 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 1,4 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Nastavit microstop a odjehlit otvory.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky.			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XXIV: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP  
PODLOŽKY L**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 1,2	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 1,2x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 110,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 50,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,024 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540023D <b>Název:</b> PODLOŽKA L <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,1 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 0,6 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XXV: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ  
POSTUP PODLOŽKY L**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 1,2	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 1,2x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 110,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 50,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,024 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540023D <b>Název:</b> PODLOŽKA L <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,13 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 2,1 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Pomocí hlavice microstop odjehlit otvory. 3. Pomocí hlavice microstop zahлубit 2 x 100° pro zapuštěné nýty.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XXVI: PŮVODNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP  
PODLOŽKY P**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 1,2	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 1,2x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 110,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 50,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,024 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540024D <b>Název:</b> PODLOŽKA P <b>Index:</b> A		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,1 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 0,6 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
Odjehlit.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			

**PŘÍLOHA P XXVII: OPTIMALIZOVANÝ TECHNOLOGICKÝ  
POSTUP PODLOŽKY P**

<b>Průvodka materiálu</b>		
<b>Materiál:</b> P 1,2	<b>Norma/rozměr:</b> QQ-A-250/5 1,2x1220x3660	<b>Jakost:</b> 2024 T3 ALCLAD
<b>Hrubá délka:</b> 110,00 mm	<b>Hrubá šířka:</b> 50,00 mm	<b>Spotřeba:</b> 0,024 kg
<b>Zakázka:</b> <b>Série:</b>	<b>Vystavil:</b> <b>Datum:</b>	

**TECHNOLOGICKÝ POSTUP**

<b>Číslo výkresu:</b> S5540024D <b>Název:</b> PODLOŽKA P <b>Index:</b> B		<b>Počet kusů:</b> 30	
<b>Operace:</b> 001-0	<b>Název operace:</b> Výdej materiálu	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Vydat v celku pro CRENO			
<b>Operace:</b> 005-0	<b>Název operace:</b> CNC frézka CRENO	<b>Ta:</b> 0,13 min.	<b>Tb:</b> 30 min.
Ve svazku frézovat tvar dle 2D modelu.			
<b>Operace:</b> 010-0	<b>Název operace:</b> Klempíř	<b>Ta:</b> 2,1 min.	<b>Tb:</b> 10 min.
1. Odjehlit tvar. 2. Pomocí hlavice Microstop odjehlit otvory. 3. Pomocí hlavice Microstop zahloubit 2 x 100° pro zapuštěné nýty.			
<b>Operace:</b> 015-0	<b>Název operace:</b> Kontrola mezioperační	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			
<b>Operace:</b> 020-0	<b>Název operace:</b> Značení	<b>Ta:</b> 0,5 min.	<b>Tb:</b> 5 min.
Značit nestíratelným popisem číslo výkresu a index položky			
<b>Operace:</b> 025-0	<b>Název operace:</b> Kontrola konečná	<b>Ta:</b>	<b>Tb:</b>
Dle kontrolního protokolu.			