

PŘÍPRAVA VÝROBY SLAŇOVACÍ OSMY

Ladislav Haiker

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: Ladislav Haiker
Osobní číslo: T20246
Studijní program: B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Příprava výroby slaňovací osmy

Zásady pro vypracování

1. Teoretická studie k tématu práce
2. Návrh a konstrukce slaňovací osmy
3. Návrh technologie výroby
4. Vytvoření programu pro CNC obráběcí centrum

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

Seznam doporučené literatury:

BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. Výrobní inženýrství a technologie. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 173 s. ISBN 9788074544712.

KOÇ, Muammer; ÖZEL, Tugrul (ed.). Modern manufacturing processes. John Wiley & Sons, 2019.

How to Choose Belay Devices, [no date]. Belay Devices: How to Choose | REI Co-op [online], [Accessed 16 June 2021].

Available from: <https://www.rei.com/learn/expert-advice/belay-device.html>

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 22. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému 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 ²⁾;
- podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 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.

Prohlašuji, že

- elektronická a tištěná verze bakalářské práce jsou totožné;
- na bakalářské práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o výrobě slaňovací osmy, jejím účelu a různých způsobech využití. V první části je představen celý koncept, historie a funkce, spolu s možným využitím různých materiálů. Praktická část se zabývá návrhem a designem tvaru osmy, aby co nejlépe plnila svou funkci. K tomuto účelu je použit program Solid Edge 2020. Dále je pak stanovena optimální technologie výroby s ohledem na počet vyráběných kusů, složitost tvaru a druh materiálu. Dalším důležitým krokem bylo vytvoření frézovacího programu pro CNC frézku za pomoci programu NX CAM Siemens software. V poslední části byla provedena FEM analýza při zvoleném zatížení a následně zkoumány výsledky.

Klíčová slova: Slaňovací osma, horolezectví

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with manufacturing of rappelling figure eight and its use for climbing by diverse ways. In the first part, the whole concept, history, and function is introduced along with possible use of variate materials. In the practical part the work deals with design of figure eight's shape, so it can serve its purpose perfectly. For design the Solid Edge 2020 program has been used. Then I determined the best manufacturing process type, considering number of manufacturing products, shape difficulty and type of material. The next important step was to create the milling program for CNC Centre by using the NX CAM Siemens software. In the last part the FEM analysis has been done for given load, and results examined.

Keywords: Rappelling figure eight, climbing

Poděkování:

Děkuji panu Ing. Ondřeji Bílkovi Ph.D. za pomoc s výběrem tématu, veškerou pomoc při psaní této práce, i za všechny rady a vědomosti obdržené po čas mého studia na univerzitě. Dále také panu Vojtěchu Fuksovi za neocenitelnou životní inspiraci.

Motto:

Bez cesty není chodníka, bez kaprů není rybníka

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1. ÚČEL A FUNKCE SLAŇOVACÍCH OSEM.....	13
2. TYPY KONFIGURACÍ SLAŇOVACÍCH OSEM.....	14
2.1. STANDARDNÍ KONFIGURACE.....	14
2.2. SPORTOVNÍ KONFIGURACE.....	15
2.3. KONFIGURACE PRO JIŠTĚNÍ.....	16
2.4. STANDARDNÍ FIGURE-4-WRAP KONFIGURACE.....	16
2.5. KONFIGURACE PRO ZÁCHRANU.....	17
2.6. CANYONING KONFIGURACE.....	17
2.7. KONFIGURACE AUTO-STOP.....	18
3. DRUHY SLAŇOVACÍCH OSEM.....	19
3.1. STANDARDNÍ.....	19
3.2. STANDARDNÍ S HRANATÝM OKEM.....	20
3.3. OSMA PRO ZÁCHRANU.....	20
3.4. SPECIÁLNÍ OSMY.....	21
4. MATERIÁL.....	22
4.1. ROZDĚLENÍ SLITIN NEŽELEZENÝCH KOVŮ.....	23
PODLE TAVÍCÍCH TEPLŮT.....	23
PODLE JEJICH HODNOTY.....	23
4.2. MĚĎ.....	23
4.3. SLITINY MĚDI.....	23
4.3.1. MOSAZI.....	24
4.3.2. BRONZY.....	24
4.4. HOŘČÍK.....	25
4.5. SLITINY HOŘČÍKU.....	26
4.6. HLINÍK.....	26
4.7. SLITINY HLINÍKU.....	27
4.7.1. SLITINY S KŘEMÍKEM Al-Si.....	28
4.7.2. SLITINY S MĚDÍ Al-Cu.....	29
4.7.3. SLITINY S HOŘČÍKEM Al-Mg.....	29
4.7.4. SLITINY SE ZINKEM A HOŘČÍKEM Al-Zn-Mg.....	30
5. MOŽNOSTI VÝROBY SLAŇOVACÍ OSMY.....	30
5.1. ODLÉVÁNÍ.....	31

5.1.1.	TAVITELNOST MATERIÁLU	31
5.1.2.	ZABÍHAVOST	31
5.1.3.	TVORBA STAŽENIN	32
5.1.4.	POSTUP PŘI VÝROBĚ ODLITKU.....	32
5.2.	TVÁŘENÍ.....	33
5.2.1.	TVÁŘENÍ ZA STUDENA	34
5.2.2.	TVÁŘENÍ ZA TEPLA	34
5.2.3.	OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ PRO VÝROBU SLAŇOVACÍ OSMY	34
5.2.3.1.	VOLNÉ KOVÁNÍ.....	35
5.2.3.2.	ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ.....	36
5.3.	OBRÁBĚNÍ.....	37
5.3.1.	KONVENČNÍ OBRÁBĚNÍ	37
5.3.1.1.	SOUSTRUŽENÍ.....	38
5.3.1.2.	FRÉZOVÁNÍ	39
5.3.2.	NEKONVENČNÍ OBRÁBĚNÍ.....	40
5.3.2.1.	ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ	40
5.3.3.	ABRAZIVNÍ OBRÁBĚNÍ	40
5.3.3.1.	BROUŠENÍ.....	41
6.	PROTOTYPY	42
6.1.	VÝROBA PROTOTYPŮ ADITIVNÍ TECHNOLOGIÍ.....	42
6.1.1.	FDM.....	42
6.1.2.	SLS.....	42
6.1.3.	DMLS	42
7.	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	43
II.	PRAKTICKÁ ČÁST	44
8.	ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI	45
9.	NÁVRH A KONSTRUKCE OSMY	45
10.	NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	47
11.	TVORBA FRÉZOVACÍHO PROGRAMU	47
12.	VÝROBA OSMY	52
12.1.	ZHODNOCENÍ	55
13.	FEM ANALÝZA SLAŇOVACÍ OSMY	55
	ZÁVĚR.....	58
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61

SEZNAM OBRÁZKŮ	63
SEZNAM TABULEK.....	65

ÚVOD

Snaha překonávat sám sebe, adrenalin a výška jsou základní pilíře horolezectví. V dnešní době mediálních sítí a videoher je důležitější než kdy dřív nacházet si čas i na pohyb a psychickou relaxaci. Počátky horolezectví sahají až do 16. století, nicméně jeho rozmach přišel až v polovině 19. století, kdy bylo nutné vyvinout jisté lezecké a slaňovací techniky k překonávání náročných pasáží horských výstupů. Od té doby prošel celý sport samozřejmě velkým vývojem, a to zejména v oblasti vybavení. V této bakalářské práci se zaměřuji na jednu z nejpoužívanějších pomůcek, která se v tomto sportu používá již od poloviny dvacátého století.

Toto téma jsem si vybral, protože se v tomto oboru pohybuji již nějakou dobu a nyní se mohu věnovat i jeho technické stránce. V této práci se snažím čtenáři přiblížit nejprve princip funkce slaňovací osmy, možnosti využití a následně i konstrukci a ideální způsob výroby.

Tak jako v každém oboru, i v horolezectví jde vývoj kupředu. Kdysi těžké ocelové vybavení je dnes nahrazováno lehkými slitinami hliníku, hořčíku a jinými. Tento přerod začal ve dvacátém století, kdy nastal velký rozmach v používání lehkých kovů, a to zejména hliníku a jeho slitin. Hliník se stal nejpoužívanějším lehkým kovem především díky své nízké hmotnosti, ale přesto kvalitním mechanickým vlastnostem. Právě z tohoto důvodu se začaly lehké kovy používat při výrobě horolezeckého vybavení. Jestliže kvalitní vybavení je základem nějakého sportu, pak u horolezectví se jedná o nutnost. Jestliže má horolezec svěřit svůj život například slaňovací osmě, musí jí věřit a musí si být jist, že jde o kvalitní výrobek. Proto veškerá výbava prochází důkladnou kontrolou a certifikování výrobci kladou velké nároky na kvalitu při výrobě. Výrobci navíc musí dodržovat vysoké bezpečnostní podmínky nastavené Mezinárodní horolezeckou federací (UIAA). Výbava se dimenzuje tak, aby udržela přibližně pětinašobek dynamického namáhání vzniklého pádem, a to i při nízkých teplotách.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. ÚČEL A FUNKCE SLAŇOVACÍCH OSEM

Slaňování je kontrolovaný proces snižování výšky pomocí lana a většinou i slaňovacích pomůcek. Tvoří nedílnou součást jak sportovního lezení na skalách, tak i vysokohorského lezení. [8] Přestože počátky horolezectví sahají až do 16. století, slaňování, jak jej známe dnes se začalo vyvíjet až v roce 1865 kdy při výstupu na Matterhorn bylo použito konopné kroucené lano.[5] Nicméně tehdy sloužilo lano spíše k pomoci při výstupu do obtížných pasáží a ke vzájemnému jištění. To platilo až začátku 20. století, kdy se pro slaňování začal používat takzvaný Dülferův sed. Stále se však jednalo o metodu nepříliš pohodlnou a bezpečnou. Také pro spouštění více osob je tento styl poměrně náročný. [4]

Změna přišla v roce 1965, kdy byla poprvé uvedena na trh slaňovací osma, kterou vynalezl prof. Max Frimmer. Jednalo se o převratnou změnu, protože toto zařízení umožňuje jednoduché, pohodlné a bezpečné slaňování. Obecně se tedy dá říct, že slaňovací osma je víceúčelové zařízení sloužící primárně ke slaňování, ale dá se použít i při jištění, spouštění břemen, nebo záchraně uvíznutých osob. [3]



Obr. 1 Slaňovací osma [3]

Princip její funkce je založen na efektivním využití třecí síly mezi lanem a slaňovací osmou. Výsledkem je, že můžeme malou silou ruky ovládat velkou spouštěcí sílu břemene.[1] Z fyzikálního hlediska je proto stylem funkce podobná pásovým brzdám, které také vyvozují brzdňný účinek na základě třecí síly a úhlu opásání. Když se tedy jedná o slaňovací osmy je úhel

opásání roven úhlu styku mezi danou slaňovací osmou a lanem navinutým kolem ní. Čím vyšší bude úhel opásání tím nižší potřebná ovládací síla k vyvinutí brzdné síly. Vše lze vyjádřit vztahem, který je stejný jako pro pásové brzdy.[8]

$$F_B = F_O \cdot e^{\mu \cdot \beta} \quad (1)$$

F_B = Brzdná síla [N]

F_O = Ovládací síla [N]

e = konstanta (Eulerovo číslo)

μ = součinitel tření

β = úhel opásání [rad]

2. TYPY KONFIGURACÍ SLAŇOVACÍCH OSEM

U slaňovacích osem existuje více druhů konfigurací, podle toho, jaký výsledek chceme získat. Každá má svůj specifický účel a vlastnosti. Při výběru konfigurace zohledňujeme zejména brzdnou sílu a také podmínky, ve kterých bude použita.[2]

2.1. STANDARDNÍ KONFIGURACE

Nejpoužívanější a nejjednodušší mód ze všech. Používá se pro slánění osob na jednom, nebo dvou pramenech lana, dovolující hladký a nenáročný průběh s poměrně dobře regulovatelnou rychlostí spouštění. Toto nastavení je však vhodné pouze pro slaňování jedné osoby a není příliš vhodné pro jistění.[2] Lano by do osmy mělo vždy vstupovat do velkého oka čelem k jistící osobě.[10]



Obr. 2 Standardní konfigurace [9]

2.2. SPORTOVNÍ KONFIGURACE

Tento styl se příliš neliší od předchozího (standardního). Místo toho, abychom ale lano po protáhnutí velkým otvorem vedli kolem středu osmy, vedeme jej pouze skrz karabinu. Tato konfigurace poskytuje výrazně méně tření pročež slaňování probíhá rychleji a pohotověji. Je také vhodné pro spouštění lehkých osob, či jiných břemen. Zatěžující síla menší než přibližně 393 N (40 kg) totiž může způsobit, že se lano bude při standardním módu zasekávat což není bezpečné. Je ale třeba vzít na vědomí, že naopak pro těžší osoby jde o ne tolik vhodnou konfiguraci.[2]



Obr. 3 Sportovní konfigurace [10]

2.3. KONFIGURACE PRO JIŠTĚNÍ

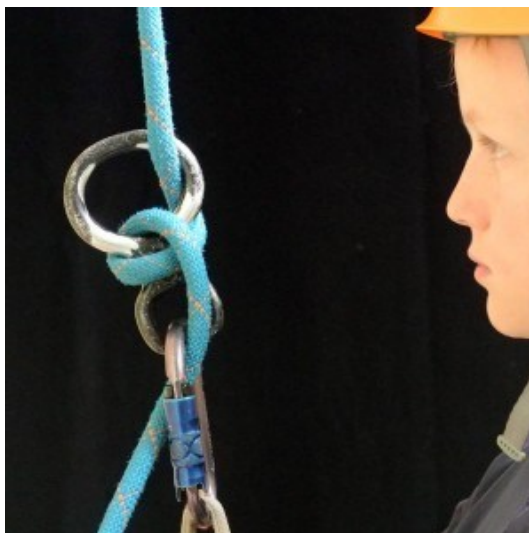
Konfigurace tohoto typu se už podle názvu liší tím, že není na slaňování, nýbrž na jištění druhého lezce. Jedná se o ne příliš častou variantu. Jedním důvodem je, že na zachycení pádu lezce je třeba velká síla a tu slaňovací osma není vždy schopná poskytnout. Druhým důvodem je, že ovládací síla přímo závisí na tloušťce lana. Čím je lano tenčí, tím je potřeba aby ovládací síla byla větší. V dnešní době se navíc stále více používají tenčí lana než například před dvaceti lety. I proto jsou pro účely jištění užívány jistící brzdy. Tato konfigurace zkrátka slouží spíše jako nouzová náhrada za jistící brzdu. [2] Jištění se smí provádět slaňovací osmou pouze s použitím horního jištění, a i v tomto případě se nám lano může zasekávat a spouštění nebude probíhat plynule.[10]



Obr. 4 Konfigurace pro jištění [2]

2.4. STANDARDNÍ FIGURE-4-WRAP KONFIGURACE

V podstatě jde o stejnou variantu jako u klasické konfigurace, lano se ale na konci ještě protáhne karabinou. Cílem je získat více tření a tím snížit potřebnou ovládací sílu. Jedná se o velmi jednoduchou, rychlou, ale ne příliš běžnou úpravu. Tento typ mohou uplatnit při slaňování například lidé s větší hmotností.[2]



Obr. 5 Figure-4-wrap [2]

2.5. KONFIGURACE PRO ZÁCHRANU

Také velmi používaná a užitečná metoda zapojení slaňovací osmy. Použije se v případě potřeby záchrany třetí osoby, nebo spouštění velmi těžkého nákladu. V takové situaci, kdy například slaňují dvě osoby současně potřebujeme dosáhnout velmi velkého tření. Toho dosáhneme dvojitým obmotáním lana kolem slaňovací osmy. Pro tento účel existují přímo i speciální tvary slaňovacích osem, o kterých bude dále řeč. Tyto typy například umožňují i celkové zastavení spouštění s uvolněnými rukama.[2]



Obr. 6 Konfigurace pro záchranu [10]

2.6. CANYONING KONFIGURACE

Již z názvu vyplývá, že se používá pro Canyoning. Dá se ale použít obecně v situacích, kde často přehazujeme lano a neslaňujeme dlouhé úseky. Tato konfigurace totiž umožňuje měnit

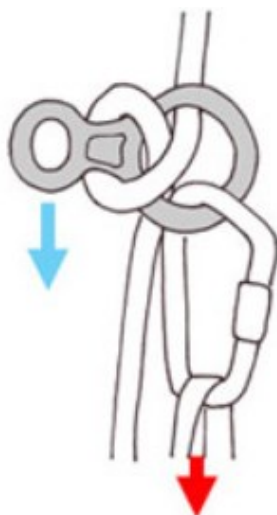
lano, aniž bychom museli neustále rozepínat karabinu. Zároveň je ale nutno říct, že kvůli nezajištění lana v karabině hrozí vysmeknutí lana ze slaňovací osmy. Proto se nedoporučuje nezkušeným lidem používat tuto metodu.[2]



Obr. 7 Canyoning konfigurace [2]

2.7. KONFIGURACE AUTO-STOP

Poslední z běžných módů použití slaňovací osmy je auto-stop. Jde o velmi praktickou metodu, při které se lano v osmě nachází stále v zajištěné pozici. Pouze pokud nahneme přední část osmy směrem dolů, lano přestane být samosvorné a nastane spouštění osoby, či břemene. Po uvolnění slaňovací osmy lano hned samo naskočí do předchozí zajištěné pozice. To je velmi praktické například tehdy, kdy při určité části slaňování potřebujeme mít obě ruce volné. Hrozí zde nicméně stejné riziko, jako u předchozí konfigurace a sice nebezpečí vysmeknutí lana ze slaňovací osmy. Dalším rizikem je, že při nastavování této konfigurace se musí dávat pozor, aby lano bylo správně dáno do zajištěné samosvorné pozice. V opačném případě tento mód nebude fungovat. Proto se i tato konfigurace nedoporučuje provádět nezkušeným osobám.[7]



Obr. 8 Konfigurace auto-stop [7]

3. DRUHY SLAŇOVACÍCH OSEM

Slaňovací osmy se dají rozdělit do čtyř základních skupin. Jejich odlišnosti vznikaly průběhem vývoje, lehce odlišného účelu či typem výrobce. Tyto skupiny z pravidla souvisí s primárním účelem slaňovací osmy. Např. standardní osma není tolik vhodná pro záchranný mód, a naopak osma pro záchranu se nehodí například pro Canyoning konfiguraci.

3.1. STANDARDNÍ

Základním a nejčastějším druhem je klasická standardní slaňovací osma s jedním velkým a jedním malým kruhovým okem. Jde také o nejuniverzálnější druh osmy. Její nevýhodou je, že kvůli kruhovým okům dochází ke kroucení lana, což z dlouhodobého hlediska může být nepříjemné.[1]



Obr. 1 Slaňovací osma [3]

3.2. STANDARDNÍ S HRANATÝM OKEM

Tato vylepšená verze díky hranatému velkému oku výrazně snižuje kroucení lana, což je primárním problémem standardní slaňovací osmy. Nevýhodou je, že kvůli hranatému oku se již nehodí pro konfigurace Canyoning, záchrana a auto-stop. Tvary velkého oka se liší podle výrobce a také podle modelů. [11]



Obr. 9 Standardní osma s hranatým okem [3]

3.3. OSMA PRO ZÁCHRANU

Druh používaný hlavně profesionály pracujícími ve výškách, horskými instruktory, nebo například záchrannou službou. Typ této osmy je stavěný, aby co nejlépe zvládal konfiguraci pro záchranu, ale i ostatní přídavné úlohy. Je také velmi vhodná pro situace, kdy je potřeba zůstat ve výškách ale stále mít volné obě ruce. V případě záchrany další osoby je potřeba mít vše dobře a bezpečně zajištěno. Proto se například nemůže použít konfigurace auto-stop. Tento druh má spoustu možností použití, ale je třeba je dobře znát. Využití proto najde spíše v rukou odborníků než při běžném lození na skále.[12]



Obr. 10 Osma pro záchranu [3]

3.4. SPECIÁLNÍ OSMY

Poslední kategorií jsou speciální osmy. Z pravidla se jedná o nové typy vhodné z části na klasické slaňování, ale mohou být použity i pro techničtější účely. Charakteristickým rysem bývá například možnost regulace třecí síly, ale i vyšší cena. Do této skupiny spadá kupříkladu Petzl Pirana, která má místo malého oka dvě ramena, přes které může být lano vedeno. Také ještě obsahuje horní hák, kde můžeme lano zaseknout a dosáhnout téměř účinku slaňovací osmy pro záchranu.[11]



Obr. 11 Speciální osma [11]

4. MATERIÁL

Materiál, stejně jako v každé oblasti strojírenství, i zde hraje zásadní roli. Jednotlivé aspekty materiálu, jako tvrdost či pružnost, mají vliv i na chování a životnost výrobku. Pro výrobu slaňovací osmy se v zásadě dají použít dvě možnosti. První a tradičnější možností je ocel. Pro tento účel nerezová ocel vysoce legovaná ocel, která bude dobře odvádět teplo vzniklé třením a bude splňovat požadovanou pevnost. Ocel bude vhodnou volbou, budeme-li slaňovat velké vzdálenosti při kterých budeme očekávat i velké vzniklé teplo. Přesto se od této možnosti v současné době čím dál více upouští, z důvodu velké hmotnosti ocelové slaňovací osmy.

Druhou alternativou, v současnosti stále více používanou, jsou slitiny lehkých neželezných kovů, které mají výrazně nižší hmotnost, ale přitom stále zachovávají požadované pevnostní podmínky nutné pro dobrý a bezpečný provoz. Neželeznými kovy nazýváme všechny kovové prvky, s výjimkou železa. U slitin neželezných kovů se jedná o takové slitiny, kde není základním prvkem železo, nýbrž jiný kov. Samotné neželezné kovy mívají slabší mechanické vlastnosti. Legující prvky tyto vlastnosti velmi zlepšují, a proto se neželezné kovy většinou používají jako slitiny. S ohledem na chemické složení můžeme říct, že se slitiny neželezných kovů skládají ze čtyř základních složek.[13]

- Základního prvku
- Hlavního přísadového prvku
- Vedlejších přísadových prvků
- Doprovodných prvků

Základní prvek je neželezný kov, který tvoří základ celé slitiny. Je nejobsáhlejším prvkem ve slitině a jeho koncentrace obvykle přesahuje 50%. [13]

Hlavní přísadový prvek je takové prvek, který utváří hlavní vlastnosti slitiny. Jeho obsah je nejvyšší hned po základním prvkem. [13]

Vedlejší přísadové prvky se přidávají do slitiny, aby ještě více zlepšily některé konkrétní požadované vlastnosti. Jejich koncentrace ve slitině je menší, zato jich však může být i více najednou. [13]

Doprovodnými prvky se rozumí nežádoucí a neúmyslné legující prvky, které zhoršují mechanické vlastnosti. Těchto prvků se ve slitině tedy pochopitelně snažíme mít co nejméně. [13]

4.1. ROZDĚLENÍ SLITIN NEŽELEZENÝCH KOVŮ

Slitiny neželezných kovů se mohou dělit podle mnoha kritérií, např. podle hustoty, objemu výroby, nebo základního prvku.[13]

PODLE TAVÍCÍCH TEPLŮT je můžeme rozdělit na:

- Snadno tavitelné (Do této skupiny patří například cín, olovo, nebo zinek a jeho slitiny)
- Nesnadno tavitelné (Zde patří například wolfram a molybden)

PODLE JEJICH HODNOTY se neželezné kovy dělí na:

- Drahé kovy (zlato, stříbro, platina, palladium, iridium)
- Obecné kovy

Neželezné kovy můžeme dělit i podle hmotnosti a zde se právě nachází skupina takzvaných lehkých kovů, které jsou v současné době zdrojovými materiály, ze kterých se vyrábí téměř veškeré lezecké vybavení včetně slaňovací osmy. Nejčastějšími zástupci této kategorie jsou: hliník, hořčík a titan. Jak již vyplývá z názvu skupiny, jejich charakteristickým rysem je nízká hmotnost, která je o polovinu až dvě třetiny nižší než u ostatních neželezných kovů.[15]

Ze všech možných materiálů je dále uvedena měď, hořčík, hliník a jejich slitiny. Hořčík a hliník především pro svou lehkost, pevnost a jiné mechanické vlastnosti, a měď, protože jde o nejpoužívanější neželezný kov a ve slitině zvané dural se také jedná o velmi lehkou a pevnou slitinu vhodnou pro výrobu slaňovací osmy.

4.2. MĚĎ

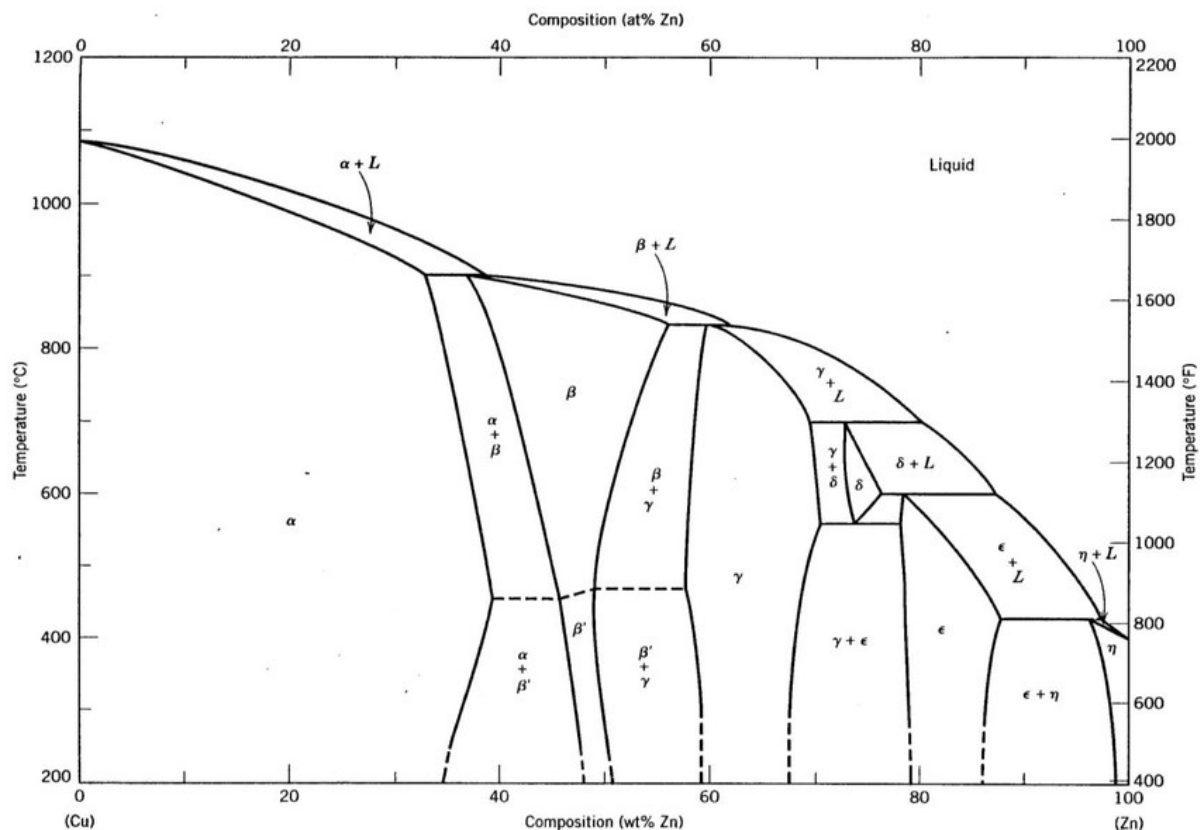
Přestože měď není zástupcem lehkých kovů a nehodí se jako základní prvek při výrobě slaňovací osmy, jedná se o nejpoužívanější neželezný kov a také jednu z přísad pro finální slitinu použitou při výrobě osmy. Samotná měď má velmi dobré vlastnosti, co se týká tepelné a elektrické vodivosti. Naopak její mechanické vlastnosti jsou slabé a nelze je ani příliš zlepšit tvářením.[15,13]

4.3. SLITINY MĚDI

Slitiny mědi může rozdělit na dvě základní skupiny, a to podle hlavního přísadového prvku. Jsou to: mosazi a bronz [15]

4.3.1. MOSAZI

Do skupiny mosazí patří slitiny mědi a zinku. Zinek je zde přítomen jako hlavní přísadový prvek. Vedlejších přísadových prvků ale může být několik. Jde o nejběžnější druh slitiny mědi s širokou škálou využití. Jejich slévatelnost a výslednou mikrostrukturu můžeme znázornit na rovnovážném digramu Cu-Zn (viz. Obr.12)[15]



Obr. 12 Rovnovážný diagram Cu-Zn [15]

Mosazi se používají především dva typy. První je tuhý roztok zinku v mědi, který je v diagramu znázorněn oblastí α , a druhý je typ který obsahuje více procenta zinku. Proto je také více tvrdý a křehký. Tvrdost ve slitině zajišťují krystaly β' . Krystaly γ a ϵ jsou však nežádoucí, protože jsou až příliš křehké. Proto se v praxi nepoužívají mosazi s obsahem zinku vyšším než 42%.

Použití mosazí závisí především na procentu mědi a také na typech legujících prvků. Mosazi s velkým procentem mědi (okolo 90%) jsou vhodné pro: armatury, elektrotechnické součásti, dráty a náhrady zlata ve špercích. Mosazi s obsahem nižším než 70% se používají na výrobu: nábojnic, potrubí, tyčí a jiných. [15]

4.3.2. BRONZY

Bronzy jsou slitiny mědi a všech ostatních kovů, nejčastěji však cínu. [15] Ze všech možných typů bronzu (podle hlavního legujícího prvku) jsou nejčastěji používané tyto čtyři:

- Cínové bronzy
- Cínoolověné bronzy
- Hliníkové bronzy
- Olověné bronzy

Cínový bronz vyniká svou odolností proti opotřebením. Má také dobré kluzné vlastnosti a pevnost. Proto se používá na odlitky kluzných ložisek, ozubená kola, čepy a armatury. Do cínových bronzů patří také zvonovina, která obsahuje 15-20% cínu. [13]

Vlastnosti cínoolověných bronzů jsou velmi podobné cínovým, jsou však levnější. Proto se dají použít jako náhrada cínových bronzů tam, kde nevádí, že mechanické vlastnosti budou o něco horší. [13]

Hliníkové bronzy vynikají svými dobrými mechanickými vlastnostmi a odolností proti opotřebení, stejně jako odolností proti korozi. [13] S vyšším obsahem hliníku ve slitině ale roste i tvrdost a křehkost, což je důvodem proč se příliš nepoužívají slitiny s obsahem hliníku převyšujícím 12%. Především pro jejich odolnost se používají jako: ozubená a šneková kola, ložiska a součástky odolné proti slané vodě a korozi. [15]

Olověné bronzy, stejně jako cínové mají dobré kluzné vlastnosti. Většinou se používají v kombinaci s cínem, niklem a manganem kvůli omezení segregace olova. Nejčastější použití je na výrobu ložisek. [13]

4.4. HOŘČÍK

Nejdůležitější vlastností hořčíku, je jeho nízká hmotnost. Ze všech technicky významných kovů má hořčík nejnižší hustotu ($1,74 \text{ g/cm}^3$). Jeho hustota je přibližně pětkrát menší než hustota mědi a téměř poloviční než hustota hliníku. [15] Je tedy logické, že se ho používá ve slitinách, ať už jako základní prvek nebo jako legující prvek právě tehdy, kdy požadovaný výrobek má mít nízkou hmotnost. Mezi jeho nevýhody se řadí především špatná odolnost proti korozi a omezená tvárnost za studena. Hořčík se stává tvárným při teplotách nad 220°C . Veškeré jeho tvářicí operace se musejí provádět za tepla pouze s výjimkou jednoduchého ohýbání, které je přípustné i za studena. [16] Pevnost hořčíku podstatně závisí na způsobu jeho výroby. Zatímco litý hořčík má pevnost okolo 11 kg/mm^2 , tvářený hořčík má pevnost až dvojnásobnou. Poměr mezi hustotou a pevností je tedy výrazně lepší než u ocelí nebo hliníku. [15]

4.5. SLITINY HOŘČÍKU

Hořčík, jako samostatný prvek nenajde ve strojírenském oboru příliš velké uplatnění. Zato se ho však hojně používá do slitin. Většina hořčíkových slitin se zpracovává pomocí odlévání.[13] Výhodou hořčíku při odlévání je jeho nízký bod tání a dobrá slévatelnost.[15] Nejčastějším přísadovým prvkem je hliník. Také se ale často používá i zinek, mangan, křemík a měď.[16]

Hliník, jakožto nejčastější přísadový prvek se přidává pro zlepšení vlastností jak mechanických, tak i ostatních. Po přidání hliníku do hořčíkové slitiny dojde ke zlepšení pevnosti, tvrdosti, zabíhavosti a také k poklesu smrštivosti při odlévání.[16]

Zinek se většinou používá spíše v menších koncentracích (přibližně do 3 %). V malém množství zinek zlepšuje houževnatost a také pozitivně ovlivňuje pevnost a tvrdost.[16]

Mangan je důležitým přísadovým prvkem, protože zvyšuje svařitelnost a také značně zlepšuje odolnost proti korozi, což je jedna z největších nevýhod samotného hořčíku. Ve slitinách se stejně jako zinek vyskytuje v malém množství.[16]

Křemík ovlivňuje mnoho vlastností. Zlepšuje tvrdost, obrobiteľnost a mechanické vlastnosti odlitků za tepla. Jeho nevýhodou je, že podstatně zhoršuje odolnost proti korozi a také způsobuje křehkost. Z tohoto důvodu se nehodí pro tvářené slitiny. Jeho obsah ve slitině je většinou okolo jednoho procenta, nebo nižší.[16]

Velmi používanou slitinou je například typ ČSN 42 4911.70 (AZ91), což podle amerického značení ASTM označuje slitinu s 9 % hliníku a 1 % zinku. Má velmi dobrou zabíhavost, což v kombinaci s tlakovým litím umožňuje odlévat i tvarově náročné a tenkostěnné odlitky. Tato slitina má dobrou pevnost, ale průměrnou tažnost a rázovou houževnatost. V případě potřeby materiálu s vyšší tažností a rázovou houževnatostí, za cenu snížení pevnosti, lze použít například slitinu ČSN 42 4919.70 (AM60), která má nižší obsah hliníku a zinek byl nahrazen manganem (0,6 %).[13]

4.6. HLINÍK

Hliník se bezpochyby řadí mezi mladší kovy. Zatímco historie používání bronzu začíná velmi dávno, hliník se používá až 20. století.[16] Od té doby jeho užívání při výrobě velmi stouplu, zatímco cena klesala. Tehdy se totiž jednalo o velmi drahý kov.[15] Jeho velký rozvoj přišel především v období válek, kdy se začal používat při stavbě letadel. Hliník je dnes nejpoužívanějším neželezným kovem. Jeho mechanické vlastnosti jsou z konstrukčního hlediska poměrně slabé, a proto se téměř nikdy nepoužije konstrukčně jako samostatný. Jeho

vlastnosti lze sice zlepšit tvářením za studena, ale efekt zvýšení pevnosti není příliš velký. Naopak legováním lze jeho vlastnosti zlepšit podstatně více.[13]

Po získání hliníku jakožto samotného prvku je důležitým faktorem jeho čistota. Čistotou je myšlen buď procentuální obsah hliníku, nebo elektrická vodivost (u elektrotechnických součástek). Nejčistší hliníkové materiály jsou s čistotou hliníku až 99,996 %. Ty jsou ale velmi drahé, a proto uplatnění najdou pouze tam, kde se čistota opravdu projeví nejvíc, například v elektrochemickém průmyslu. Nejběžněji používaným typem je hliník s čistotou 99,5 %. Při kontrolách hliníku po získání je důležité kromě čistoty kontrolovat i přítomnost nežádoucích plynů v ingotech, které by později při zpracovávání působily potíže.[15] Pevnostní vlastnosti hliníku také závisejí na jeho čistotě a předchozím mechanickém a tepelném zpracování.[16]

Důvodem pro velmi časté používání hliníku ve slitinách je:

- Jeho malá hustota
- Dobré mechanické vlastnosti a tvárnost
- Dobrá tepelná a elektrická vodivost
- Odolnost proti korozi a chemikáliím

4.7. SLITINY HLINÍKU

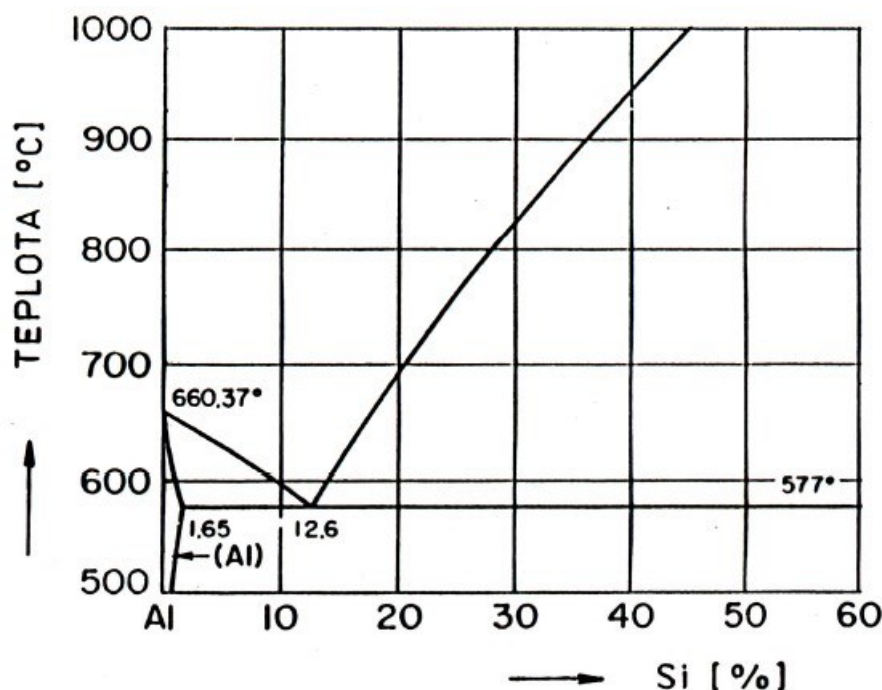
Legováním se hliníku podstatně zlepšují jeho mechanické a technologické vlastnosti. Konkrétní výsledné vlastnosti jsou pak dány množstvím a kombinací legujících prvků.[13] Mezi nejběžnější hlavní přísadové prvky patří křemík, měď a hořčík. Mezi méně časté patří mangan, zinek a nikl. Barva a hustota se přísadami příliš nezmění, což ovšem neplatí pro mechanické vlastnosti.[15]

Značení slitin hliníku se řídí mezinárodní normou a dělí se na skupiny podle hlavního legujícího prvku. [25]

- Řada 1000 – nelegovaný hliník (další číslice udávají čistotu)
- Řada 2000 – s mědí jako hlavním legujícím prvkem
- Řada 3000 – s manganem jako hlavním legujícím prvkem
- Řada 4000 – s křemíkem jako hlavním legujícím prvkem
- Řada 5000 – s hořčíkem jako hlavním legujícím prvkem
- Řada 6000 – s hořčíkem a křemíkem
- Řada 7000 – se zinkem
- Řada 8000 – s jinými legujícími prvky

4.7.1. SLITINY S KŘEMÍKEM Al-Si

Nejčastějším typem slitin hliníku pro odlévání jsou takzvané siluminy. Křemík, jakožto hlavní přísadový prvek, zde zaručuje dobrou slévateľnost.[15] Siluminy představují drtivou většinu produkce hliníkových odlitků. Přestože má křemík v hliníku jen malou oblast rozpustnosti (přibližně 1,65 % při eutektické teplotě 577° C), používané koncentrace křemíku bývají vždy vyšší a obvykle dosahují až 13 %. To je důvod, proč tyto slitiny vždy obsahují eutektikum.[13]



Obr. 13 Rovnovážný diagram Al-Si [13]

Z rovnovážného diagramu je patrné, že při koncentraci 12,6 % křemíku je slitina eutektická. Nejčastěji používaná koncentrace 13 % křemíku je tedy téměř eutektická, velmi dobře se slévá a je vhodná i pro složité a tenkostěnné odlitky. [15] Podle obsahu křemíku můžeme slitiny dále dělit na:

- Podeutektické – obsahy křemíku se pohybují mezi 7 a 11 procenty
- Eutektické – jejich strukturu tvoří čisté eutektikum
- Nadeutektické – koncentrace křemíku bývá mezi 14 a 17 procenty

Všechny typy siluminů se vyznačují velmi dobrou slévateľností, houževnatostí a odolností proti korozi. Jejich nevýhodou je odpor proti třískovému obrábění. Jako vedlejší přísadové prvky se nejčastěji používají hořčík, mangan a měď.[15]

Přestože slévateľnost je u siluminů výborná, může snadno dojít ke zhrubnutí zrna během pomalejšího ochlazování.[16] S hrubnutím zrna souvisí i zhoršování mechanických vlastností

siluminů. Tomu lze předejít buď kontrolovaným ochlazováním během lití, nebo použitím takzvaného očkování. Očkováním se rozumí přidávání malých množství látek, které zjemňují zrno. U siluminů mohou tuto funkci plnit například sodné soli ($\text{NaF} + \text{NaCl}$).[15]

4.7.2. SLITINY S MĚDÍ AL-Cu

Nejpoužívanější slitinou hliníku pro tváření je slitina s mědí, konkrétněji slitina s mědí a hořčíkem (Al-Cu-Mg), která je známá pod obchodní značkou dural. Jedná se typ slitiny, u které je nutné provést tepelné zpracování, bez kterého by její mechanické vlastnosti byly podstatně horší. Při správném postupu zušlechťování a správném chemickém složení lze dosáhnout až meze pevnosti 42 kg/mm^2 a tvrdosti až 125HB. Základním chemickým složením duralu jsou 4 % mědi, 0,6 % hořčíku a 0,5% manganu. Jestliže zvýšíme obsah hořčíku na 1,2% a manganu na 1%, dostaneme takzvaný superdural (označovaný jako Al-Cu-Mg 1). Pevnost slitiny se tím zvýší až na hodnoty okolo 50 kg/mm^2 , ovšem za cenu lehkého snížení tažnosti. Různými typy zušlechťování dosahujeme odlišných hodnot mechanických vlastností. Nejlepší mechanické vlastnosti však dostaneme po kalení a stárnutí. Dural se kalí do vody z teplot okolo 500°C . Proces stárnutí může probíhat při pokojové teplotě a trvá přibližně 5 dní, nebo je-li třeba rychlejšího stárnutí (umělého) může stárnutí probíhat i za mírně zvýšených teplot ($50\text{-}100^\circ\text{C}$). Díky tomu se doba stárnutí podstatně zkrátí.[15]

Po zdárném dokončení procesu stárnutí je slitina lehká, pevná, a přitom houževnatější než siluminy. Její velkou nevýhodou je ale slabá odolnost proti korozi, což hraje velkou roli především při použití v leteckém průmyslu. Pro zabránění oxidace se používají povlaky, které chrání duralový materiál před korozi. Nejčastěji používaným povlakem je čistý hliník, nebo slitina hliníku s malým obsahem hořčíku a manganu.[15]

4.7.3. SLITINY S HOŘČÍKEM AL-Mg

Slitiny s hořčíkem patří stejně jako duraly mezi slitiny vhodné k tváření a zušlechťování. Nicméně také patří do skupiny slitin vhodných i pro slévání.[16] Hořčík ve slitině pro tváření zvyšuje především pevnost a tvrdost. Pro dobré tváření za studena se ho používá až do obsahu 2 %. Se zvýšeným obsahem je už tvárnost za studena horší, ale kromě pevnosti se zvýší i odolnost proti korozi.[15] Přestože se u těchto slitin, stejně jako u duralů používá zušlechťování, jeho efekt není tak velký, jako v předchozím případě. Jsou dobře lešitelné, obrobitelné, svařitelné a lehké. Nicméně jejich mechanické vlastnosti z konstrukčního hlediska nedosahují stejných kvalit jako duraly. Mohou být použity v potravinářském průmyslu pro jejich chemickou nezávadnost, nebo povlaky proti korozi.[16]

4.7.4. SLITINY SE ZINKEM A HOŘČÍKEM Al-Zn-Mg

Poslední z nejdůležitějších skupin jsou slitiny hliníku se zinkem a hořčíkem. Tato slitina je ze všech ostatních slitin neželezných kovů jedna z nejnovějších. Jejím účelem je kombinovat dobré vlastnosti duralu a slitin hořčíku. U duralů, které mají velkou pevnost je totiž problém s jejich odolností proti korozi. U slitin hořčíku nastává opačný problém. Ty mají sice výbornou odolnost proti korozi, nicméně jejich pevnostní mechanické vlastnosti se řadí spíše k průměru. Skvělým, i když nákladným řešením jsou slitiny se zinkem a hořčíkem, které jsou velmi pevné, velmi lehké, ale málo tažné a vrubově houževnaté. Průběh jejich zušlechťování musí být velmi přesný, zvláště během kalení. To se provádí relativně pomalu a z nízké teploty. Tvářit se dá jak za tepla, tak i za studena a stárnutí může probíhat přirozeně i uměle.[16]

Chemické složení těchto kovů se skládá z: 5-7 % zinku, 1-3 % hořčíku a případně ostatních legujících prvků, jejichž obsah bývá pod 1 %. Mezi nejpoužívanější vedlejší přísadové prvky patří: měď, chrom, mangan a titan. Jedná se o nejpevnější typ slitin hliníku s pevností v tahu až 600MPa. Její použití je především v leteckém průmyslu na lehké a pevné díly.[15]

Do této kategorie spadá i slitina hliníku, která se používá na výrobu slaňovacích osem, ale i jiného horolezeckého vybavení. Tou konkrétní slitinou je AW7075 (AlZn5.5MgCu), která má velmi vysokou pevnost a dobrou obrobitelnost. Její nevýhodou je špatná svařitelnost a snížená odolnost proti korozi.[17]

Její přesné chemické složení se skládá z:

- Hliníku, jakožto základního prvku
- Zinku: 5,1-6,1 %
- Hořčíku: 2,1-2,9 %
- Mědi: 1,2-2 %
- Železa: méně než 0,5 %
- Křemíku: méně než 0,4 %
- Manganu: méně než 0,3 %
- Titanu: méně než 0,2 %
- Ostatních kovů

5. MOŽNOSTI VÝROBY SLAŇOVACÍ OSMY

Výroba je důležitým procesem, který ovlivňuje jak cenu výrobku, tak i jeho výsledné mechanické vlastnosti. Podle typů výroby máme tři hlavní možnosti pro způsob, jakým může být osma vyráběna.

5.1. ODLÉVÁNÍ

Odlévání je způsob výroby pomocí lití roztaveného kovu do předem připravených forem. Tento způsob výroby může sloužit buď k výrobě polotovarů, nebo i požadovaných výrobků. Forma má tvar negativu výsledného tvaru a může být z různých typů materiálů. Výsledek odlévací operace se nazývá odlitek. Ve většině případů neodléváme čisté kovy, nýbrž slitiny, které mají lepší mechanické vlastnosti a slévateľnost. Konkrétní vlastnosti se liší podle typu a obsahu hlavních a vedlejších prvků ve slitině. Při odlévání musíme brát v potaz mnoho faktorů a vlastností slitin, které ovlivňují průběh a výsledek odlévání.[14]

5.1.1. TAVITELNOST MATERIÁLU

Je schopnost materiálu dobře, nebo obtížně přecházet z tuhého stavu do kapalného. Jestliže je snadné pro materiál tento stav měnit, pak je tavitelnost dobrá. Mezi faktory, které ovlivňují tavitelnost patří zejména měrné skupenské teplo tání a teplota tavení, která se zpravidla snižuje s obsahem legujících prvků.[14]

Celková spotřeba tepla je vyjádřena vzorcem:

$$Q = m \cdot c_s \cdot (t_L - 293) + m \cdot L_{1,2} + m \cdot c'_s \cdot (t_p - t_L) \quad (2)$$

Q – teplo [J]

m – hmotnost slitiny [kg]

c_s – měrná tepelná kapacita v tuhém stavu [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

c'_s – měrná tepelná kapacita v kapalném stavu [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

t_L – teplota likvidu [K]

t_p – teplota přehřátí taveniny [K]

$L_{1,2}$ – měrné skupenské teplo tání [$J \cdot kg^{-1}$]

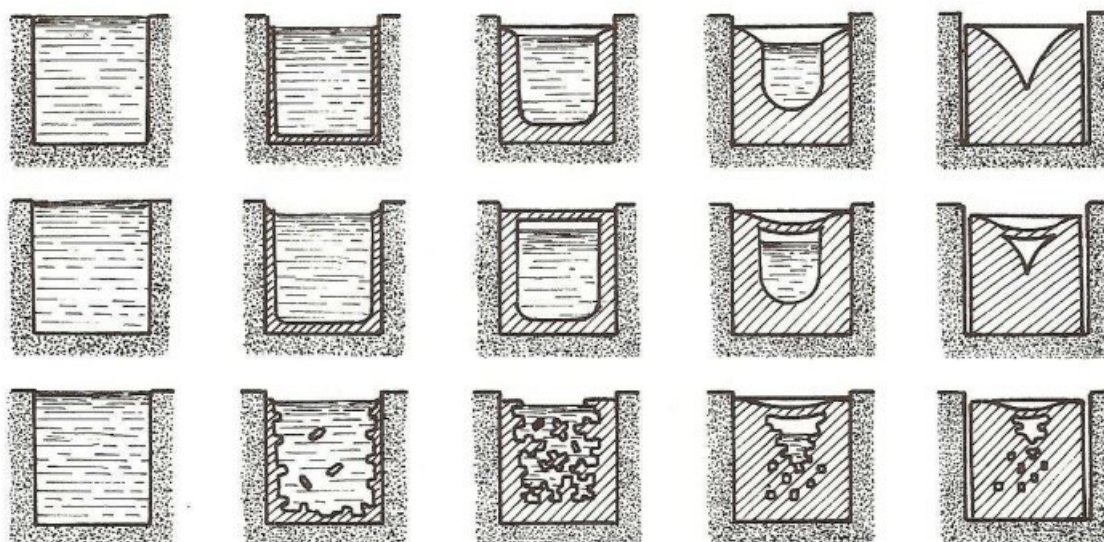
5.1.2. ZABÍHAVOST

Velmi důležitou vlastností slitiny je zabíhavost materiálu. Jedná se o schopnost dobře téct a vyplnit veškeré mezery a malé spáry ve formě. Tato vlastnost je důležitá zejména pro tvarově složitě, nebo tenkostěnné odlitky. Největší roli zde hraje viskozita, protože zpomaluje tok taveniny a zabraňuje dobrému vyplnění formy. U materiálů s vyšší viskozitou je zapotřebí delšího času pro řádné vyplnění formy. Vše také velmi úzce souvisí s teplotou. Při vyšších teplotách tekutost roste. S tím ale zároveň roste možný obsah plynů

ve slitině, který je vždy nežádoucí. Pro určení zabíhavosti daného materiálu se nejčastěji používá zkouška lití do Curyho spirály. Roztavený kov, či slitina se nalije do formy ve tvaru spirály a během tuhnutí vyplňuje tvar formy. Čím větší má materiál schopnost zabíhavosti, tím dál se ve spirále dostal.[14,19]

5.1.3. TVORBA STAŽENIN

Takzvané staženiny se v odlitku objevují v důsledku tepelné roztažnosti. Jestliže se slitina nalije do formy velmi horká, pak v důsledku chladnutí se smršťuje. Během tohoto smršťování mohou v odlitku vzniknout dutiny, které nazýváme staženiny. Smršťování se dá kompenzovat zvětšením formy o předpokládané procento smrštění, které se u slitin hliníku pohybuje mezi 1,2-1,6%. Vzniku staženin se předchází používáním nálitků. Nálitky jsou přidané objemy materiálu, které se po vychladnutí odlitku odstraní. Jejich primárním účelem je udržovat v sobě teplo, aby zbytek kovu ve formě mohl chladnout dobře a bez staženin. [14,19]



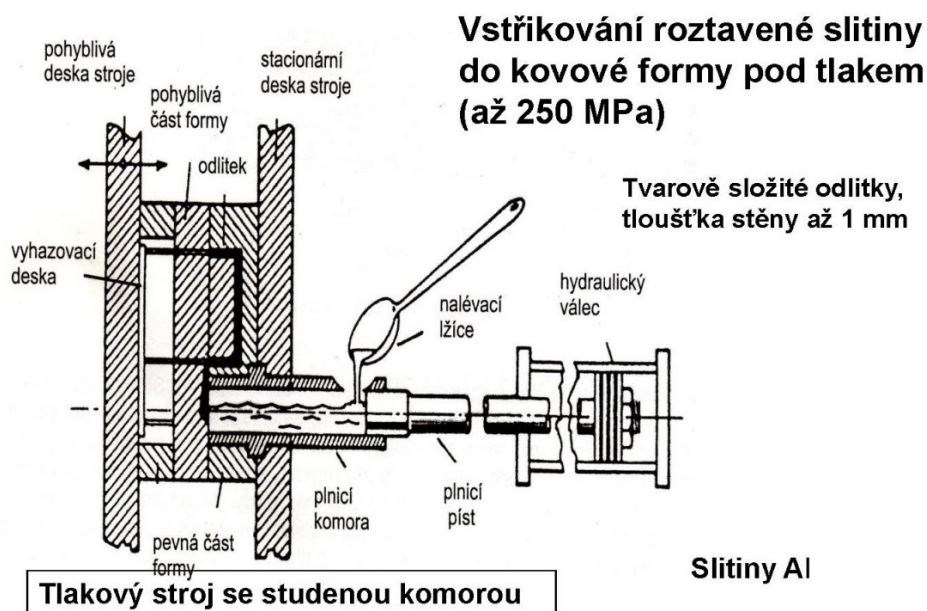
Obr. 14 Tvorba staženin [24]

5.1.4. POSTUP PŘI VÝROBĚ ODLITKU

Způsobů odlévání je mnoho druhů a závisí především na druhu odlévané slitiny a vyráběném počtu kusů. Nejjednodušším způsobem odlévání je lití do pískové formy. Pro větší počet kusů se používá například gravitační lití do kovových forem, odstředivé lití, metoda spalitelného modelu a jiné. Při výrobě je nejprve ze všeho nutné zhotovit model na základě požadavků od zákazníka. Model může být ze dřeva, kovu, ale i plastu a jiných. V modelu se snažíme předejít ostrým hranám a plochám, které by se špatně odlévaly. Proto

se používají zaoblení a slévárenské úkosy. Dalším krokem je výroba formy. Při lití do pískových forem je materiálem formy černý křemičitý písek a přidaná pojiva. [14,20]

Pro hromadnější výrobu se však více hodí skořepinové lití, nebo lití do kovových forem (kokil), jelikož umožňují opakované odlévání. Počáteční cena formy je sice vysoká, ale pro větší počet vyráběných kusů se vyplácí. Životnost těchto forem závisí na materiálu formy, odlévaném materiálu a složitosti odlévaného tvaru. Jako materiál kokil bývá většinou použita šedá litina pro svůj malý koeficient tepelné roztažnosti a s tím spojenou rozměrovou přesností i během ohřevu a chladnutí. Vyšší rozměrová přesnost kovové formy oproti pískové se odrazí i na vyšší rozměrové přesnosti odlitku. Teplota při odlévání hliníkových slitin se pohybuje od 150° do 200° C. [14,21]



Obr. 15 Schéma tlakového lití [28]

Přestože odlévání je velmi častou a dobrou metodou výroby, jako způsob výroby slaňovací osmy není příliš vhodný. Odlitky totiž kvůli své krystalické struktuře nevynikají příliš svými mechanickými vlastnostmi, jako například tvářené součásti. Výhodou by sice byla rychlá produkce (při odlévání do pevných forem), ale při mechanických vlastnostech získanými odléváním by nebylo možné použít osmu v praxi [14]

5.2. TVÁŘENÍ

Tváření je postup, při kterém na těleso působí síla, která jej dokáže deformovat a tím měnit jeho tvar, bez porušení celistvosti a bez vzniku trhlin. Tváření je častým a velmi důležitým typem technologické operace, protože kromě tvaru mění i výsledné vlastnosti. Důvodem jeho

používání není tedy jen účel měnit tvar součásti, ale především i dosáhnout zpevnění výsledného výrobku. Na velikost zpevnění, které proběhne má vliv především teplota, za které tváření probíhá. Největších účinků zpevnění dosáhneme spíše při nižších teplotách než vyšších. Nejčastějším typem rozdělení tváření je podle teplot na tváření za studena a za tepla.[14]

5.2.1. TVÁŘENÍ ZA STUDENA

Tvářením za studena se myslí každé tváření, které při průběhu nepřekročí teplotu rekrytalizace materiálu. Nemusí tedy nutně jít o tváření při pokojové teplotě, protože tuto teplotu má každý kov jinak vysokou. Výhodou tváření za studena je přesnější výroba, vysoká výsledná pevnost a čistota. Nevýhodou je vyšší spotřeba energie a nutnost použití větších tvářících sil.[14,22]

5.2.2. TVÁŘENÍ ZA TEPLA

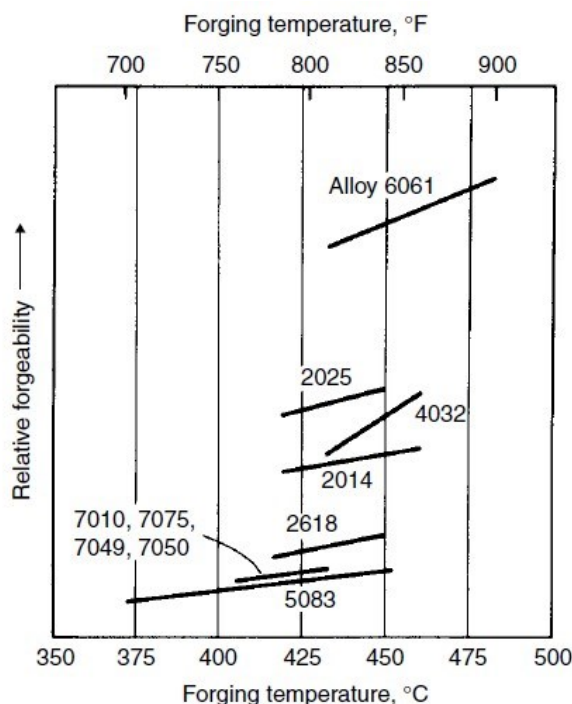
Tváření za tepla probíhá nad teplotou rekrytalizace. Díky tomu je celý materiál mnohem tvárnější a dovoluje použít menší síly. Vyšší teploty s sebou ovšem nesou jisté ztráty materiálu, kvůli oxidaci a také méně přesnější dosahované rozměry. Tváření můžeme také rozlišovat podle efektu na plošné a objemové, nebo podle tvářecí síly na statické a dynamické. [14,22]

Samotných typů tváření je mnoho. Mezi nejčastější ale patří například válcování, kování, ohýbání a tažení. Celý efekt zpevnění závisí nejvíce na velikosti a orientaci zrn. Při ohýbání, nebo jiném typu plastické deformace působí na těleso jistá síla. Nosičem těchto deformačních sil jsou vady krystalických mřížek nazývané dislokace. Ty mohou nést deformační sílu, ale pouze v rámci svých zrn. Jestli jsou tedy zrna velká, mají pak dislokace větší prostor pro nesení sil. Při tváření (například válcování) dochází ke zjemnění, protažení, usměrnění zrn a formování vláken, což má za následek omezení pohybu dislokací a tím i zmiňované zpevnění, ale i snížení tepelné a elektrické vodivosti.[14,22]

5.2.3. OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ PRO VÝROBU SLAŇOVACÍ OSMY

I když je mnoho způsobů objemového tváření, nejvhodnějším způsobem pro výrobu slaňovací osmy je objemové tváření kování, protože tento způsob výroby je dobrý na výrobu výdržných dílů, které později budou během provozu náročně namáhané. Jako polotovary se používají lité ingoty, které ale mohou obsahovat bubliny a jiné vady, a nemohly by tedy být použity jako výstupní materiál. Tváření ingotů za tepla odstraňuje tyto vady a zlepšuje pevnost především ve směru vláken. Slitiny hliníku jsou v porovnání například se slitinami niklu a kobaltu více kujné a jejich kujnost se zvedá s teplotou. Pro slitiny hliníku se kovací teploty odvíjí i od přesného složení slitiny. Pro slitinu hliníku 7075 se kovací teploty pohybují mezi 380-440°C.

a z obrázku 16 je patrné, že zde se kujnost zvedá pouze mírně, na rozdíl například od slitiny hliníku 6061, nebo 4032. [14,18,22]



Obr. 16 Kujnost hliníkových slitin v závislosti na teplotě [18]

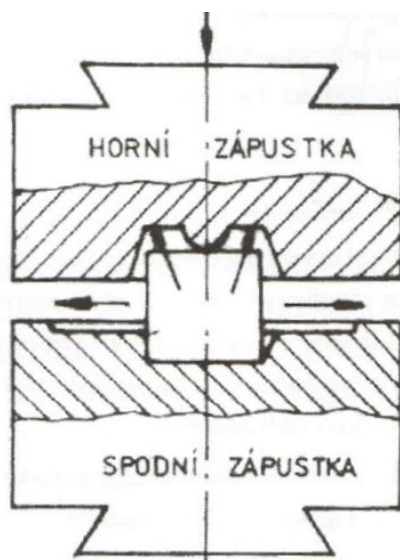
Kování se podle způsobu kování rozděluje na dva základní typy, a to kování volné a kování zápustkové. Jestliže tvářicí síla není dynamická ale statická, pak hovoříme o takzvaném lisování. Výhodou lisování je především velmi snížená hlučnost oproti kování. [14]

5.2.3.1. VOLNÉ KOVÁNÍ

Volné kování je typem, kdy je materiál tvářen dynamickými silami (většinou kladivem, nebo bucharem) a tvářená součást nemá omezený pohyb svého tváření. To znamená, že se tvaruje podle směru a velikosti kovací síly působící na kovačlinu. Nejznámějším představitelem tohoto typu je ruční volné kování, které vyžaduje zkušenosti a sílu kovářů na dobrý průběh tváření. Volné kování se používá i při výrobě hliníkových slitin, a to především při malosériové a kusové výrobě, kdy drahá zápustková forma by byla ekonomicky velmi nevýhodná. Strojní volné kování za použití bucharů využívá vyšší tvářicí síly a tím umožňuje kovat i objemnější části. Volné kování je podstatně levnější variantou, protože nepotřebuje drahou kovací formu (zápustku). Nevýhodou je nepřesnost výroby a s tím i spojené nutné přídatky materiálů na pozdější dokončování. [18,14]

5.2.3.2. ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ

Při zápusťkovém kování se rozžhavený kov vloží do připravené zápusťkové formy a pomocí tvářících sil je kován do tvaru vnitřku zápusťky. Zápusťkové kování umožňuje výrobu i tvarově složitějších součástí a představuje většinu produkce hliníkových slitin kováním. Díky pevnému rozměru zápusťky jsou výsledné výkovky pevnější a tvarově daleko přesnější než výkovky kované volně. Zápusťka je v jistých ohledech podobná lící formě. Má horní a dolní část, které po dosednutí na sebe musí dobře pasovat. Jestliže nepasují, pak vznikne přesazený výkovek. Z důvodů oxidace, tepelné roztažnosti a jiných faktorů nelze přesně kontrolovat objem materiálu nutný pro zhotovení výkovku. Proto se do zápusťky vždy dá více materiálu, než je zapotřebí. Přebytný materiál (výronek) je vytlačen do připravených dutin v zápusťce, umístěných v dělicí rovině. Výronek je nadbytečnou částí, a proto se po dokončení kovacího procesu odstraní. [18,14,22]



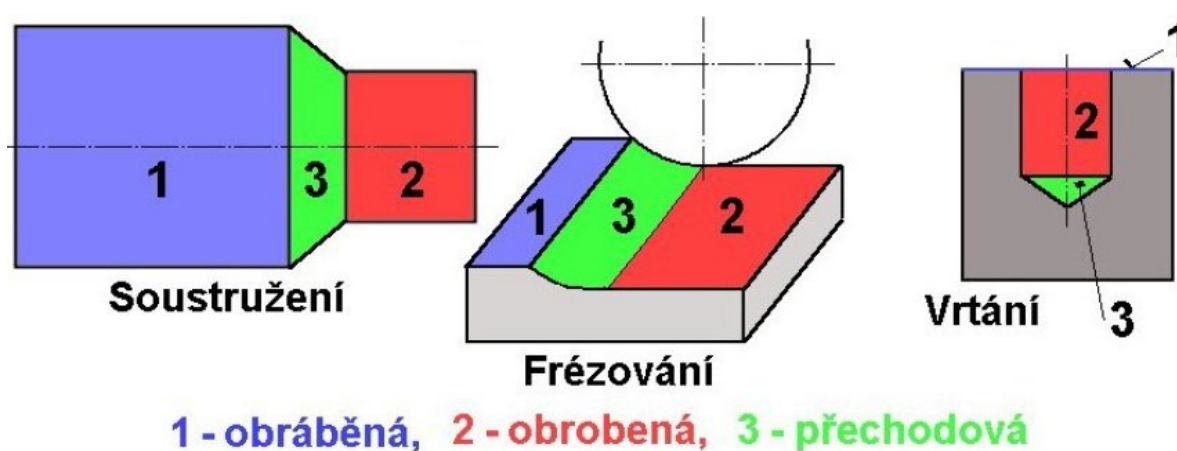
Obr. 17 Zápusťkové kování [14]

Protože zhotovení zápusťky je značně nákladnou záležitostí, používá se při hromadných a velkosériových výrobách, kdy rychlejší výroba, přesnější rozměry a ušetřený materiál převáží náklady na výrobu zápusťkové formy. Vzhledem k tomu, že slaňovací osma patří k hromadně vyráběným výrobkům, je zápusťkové kování vhodnou metodou pro její produkci. Zápusťkové kování, jakožto způsob tváření za tepla také zvýší pevnost a výdrž výsledného výrobku. Nevýhodou je zde vznik okují a ovlivnění povrchu. To se však dá kompenzovat technologickými přídatky a použitím operace omílání pro vyhlazení povrchu. [14,22]

5.3. OBRÁBĚNÍ

Obrábění je historicky dlouho používanou metodou. Jde o technologický proces, kdy dochází k úběru materiálu pomocí řezných nástrojů, či jiným způsobem a tím se získává výsledný tvar. K úběru materiálu dochází díky pohybu mezi obráběným dílem (obrobkem) a nástrojem. Nástroje mají různé tvary podle typu obrábění a konkrétní prováděné operace. Při obrábění rozlišujeme na obrobku tři základní typy ploch. [14,23]

- Obráběná plocha – plocha na obrobku, která se obrábí, nebo obrábět bude
- Obrobená plocha – plocha, která vznikla působením a pohybem nástroje
- Přechodová plocha – plocha na obrobku, kterou nástroj právě tvoří obráběním

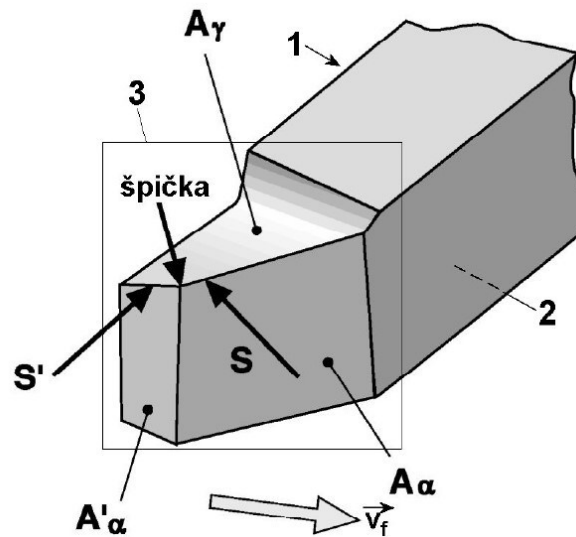


Obr. 18 Plochy na obrobku [23]

Díky vzájemnému pohybu mezi nástrojem a obrobkem dochází k postupnému odstraňování určité vrstvy materiálu, kterou nazýváme tříška. Velikost a typ třísky závisí na tvaru nástroje, obráběném materiálu a rychlosti obrábění. Metody obrábění se dají rozdělit na konvenční, nekonvenční a abrazivní. [14]

5.3.1. KONVENČNÍ OBRÁBĚNÍ

Konvenční obrábění je nejznámějším a nejpoužívanějším druhem obrábění. Odebírání třísky je způsobeno mechanickým působením nástroje na obrobek. Nástroj se skládá z několika základních částí a jeho tvar je definován úhly mezi nimi. Samotný nástroj může být zhotoven buď jako celek, nebo s vyměnitelnými břitovými destičkami. [14,23]



Obr. 19 Plochy a části nástroje [23]

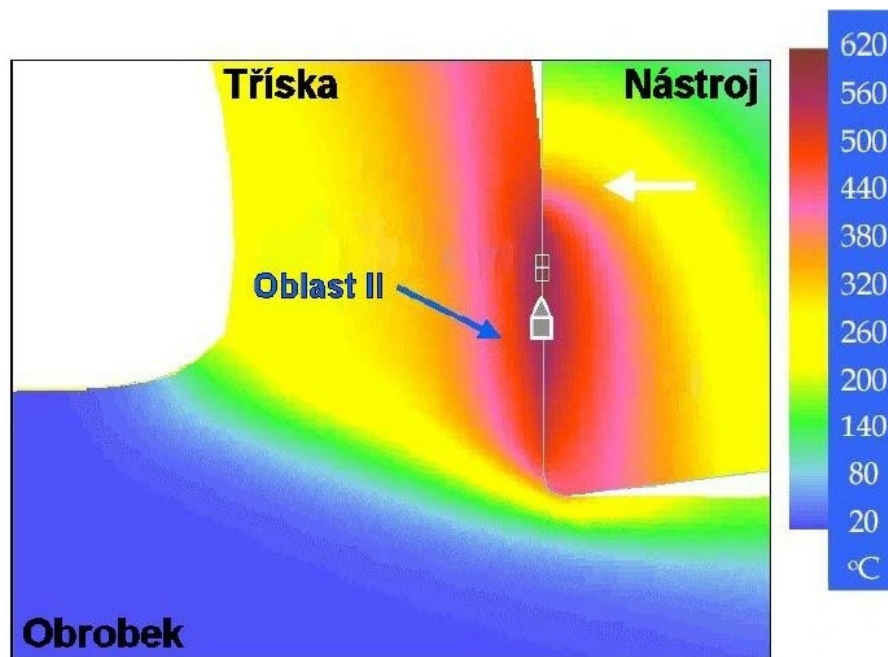
- 1 – Upínací plocha
- 2 – Ustavovací plocha
- 3 – Hlava nástroje
- S – Hlavní ostří
- S' – Vedlejší ostří
- $A\alpha$ – Plocha Hřbetu
- $A'\alpha$ – Plocha vedlejšího hřbetu
- $A\gamma$ – Plocha čela
- V_f – Posuvová rychlost

Během procesu obrábění můžeme síly, rychlosti a pohyby rozdělit do několika základních složek. U pohybů mluvíme o takzvaném hlavním a vedlejším řezném pohybu. Hlavní pohyb je takový pohyb, který umožňuje odebrání třísky a pro jeho uskutečnění je zapotřebí převážná část výkonu stroje. Vedlejší pohyb umožňuje, aby tříska mohla být odebrána souvisle a plynule. U sil nejčastěji rozlišujeme řeznou sílu a posuvovou sílu. Řezná síla je vyvozena působením nástroje na obrobek a vždy musí překonat řezný odpor, který obrobek klade proti obrábění. [14]

5.3.1.1. SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je typ obrábění, kde hlavní řezný pohyb koná obrobek svou rotací a vedlejší řezný pohyb nástroj. Jedná se o jednu z nejrozšířenějších výrobních technologií. Slouží pro výrobu rotačních součástí. Stroje používané na soustružení se nazývají soustruhy a jejich různé druhy závisí na účelu jejich používání (klasické, revolverové, svislé...). Soustružení se dá provádět ručně na soustruzích, ale i na automatizovaných CNC (computer numeric control) strojích. Na soustruzích lze provádět velkou škálu operací. Mezi nejpoužívanější se řadí: Ubírání, tvorba

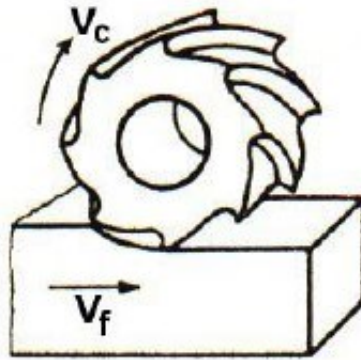
zápichů, vrtání, tvorba závitů, tvorba kuželových ploch a jiné. Na každý typ operace je však nutno použít také jiný druh nástroje (u soustružení nazývané nože). Geometrie každého nástroje musí být konstruována tak, aby co nejlépe odpovídala jeho požadované funkci, a také aby správně odváděla třísku. Během soustružení totiž vzniká, v důsledku působení mechanických sil, velké teplo, které se koncentruje na špičce nože, nebo kousek od něj. Ideálním stavem je, když co nejvíce tepla odvede právě tříška, protože pak nedochází k tak velkému zahřívání nože a jeho opotřebení. Velikost vzniklého tepla závisí na velikosti odebírané třísky, rychlosti posuvu a velikosti řezných sil. [14,23]



Obr. 20 Teploty při soustružení [23]

5.3.1.2. FRÉZOVÁNÍ

Frézování je způsob obrábění, kdy třísku stejně jako u soustružení odebírá nástroj. Nástrojem zde však není nůž, nýbrž fréza, která odebírá třísku každým svým zubem. Hlavní řezný pohyb zde vykonává fréza, která rotuje kolem své osy. Pohon celého frézování zajišťuje frézovací stroj (frézka). Frézováním se dají tvořit rovinné plochy i tvarové plochy. Osa rotace frézy může být buď kolmá na obráběnou plochu, v takovém případě se jedná o frézování čelní, nebo může být osa rotace rovnoběžná s obráběnou plochou. V tom případě hovoříme o frézování válcovém. [14]



Obr. 21 Schéma válcového frézování [23]

5.3.2. NEKONVENČNÍ OBRÁBĚNÍ

Nekonvenční metody obrábění jsou relativně mladou skupinou. Princip jejich funkce je založen na jiných metodách než mechanickém úběru třísky, například elektrickým, tepelným či chemickým působením. Používají se především u materiálů a tvarů, které se nadají obrobit klasickými způsoby vůbec, nebo jen velmi obtížně. [14]

5.3.2.1. ELEKTROEROZIVNÍ OBRÁBĚNÍ

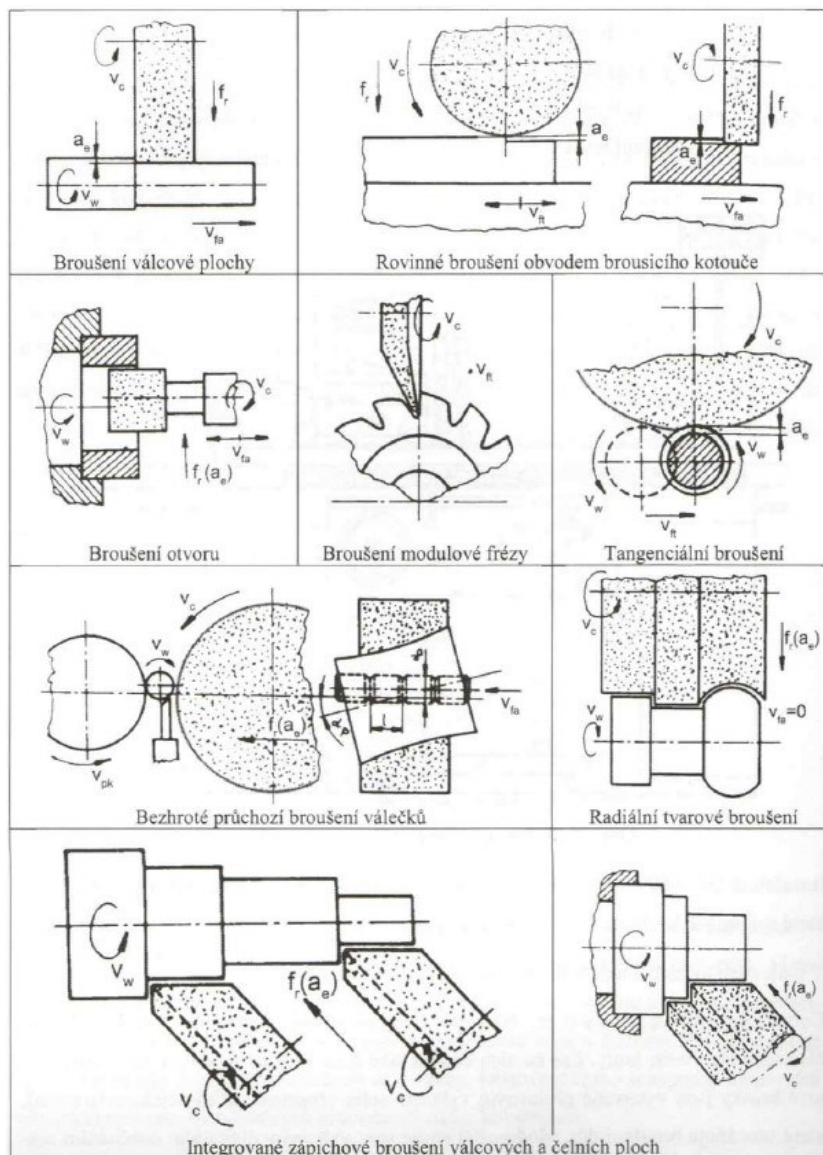
Nejčastěji používanou metodou nekonvenčního obrábění je elektroerozivní obrábění. Díky proudu elektrické energie dojde při kontaktu nástroje a obrobku k malým výbojům, které odebírají malé částičky z povrchu obrobku. Tyto vyjiskřené částičky jsou následně odplaveny pryč proudem elektrolytu. Elektroerozivní obrábění můžeme rozdělit na dva základní typy. Při prvním typu dochází k výbojům neustálým pohybem drátu, který vyřezává požadovaný tvar. Při druhém typu má nástroj přesný požadovaný tvar, který při postupném zanořování vyrábí například otvor. Velkou výhodou je možnost obrábění složitých tvarů, malých a jemných otvorů a tvrdých a těžko obrobitelných materiálů. [14]

5.3.3. ABRAZIVNÍ OBRÁBĚNÍ

Do této skupiny se řadí především jemné dokončovací metody. Při těchto způsobech se nepoužívají nástroje s přesně danou geometrií, ale abraziva, která mohou být spojena pojivem. Abrazivo se vyskytuje v malých zrncích a může být spojeno do tvaru kotoučů, pásků, nebo může být použito volně. Předními zástupci těchto dokončovacích operací jsou: broušení, lapování, honování, superfinišování, leštění a omílání. [14]

5.3.3.1. BROUŠENÍ

Je nejčastěji používanou dokončovací metodou. Hlavní řezný pohyb vykonává brusné zrno spojené pojivem nejčastěji do kotouče. Každé zrno v kotouči je břitem, který odebrává materiál po velmi malých třískách. Během broušení se používají podstatně vyšší řezné rychlosti než u jiných typů třískového obrábění. Typů abraziva je mnoho. Nejčastěji se používá karbid křemíku a korun, ale pro velmi tvrdé materiály je zapotřebí použít buď diamant, nebo kubický nitrid bóru. [14]



Obr. 22 Příklady broušení [14]

Obrábění může být také vhodnou metodou, ale především pro jednotlivé kusy, nebo prototypy. Obráběním totiž nedojde ke zpevnění struktury, jako u objemového tváření a při hromadnější výrobě by šlo o velmi nákladný způsob. [14,23]

6. PROTOTYPY

Tvorba prototypů je důležitou součástí moderních výrobních procesů. Jejím účelem je zrychlování, zlevnění a ověřování výroby. Cena výroby prototypu je totiž daleko menší, než zavedení celé výroby a následné testování. Po výrobě prototypu se dají provádět vizuální kontroly, testování vlastností a následné vyvozování závěrů. [26]

6.1. VÝROBA PROTOTYPŮ ADITIVNÍ TECHNOLOGIÍ

Aditivní technologie výroby neboli 3D tisk je dnes velmi často používanou metodou. Jde o proces, kdy z CAD modelu vytváří 3D tiskárna fyzický předmět. Na rozdíl od metod obrábění, kdy tvar vzniká úběrem materiálu, u 3D tisku se tvar vytváří postupným nanášením materiálu po vrstvách. Postup výroby je tedy nejprve vymodelování požadovaného tvaru v některém 3D CAD programu, následně rozdělení tvaru na jednotlivé vrstvy, a nakonec export příkazů pro 3D tiskárnu (G-kód). Druhů 3D tisku je mnoho a liší se i podle druhu tisknutého materiálu. Nejčastěji se jedná o plasty, nebo kov. Mezi nejčastější metody patří takzvané metody FDM (Fused Deposition Modeling), SLS (Selective Laser Sintering), DMLS (Direct Metal Laser Sintering), SHS a jiné. [27]

6.1.1. FDM

FDM je dnes nepoužívanější metodou 3D tisku zejména díky své jednoduchosti a dostupnosti. Materiál se ve formě struny přivede do tiskové hlavy, kde se nataví nahřátou hlavou a pokládá se v jemných vrstvách do tvaru výrobku. Materiálem jsou nejčastěji polymery typu ABS, PLA, PC, ale mohou být i s příměsí dřeva či kovů. [27]

6.1.2. SLS

Metoda SLS využívá zaměřeného laserového paprsku, který svým teplem taví a spéká materiál, kterým je zde jemný prášek. Jakmile je hotová vrstva, nanese se další vrstva materiálového prášku a proces se opakuje. Cena 3D tiskárny je několikanásobně vyšší než u předchozí metody. [27]

6.1.3. DMLS

Již podle názvu je patrné, že tato metoda slouží k 3D tisku kovových součástí, které se případně dají dále zpracovávat. Princip funkce je velmi podobný metodě SLS. I zde je materiál ve formě prášku a je spékán laserem. Ke spékání kovového prášku je však zapotřebí výrazně vyššího výkonu laseru, než například ke spékání plastů či keramiky. Spékání probíhá v plynné ochranné atmosféře. Metodou DMLS lze tisknout z materiálů jako: ocel, bronz, ale i titan. [27]

7. SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V první části tato bakalářská práce představila koncept svaňovacích osem, jejich účel, typy a způsoby použití. V další části se zabývala druhy materiálů vhodných pro výrobu, jejich výhody a nevýhody. Z této části je patrné, že nejlépe se pro výrobu hodí lehké nezelezné kovy a jejich slitiny, zejména slitiny hliníku. Dále bakalářská práce popisuje druhy výroby, které by teoreticky bylo možné použít, jejich pozitiva a negativa. V poslední části je popsán účel a funkce prototypů a možné způsoby jejich výroby. Přehledné shrnutí materiálů a způsobů výroby je znázorněno v tabulce 1.

Tabulka 1 Shrnutí materiálů a možností výroby

DRUH MATERIÁLU	VÝHODY	NEVÝHODY	MOŽNOSTI VÝROBY	ZHODNOCENÍ
Slitiny mědi	Dobrá tepelná a elektrická vodivost, kluzné vlastnosti a odolnost proti opotřebení	Velká měrná hmotnost a špatné mechanické vlastnosti	Odlévání, obrábění	Měď se pro výrobu svaňovací osmy hodí pouze jako legující prvek ve slitině
Slitiny hořčíku	Nízká měrná hmotnost, dobrá slévatelnost	Malá pevnost, nízká tvárnost	Zejména odlévání	Hořčík je také vhodný spíše jako legující prvek, protože přidává do slitiny lehkost
Slitiny hliníku	Nízká měrná hmotnost, zlepšování vlastností legujícími prvky	Nízká tažnost a vrubová houževnatost, pro dobré mechanické vlastnosti je nutné zušlechťování	Tváření, odlévání	Slitiny hliníku jsou nejvhodnější skupinou pro výrobu, především pro svou lehkost a pevnost

II. PRAKTICKÁ ČÁST

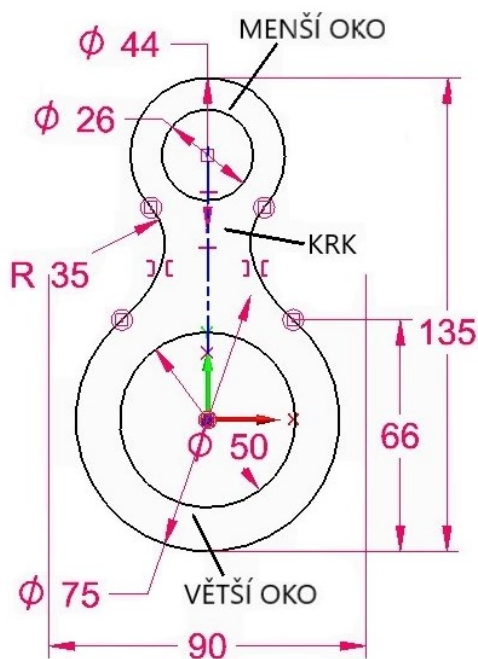
8. CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

V praktické části je nejprve navrhnut a zkonstruován tvar slaňovací osmy, aby se následně mohl zvolit vhodný typ technologie výroby. Po navržení možné technologie je porovnávána s jinými a je spočítána její cena s ohledem na počet vyráběných kusů. Posledním krokem je vytvoření programu pro CNC obráběcí centrum a FEM analýza frézovaného prototypu. Pro návrh a konstrukci byl použit program Siemens Solid Edge a pro tvorbu CNC programu a FEM analýzy program Siemens NX. Tyto programy byly vybrány pro svou vzájemnou kompatibilitu, přátelské prostředí a intuitivní ovládání.

9. NÁVRH A KONSTRUKCE OSMY

Veškeré rozměry a tvary se řídí především podle lana. Každé lano má dvě části – jádro a oplet. Na obojí se dnes používají vlákna polyamidu. Pro návrhy horolezeckého vybavení je nejdůležitějším faktorem tloušťka lana. Tloušťky se liší podle různých účelů a míst použití, a pohybují se od 8mm do 12 mm. Obě oka tedy musí mít vnitřní rozměr nejméně 25 mm. Dalším kritériem, které musí být dodrženo je dynamická únosnost osmy na tah. Ta je stanovena Mezinárodní horolezeckou federací (UIAA) pro většinu horolezeckého vybavení na 20 kN. Nosnost karabin se pohybuje okolo 25 kN a nosnost slaňovacích osem bývá okolo 30 až 35 kN, což odpovídá hmotnosti 3,5 tuny. Z těchto hodnot jasně vyplývá, že veškeré normy se předepisují s velkou rezervou.

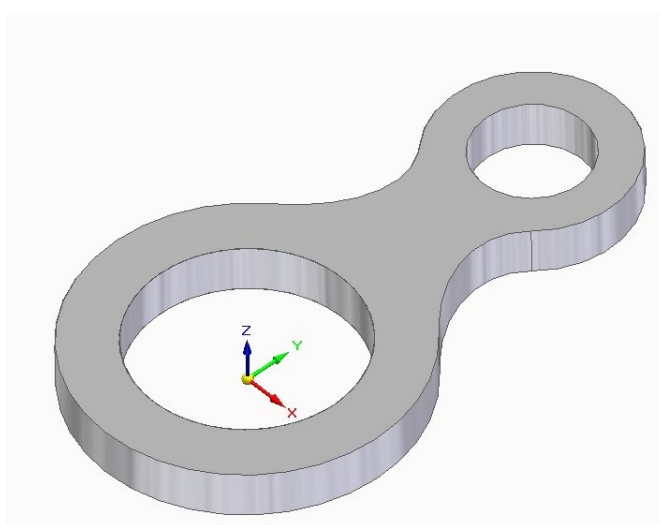
Základní návrh rozměrů byl převzatý z nejčastěji používaných slaňovacích osem. Byly však provedeny změny v tloušťce stěny u většího oka, a také především v oblasti „krku“ slaňovací osmy. V této oblasti došlo jak ke změně rozměrů, tak i samotného tvaru.



Obr. 23 Skica pro výrobek

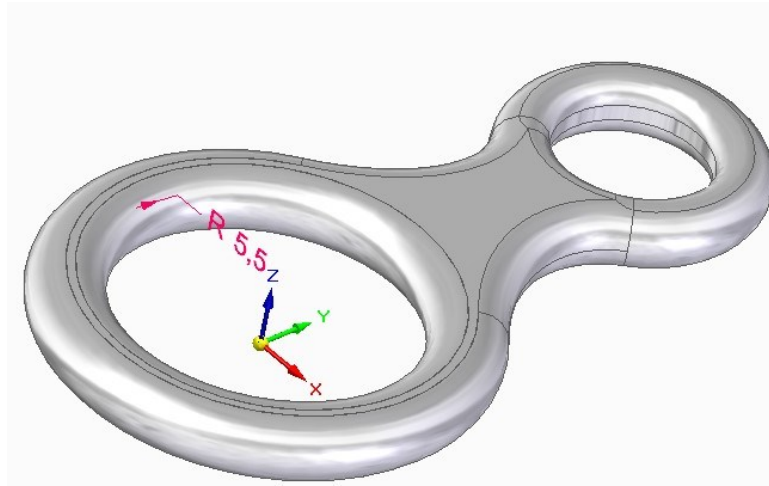
Tvar „krku“ osmy je modelován tak, aby dobře vedl prameny lana a zároveň byl dost pevný. Hlavní způsob namáhání osmy je totiž formou tahu, a to nejvíce v oblasti stěn u menšího oka a „krku“. Stěny oka většího byly mírně ztenčeny, protože napětí v této oblasti není tolik kritické.

Následným krokem bylo vytažení skici. Výška osmy bývá obvykle lehce větší než šířka lana. Většinou se rozměry pohybují mezi 9-13 mm. Zvolená výška vytažení je 11 mm



Obr. 24 Vytažený model

Ostré hrany byly na výrobku velmi nežádoucí, a to především kvůli lanu, které by značně poškozovaly. Z tohoto důvodu je tedy nutné zaoblení, a to tak velké, jak to jde. Pro model o výšce 11 mm je to tedy zaoblení R 5,5 mm.



Obr. 25 Zaoblení modelu

10. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Pro výrobu tohoto modelu jsou vhodné dva typy technologie. Pro malý počet kusů je vhodnou technologií výroby obrábění na CNC stroji. Pro hromadnější výrobu je nejlepší volbou zápusťkové kování. Počet vyráběných kusů musí být ovšem natolik velký, aby převážil počáteční náklady na výrobu zápusťky. Jelikož se tato bakalářská práce zabývá výrobou pouze jednoho kusu, je daleko levnější, a tudíž i správnou volbou výroba na CNC frézovacím stroji. Vzhledem k tvaru, a především zaoblením na stranách, by bylo nutné frézovat osmu nejméně na tři upnutí. Velmi výhodným zjednodušením výroby je použití 5-ti osé CNC frézky. Ta nám díky možnosti natáčení obrobku v průběhu obrábění dovoluje vyrobit osmu na pouze jedno upnutí.

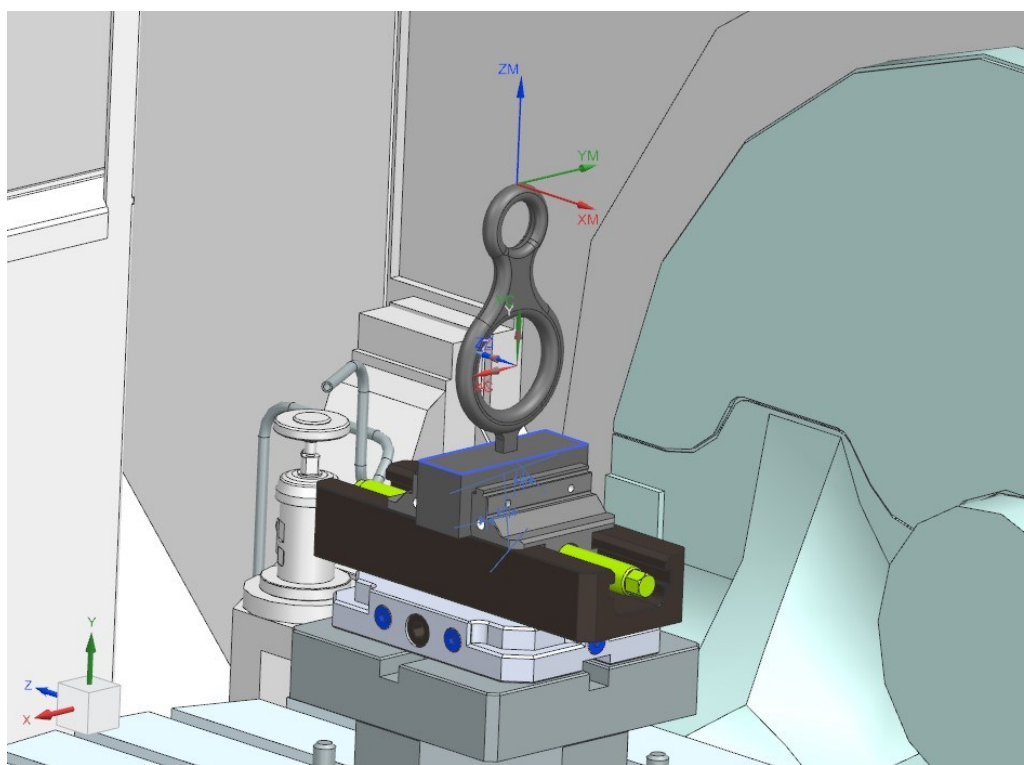
11. TVORBA FRÉZOVACÍHO PROGRAMU

Pro tvorbu frézovacího programu bylo použito programu NX od společnosti Siemens. Do tohoto programu byl následně nahrán jak model sřaňovací osmy, tak databáze dostupných nástrojů, jakož i model CNC stroje, který byl později použit. Jedná se o CNC stroj DMU 50 od společnosti DMG MORI, který díky svému naklápěcímu stolu dokáže obrábět v různých osách i tvarově velmi složité obrobky.

Tabulka 2 Technické parametry CNC frézovacího centra

Maximální pojezd v ose X	650 mm
Maximální pojezd v ose Y	520 mm
Maximální pojezd v ose Z	475 mm
Maximální průměr obrobku	630 mm
Maximální výška obrobku	600 mm
Maximální hmotnost obrobku	300 kg
Možný počet nástrojů v zásobníku	30 nástrojů
Maximální použitelné otáčky	20 000 ot/min

Z konstrukčních důvodů musel být k velkému oku osmy přidán můstek, za který osma drží v průběhu operací a je odstraněn až jako poslední.



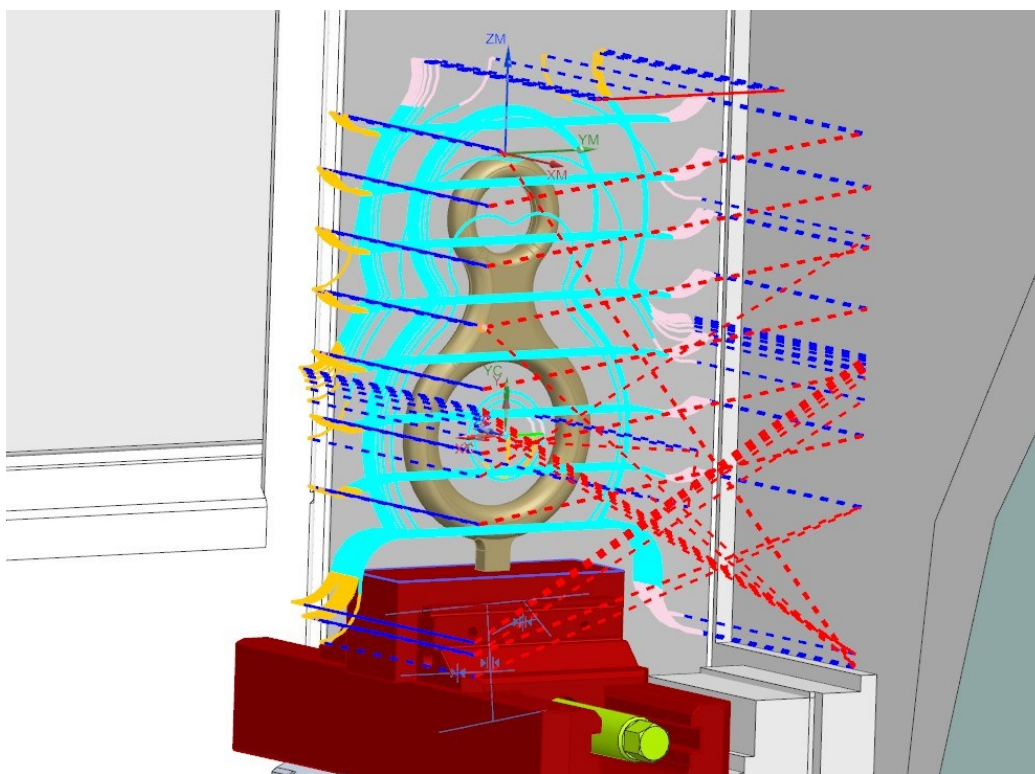
Obr. 26 Osma s můstkem ve stroji

Nulový bod byl umístěn na vrchol malého oka. Frézovací operace se vždy prováděly symetricky nejprve z vrchní a poté ze spodní strany. Celkově byly použity 4 nástroje.

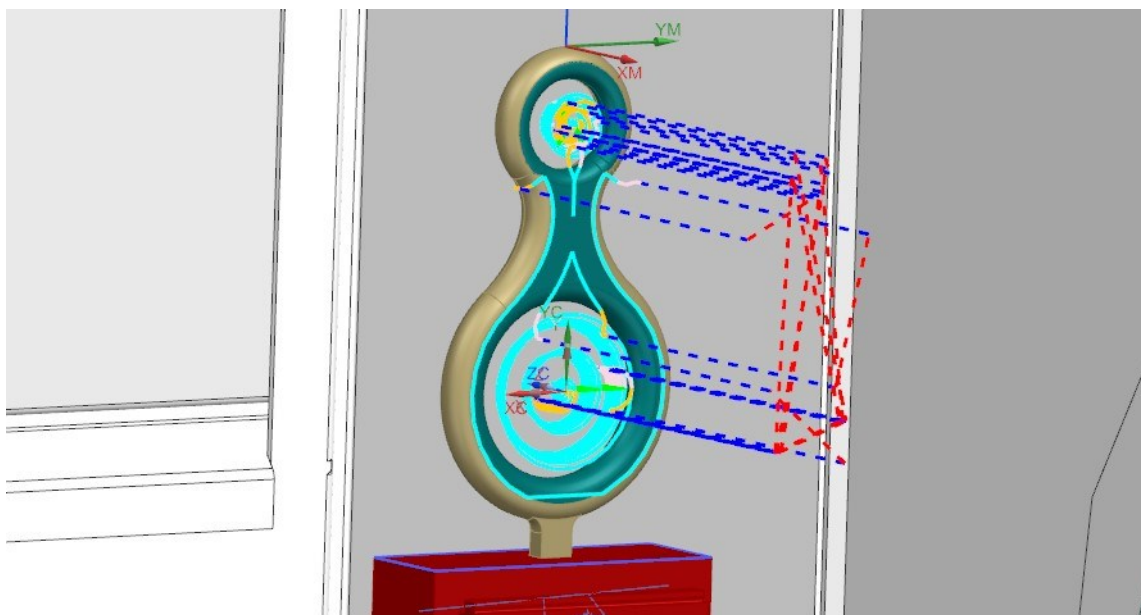
Tabulka 3 Použité nástroje při frézování

NÁSTROJ	PRŮMĚR [mm]	ZAOBLENÍ [mm]	OTÁČKY [ot/min]	RYCHLOST POSUVU [mm/min]	ŘEZNÁ RYCHLOST [m/min]
FH_D32_L50_R1,6	32	1,6	2984	4000	300
FM_D12_L24_R0	12	0	7958	4000	300
FM_D8_L16_R4	8	4	14900	4000	374
FM_D5_L21_R0	5	0	14900	4000	234

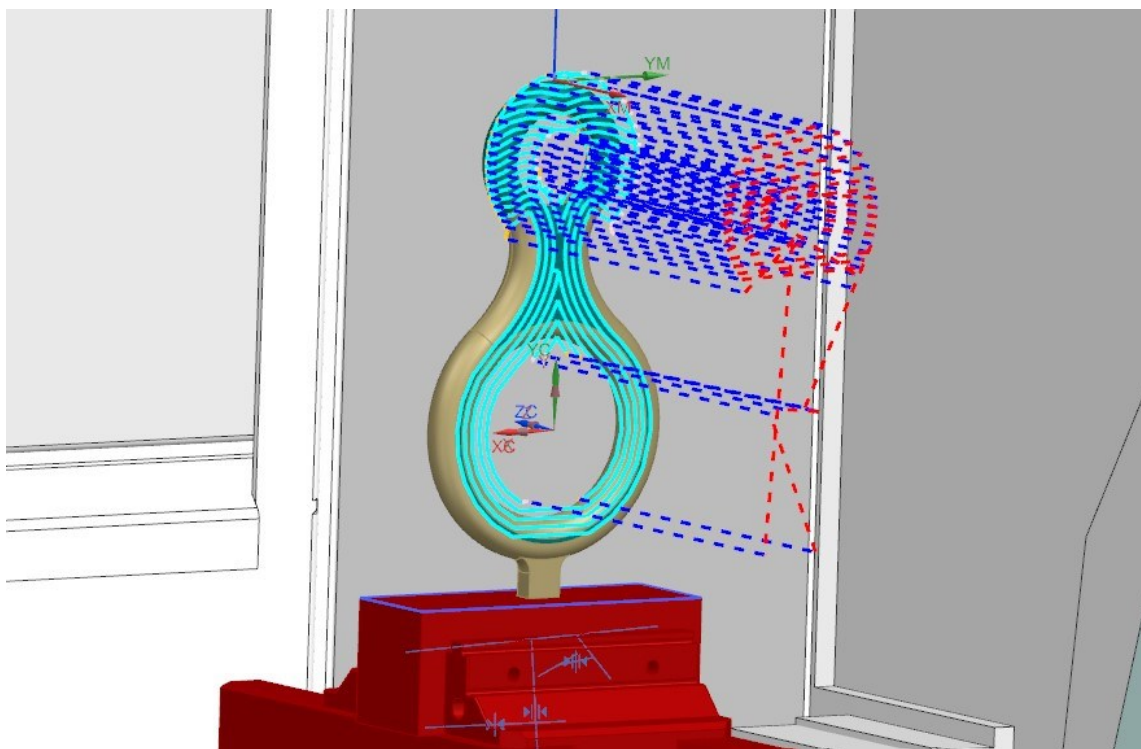
První nástroj byl použitý pro hrubování obrysu (viz. Obr. 27). Druhý pro vytvoření děr a dohlazení rovinných ploch (viz. Obr. 28 a 29). Kulová fréza byla použita jako třetí pro hladké vytvoření rádiusů malého i velkého oka (viz. Obr. 30 a 31). Poslední nástroj sloužil k ofrézování můstku a jeho následnému odřezání (viz. Obr. 32). Odhadovaný čas výroby dle programu NX byl spočítán na jednu hodinu a tři minuty.



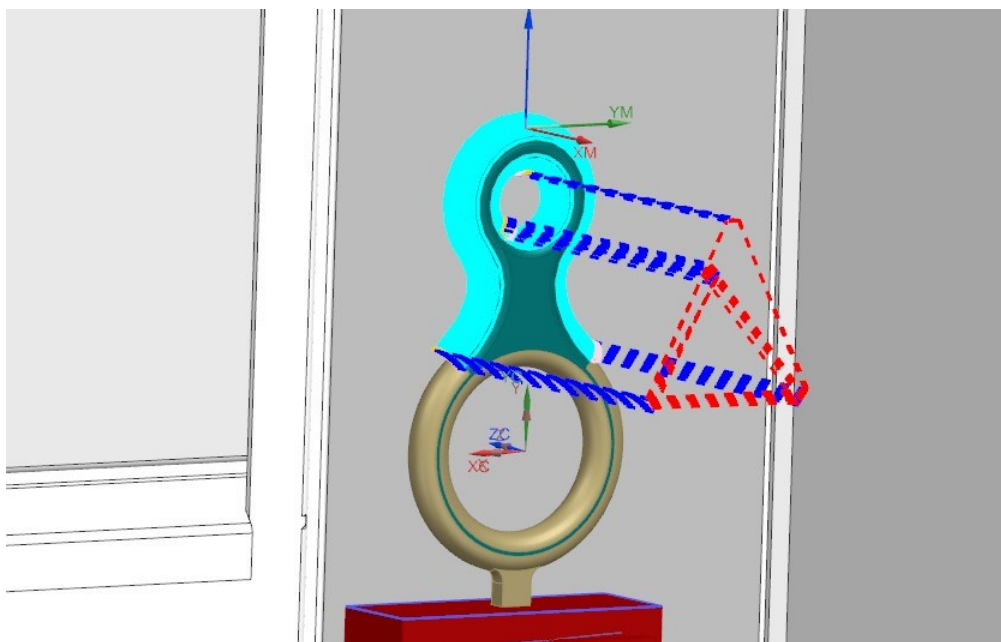
Obr. 27 Dráhy pro hrubování obrysu



Obr. 28 Dráhy pro vytvoření děr

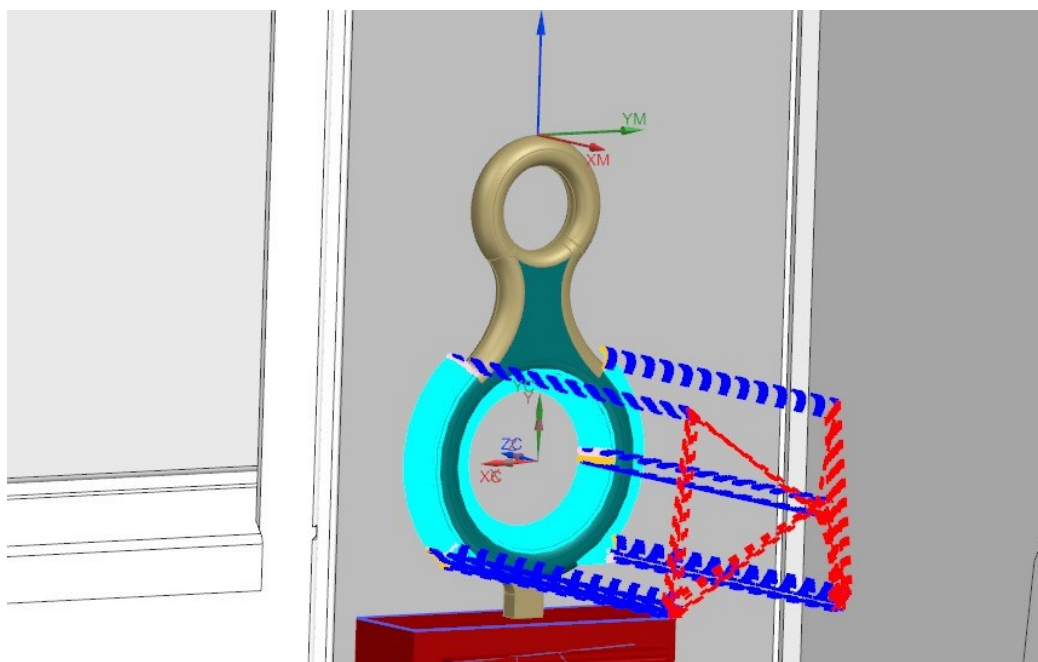


Obr. 29 Dráhy pro dokončení čelní plochy

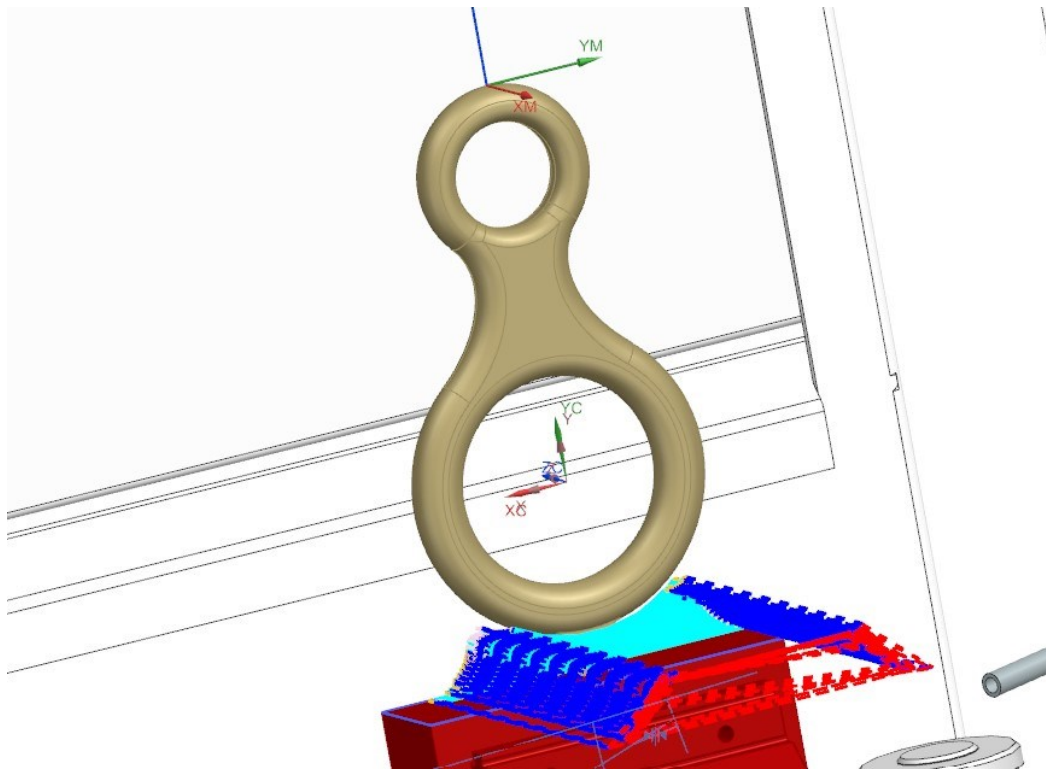


Obr. 30 Dráhy pro dokončení malého oka

Z důvodu, že by konec vzdálený od můstku mohl při obrábění trpět chvěním a vibracemi, bylo nejprve obrobena malé oko a až následně se postupovalo směrem k můstku, jehož okolí bylo obrobena poslední (viz. Obr. 32).



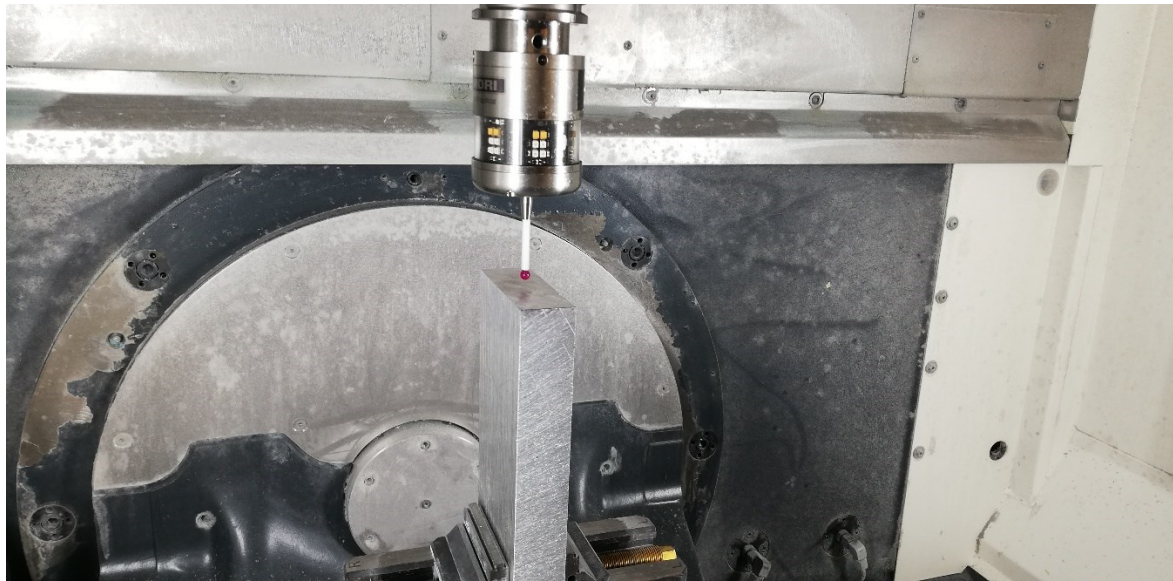
Obr. 31 Dráhy pro dokončení velkého oka



Obr. 32 Dráhy pro odřezání můstku

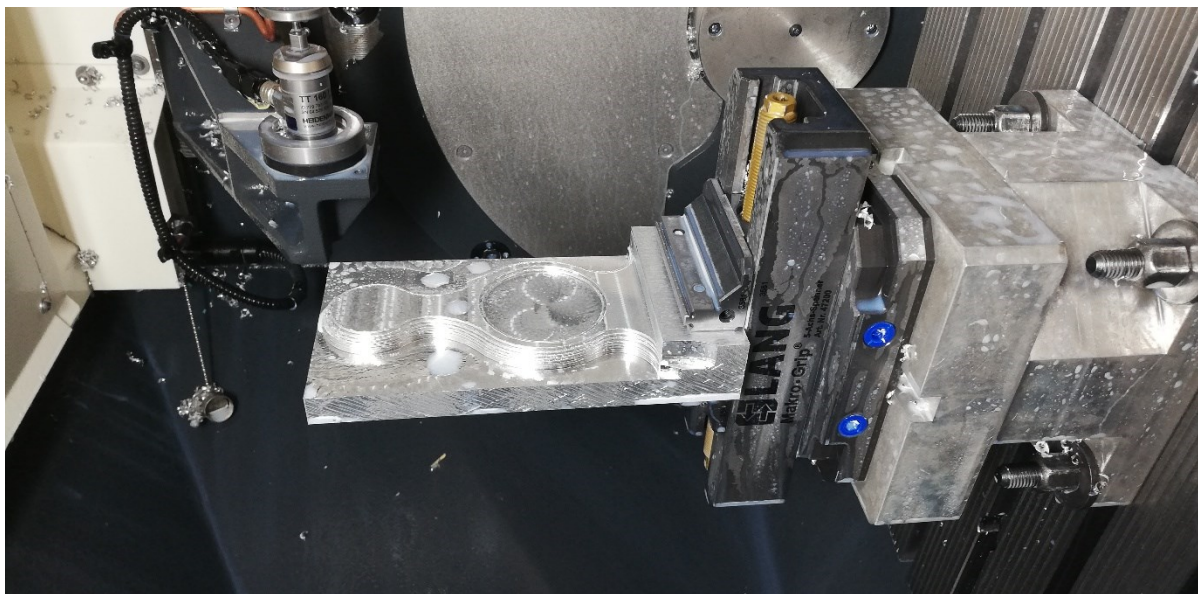
12. VÝROBA OSMY

Materiál použitý při obrábění je slitina hliníku AW5083 s pevností v tahu 280 MPa. Z tohoto materiálu byl polotovar o rozměrech 183x93x32 mm. Prvním krokem bylo nalezení nulového bodu pomocí sondy a jeho umístění 2,5 mm pod vrchní plochu, protože tam se nachází vrchní část osmy (viz. Obr. 33). Tuto část je zapotřebí provádět šetrně, aby nedošlo k poškození sondy, a také pečlivě protože správná počáteční kalibrace je klíčová pro následující operace.

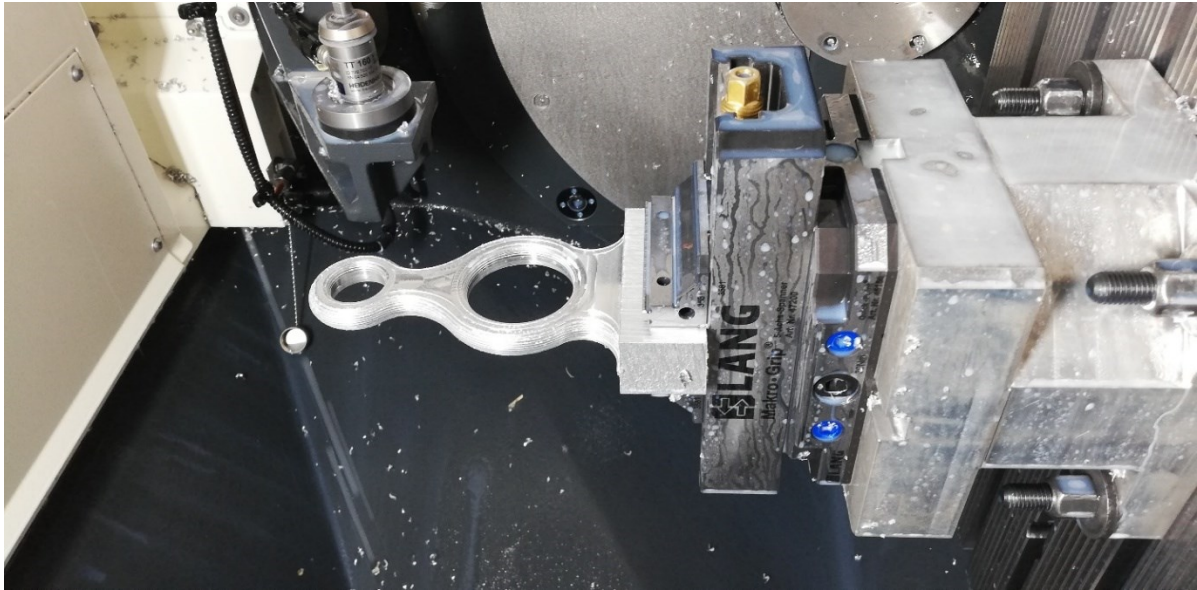


Obr. 33 Nastavení nulového bodu

Následovalo hrubování tvaru z obou stran a frézování děr (frézovací dráhy pro tuto operaci viz. Obr. 27).

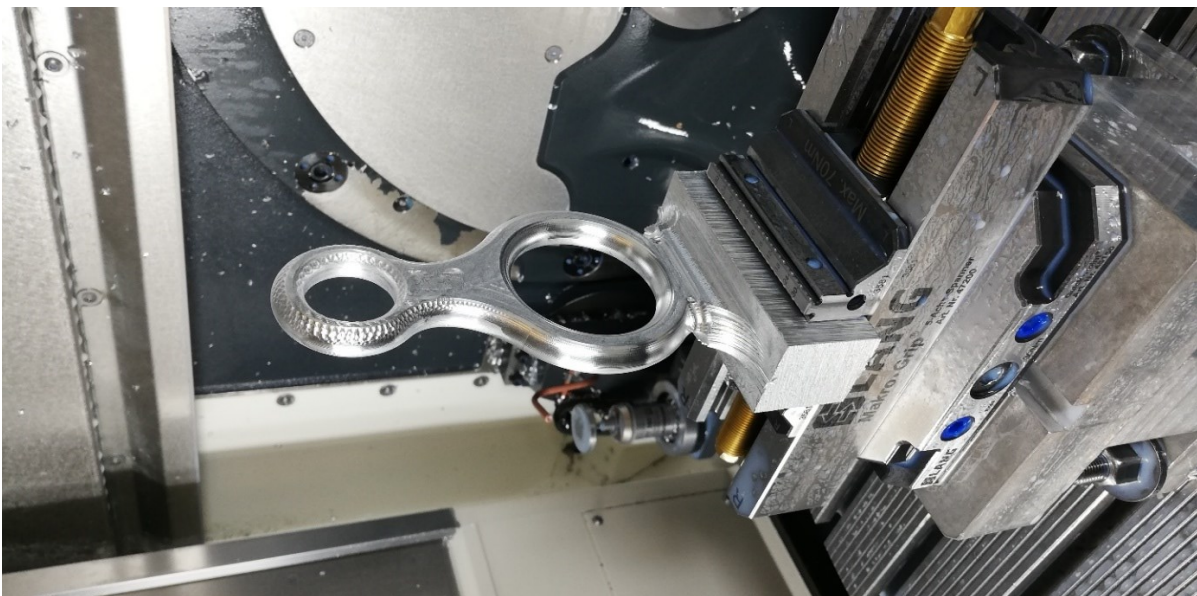


Obr. 34 Hrubování obrysu z vrchní strany



Obr. 35 Osma po dokončení hrubovacích operací

Po skončení hrubovacích operací se přešlo k dokončování. Nejprve čelní plochy (frézovací dráhy viz. Obr. 29), poté zaoblení u malého oka (frézovací dráhy viz. Obr. 30) a následně zaoblení u velkého oka (frézovací dráhy viz obr. 31).



Obr. 36 Osma po dokončení hladících operací



Obr. 37 Hotová slaňovací osma

Skutečný čas výroby byl dvě hodiny, a to z důvodu použití nižších posuvů, zejména v oblasti kolem místa upnutí. Kvůli vibračním došlo k lehkému poškození kvality povrchu zejména kolem malého oka (viz. Obr. 36).

12.1. ZHODNOCENÍ

Tvar osmy i kvalita povrchu byla zhotovena velmi dobře a odpovídá účelu slaňovací osmy. Nicméně cena za výrobu jednoho kusu přesahuje běžnou tržní cenu, která se pohybuje okolo 800 Kč. Cena výroby tohoto kusu byla spočítána následujícím způsobem:

- Strojní čas: 1500 Kč za každou hodinu
- Práce programátora byla odhadnuta na 1000 Kč
- Cena materiálu byla spočítána dle jeho objemu na 220 Kč

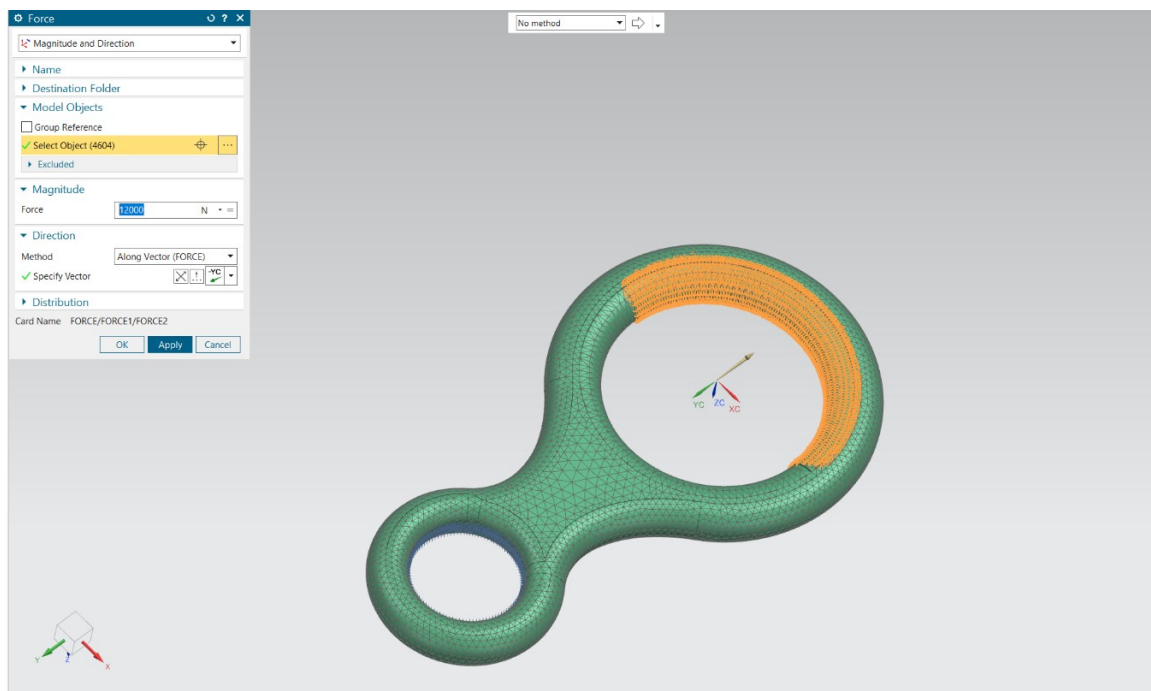
Celková cena tohoto výrobku tedy činí 4220 Kč. Hmotnost vyrobené osmy je 96 g, což je dokonce mírně lehčí než běžně vyráběné osmy, které mají hmotnost okolo 102 g.

13. FEM ANALÝZA SLAŇOVACÍ OSMY

Pro přibližné ověření pevnostních podmínek lze využít takzvané FEM (Finite Element method) analýzy. Tato metoda simuluje namáhání prvku a pomocí rozkladu sil na jednotlivé elementy vypočítává výsledky. Je třeba mít na paměti, že se nejedná o stoprocentně přesnou metodu a její výsledky je proto třeba brát s rezervou.

Zatížení pro simulaci bylo zvoleno následovně: Průměrný horolezec váží přibližně 80 kg a přetížení, které je schopen při pádu přežít je zhruba 15 G. Hmotnost lezce při tomto přetížení

tedy odpovídá 1200 kg, což se po zaokrouhlení rovná 12000 N. Tato síla je ovšem rázová, která by ve skutečnosti byla výrazně snížena pružností lana.

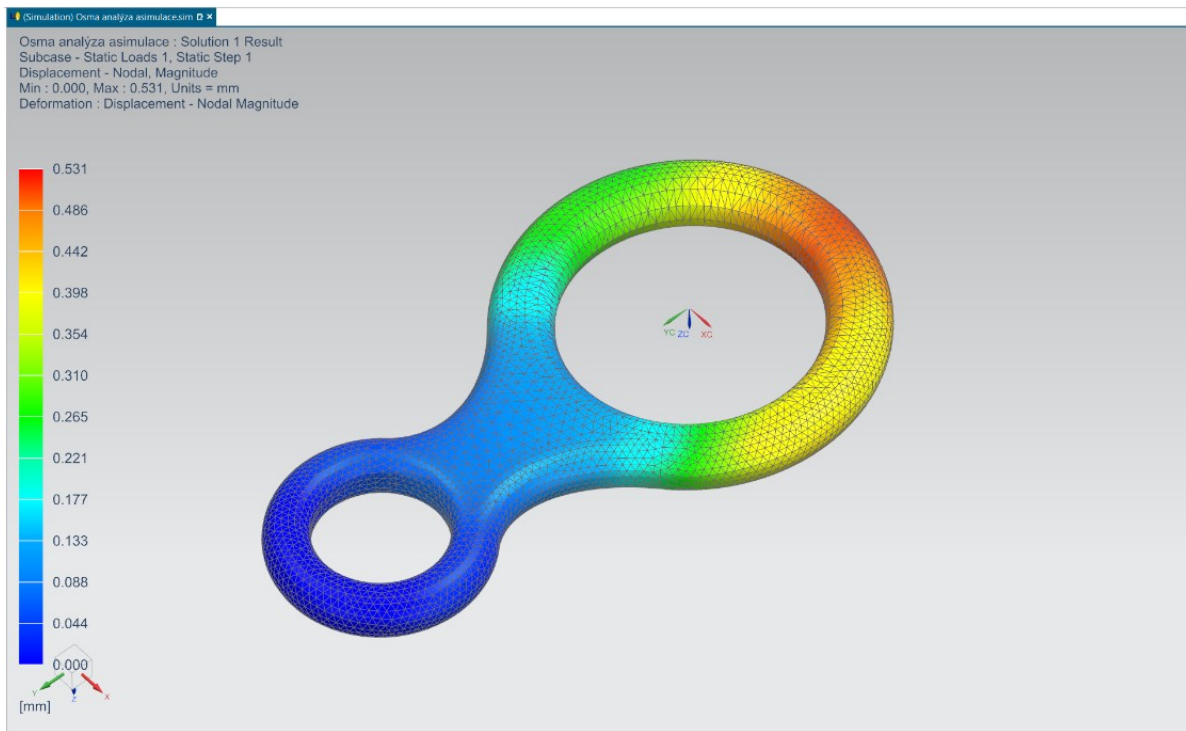


Obr. 38 Uchycení a zatížení

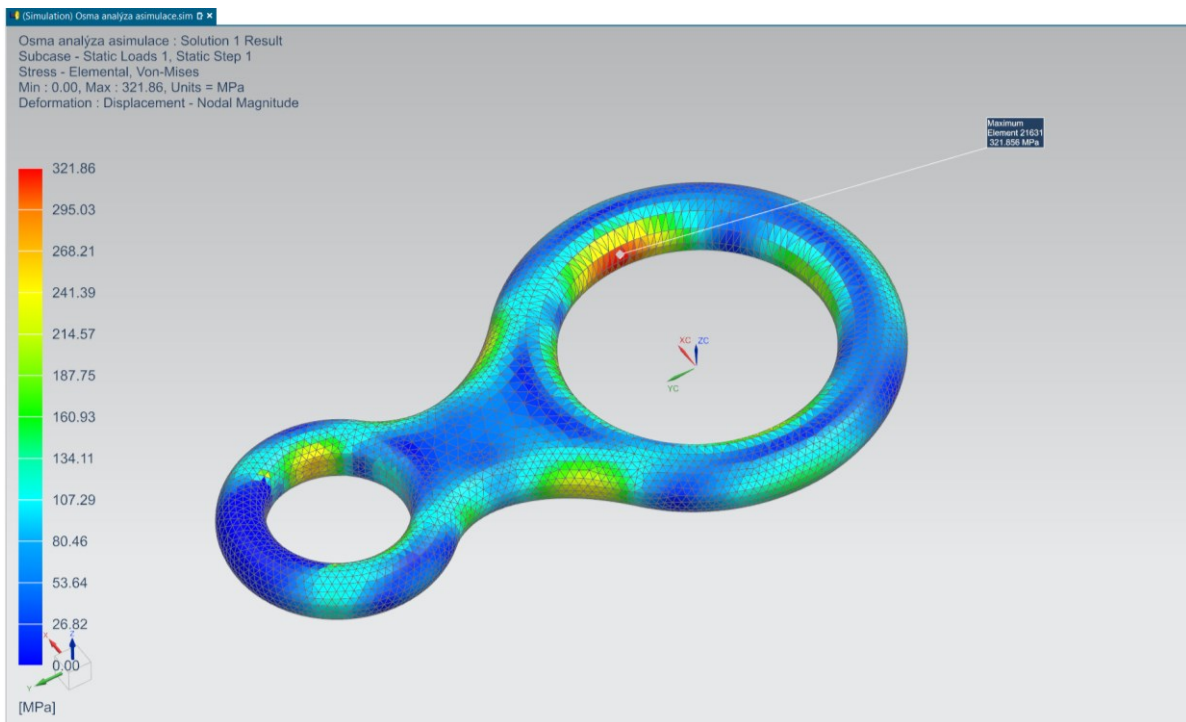
Pro uchycení bylo zvoleno malé oko, protože právě tam drží osmu karabina. Místo zatížení je na obrázku 38 vyznačeno oranžově. Jedná se o polovinu velkého oka, kudy lano prochází osmou a namáhá ji na tah.

Podle výpočtů vychází, že při tomto zatížení by se osma roztáhla přibližně o 0,5 mm (viz. Obr. 39). Napětí vzniklé tímto zatížením je znázorněno na obrázku 40 a je z něj patrné, že nejvyšší napětí spočítané metodou von Mises je přibližně 320 MPa. Jelikož tato hodnota přesahuje mez pevnosti v tahu daného materiálu (280 MPa), nesplňuje pevnostní podmínku pro použití. Nicméně při menších zatíženích byla testována ve skutečném světě při slaňování a svou funkci plnila naprosto správně, bez jakýchkoliv nežádoucích vlastností. Avšak i pevnostní podmínka by měla být splněna, a to například použitím již dříve zmíněného materiálu slitiny hliníku AW7075, jehož mez pevnosti v tahu se pohybuje mezi 510 – 540 MPa. Přestože FEM analýza ukázala, že tato slaňovací osma by nevydržela maximální možné zatížení, nebyly provedeny žádné změny na tvaru. Pro vyšší pevnost osmy by se musela zvýšit tloušťka stěn, což by mělo negativní důsledek na hmotnost osmy a její geometrii pro vedení lana. Změny materiálu by sice vedly ke zvýšení pevnosti, nicméně v běžném použití nedojde k tak velkému namáhání.

Přetížení 15 G totiž odpovídá velké rázové síle, která vznikne pouze v extrémních případech a i tak je snížena pružností lana.



Obr. 39 Protážení při zatížení



Obr. 40 Napětí při zatížení

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se věnuje slaňovací osmě, její výrobě a způsobům použití. Slaňovací osmy jsou součástí horolezeckého vybavení, sloužící pro spouštění osob, či vybavení po laně dolů. Její funkce je založena na chytrém využívání třecí síly. Jejich tvary a způsoby použití se liší podle účelu a jsou detailně představeny na začátku ve druhé a třetí kapitole. Protože slaňovací osmy, stejně jako veškeré horolezecké vybavení, musí kombinovat velkou pevnost a přitom co největší lehkost, je materiál klíčovým faktorem při jejich navrhování a výrobě. Touto problematikou se zabývá kapitola čtvrtá a vyplývá z ní, že vhodnou volbou jsou dnes zejména slitiny hliníku. Jejich pevnost, nízká hmotnost a odolnost proti korozi a opotřebení je velmi žádoucí při použití v extrémních podmínkách. Možnosti výroby úzce souvisejí se zvoleným materiálem a vyráběným počtem kusů. Každý způsob má své výhody i nevýhody, které jsou rozebrány v kapitole páté. V dnešní době stále více populární metoda 3D tisku je i zde použitelná zejména pro výrobu prototypů. Ty mohou sloužit jako předloha pro další kusy, či rychlou a levnou vizuální kontrolu.

Z různých parametrů, které by měla slaňovací osma splňovat byl v deváté kapitole vymodelován tvar osmy tak, aby dobře vedla lano a plnila svou funkci. Přestože nejčastější metodou na výrobu lezeckého vybavení je zápusťkové kování, pro výrobu jednoho kusu je velmi nevhodné. Proto se tato bakalářská práce soustředí na frézování. Frézovací program byl vytvořen, aby byl dobře kompatibilní s frézovacím CNC centrem dostupným v univerzitní dílně. Jednotlivé kroky a fáze frézovacího programu jsou rozepsány v jedenácté kapitole. Předposlední částí, kterou se tato bakalářská práce zabývá je skutečná výroba slaňovací osmy pomocí frézovacího programu vytvořeného v předchozí části. Z obrázků je viditelné jak jednotlivé kroky odpovídají vytvořenému programu a také jak mohou vibrace ovlivňovat kvalitu povrchu. Výsledný výrobek byl uspokojivým výsledkem jeho funkční části mají dostatečnou kvalitu povrchu pro vedení lana. Poslední částí této práce byla ve třinácté kapitole FEM analýza, která simuluje zatížení a dovoluje zkoumat všechny možné druhy deformací a namáhání. Přestože tato metoda není bezchybná, ukazuje, že by materiál použitý na výrobu nejspíše nevydržel maximální namáhání. Tomu by se ovšem dalo předejít použitím pevnější slitiny hliníku. Výsledná hmotnost osmy odpovídá hmotnostem běžně vyráběných osem, nicméně frézování se jeví jako způsob vhodný pouze pro kusovou výrobu. Především díky delší době výroby a vysoké ceně strojního času je totiž cena vyrobené osmy výrazně vyšší, než u běžné slaňovací osmy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *How to Choose Belay Devices*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://www.rei.com/learn/expert-advice/belay-device.html>
- [2] *Figure-8 Descenders*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://www.ropelab.com.au/figure-8-descenders/>
- [3] *Co možná nevíte o slaňovací osmě*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <http://www.climbingtechnology.cz/co-mozna-nevite-o-slanovaci-osme/>
- [4] *Hory a historie horolezectví*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://daily-adventures.cz/2020/01/hory-a-historie-horolezectvi/>
- [5] *Horolezecká lana*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://www.svetoutdooru.cz/horolezecka-lana-zakladni-informace/>
- [6] *Opravdu potřebujete tohle jistítko*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <http://www.climbingtechnology.cz/opravdu-potrebujete-tohle-jistitko/>
- [7] *Slaňování s osmou*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://horolezeckametodika.cz/slanovani-s-osmou>
- [8] *Teorie slaňování*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://www.off-limits.cz/teorie/slanovani/>
- [9] *How to Lock Off a Figure Eight Rappelling Device*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://www.canyoneeringusa.com/techtips/figureeightlockoff>
- [10] *Gipfel Figure Eight Descender usage modes*, [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://www.gipfelclimbing.com/uncategorized/gipfel-figure-eight-descender-usage-modes/>
- [11] *Petzl Pirana*, Petzl © [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://www.petzl.com/ES/es/Sport/Aseguradores--descensores/PIRANA>
- [12] *Singing Rock belay devices*, Singingrock © [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <https://www.singingrock.com/belay-devices-pro>
- [13] *Slévárenství neželezných kovů*, Vysoké učení technické v Brně [online]. [cit. 2022-01-05] Dostupné z <http://ust.fme.vutbr.cz/slevarenstvi/sites/default/files/clanky/metalurgie-nezelezných-kovu/metalurgienezeleznýchkovu-skripta.pdf>
- [14] Bílek, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 173 s. ISBN 9788074544712. [cit. 2022-01-05]
- [15] Sedláček, Vladimír. *Neželezné kovy: hutnické výrobky a jejich použití*. 1. vyd. Praha: SNTL, 219 s.
- [16] Jareš, Vojtěch. *Lehké kovy*. V Praze: Česká matice technická: František Řivnáč, 106 s.

- [17] AA7075 chemical composition, Leichtmetall [online]. © 2014. [cit. 2022-02-11] Dostupné z https://www.leichtmetall.eu/site/assets/files/datenblatt/7075_Produktdatenblatt_A4-en_us-c.pdf
- [18] *Forging of Aluminum Alloys*, ASM International [online]. © 2005. [cit. 2022-02-11] Dostupné z: <https://materialsdata.nist.gov/bitstream/handle/11115/223/Forging%20of%20Aluminum%20Alloys.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [19] MICHNA, Štefan, a kol. *Encyklopedie hliníku*. Prešov: Adin, s.r.o., 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.
- [20] BERNÁŠEK V., HOREJŠ J. *Technologie slévání*, upr. vyd. Plzeň: západočeská univerzita, 2006 .s. 175. ISBN 80-7043-491-0
- [21] NOVÁ, I. a kol. *Technologie I. Slévání a svařování*. Liberec 2006, ISBN 80-7372-052-3
- [22] BENEŠ, Libor. *Základy strojírenské technologie*. ČVUT fakulta strojní [online]. [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/strojtech/zaklStrojTech.pdf>
- [23] HUMÁR, Anton. *Technologie obrábění*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství [online]. 2003, 138s. [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-1cast.pdf
- [24] NOVOTNÝ J., ŠANOVEC J. *Technologie I*, České vysoké učení technické v Praze, Nakladatelství ČVUT 2006, ISBN 80-01-023516
- [25] *Normování hliníku a jeho slitin*, Alunet s.r.o [online]. © 2014 – 2022. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <http://www.alunet.cz/normovani-a-popis-hliniku-a-jeho-slitin>
- [26] *Behind the scenes: How Climbing Harnesses are Designed and Tested*, Outside Inc. [online]. © 2018. [cit. 2022-03-02] Dostupné z: <https://www.climbing.com/gear/behind-the-scenes-how-climbing-harnesses-are-designed-and-tested/>
- [27] *Přehled technologií 3D tisku*, dk metal promint s.r.o [online]. © 2012 - 2020 [cit. 2022-03-02] Dostupné z: <http://www.dkmp.cz/o-nas/detail/prehled-technologie-3d-tisku>
- [28] *Lití do trvalých forem*. Fakulta strojního inženýrství [online]. Brno: Vysoké učení technické v brně, 2016 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/slevarenstvi/sites/default/files/clanky/technologie-ii/litidotrvalychforem.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

F	[N]	Síla
$UIAA$		Mezinárodní horolezecká federace
F_B	[N]	Brzdná síla
F_O	[N]	Ovládací síla
e	[-]	Eulerovo číslo
μ	[-]	Součinitel tření
β	[rad]	Úhel opásání
$ASTM$		Mezinárodní normalizační organizace
Cu		Měď
Zn		Zinek
Al		Hliník
Si		Křemík
Mg		Hořčík
HB		Tvrдость podle Brinella
C	[°]	Teplota ve stupních Celsia
Q	[J]	Teplo
m	[kg]	Hmotnost
c_s	[J*kg ⁻¹ *K ⁻¹]	Měrná tepelná kapacita v tuhém stavu
c_s'	[J*kg ⁻¹ *K ⁻¹]	Měrná tepelná kapacita v kapalném stavu
t_L	[K]	Teplota likvidu
t_P	[K]	Teplota přehřátí taveniny
$L_{1,2}$	[J*kg ⁻¹]	Měrné skupenské teplo tání
S		Hlavní ostří

S'		Vedlejší ostří
$A\alpha$		Plocha hřbetu
$A'\alpha$		Plocha vedlejšího hřbetu
AY		Plocha čela
V_f	[mm/min]	Posuvová rychlost
CNC		Computer numeric control
CAD		Computer aided design
FDM		Fused Deposition Modeling
SLS		Selective Laser Sintering
$DMLS$		Direct Metal Laser Sintering
SHS		Selective Heat Sintering
ABS		Akrylonitril Butadien Styren
PLA		Polylactic Acid
PC		Polycarbonate
FEM		Finite Element Method
$Kč$		Koruna česká

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Slaňovací osma [3]	13
Obr. 2 Standardní konfigurace [9]	15
Obr. 3 Sportovní konfigurace [10].....	15
Obr. 4 Konfigurace pro jištění [2].....	16
Obr. 5 Figure-4-wrap [2].....	17
Obr. 6 Konfigurace pro záchranu [10].....	17
Obr. 7 Canyoning konfigurace [2]	18
Obr. 8 Konfigurace auto-stop [7].....	19
Obr. 9 Standardní osma s hranatým okem [3]	20
Obr. 10 Osma pro záchranu [3].....	21
Obr. 11 Speciální osma [11]	21
Obr. 12 Rovnovážný diagram Cu-Zn [15].....	24
Obr. 13 Rovnovážný diagram Al-Si [13].....	28
Obr. 14 Tvorba staženin [24]	32
Obr. 15 Schéma tlakového lití [28].....	33
Obr. 16 Kujnost hliníkových slitin v závislosti	35
Obr. 17 Zápustkové kování [14]	36
Obr. 18 Plochy na obrobku [23]	37
Obr. 19 Plochy a části nástroje [23].....	38
Obr. 20 Teploty při soustružení [23].....	39
Obr. 21 Schéma válcového	40
Obr. 22 Příklady broušení [14]	41
Obr. 23 Skica pro výrobek	46
Obr. 24 Vytažený model	46
Obr. 25 Zaoblení modelu	47
Obr. 26 Osma s můstkem ve stroji.....	48
Obr. 27 Dráhy pro hrubování obrysu.....	49
Obr. 28 Dráhy pro vytvoření děr.....	50
Obr. 29 Dráhy pro dokončení čelní plochy.....	50
Obr. 30 Dráhy pro dokončení malého oka.....	51
Obr. 31 Dráhy pro dokončení velkého oka.....	51
Obr. 32 Dráhy pro odřezání můstku	52
Obr. 33 Nastavení nulového bodu	53

Obr. 34 Hrubování obrysu z vrchní strany.....	53
Obr. 35 Osma po dokončení hrubovacích operací.....	54
Obr. 36 Osma po dokončení hladících operací.....	54
Obr. 37 Hotová slaňovací osma.....	55
Obr. 38 Uchycení a zatížení.....	56
Obr. 39 Protážení při zatížení.....	57
Obr. 40 Napětí při zatížení.....	57

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Shrnutí materiálů a možností výroby</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 2 Technické parametry CNC frézovacího centra</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 3 Použité nástroje při frézování</i>	<i>49</i>