



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ A NÁVRH POSTUPU SÉRIOVÉ VÝROBY PLECHOVÉ SOUČÁSTI

A TECHNOLOGICAL SOLUTION AND DESIGN OF SERIAL PRODUCTION OF SHEET METAL PART

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Žák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaromír Dvořák, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Martin Žák**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Jaromír Dvořák, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

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

Technologické řešení a návrh postupu sériové výroby plechové součásti

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navržení plechového výrobku imitujícího mapu světa, který bude sloužit jako dekorace na stěnu. V závěrečné práci budou zpracovány technologická řešení výroby, povrchová úprava a ekonomicky nejvýhodnější proces sériové výroby 100 kusů.

Cíle bakalářské práce:

1. Navržení prototypu.
2. Výroba prototypu.
3. Posouzení problémů a následných změn.
4. Výroba a srovnání testovacích vzorků.
5. Návrh procesu sériové výroby.
6. Rozbor nákladů, návrh snížení nákladů.

Seznam doporučené literatury:

MACHEK, Václav, VESELÝ, Ladislav, VESELÝ, Milan, VIŠŇÁK, Jaroslav. Zpracování tenkých plechů. SNTL –Nakladatelství technické literatury, n.p., Praha, 1982. 04241-82.

VEJDĚLEK, Jiří. Jak zlepšit výrobní proces. 1. vyd., Grada Publishing, Praha. 1998. ISBN 80-716-583-1.

TICHÝ, Jan. Povrchové úpravy materiálu [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojírenského inženýrství, 2015 [cit. 2018-10-31]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/39771>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojírenského inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Zdeněk Fiala.

NAROVEC, David. Analýza povrchu po řezání laserem [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2015 [cit. 2018-10-31]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/40191>.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Karel Osička.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

V této závěrečné práci je řešen návrh plechového výrobku imitujícího mapu světa, který slouží jako interiérová dekorace na stěnu. Navržen byl také postup sériové výroby na základě vyhotovení prototypu a průzkumu výrobních postupů.

Klíčová slova

návrh produktu, výroba prototypu, návrh sériové výroby, plechová součást, optimalizace výrobního procesu

ABSTRACT

Design of a sheet metal product imitating a world map, which is a wall decoration for interiors. The serial production procedure was designed on the basis of a prototype and a survey of production processes

Key words

product design, making of prototype, design of serial production, sheet metal part, production process optimization

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

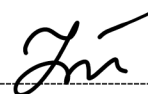
ŽÁK, Martin. Technologické řešení a návrh postupu sériové výroby plechové součásti [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-12]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/129749>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jaromír Dvořák.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Technologické řešení a návrh postupu sériové výroby plechové součásti** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

12.5.2021

Datum



Martin Žák

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Jaromíru Dvořákovi za připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále své rodině (především rodičům) za podporu a motivaci k pokračování ve studiu, které pro mě bylo velice náročné a díky nim se mi podařilo dojít do cíle! Poslední poděkování za podporu směřuje k mému dlouholetému kamarádovi Janu Křížovi.

Obsah

| | |
|--|---------------------------------|
| ABSTRAKT | 3 |
| PROHLÁŠENÍ | 4 |
| PODĚKOVÁNÍ | 5 |
| ÚVOD | 8 |
| 1 TEORIE PROCESU NÁVRHU VÝROBKU A JEHO VÝROBY | 9 |
| 1.1 PRODUKT | 9 |
| 1.2 PROCES VÝVOJE PRODUKTU | 9 |
| 1.3 PROTOTYP | 9 |
| 1.4 DRUHY VÝROBY | 10 |
| 1.5 DRUHY TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ ZPRACOVÁNÍ PLECHU A DALŠÍCH POLOTOVARŮ | 11 |
| 1.5.1 Dělení materiálu | 11 |
| 1.5.2 Spojování materiálu | 12 |
| 1.5.3 Povrchová úprava..... | 14 |
| 2 NAVRŽENÍ PROTOTYPU | 16 |
| 2.1 NÁVRH PLECHOVÉHO DÍLU | 16 |
| 2.2 NÁVRH VZHLEDU POVRCHU | 17 |
| 2.3 NÁVRH PODPŮRNÉHO/UPEVNŮVACÍHO SYSTÉMU | 17 |
| 2.3.1 Úprava plechového dílu kvůli uchycovacímu systému..... | 17 |
| 3 VÝROBA PROTOTYPU | 18 |
| 3.1 VÝROBA PLECHOVÉ ČÁSTI | 18 |
| 3.2 VÝROBA PODSTAVNÝCH VÁLEČKŮ | 18 |
| 3.3 POVRCHOVÁ ÚPRAVA | 18 |
| 3.3.1 Příprava součásti před povrchovou úpravou | 18 |
| 3.3.2 Aplikace povrchové úpravy..... | 19 |
| 3.4 SESTAVENÍ PROTOTYPU | 19 |
| 4 NÁVRH FINÁLNÍHO PRODUKTU | 20 |
| 4.1 POSOUZENÍ PROBLÉMŮ A NÁSLEDNÝCH ZMĚN | 20 |
| 4.2 NÁVRH NOVÝCH ŘEŠENÍ, VÝROBA A SROVNÁNÍ TESTOVACÍCH VZORKŮ | 20 |
| 4.2.1. Změna obrysu mapy..... | 20 |
| 4.2.2. Změna technologie povrchové úpravy..... | 21 |
| 4.2.3. Změna uchycovacího systému..... | 22 |
| 5 NÁVRH PROCESU SÉRIOVÉ VÝROBY 100KS | 26 |
| 5.1 VÝROBA PLECHOVÉ ČÁSTI MAPY | 26 |
| 5.2 VÝROBA DISTANČNÍCH A STŘEDÍCÍCH KROUŽKŮ | 26 |
| 5.2.3. Broušení..... | 27 |
| 5.3 LEPENÍ KROUŽKŮ K PLECHOVÉ ČÁSTI | 28 |
| 5.4 POVRCHOVÁ ÚPRAVA | 29 |
| 5.5 VÝROBA MAGNETICKÝCH PODSTAVCŮ | 29 |
| 5.6 BALENÍ HOTOVÉHO PRODUKTU | 30 |
| 5.7 VÝROBNÍ ČAS A CENA VÝROBY | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| 6 ROZBOR NÁKLADŮ A NÁVRH SNÍŽENÍ NÁKLADŮ | 32 |
| 7 DISKUZE | 33 |
| 4.1 DALŠÍ PODKAPITOLA – NÁVRHY POKRÁČOVÁNÍ ŘEŠENÍ | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| ZÁVĚR | 34 |

| | |
|---|---------------------------------|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 36 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |
| SEZNAM PŘÍLOH | CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA. |

ÚVOD

Člověk je kreativní tvor, který odjakživa vymýšlí a vytváří nové zařízení a věci, aby si např. usnadnil nebo zpříjemnil práci, nebo zkrátil prostředí, ve kterém žije. Kdysi vytvářel zbraně, aby si ulovil zvěř a přežil, vymýšlel způsoby, jak rozdělat oheň, aby se zahřál a budoval střechu nad hlavou, aby měl zázemí. V dnešní době tomu není o moc jinak, ale lidí, kteří jsou kreativní a tvořiví diametrálně ubylo. Velká část populace nic tvořit nemusí, protože už před nimi někdo všechny věci, které potřebují, vymyslel a vyrobil. Svět jde ovšem neustále kupředu díky lidem, kteří i přes to vymýšlí nové vize a dál tvoří. Každý rok se představují v Ženevě nové automobily a jejich super technologie, v roce 2019 vymyslelo plno nadějných talentů různé zařízení pro čištění oceánů od plastů a třeba nadace Billa a Melindy Gatesových každý rok vyvíjí nové zařízení a medika pro záchranu milionů lidí z ekonomicky nevyspělých zemí. Kreativita je všude kolem nás, a přesto jsme tak málo kreativní.

Předmětem této práce je návrh a výroba kovové mapy světa, která má sloužit jako dekorace do interiérů. Toto téma jsem si zvolil, protože jsem narazil na fotku jedné nejmenované americké firmy zabývající se dřevovýrobou, která do jednoho interiéru vyrobila dekoraci dřevěnou mapu světa. Stovky lidí na sociálních sítích se jich ptalo na cenu, že ji chtějí taky, ale většina z nich stejně mapu nekoupila, protože jim společnost odpověděla, že cena by byla u případné další výroby \$4,500- \$10,000. Rozhodl jsem se tedy najít způsob, jak udělat podobnou dekoraci, která bude mít nižší výrobní náklady. U této závěrečné práce jsem využil své zkušenosti ze strojírenství, především z projektu Formula Student, kde jsem se procesu návrhu součásti a její následné výroby věnoval mnohokrát. Během celého procesu návrhu a výroby mě napadlo plno zajímavých vizí, jak s tímto produktem naložit, a taky jsem nakonec některé z nich uskutečnil. Dnes mi tato mapa visí nad hlavou v pokoji.

1 TEORIE PROCESU NÁVRHU VÝROBKU A JEHO VÝROBY

1.1 Produkt

„Produkt je cokoliv, co lze nabídnout na trhu k upoutání pozornosti, ke koupi, k použití nebo ke spotřebě, co může uspokojit touhy, přání nebo potřeby. Patří sem fyzické předměty, služby, osoby, místa, organizace a myšlenky [1].“

Tato práce se věnuje produktu fyzickému. Návrh a následná výroba produktu bývá iniciovaná různými inovačními záměry. Pro podnik mají inovace v jakékoliv činnosti zásadní význam, jelikož umožňují společnosti získat výhodu a náskok před její konkurencí. Inovace spočívá v nabídce dokonalejších produktů, zejména pak ve zlepšování technologických postupů, výrobků a služeb zákazníkům, zefektivňování organizačních činností atd. Inovace je výsledkem dlouhého procesu, který startuje novou myšlenkou a pokračuje fázemi, které mají za cíl její praktické využití. Může se jednat o:

- **Zcela nové produkty.** Jedná se o koncepty plynoucí z technických objevů, které vytvářejí nové trhy.
- **Nové výrobkové řady.** Zde patří zejména produkty, které představují změnu v aktuální nabídce výrobce. Umožňují společnosti poprvé vstoupit na již existující trhy.
- **Rozšíření existující výrobkové řady.** Spektrum stávající nabídky je doplněno o nový produkt, který může být pro daný trh prozatím neznámou novinkou.
- **Vylepšení stávajícího produktu.** Starší produkt je nahrazen novým výrobkem, který vychází ze stejné koncepce. Tato změna přináší vylepšení funkčních vlastností nebo zvýšení spotřebitelské hodnoty.
- **Nové možnosti uplatnění.** Stávající výrobky se přesunují na nové trhy, na kterých vznikla příležitost k substituci jiných produktů nebo k jejich využití v jiných podmínkách.
- **Snížení ceny.** Při zachování stejné koncepce a vlastností produktu se snižují jeho výrobní náklady. Důsledkem toho klesá i cena [2].

1.2 Proces vývoje produktu

Vývoj je proces s cílem změnit stav aktuálního stavu výrobku do stavu nového a uvést tak na trh výrobek například s vyšší užitnou hodnotou, nižší výrobní cenou, kratším výrobním časem, nebo výrobek nový. Vývoj může být složen z několika etap:

1. Tvorba a hodnocení nápadů
2. Obchodní analýza
3. Rozvoj výrobku
4. Testování na trhu
5. Komerencializace [3]

1.3 Prototyp

Prototypy jsou základní nástroje používané v procesech vývoje. „Během počátečních fází návrhu, definování problémů a vývoje konceptu, mohou prototypy podporovat zapojení zúčastněných stran, což je považováno za zásadní pro úspěch [4]“. Prototyp je

realizace vstupních kritérií z fáze tvorby a hodnocení nápadů. Ve chvíli, kdy je vyroben fyzický prototyp výrobku, následuje jeho testování, jehož smyslem je zjistit, zda produkt odpovídá stanoveným kritériím. Při výrobě a testování prototypu může dojít k odhalení koncepčních a výrobních problémů, které vedou k další tvorbě a k hodnocení nápadů pro zlepšení. Díky tomuto procesu dojde ke transformaci ve finální verzi produktu.

1.4 Druhy výroby

Proces výroby se může lišit v závislosti na druhu výrobku, strojní vybavenosti, počtu pracovníků, počtu kusů výrobku, požadovaného výrobního času atd. Řemeslná výroba nevyžaduje téměř žádnou nebo jen nepatrnou dělbu práce zhotovování výrobků. Tento druh výroby ovšem předpokládá omezený pracovní rozsah a stupeň složitosti výrobku, jelikož celý výrobní proces má za úkol jednotlivec, nebo malá skupina pracovníků. Tato skutečnost ovšem neubírá řemeslné práci na kvalitě. Jestliže průmyslová výroba dosáhla uplatnění ve všech oborech proti výrobě řemeslné, přestože její chod je podmíněn velkou organizačskou prací, pak musí průmyslová výroba umožnit vyrábět hospodárněji než výroba řemeslná. V průmyslové výrobě je výrobní postup rozdělen tak, že jednotliví pracovníci vykonávají jen zcela malou část celkového výrobního rozsahu. Výhodné je, že zde lze zčásti používat speciálních obráběcích strojů a zařízení, protože při velkém počtu zhotovených výrobků v průmyslové výrobě je možno jednotlivé stroje dostatečně časově využít. Pro řemeslnou výrobu se mnohdy nevyplatí pořízení speciálních strojů a nástrojů. [5]

Druhy výroby můžeme rozdělit na čtyři základní a to na:

1) Vzorkovou a vývojovou výrobu

Vzorová výroba je důležitá při zhotovování zkušebních vzorků a prototypů. Jde o to, aby se nejdříve otestovala funkčnost nového výrobku. Dělbá práce je u tohoto typu výrobku velmi malá a kvalifikovaní pracovníci často ovládají širokou škálu výrobních metod. Výroba prototypu je velmi kreativní práce, u které dochází k zajištění požadovaných funkcí výrobku a vyzkoušení technologie výroby. K výrobě jsou často používány univerzální stroje a nástroje. Tento druh výroby je zpravidla zahrnut ve fázi vývoje, který předchází následujícím třem druhům výroby.

2) Kusovou výrobu

Kusová výroba slouží ke zhotovení malého počtu kusů výrobku. Pracovníci v tomto případě mají výkresovou dokumentaci a vstupní parametry z fáze vývoje. Jak zmiňují Richter, Wawrziniak a Schiffer: *U tohoto druhu výroby je dělba práce již účelná, takže zde pracují dělníci, jejichž kvalifikace odpovídá obvyklé představě* [6]. Jsou to soustružníci, frézáři, zámečníci, obsluha NC a CNC strojů atd.

3) Sériovou výrobu

Sériová výroba slouží ke zhotovení většího počtu kusů stejných produktů. U této výroby dochází k poměrně velkému dělení práce mezi pracovníky, díky čemuž se jednotlivé operace zjednodušují. Díky dělbě práce narůstá potřeba organizace práce a managementu, ale oproti kusové výrobě klesá potřeba mít pracovníky s

širokými odbornými znalostmi, jelikož se každý pracovník věnuje pouze úzké oblasti. Bývají zde využívány více i specializované stroje určené na užší oblast výroby a roboti.

4) Hromadnou výrobu

Hromadná výroba je určena pro zhotovení velmi velkého počtu kusů výrobku. Je zde velká míra opakovatelnosti, automatizace a stálosti výrobního programu. V tomto výrobním procesu dělá každý stroj a pracovník pouze jednu úlohu. Stroje jsou vyrobeny, nebo nastaveny pro výrobu pouze jednoho typu výrobku. Kvůli vysoké dělbě práce je zde potřeba taky velkého stupně organizovanosti a managementu.

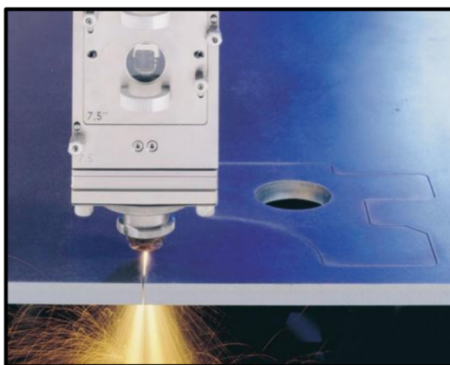
1.5 Druhy technologických postupů zpracování plechu a dalších polotovarů

Při výrobě kovové mapy bude s největší pravděpodobností použito hutních materiálů, které jsou dodávány v normalizovaných rozměrech. Využití normalizovaných polotovarů zjednoduší a zefektivní výrobní proces série 100ks map. Hutní materiály je potřeba před výrobou součástí rozdělit na polotovary požadovaných rozměrů. Tyče různých profilů dělíme na části řezáním, stříháním, sekáním, upichováním na soustruhu nebo frézováním. Z plechů, pásů a desek se polotovary vyřezávají mechanicky, plamenem, laserem, vodním paprskem, elektroerozivním řezáním drátovou elektrodou, mohou se vystřihovat či vysekávat.

Jednotlivé součásti je třeba spojit ve finální výrobek. Ke spojení může dojít například svařováním, pájením, lepením, rozebíratelným spojením šrouby či nýtováním atd. Další technologický postup prováděný u součástí vyráběných z hutních polotovarů je povrchová úprava, která má za úkol ochránit výrobek před korozi a dát výrobku finální vzhled. Může se jednat o lakování, práškové lakování, pokovování atd. Pokud se budeme bavit o povrchové úpravě pouze k dodání finálního vzhledu (bez ochrany před korozi), může se jednat například o broušení, pískování, leštění atd.

1.5.1 Dělení materiálu

Řezání materiálu laserem – lasery používané ve strojírenské výrobě využívají princip přeměny světelné energie na energii tepelnou. Při řezání materiálu je laserový paprsek přiváděn soustavou zrcadel do pracovní hlavy stroje. Zde je zaostřen čočkou a přiveden do místa řezu. Lasery mohou řezat konstrukční oceli do tloušťky 20 mm, korozivzdorné do tloušťky 10 mm, hliníkové slitiny do tloušťky 5 mm. Řezná spára bývá tloušťky od 0,02 mm do 0,2 mm. [7]



Obrázek 1 – řezání laserem. [8]

Řezání materiálu kapalinovým paprskem – tato metoda je založena na principu přeměny kinetické energie molekul kapaliny na mechanickou práci. Paprsek kapaliny vychází z trysky tlakem až 600 MPa rychlostí přesahující 1000 m/s. Při dopadu na materiál se tak chová jako pevné těleso. Paprsek nejprve prorazí do materiálu otvor a následný pohyb kapaliny vytvoří v místě dopadu řeznou spáru. Účinek ještě zvyšuje kavitační koroze způsobená bublinami syté páry, které při procesu v kapalině vznikají. Podle použité kapaliny rozlišujeme řezání čistým kapalinovým paprskem (vodou, olejem apod.) a řezání kapalinovým paprskem s přísadkou abraziva. [9]

Řezání materiálu plazmou – tato metoda využívá k dělení materiálu ionizovaný plyn, vznikající rozkladem molekul plynu, který prochází elektrickým obloukem. Ten vzniká mezi netavnou wolframovou katodou a anodou, kterou tvoří buď těleso hořáku, nebo řezaný materiál. Materiál je ohříván a taven při velmi vysokých teplotách (nad 10 000 °C) úzkým paprskem plazmy. Z místa řezu je pak materiál vyfukován asistentním plynem. Stroje pro řezání materiálu plazmou jsou řízené CNC řídicím systémem. Metoda je vhodná jak pro řezání korozivzdorných ocelí, tak pro slitiny hliníku a mědi. Dělit můžeme materiály až do tloušťky 150 mm. [8]

Dělení materiálu řezáním – jedná se o nejpoužívanější způsob dělení materiálu. Používáme k němu strojní pily rámové, kotoučové nebo pásové. Při řezání je materiál obrobku ubírán břity nástroje a oddělený materiál odchází z místa řezu ve formě třísek. K dispozici je v mé výrobní dílně pásová pila vodorovná, která řezá materiál pilovým pásem napnutým mezi kotouči a je vhodná k řezání například trubek a tzv. jechlů.

1.5.2 Spojování materiálu

Svařování – svařování patří mezi nerozebíratelné druhy spojení dvou nebo více dílů. Ke spojení dochází v důsledku dodání určitého množství energie do místa styku dílů, díky čemuž dojde ke spojení meziatomových vazeb spojovaných součástí. Toho dosáhneme několika různými způsoby od čehož se taky odvíjí velké množství svařovacích metod. Ke svaru může dojít například pomocí tření, výbuchu, tlaku, nebo radiace pomocí elektronového, nebo iontového záření. Při svařování dochází ke změnám vlastností základního materiálu v okolí spoje. Aby došlo k vytvoření kvalitního svarového spoje, je nutné vytvořit takové podmínky, při kterých je umožněn vznik nových meziatomárních vazeb. Za normálních podmínek jsou spojované materiály ve stabilním termodynamickém stavu. Aby bylo dosaženo jejich spojení, je třeba tento stav změnit, a to zpravidla změnou tlaku a teploty. Obecně platí závislost, že čím vyšší tlak působí, tím menší teplo je potřebné a obráceně. Podle toho je svařování možné rozdělit na svařování za působení tlaku, za působení tepla a tavné svařování za působení tepla a tlaku zároveň. [10,11]

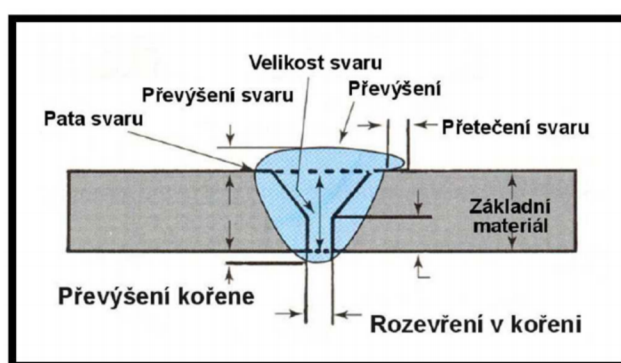
Mezi základní druhy svařování patří:

- Svařování plamenem
- Svařování elektrickým obloukem
- Svařování pod tavidlem
- Svařování elektronovým paprskem

- Svařování laserem
- Svařování plazmou

Svary můžeme dále dělit podle druhu spoje na:

- Svary koutové - ty se používají tam, kde svařované díly spolu svírají pravý úhel. Jsou jednostranné nebo oboustranné a používají se do tl. 3 mm. Menší tloušťky se svařují způsobem dopředu, větší tloušťky dozadu.
- Tupé svary – u těchto svarů se musí svařovaný materiál před svařováním vhodně upravit do určitého tvaru. Podle tvaru pak rozlišujeme například svar lemový, svar I, svar V, svar X atd. Přehled těchto svarů najdeme v ČSN nebo Strojnických tabulkách [11].



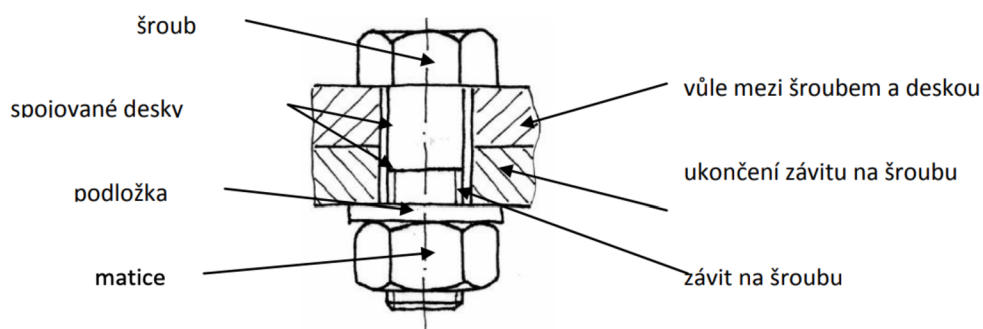
Obrázek 2 – popis tupého V svaru [12]

Během svařování dochází k deformacím svařovaných materiálů. Deformace důsledkem smršťování svarového kovu při tuhnutí a chladnutí. Základní materiál brání smršťování svarového kovu a tím vzniká tahové napětí. Vzhledem k tomu, že se svarový kov smršťuje ve všech směrech stejně, vnitřní pnutí působí obdobně. Obecně platí, že čím rychleji svarová lázeň chladne, tím větší deformace vznikají a dochází k většímu pnutí. U výrobků, kde je vnitřní pnutí nežádoucí se provádějí různé druhy tepelného zpracování.

Lepení – při lepení vytváříme nerozebíratelné spoje pomocí lepidla. Vyrábějí se lepidla různého použití i chemického složení. Rozhodující vlastnosti lepidel je dobrá přilnavost lepidla ke spojovanému materiálu, dobrá soudržnost lepidla po vytvrzení a dobrá zpracovatelnost lepidla při výrobě. U lepení opět rozlišujeme spoje koutové a tupé. Hraje zde ale velkou roli styčná plocha, která je vytvořena překrytím spojovaných součástí. Čím větší plocha je, tím pevnější lepený spoj bude. V dnešní vyspělé době existují lepidla, která svými vlastnostmi dokážou nahradit či předčít klasické metody spojování součástí.

Šroubové spoje – šroubové spoje se dají považovat za nejrozšířenější druh rozebíratelného spojení. Šroubový spoj je nejčastěji proveden provlečením šroubi dírou ve spojovaných součástech a dotažením maticí. Šrouby a matice jsou vyrobeny se závitem, díky kterému dojde k dotažení. Závity mohou mít různé parametry jako tvar, rozteč, stoupání atd. Nejčastěji využívaný závit je závit metrický. Pod maticí

bývá často umístěná podložka pro rozložení napětí. Šrouby bývají zatíženy buď smykem (šrouby s dříkem), nebo tahem. Matici může nahradit vnitřní závit v jedné ze spojovaných součástí. Existují taky šrouby samořezné, které mají závit konstruovaný tak, aby se zařezával do součásti. V tomto případě matici opět nahrazuje spojovaná součást, ale ta již neobsahuje závit.



Obrázek 3 – Hlavní součásti šroubového spoje a jeho prokreslení [13]

Nýtové spoje – Nýtové spoje fungují na velmi podobném principu jako spoje šroubové (šroub s maticí). Jedná se ale o nerozebíratelný spoj, který vznikne provlečením nýtu dírou ve spojovaných součástech, přičemž dojde k deformaci konce nýtu, který vystupuje z otvoru na druhé straně od hlavy nýtu. Tento druh spoje je používán například v leteckém průmyslu. Deformace bývá nejčastěji provedena ručně kladivem, nebo nýtovacím strojem.

1.5.3 Povrchová úprava

Povrchová úprava bývá prováděna především kvůli zabránění koroze, nebo pro dodání finálního vzhledu výrobku. Koroze je chemický proces, při kterém dochází k postupnému rozrušení kovů kvůli jejich chemické nebo elektrochemické reakci s okolním prostředím. Toto rozrušování má za následek změnu vzhledu až úplnou degradaci materiálu (porušení celistvosti). [14]

Lakování – lakování patří mezi nejrozšířenější povrchové úpravy. K vytvoření nátěrového povrchu se používají nejrůznější druhy nátěrových materiálů. Technologie lakování spočívá v přenosu nátěrové hmoty na lakovaný dílec. Povlaky můžeme rozdělit na antikorozi a dekorativní. V praxi se využívá mnoho způsobů nanášení nátěrových hmot. Tekuté nátěrové hmoty lze nanášet mnoha způsoby:

- ručním nanášením – jedná se o jeden z nejstarších metod. Nátěrová hmota je nanášena na povrch štětcem, nebo válečkem. Vznikne vrstva o nepravidelné tloušťce a mohou se objevit rýhy od štětce, nebo stopy trajektorie válečku. Tento způsob nátěru se nejčastěji využívá ve stavebnictví.
- Stříkání pomocí natlakovaného vzduchu – nátěrovou hmotu unáší směrovaný parpsek vzduchu. Při této metodě dochází k velkým ztrátám kvůli rozptýlu aerosolu do okolí součástí. Touto metodou se dá dosáhnout souvislé stejně tlusté povlakové vrstvy. Lakovat touto technologií může buď lakýrník, nebo i robot. Tento způsob je využíván například v automobilovém průmyslu.

- Vysokotlakým stříkáním – jedná se o velmi efektivní způsob pro nanášení nátěrových hmot na velké plochy. Nátěrová hmota je stlačena vysokotlakým pístovým čerpadlem na velmi vysoký tlak a přes různé trysky nanášena na povrch.
- Máčení – tento způsob se často využívá u sériové a hromadné výroby součástí. Spočívá v namočení součásti do barvy. Součásti jsou nejčastěji upnuty jedna za druhou na posuvném přípravku a po namočení součásti putují z barvicí lázně a schnou.
- Elektrostatické stříkání – tato metoda funguje na principu nanášení povlakové hmoty na součást za působení elektrického proudu, díky kterému se povlakový materiál rovnoměrně rozprostře na součást. Díky tomu dochází k efektivnímu omezení ztrát barvy. Tato metoda je vhodná pro tvarově složitě součásti menších rozměrů.
- Práškové lakování – opět zde dochází k nanášení za působení elektrického proudu, kdy je na součást nanášen povlakový materiál ve formě suchého prášku. Dojde k rovnoměrnému rozprostření a poté je součást spečena v peci při vysoké teplotě, kdy dojde k natavení prášku, který vytvoří souvislou vrstvu povlaku. Po vytažení z pece a vychladnutí povlak ztuhne a vytvoří velmi odolnou vrstvu. Tato metoda je vhodná pro tvarově složitě součásti menších rozměrů.

2 NAVRŽENÍ PROTOTYPU

Dekorace imitující mapu světa je složena z několika různých částí, které plní různé funkce. Tyto funkce plynou z prvotního nápadu a při návrhu musí být zohledněny. Jedná se o následující předpoklady:

- Dekorace vizualizuje rozvinutou 2D mapu světa
- Mapa je odsazena od zdi, což vytváří v interiéru hezký stínový efekt (přidání 3D rozměru)
- Instalace dekorace musí být pro zákazníka jednoduchá a rychlá
- Prototyp je složen z plechového dílu ve tvaru mapy světa a uchycovacího systému.

2.1 Návrh plechového dílu

Obrys kontinentů naší země je tvarově velmi složitý a rozmanitý. Z důvodu předpokladu, že bude dekorace jednoduchá na instalaci a z důvodu, že je třeba součást navrhnout tak, aby se dala snadno vyrobit, byl obrys zjednodušen a menší ostrovy byly odebrány. Plechová část vyobrazující mapu světa byla navržena v programu Autodesk Inventor Professional. Tento program byl vybrán z důvodu možnosti 3D vizualizace a z důvodu znalosti programu autorem.

Obrys mapy byl vytvořen pomocí funkce tažením křivky s tím, že do 2D soustavy byla vložena fotka mapy světa v JPG formátu, podle které byla křivka ručně tažena. 2D náčrt má největší vodorovné, respektive svislé rozměry: 700 mm, respektive 615 mm. Na *obrázku 4* je zobrazen 3D model plechové části o tloušťce 1 mm.



Obrázek 4 – 3D model plechové součásti prototypu.

2.2 Návrh vzhledu povrchu

Výrobek má sloužit jako dekorace, takže jeho vzhled musí být líbivý. Zároveň se jedná o produkt, který je určen k prodeji, takže by měla být vizáž zvolena tak, aby oslovila co nejvíce potenciálních zákazníků, a aby se dekorace hodila do co největšího množství interiérů.

Po průzkumu interiérových doplňků a interiérů v showroomu IKEA bylo uváženo, že ideální povrch dekorace je černý matný, jelikož je černá matná barva moderní a hodí se do velkého množství interiérů.

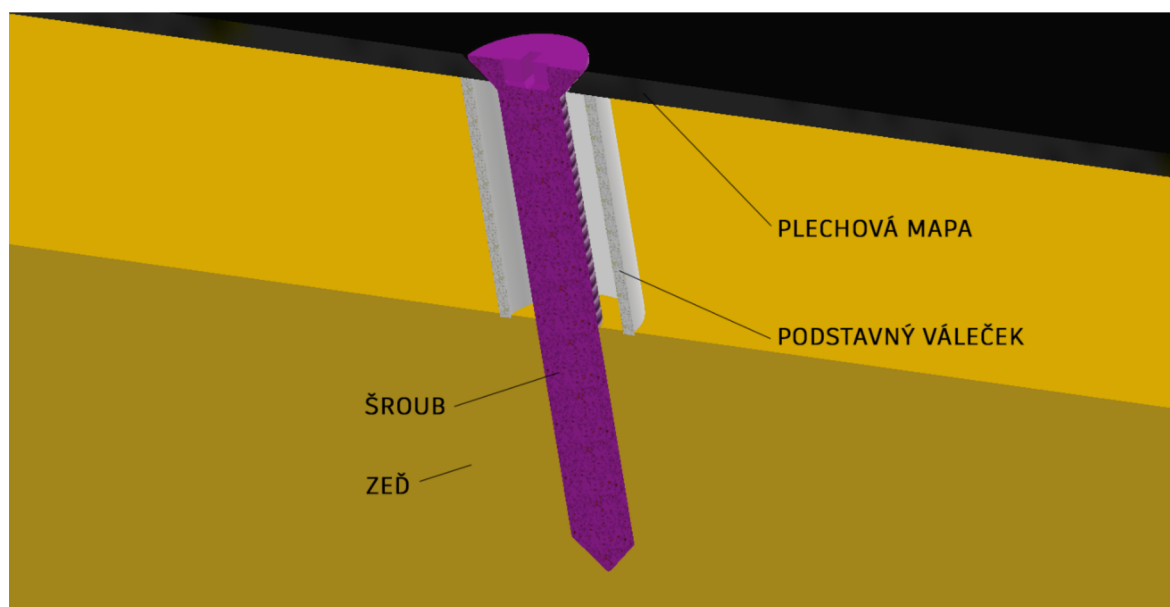
2.3 Návrh podpůrného/upevňovacího systému

Hezký stínový efekt by měl být vytvořen tím, že bude plechový díl odstupovat od zdi. Bylo tedy vymyšleno, jak připevnit plechovou mapu na stěnu, tak aby byl dodržen předpoklad mezery mezi zdí a mapou, a aby byla instalace jednoduchá.

Vůle mezi stěnou a mapou je zajištěna pomocí distančních válečků kruhového průřezu o rozměrech xxxxx. Do plechového dílu bude třeba na příslušných uchycovacích bodech vytvořit díry, kterými povedou šrouby pro upevnění mapy. Na každém šroubu bude navlečen distanční váleček.

2.3.1 Úprava plechového dílu kvůli uchycovacímu systému

V uchycovacích bodech na mapě je třeba vytvořit díry pro provlečení šroubů a zahloubení pro schování hlav šroubů. Díry vychází z vrutu 3,5x50, který byl zvolen z důvodu jeho komplexního využití a z důvodu jeho povrchové úpravy, která vytváří černý matný vzhled, stejně jako budoucí povrch mapy. Řez sestavou tvořenou plechovým dílem, šroubem a podstavným válečkem je zobrazen na *obrázku 5*.



Obrázek 5 – řez 3D sestavou prototypu.

3 VÝROBA PROTOTYPU

Výroba prototypu je velmi důležitý proces, který pomáhá potvrdit a vyvrátit teoretické předpoklady při navrhování součástí. Výroba prototypu odhalí problémy, jejichž vyřešením dojde k vylepšení budoucího výrobku a procesu výroby.

3.1 Výroba plechové části

Podle vytvořeného DXF souboru obsahujícího zjednodušený obrys mapy světa byl na CNC vodním paprsku vyřezán plechový díl dekorace z oceli. CNC vodní paprsek byl zvolen z důvodu zkušenosti autora s tímto typem řezání plechů a z důvodu rychlé komunikace s firmou AWAC, spol. s r.o. Firma AWAC, spol. s r.o. vyřezala tento díl vodním paprskem za cenu 999 Kč s DPH.

Do plechových dílů byly vyvrtány díry včetně zahloubení pro hlavy vrtů.



Obrázek 6 – obroušená část prototypu, vrtání děr.

3.2 Výroba podstavných válečků

Z důvodu ceny a dobré dostupnosti byly válečky vyrobeny z plastové trubky. Trubka byla nařezána ručně na požadovaný rozměr.

3.3 Povrchová úprava

Pro dosažení černého matného povrchu bylo zvoleno postupu ručního lakování pomocí barvy ve spreji z důvodu jednoduché dostupnosti prostředků a z důvodu znalosti autora s tímto postupem.

3.3.1 Příprava součástí před povrchovou úpravou

Před lakováním kovových součástí je třeba povrch řádně upravit, a to především odmaštěním a obroušením. Plechový díl byl obroušen ručně smirkovým papírem hrubosti 150 a odmaštěn technickým benzínem.

3.3.2 Aplikace povrchové úpravy

Lak byl nanesen ve dvou vrstvách, a to ve vrstvě základové a vrstvě krycí. První byla ručně aplikovaná základová barva na povrchu všech plechových součástí. Po zaschnutí základové barvy (30 min) byla aplikovaná krycí černá matná barva. Lakování probíhalo v čistém a dobře větraném prostředí za použití řádných ochranných pomůcek, jako jsou ochranné rukavice, ochranné brýle, pracovní oděv a respirátor.

3.4 Sestavení prototypu

Jednotlivé komponenty byly připevněny pomocí vrutů k dřevěné desce, která simuluje zeď. Vzhled výsledné sestavy je dobrý, nicméně se při instalaci objevily technické problémy, které je třeba zanalyzovat a vyřešit.



Obrázek 7 – sestavený prototyp.

4 NÁVRH FINÁLNÍHO PRODUKTU

4.1 Posouzení problémů a následných změn

Při výrobě prototypu se vyskytly problémy a nedokonalosti, které je třeba pro finální produkt vyřešit. Jedná se o tyto problémy:

1. Špatná velikost mapy. Měřítko mapy je třeba zvolit větší, jelikož instalace prototypu byla z důvodu malých částí náročná a prototyp v interiéru nepůsobil vzhledem k rozměrům příliš esteticky. Při zvětšení měřítka je taky třeba zvětšit tloušťku plechu z důvodu pevnosti součástí.
2. Příliš mnoho dílů/částí mapy. Je třeba zjednodušit celý obrys, jelikož malé ostrůvky nebylo možné instalovat a pro zákazníka je nemyslitelné, aby složitě upevňoval velké množství komponent na zeď. Bude třeba zasáhnout do obrysu a některé části spojit v jeden kus, nebo je úplně odebrat.
3. Povrchová úprava není dostatečně kvalitní. Je třeba zvolit jiný způsob povrchové úpravy, aby bylo dosaženo profesionálního vzhledu. Při nanášení laku sprejem byl největší problém nalakovat hrany mapy.
4. Systém upevnění. Hlavy vrutů jsou nevhodné a instalace s plastovými podstavnými válečkami je složitá. Je třeba zvolit jiný způsob uchycení mapy, který bude jednoduchý a nebude z přední strany dekorace viditelný.

4.2 Návrh nových řešení, výroba a srovnání testovacích vzorků

4.2.1. Změna obrysu mapy

Zjednodušení obrysu a eliminace velkého počtu kusů byla dosažena pomocí spojování součástí (ostrovů) a odstraněním některých částí. Na *obrázku 8* je zobrazen postupný vývoj obrysu. Finální verze plechové části je tvořena pouze ze dvou součástí, což velmi zjednoduší výrobu i instalaci, přičemž zůstal zachován hezký vzhled a stále jde o jasnou imitaci mapy světa. Měřítko mapy bylo zvětšeno tak, že šířka dekorace po instalaci je 1000 mm. Bylo navrženo taky zvětšení tloušťky plechu z důvodu tuhosti na 1,5 mm. Po zvětšení měřítka a vytvoření tenkých spojů ostrovů by při zachování tloušťky 1 mm vznikly slabá místa a mohlo by dojít při manipulaci s mapou zákazníkem k deformaci, nebo porušení celistvosti.



Obrázek 8 – vývoj obrysu mapy.

4.2.2. Změna technologie povrchové úpravy

Po teoretickém porovnání technologií povrchových úprav bylo vytvořeno několik vzorků pomocí rozličných technologií a to:

- 1) Nanesením černého matného laku pomocí profesionální pistole Delta1000MP. Viz obrázek číslo 6
- 2) Elektrostatickým nanesením plastového prášku (komaxit). Byl použit polomatný polyamidový prášek a v peci o teplotě 250 °C byla mapa po dobu 10 minut. Viz obrázek číslo 7
- 3) Elektrostatickým nanesením plastového prášku (komaxit). Byl použit prášek a mapa byla vystavena žáru 200 °C v peci po dobu 17 minut. Viz obrázek číslo 8
černá – RAL 900

U prvního vzorku odpovídal výsledný povrch estetickým požadavkům, nicméně při testování odolnosti se povrch prokázal jako málo odolný. Lak se při mechanickém opotřebovávání začal odlupovat. U druhého vzorku byla mechanická odolnost uspokojivá, ale povrch nebyl jasně matný. Z estetického hlediska tedy tento vzorek nesplnil požadavky. Třetí vzorek již byl esteticky dobrý a mechanická odolnost byla taky v pořádku. Přínosem technologie komaxitování je taky fakt, že se jedná o jeden z nejekologičtějších způsobů povrchové úpravy, protože se neuchycený prášek na součásti znovu použije.



Obrázek 9 – 1. Způsob povrchové úpravy (viditelné mech. Poškození).



Obrázek 10 – 2. Způsob povrchové úpravy (viditelný lesklý efekt).



Obrázek 11 – 3. Způsob povrchové úpravy.

4.2.3. Změna uchycovacího systému

Na základě průzkumu trhu s uchycovacími systémy obrazů a nástěnných dekorací byl zvolen způsob uchycení pomocí úchytky obrazů viz *obrázek 12*. Kvůli zadaného předpokladu, že bude mapa odsazená od zdi by bylo třeba vyrobit úchytky na míru a na mapu by se nepřichycovaly šrouby, ale spojení by vzniklo svařováním tak, aby nedošlo k poškození přední strany. Na každé části mapy by byly dvě úchytky ze zadní strany pro přesné nastavení polohy a pro větší stabilitu. Při výrobě testovacího vzorku došlo k odhalení problému se svařováním. U plechu tloušťky 1,5mm došlo při bodovém navaření úchytek k tvarové deformaci mapy

tak, že i po povrchové úpravě byla deformace z přední strany mapy viditelná. Při pokusu o instalaci vzorku na zeď bylo zjištěno, že tento způsob uchycení je málo stabilní a odsazení od zdi není rovnoměrné.



Obrázek 12 – Úchytka na obrazy.

Autorem bylo vymyšleno magnetické uchycení, které je pro zákazníka jednoduché k instalaci a zároveň perfektně plní funkci odsazení od zdi i udržení větších sil. Hlavním prvkem uchycovacího systému je Neodymový magnet, který se vyznačuje výborným poměrem magnetických sil vůči jeho malým rozměrům.

Magnetické uchycení se skládá z částí, které jsou přišroubovány ke zdi a z částí, které jsou pevně spojeny s plechovými díly mapy.

Části magnetického systému, které nejsou pevně spojeny s mapou:

- Neodymový magnet Ø 14-8 x 5 se zkosením pro hlavu šroubu
- Ocelový podstavný kroužek Ø 14 x 2 x 8
- Univerzální vrut ZH 3,5 x 50, zinek žlutý
- Hmoždinka FISCHER SX 6 x 30



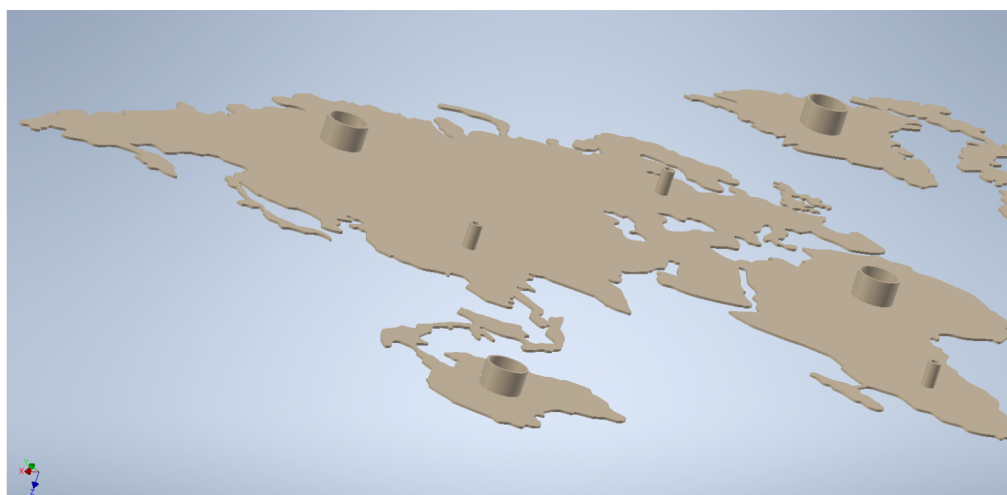
Obrázek 13 – Části magnetického systému, které nejsou pevně spojeny s mapou.

Magnet je pomocí lepidla Loctite Super Attak Control pevně spojen s kovovým podstavným válečkem.

Části magnetického systému, které jsou pevně spojeny s mapou:

- Hliníkový centrační kroužek 25 x 2 x 13 mm
- Hliníkový distanční kroužek 8 x 1,5 x 13 mm

Tyto kroužky jsou rozmístěny na ploše plechových částí map tak, že centrační kroužky brání pohybu mapy ve všech radiálních směrech (tím zajišťují přesnou polohu) a distanční trubky napomáhají zabránit prohnutí mapy při normálovém zatížení.



Obrázek 14 – část modelu dekorace s distančními a centračními trubkami.

Bylo třeba vyřešit způsob spojení trubek s plechovou částí, a proto bylo otestováno několik způsobů.

- **Spojení pomocí lepidla Loctite Super Attak Control po povrchové úpravě**
Tento způsob byl pevnostně dostačující, ale z estetického hlediska působil lacině a nevzhledně
- **Spojení pomocí bodových svarů metodou TIG (místo hliníkových trubek použity kovové)**
Tento způsob byl pevnostně dostačující, ale opět neprošel z estetického hlediska. Tepelně deformovaná oblast kolem svaru byla po povrchové úpravě v polovině případů viditelná z přední strany mapy. Deformace se objevily i při snížení napětí. Pomohlo by zvětšení tloušťky plechu, nicméně by se zbytečně navýšila hmotnost i cena plechových částí. Další nevýhodou je, že je nasazení

mapy na magnetické podstavce obtížný, jelikož jsou středící trubky z kovu přitahovány magnetickými silami.

- **Spojení pomocí lepidla Loctite EA 3463 před povrchovou úpravou**

Toto lepidlo se dá použít i u součástí, které jsou namáhány za tepla. Při povrchové úpravě komaxitem je mapa vystavená teplotám až 300 °C, a je tedy pro tuto aplikaci vhodná. Bohužel bylo při výrobě testovacího vzorku zjištěno, že je aplikace lepidla příliš zdlouhavá. Lepidlo se nanáší ručně modelováním a pro výrobu většího množství map je tento způsob příliš zdlouhavý.

- **Spojení pomocí lepidla Loctite EA 9492 před povrchovou úpravou**

Toto lepidlo se vyznačuje vlastnostmi jako: vysoká hustota a vysoká pevnost i při vyšších teplotách. Spoj by při 300 °C zátěž nevydržel, ale mapa bude používána pouze při pokojových teplotách. Teplotní odolnost je důležitá pouze pro část výrobního procesu, kdy je mapa vystavena vysoké teplotě v peci při povrchové úpravě. Díky vyšší hustotě je aplikace lepidla jednoduchá a dají se vytvořit pevné a vzhledově přijatelné koutové spoje. Po vyrobení testovacího vzorku byl tento způsob spojení testovaný statickou zátěží. Na přilepenou trubku byla zavěšena nádoba, do které bylo postupně přidáváno závaží. Testování probíhalo až do velikosti zátěže 15 kg, které spoj vydržel. V dalším zvyšování zátěže nebylo pokračováno, jelikož je spoj, který vydrží 15 kg dostatečně předimenzovaný.

5 NÁVRH PROCESU SÉRIOVÉ VÝROBY 100KS.

5.1 Výroba plechové části mapy

Pro sériovou výrobu plechové součásti byla zvolena technologie pálení laserem z důvodu menšího strojního času než u řezání vodním paprskem a nižší ceny strojního času. Další nevýhodou řezání vodním paprskem oproti pálení laserem je vysoká náchylnost výrobků k rychlé korozi. Vypálení 100 ks map z plechu tloušťky 1,5 mm z materiálu DC01 1.0330 CR nacenila nejlevněji firma Technologické centrum, a.s. za 393 Kč/ks bez DPH včetně materiálu při počtu 100 ks. Při přičtení DPH a vynásobení počtem kusů map je výsledná cena za celou sérii 47 553 Kč. 100 ks výpalků váží s paletu necelých 400 kg. K ceně výpalků je třeba připočíst i náklady na manipulaci a přepravu.

Tabulka č.1 – Náklady na výrobu plechových součástí.

| Položka | Cena | Jednotka | Potřebný počet | Cena pro 100 map [Kč] |
|---------------------------------|--------|----------|----------------|-----------------------|
| Výpalek mapy včetně materiálu | 475,53 | Kč/1ks | 100 | 47 553 |
| Náklady na dopravu a manipulaci | 500 | Kč/sérii | 1 | 500 |
| | | | | 48 053 |

5.2 Výroba distančních a středících kroužků

K výrobě byly vybrány hliníkové trubky EN 573-3 AW 6060 o rozměrech 25 x 2 mm, respektive 8 x 2 mm od dodavatele Feron, a.s., který prodává 1 m profilů za 48,6 Kč bez DPH, respektive 12,12 Kč bez DPH. Pro dělení profilů bylo zvoleno jako vhodná technologie řezání pásovou pilou. Potřebná délka profilů pro 100 ks map byla vypočítaná podle vzorce:

$$L = \frac{(l+l_p) \times n \times i}{l_t - l_u} \times L_t \quad \text{Rovnice č.1 - Výpočet potřebné délky profilů.}$$

$$\frac{(13 + 2) \times 100 \times 6}{5\,000 - 150} \times 5\,000 = 9\,278,35 \text{ mm}$$

L - Celková délka profilů pro výrobu počtu kusů n

l - Délka součásti

l_p - Tloušťka pilového pásu

n - Počet kusů map

i - Počet kroužků na jednu mapu

l_t - Délka profilu

l_u - Délka profilu potřebná pro uchycení ve svěráku

Pro výrobu distančních a středících kroužků je potřeba 9 279 mm trubek. Je tedy třeba koupit dva pětimetrové profily od obou průměrů.

Strojní čas řezu byl změřen experimentálně, jelikož je k řezání použita pásová pila Güde MBS 125 V, která není automatická a podávání trubky k dorazu i vedení řezného pásu je závislé na pracovníkovi. Koupě technologicky vyspělejšího stroje by byla pro tak malý projekt ekonomicky nelogická. Pořizovací cena pily je 8 000 Kč. Proces řezu trubky o průměru 8 mm od povolení svěráku, dosazení trubky na doraz, utažení svěráku až po dokončení řezu byl změřen na 11 sekund. Proces řezu trubky o průměru 25 mm od povolení svěráku, dosazení trubky na doraz, utažení svěráku až po dokončení řezu byl změřen na 18 sekund.

5.2.3. Broušení

Po nařezání profilů je třeba středící a distanční kroužky obrousit, abychom se zbavili otřepů způsobených pilovým pásem. Obrousit je třeba kroužky na radiálních plochách kudy byl vedený řez a na všech hranách. Nejefektivnější způsob broušení je v tomto případě ruční broušení, jelikož stačí hliníkové válečky obrousit jen lehce a upínání válečků do rotačních strojů by byl zbytečně zdlouhavý a výrazně by se zvýšily náklady z důvodu nákupu brusného stroje. Na obroušený povrch není udána žádná požadovaná drsnost povrchu, jelikož jde pouze o zbavení se otřepu a na kroužku bude povrchová úprava, která povrch překryje.

Při pokusu byl naměřen čas na obroušení jednoho středícího válečku na 32 sekund. Za hodinu jich je pracovník schopný obrousit 133 a potřebný počet kusů je 600. Čas potřebný k obroušení distančního válečku je 23 sekund. Za hodinu jich tedy pracovník obrousí 163 a potřebný počet kusů je 600. Cena celého procesu je uvedena v tabulce č.2. Spotřeba energie je 1 Kw cca za 2 h provozu (započítané světlo + pila).

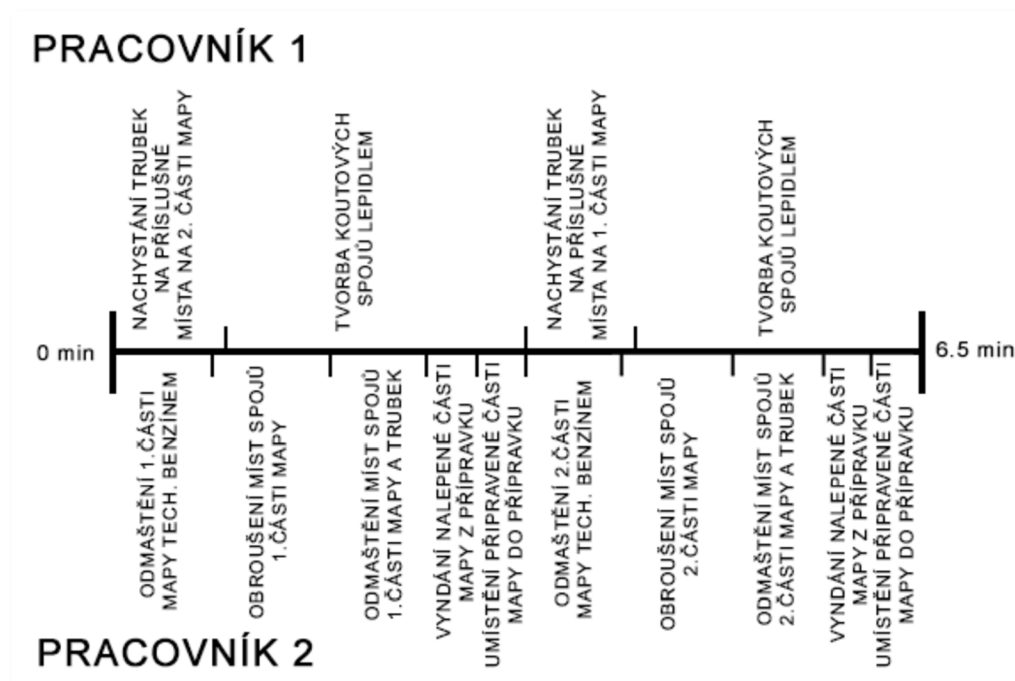
Tabulka č.2 – Náklady na výrobu kroužků.

| Položka | Cena | Jednotka | Potřebný počet | Cena pro 100 map [Kč] |
|--------------------------------------|------|----------|----------------|-----------------------|
| Trubka 25 x 2 | 58,6 | Kč/m | 10 | 586 |
| Trubka 8 x 2 | 14,7 | Kč/m | 10 | 147 |
| Práce - řezání středících válečků | 200 | Kč/hod | 1,83 h | 366 |
| Práce - řezání distančních válečků | 200 | Kč/hod | 3 h | 600 |
| Pilový pás | 520 | Kč/kus | 5 | 2 600 |
| Energie | 4,58 | Kč/kWh | 2,5 | 12 |
| Práce - broušení středících válečků | 200 | Kč/hod | 5,3 h | 1060 |
| Práce - broušení distančních válečků | 200 | Kč/hod | 3,8h | 760 |
| Smirkový papír 150 | 7 | Kč/arch | 20 | 140 |
| | | | | 6 271 |

5.3 Lepení kroužků k plechové části

K přesnému nalepení a zjednodušení celého procesu byl vymyšlen lepicí přípravek. Plechové části musí být odmaštěny technickým benzínem kvůli olejovému povlaku, který je na plech nanášen kvůli prevenci proti korozi. Po hrubém odmaštění mapy se místa spojujů musí zdrsnit smirkovým papírem. Byl zvolen smirkový papír hrubosti 150. Po zdrsnění je třeba místa spojujů očistit a odmastit pomocí acetonu, který má lepší odmašťovací vlastnosti než technický benzín. Odmaštěny musí být taky kroužky.

Bylo otestováno, že nejefektivnější proces lepení a přípravy součástí na lepení je za účasti dvou pracovníků. Průběh procesu je znázorněn pomocí časové osy na *obrázku 12*. Pro přesné umístění lepených kroužků na příslušné místa na mapu je použit přípravek.



Obrázek 15 – Časová osa lepení.

Čistý čas pro tento proces vychází na 6.5 minuty na jednu mapu. Pro počet 100 ks map se jedná o čistý čas 6,5 hodin za účasti dvou pracovníků. Při hodinové sazbě 200 Kč/h, ceně lepidla, ceně brusných prostředků a odmašťovacích prostředků vychází celková cena procesu na 10 783 Kč viz tabulka č.3.

Tabulka č.3 – Náklady na lepení kroužků k mapě.

| Položka | Cena | Jednotka | Potřebný počet | Cena pro 100 map [Kč] |
|-------------------------|------|---------------|----------------|-----------------------|
| Práce - lepení | 200 | Kč/hodinu | 13 | 2 600 |
| Lepidlo Loctite EA 9492 | 660 | Kč/50ml | 10 | 6 600 |
| Technický benzín | 524 | Kč/9l | 1 | 524 |
| Aceton | 529 | Kč/9l | 1 | 529 |
| Smirkový papír 150 | 7 | Kč/arch | 20 | 140 |
| Profi bavlněná utěrka | 130 | Kč/balení 3ks | 3 | 390 |
| | | | | 10 783 |

5.4 Povrchová úprava

Pro povrchovou úpravu byla vybrána technologie práškového lakování (komaxit). Při této povrchové úpravě bývají součásti umístěny do pece. Mapy jsou v peci zavěšeny v závěsných klecích pomocí přídržných drátků. Do pece se vejde 5 klecí a na jednu klec se dají umístit maximálně 4 kusy map (dohromady 8 částí). Série 100 ks map bude tedy vyráběna ve výrobních dávkách po 20 kusech. Nejlepší cena na jednu mapu u externí firmy vychází na 300 Kč bez DPH. Z důvodu obtížného skladování a převážení map je třeba jednotlivé dávky od externí firmy převážet zpět na dílnu, což je zahrnuto ve výpočtu ceny viz tabulka č.4.

Tabulka č.4 – Náklady na povrchovou úpravu.

| Položka | Cena | Jednotka | Potřebný počet | Cena pro 100 map [Kč] |
|------------------------------|------|----------|----------------|-----------------------|
| Povrchová úprava | 363 | Kč/1ks | 100 | 36 300 |
| paušální poplatek za dopravu | 200 | Kč/sérii | 5 | 1 000 |
| | | | | 37 300 |

5.5 Výroba magnetických podstavců

K výrobě byla vybrána trubka bezešvá přesná kruhová ČSN 42 6711.21 rozměr 14 x 2,0 od dodavatele Feron, a.s., který prodává 1 m profilu za 54,16 Kč bez DPH. Trubka je dělena po metrech. Potřebná délka profilu pro 100 ks map byla vypočítaná podle vzorce:

$$L = \frac{(l+l_p) \times n \times i}{l_t - l_u} \times L_t \quad \text{Rovnice č.2 - Výpočet potřebné délky profilů.}$$

$$\frac{(8 + 2) \times 100 \times 6}{5\,000 - 150} \times 5\,000 = 6\,185.567 \text{ mm}$$

L - Celková délka profilů pro výrobu počtu kusů n

l - Délka součásti

l_p - Tloušťka pilového pásu

n - Počet kusů map

i - Počet kroužků na jednu mapu

lt - Délka profilu

lu - Délka profilu potřebná pro uchycení ve svěráku

Délka profilu pro nákup po zaokrouhlení je 7 m.

Po nařezání trubek je potřeba začistit hrany, aby se zákazník nepořezal o otřep, a aby na trubku dobře dosedl magnet a zeď. K začistění hran byl vybrán technologický postup ruční broušení smirkovým papírem. Na začistěné trubky jsou přilepeny Neodymové magnety. Je tedy třeba, aby byly trubky i magnety řádně odmaštěny acetonem. Jelikož magnetické podstavce nebudou povrchově upravovány, nebudou vystaveny vysokým teplotám v peci, bylo tedy pro spoj vybráno lepidlo Loctite super attack. Čas ručního procesu pro výrobu jednoho magnetického podstavce byl naměřen na 90 sekund (broušení a lepení), čas pro řezací proces byl naměřen pro jeden podstavec 26 sekund. Pro jednu mapu je potřeba 6 ks. Náklady na výrobu jsou zapsány v tabulce č.5. Spotřeba energie je 1 Kw cca za 2 h provozu (započítané světlo + pila).

Tabulka č.5 – Náklady na výrobu magnetických podstavců.

| Položka | Cena | Jednotka | Potřebný počet | Cena pro 100 map [Kč] |
|---------------------------------|-------|----------|----------------|-----------------------|
| Trubka 14 x 2,0 | 65,54 | Kč/m | 7 | 458,78 |
| Práce - řezání | 200 | Kč/hod | 4,3 | 860 |
| Pilový pás | 520 | Kč/kus | 5 | 2 600 |
| Energie | 4,58 | Kč/kWh | 3 | 15 |
| Práce - ruční | 200 | Kč/hod | 15 | 3000 |
| Smirkový papír 150 | 7 | Kč/arch | 20 | 140 |
| Neodymový magnet KR-14-8/4-05 | 12 | Kč/ks | 600 | 7 200 |
| Lepidlo Loctite super attack 5g | 129 | Kč/ks | 6 | 774 |
| | | | | 15 048 |

5.6 Balení hotového produktu

Ke koncovým zákazníkům musí být produkt dodáván v obalu, aby při přepravě nedošlo k porušení produktu, a aby byla manipulace se všemi komponenty najednou jednoduchá. Výroba 100 ks nesložených krabic byla nejlevněji nabídnuta externí firmou WPA na 4500kč s DPH (zároveň nejlepší poměr cena/kvalita). Krabice obsahuje výplň pro tlumení nárazů a pro fixaci produktu v krabici. Byla zvolena výplň "dřevěná sláma". Samotné mapy jsou před umístěním do výplně krabice obaleny balícím papírem kvůli zamezení zašpinění a zaprášení produktu. Pro zabalení komponent uchyvacího systému byl zvolen papírový potravinářský sáček.

Čas na kompletní zabalení hotového produktu byl experimentálně změřen na 570 sekund. V tabulce č.6 jsou zapsány náklady na balení včetně ceny zbylých položek obsahu balení.

Tabulka č.6 – Náklady na balení produktů.

| Položka | Cena | Jednotka | Potřebný počet | Cena pro 100 map [Kč] |
|-----------------------------------|-------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|
| Krabice | 4 500 | Kč/100 ks | 1 | 4 500 |
| EKO papírová lepicí páska | 75 | Kč/ks | 25 | 1 875 |
| Role balicího papíru 1 x 110 m | 501 | Kč/ks | 4 | 2 004 |
| Dřevěná sláma 25 kg | 690 | Kč/ks | 4 | 2 760 |
| Papírový svačkový sáček | 0,38 | Kč/ks | 100 | 38 |
| Tisk šablony pro vrtání do zdi A0 | 44,8 | Kč/ks | 100 | 4 480 |
| Vrut ZH 3,5 x 50, zinek žlutý | 0,49 | Kč/ks | 600 | 294 |
| Vrut ZH 3,5 x 30, zinek žlutý | 0,26 | Kč/ks | 600 | 156 |
| Hmoždinky | 1,52 | Kč/ks | 600 | 912 |
| Práce - balení | 200 | Kč/hod | 16 | 3 200 |
| | | | | 20 219 |

6 ROZBOR NÁKLADŮ

Náklady na výrobu série 100 ks plechových map jsou obsaženy v tabulce č.7, ve které jsou sečteny náklady z jednotlivých fází výroby. Náklady Jednotlivých fází výroby jsou vypočítány v předchozí kapitole. Celkové náklady na výrobu celé série vyšly na 137 674 Kč. Náklad na výrobu jedné mapy tedy činí 1 377 Kč. Čistý výrobní čas po součtu výrobních časů jednotlivých fází vychází na 62,23 hodin.

Tabulka č.7 – Celkové náklady na výrobu 100 ks map.

| Položka | Cena pro 100 map [Kč] |
|---|----------------------------------|
| Výroba plechové části mapy | 48 053 |
| Výroba distančních a středících kroužků | 6 271 |
| Lepení kroužků k mapě | 10 783 |
| Povrchová úprava | 37 300 |
| Výroba magnetických podstavců | 15 048 |
| Balení hotového produktu | 20 219 |
| | 137 674 |

DISKUZE

Náklady a výrobní čas vypočítány v předchozí kapitole jsou bez zahrnutých situací, které se v běžné praxi při sériové výrobě stávají. Může se jednat například o tvorbu zmetků (vyrobení vadného kusu strojní, nebo lidskou chybou), o časové prodlevy při práci vzniklé odpočinkem pracovníků, nebo řešením výrobních problémů. Celkový čas výroby bude taky zvyšovat příprava strojů a dílny a následný úklid. Je vhodné taky uvažovat o čase, který pracovníci stráví přemísťováním součástí a výrobků a logistikou při nákupu zásob, nebo přesunu výrobků z a do firem v kooperaci.

Pokud bychom se začali zabývat pricingem (návrhem ceny produktu) museli bychom započítat do ceny produktu výrobní cenu i se zmíněnými okolnostmi zvyšující výrobní náklady, náklady na odvody státu a daně, náklady na marketing, další náklady na prodej (například tvorba webových stránek atd.), nájem výrobních a skladovacích prostor, marži (která se u podobných produktů pohybuje kolem 30-50 % z ceny produktu) a další náklady na chod firmy. Cena finálního produktu by se tedy mohla podle hrubého odhadu pohybovat kolem 4 000-5000 Kč.



Obrázek 16 – Finální produkt v interiéru.

Produkt by mohl být prodáván na internetovém obchodě a zároveň dodáván do obchodů s interiérovým vybavením. Další verze produktu pro rozšíření výrobní řady by mohla být mapa s LED podsvícením ze zadní strany mapy, což by zvýraznilo mapu a produkt by byl zároveň i osvětlením. Prototyp s LED podsvícením byl mimo zadání této bakalářské práce vyhotoven a je zobrazen na *obrázku 17*.



Obrázek 17 – Prototyp s LED osvětlením.

ZÁVĚR

Zadáním závěrečné práce bylo navrhnout plechovou mapu světa, vymyslet a stanovit cenu sériové výroby pro 100 kusů. Zadání bylo bez zásadních komplikací splněno. Po vyrobení prototypu bylo odhaleno několik koncepčních a výrobních problémů. Díky testování vhodných koncepčních provedení a technologických postupů na zkušebních vzorcích byly nalezeny finální koncepční řešení a finální postup výroby. V kapitole – návrh sériové výroby 100 ks byl navržen postup výroby 100 ks map a byla vypočítána výrobní cena celé série na 137 674 Kč. Cena jednoho kusu mapy tedy vychází na 1 377 Kč. V diskuzi je praktický pohled na výrobní náklady a výrobní čas, který jak výrobní čas, tak náklady zvyšuje. Zároveň je v diskuzi návrh na cenu finálního produktu a možný další vývoj produktové řady.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Kotler, P., Wong, V., Saunders, J., Armstrong, G.: Moderní marketing – 4. evropské vydání, Grada Publishing, Praha, 2007. ISBN 978-80-247-1545-2 str. 615.
2. PITRA, Zbyněk. Inovační strategie. Praha: Grada, 1997, s. 20. ISBN 80-7169-461-4.
3. TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. Výrobek a jeho úspěch na trhu. Praha : Grada Publishing, 2001. 352 s. ISBN 80-247-0053-0.
4. Ilka B. Rodriguez-Calero, Marianna J. Coulentianos, Shanna R. Daly, Jocelyn Burrige, Kathleen H. Sienko, Prototyping strategies for stakeholder engagement during front-end design: Design practitioners' approaches in the medical device industry, Design Studies, Volume 71, 2020, 100977, ISSN 0142-694X
5. RICHTER, A., SCHIFFER a WAWRZINIAK. Proudová výroba. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. Polytechnická knihnice (SNTL).
6. RICHTER, A., SCHIFFER a WAWRZINIAK. Proudová výroba. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. Polytechnická knihnice (SNTL). Strana 11.
7. SPŠ Ostrava-Vítkovice, výukové materiály – Dělení materiálů. [online]. 2020-04 [cit. 2021-05-09]. Soubor ve formátu PDF, str. 3. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/STT2-7_Deleni_materialu_RAJ.pdf
8. Řezání laserem, SPŠ Ostrava Vítkovice, 2020-04, [online]. výukové materiály – Dělení materiálu [cit. 9.5.2021]. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/STT2-7_Deleni_materialu_RAJ.pdf
9. SPŠ Ostrava-Vítkovice, výukové materiály – Dělení materiálů. [online]. 2020-04 [cit. 2021-05-09]. Soubor ve formátu PDF, str. 4. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/STT2-7_Deleni_materialu_RAJ.pdf
10. KOVAŘÍK, Rudolf a František ČERNÝ. *Technologie svařování*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN isbn80-7082-697-5.
11. SPŠ Ostrava-Vítkovice, výukové materiály – Svařování. [online]. 2020-04 [cit. 2021-05-09]. Soubor ve formátu PDF, Dostupné z: <https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf>
12. Popis svarového spoje, 2020-04, SPŠ Ostrava Vítkovice [online]. výukové materiály – Svařování [cit. 9.5.2021]. Dostupné z: <https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/SVA%C5%98OV%C3%81N%C3%8D-UT.pdf>
13. Hlavní součásti šroubového spoje a jeho prokreslení, VOŠ, SOŠ A SOU KOPŘIVNICE, [online]. [cit. 9.5.2021]. Dostupné z: http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U36_Spoje_ve_strojirenstvi.pdf
14. HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 2. 2.*, upr. vyd. Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-7183-245-6.

