

Návrh kancelářské sešíváčky na papír

Vojtěch Konečný

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch Konečný**
Osobní číslo: **T13082**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh kancelářské sešivačky na papír**

Zásady pro vypracování:

- 1. Teoretická rešerše na dané téma**
- 2. Vypracování modelu ve 3D**
- 3. Provedení pevnostních výpočtů a veškeré výkresové dokumentace**
- 4. Zvolení technologického postupu výroby vybraných dílů**
- 5. Volba materiálů a ekonomická kalkulace**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Dana Shejbalová, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

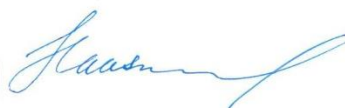
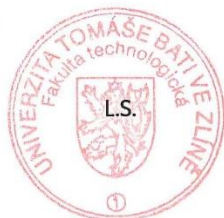
Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 3. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KONEČNÝ VOJTĚCH

Obor: T.Z.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 15.5.2016


.....

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, § 47 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 vzdělávacímu 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.

(3) 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 přihledne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce podává ucelený návrh kancelářské sešíváčky. V teoretické části jsou charakterizovány výrobní technologie, které mohou být aplikovatelné při výrobě kancelářské sešíváčky. V praktické části jsou uvedeny pevnostní výpočty, technologický postup výroby dílů a zdůvodnění volby materiálů. Přiložena je pak veškerá výkresová dokumentace a 3D modely všech dílů.

Klíčová slova: kancelářská sešíváčka, návrh, 3D model

ABSTRACT

This bachelor thesis submits a coherent draft of a stapler. Manufacturing technologies, which may be applicable on construction of stapler, are characterized in the theoretical part. In practical part strength calculation, technological process of components construction and justification for choice of materials are listed. There are enclosed the entire graphical documentation and 3D models of all components.

Keywords: stapler, draft, 3D model

Rád bych upřímně poděkoval vedoucí práce Ing. Daně Shejbalové, Ph.D. za trpělivou spolupráci a přínosné připomínky v průběhu tvorby této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodičům a přítelkyni za podporu a trpělivost.

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

Ve Zlíně 18. května 2016

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	12
1.1 TVÁŘENÍ KOVŮ ZA STUDENA.....	12
1.1.1 Ohýbání	12
1.1.2 Tažení plechů	15
1.2 VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ	16
1.3 SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ NÝTOVÁNÍM	17
1.4 DĚLENÍ MATERIÁLŮ.....	19
1.4.1 Stříhání a prostříhování.....	20
1.5 POVRCHOVÉ ÚPRAVY	22
1.5.1 Příprava povrchu.....	23
1.5.2 Chemická úprava povrchu	23
1.5.3 Elektrochemické pokovování.....	24
1.5.4 Povlaky barev a laků (nátěry)	25
1.5.5 Povlaky z plastů.....	27
2 DRUHY MATERIÁLŮ A POLOTOVARŮ.....	28
2.1 DRUHY MATERIÁLŮ A JEJICH VLASTNOSTI	28
2.1.1 Oceli ke tváření	28
2.1.2 Plasty	30
2.2 DRUHY POLOTOVARŮ A JEJICH VLASTNOSTI.....	33
2.2.1 Nýty	33
2.2.2 Pružiny	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
3 NÁVRH MODELU	39
3.1 VYPRACOVÁNÍ MODELU VE 3D	39
3.2 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY A VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....	42
3.2.1 Magnet.....	42
3.2.2 Tlačná pružina jezdce.....	43
3.2.3 Nýty	44
3.2.4 Lisovací planžeta.....	44
3.2.5 Listová planžeta	46
3.2.6 Pružina vinutá kuželová.....	47
3.3 VOLBA TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY VYBRANÝCH DÍLŮ	48
3.3.1 Kryt zásobníku	48
3.3.2 Kryt.....	49

3.3.3	Lisovací planžeta	49
3.3.4	Listová planžeta	49
3.3.5	Podstavec.....	50
3.3.6	Rameno jezdce	50
3.3.7	Základna.....	50
3.3.8	Zásobník.....	51
3.3.9	Závěrný plech	51
3.4	VOLBA MATERIÁLŮ A EKONOMICKÁ KALKULACE	51
3.4.1	Díly z pružinové oceli	52
3.4.2	Plastové díly	52
3.4.3	Díly z konstrukční oceli.....	52
3.4.4	Magnet.....	52
3.4.5	Nýty	53
4	ZÁVĚR.....	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM PŘÍLOH	62

ÚVOD

Ve své Bakalářské práci se zabývám návrhem kancelářské sešivačky na papír. Součástí práce je teoretická rešerše na téma technologie zpracování kovů a plastů. Vytvoření modelu sešivačky v trojrozměrném prostoru bylo provedeno pomocí programu *Autodesk Inventor 3D CAD*, v němž byla vytvořena veškerá výkresová dokumentace návrhu. V druhé části práce jsou také provedeny pevnostní výpočty pro vybrané mechanické součásti a volby technologických postupů pro jejich výrobu. Následně i ekonomická kalkulace volby materiálů.

Navržený produkt je předmětem každodenního užití. Je tedy nutné, aby technické řešení bylo jednoduché a pro uživatele srozumitelné. Je také žádoucí, aby produkt dobře odolával opotřebení, čímž by byla zaručena jeho dlouhá životnost a funkčnost.

Cílem práce je tedy navrhnout funkční produkt, který by odpovídal výše uvedeným uživatelským požadavkům, a to při minimalizaci nákladů a časové náročnosti výroby. Je tedy nutné zaměřit se především na efektivní moderní metody práce s kovy a plasty. Vhodné je také využití normalizovaných polotovarů, čímž je možné využít úspory z rozsahu sériové výroby.

Hlavní motivací pro volbu tohoto tématu byla podobnost s navrhováním nových výrobků v odborné praxi. Zároveň je mi téma blízké, neboť již od studia na střední škole se zajímám o strojírenství a zpracování plastů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

Při výrobě kancelářské sešíváčky na papír bude použito široké spektrum výrobních technologií, jelikož samotná sešíváčka je složena z mnoha dílčích částí. Jednotlivé technologie výroby jsou popsány v následujících podkapitolách.

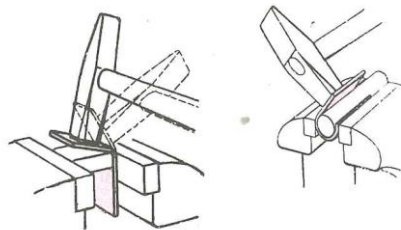
1.1 Tváření kovů za studena

Tváření kovů za studena je nejčastější, nejpoužívanější a nejlevnější technologií k úpravě kovových polotovarů. Jejich hlavní výhodou spočívá v nízké energetické náročnosti výroby, jelikož oproti tváření za tepla není nutno materiál nijak tepelně upravovat.

1.1.1 Ohýbání

Ohýbání je jednou z nejčastějších technologií plošného tváření plechů za studena, při které je materiál trvale deformován do různých tvarů. Tato technologie se uplatňuje jak v malosériové a kusové výrobě, tak i ve velkých sériích. Výrobek vyrobený metodou ohýbání se nazývá *výlisek*. Materiál ohýbáme na ohýbacích strojích, které dělíme na ruční a strojní [1][2][3].

Mezi **ruční ohýbání** patří nejznámější způsob, a to je ruční ohýbání plechů ve svěráku, které je ovšem velmi nepřesné a použitelné pouze u menších jednoduchých součástí v kusové výrobě (viz Obrázek 1).



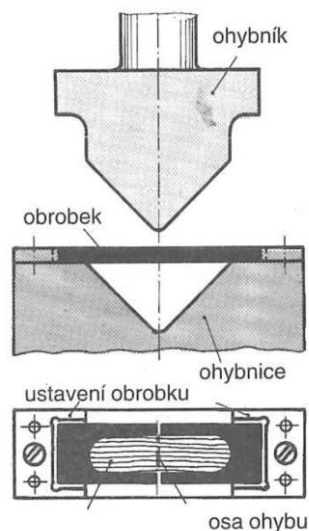
Obrázek 1: Příklad ručního ohýbání a zakružování ve svěráku[5]

Progresivnější metodou ručního ohýbání je ohýbání na **ohýbačkách**. Ruční ohýbačka je stroj s masivní litinovou konstrukcí, která zaručuje vysokou přesnost výlisku. Největší nepřesnosti výlisku vznikají při upínání plechu mezi horním pohyblivým dílem a spodním nepohyblivým dílem. Této nepřesnosti se lze částečně vyhnout použitím dorazů, které se ovšem vyplatí použít až při větším počtu výlisků.

Ohyb je prováděn přední pohyblivou čelistí, kterou plech ohneme do požadovaného úhlu (až 145°)[3].

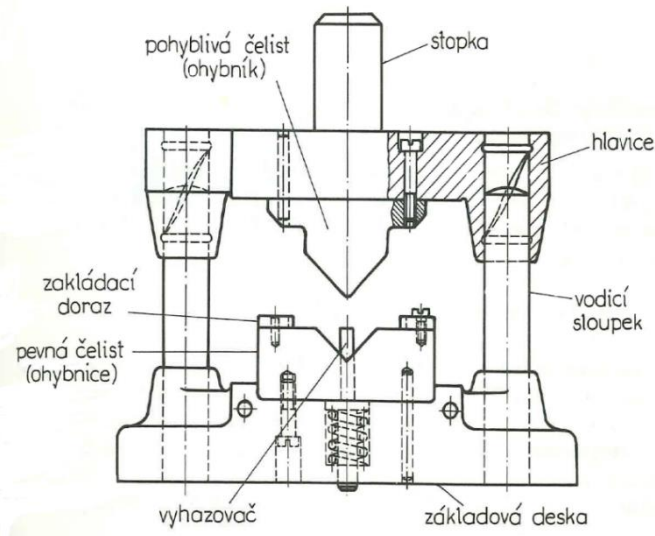
Strojní ohýbání probíhá na mechanických nebo hydraulických lisech za pomoci ohýbacích nástrojů. Ohýbací nástroje se dělí na jednoduché a sloučené.

Jednoduchý ohýbací nástroj má dvě hlavní části: *ohybník* a *ohybnice* (viz Obrázek 2). Ohybník je upnut na pohyblivé (horní) části lisu, koná hlavní přímočarý vratný pohyb a zatlačuje silou materiál do ohybnice, která mu společně s ohybníkem udává tvar. Ohybnice je upevněna na spodní, nepohyblivé části lisu[4].



Obrázek 2: Ohýbání jednoduchým ohýbacím strojem[5]

Sloučené ohýbací nástroje oproti jednoduchým obsahují vyhazovače, přidržovače plechu, vodící přípravky, klíny nebo výkyvné čelisti (viz Obrázek 3). Sloučenými ohýbacími nástroji lze tedy provést několik operací na jeden zdvih lisu, avšak kvůli vyšší ceně se používají jen v sériové výrobě.



Obrázek 3: Ohýbadlo s vodícími sloupky[5]

Návrh výlisku je složitou operací a je nutné brát v potaz mnoho faktorů, které ovlivňují finální podobu a mechanické vlastnosti výlisku[5].

Hranu ohybu nikdy nevolíme rovnoběžně se směrem válcování plechu, protože ohyb by měl malou pevnost a mohly by se tvořit trhliny, případně by se mohl lámat v hraně ohybu (viz Obrázek 4). Pokud je třeba mít dvě hrany ohybu na sebe kolmé, volíme polohu hran tak, aby svíraly 45° se směrem vláken plechu[3][5].



Obrázek 4: Směr vláken materiálu vůči hraně ohybu[5]

Po deformaci materiálu vzniká **zpětné odpružení**. Snaha materiálu vrátit se do původního tvaru důsledkem pružné deformace. Jeho velikost záleží na druhu materiálu, poloměru ohybu, tloušťce materiálu a způsobu ohýbání. Výsledný poloměr ohybu musíme zvětšit o hodnotu zpětného odpružení (až 15°)[1][2].

Při ohýbání se materiál na vnitřní straně ohybu stlačuje, na vnější natahuje. Materiál se nemění pouze v **neutrální ose**, která není ve středu plechu, ale je posunutá blíže vnitřní hraně. Délku potřebného plechu pro výlisek musíme tedy počítat z neutrální osy, nikoli ze středního poloměru ohybu[4].

Délka oblouku v neutrální vrstvě:

$$l_n = \frac{\pi * \varphi}{180} * (R_0 + x * t) \quad (1)$$

φ úhel ohybu [°]

R_0 poloměr ohybu [mm]

x koeficient posunu neutrální vrstvy

t tloušťka materiálu [mm][2][6].

Vhodné je volit co nejmenší **poloměr ohybu**, aby bylo minimalizováno zpětné odpružení. Při příliš malém poloměru může materiál prasknout. Příliš velký poloměr ohybu má malou tuhost a velké zpětné odpružení[5].

Minimální poloměr ohybu:

$$R_{min} = c * t \quad (2)$$

t tloušťka plechu [mm]

c koeficient, který pro ocel nabývá hodnot v rozmezí 1 až 2.

1.1.2 Tažení plechů

Tažení plechů je způsob plošného tváření plechu, při kterém vznikne prostorový výrobek nerozvinutelného tvaru. Polotovary pro tažení je pás, přístřih nebo výstřížek z plechu. Součást vyrobená tažením se nazývá *výtažek* nebo *výlisek*. Hlavní metody tažení jsou mělké a hluboké, se ztenčením stěny nebo bez ztenčení. Táhnout můžeme výlisky téměř jakéhokoliv tvaru, rotační a nerotační, dále nepravidelné tvary jako jsou například karoserie aut. Tažení se provádí na lisech[1][4].

Nástrojem pro tažení je tažidlo, které má dvě hlavní části: *tažník* a *tažnici*. **Tažník** je horní část tažidla upevněná k beranu lisu, koná hlavní přímočarý vratný pohyb a udává výlisku vnitřní tvar. **Tažnice** je spodní nepohyblivá část upevněná ke spodní části lisu a může obsahovat přidržovače plechu. Tažnice, u kterých výlisek propadá tažnicí, mohou obsahovat stírače, které zajistí, že nám výlisek propadne

tažnicí dolů a nezůstane na tažníku, popřípadě se v tažidle nevzpříčí (tuto funkci může plnit rovněž ostrá hrana tažnice)[2][5].

V materiálu dochází při tažení ke vzniku dvou druhů napětí, normálového a tečného. **Normálová napětí** jsou rovnoběžná se směrem působící síly, **tečná napětí** působí kolmo na obvodu výlisku. V důsledku tečných napětí dochází ke zvlnění plechu na obvodu výtažku, tomuto zvlnění lze předejít použitím přídržovačů[1]. Tažná síla pro dimenzování lisu se v praxi stanovuje jako maximální síla, která může při tažení vzniknout, tedy síla, při které se utrhne dno výlisku. Výpočet je tedy shodný jako u stříhání[5].

1.2 Vstřikování plastů

Vstřikování je nejrozšířenější a nejčastější technologií zpracování plastů. Lze vstřikovat téměř všechny druhy plastů. Plasty jsou podle vlastností děleny na následující druhy:

- **Termoplasty** jsou plastické hmoty, které zahřátím měknou (stávají se těstovité) a ochlazením tuhnou. Tento proces je možné uskutečňovat opakovaně. Termoplasty mohou podle teploty zaujímat pevný elastický, termoelastický nebo termoplastický stav.
- **Reaktoplasty** jsou plastické hmoty, které po prvním zpracování nejsou opakovaně zpracovatelné. Reaktoplastické hmoty jsou materiály na bázi umělých pryskyřic, které slouží jako pojivo a mísí se spolu s plnivem a dalšími přísadami. Reaktoplasty se vytvrzují působením tepla nebo přidáním tvrdidla.
- **Elastomery** jsou plastické hmoty vyznačující se vysokou elasticitou, mohou se deformovat a vrátet se do původního tvaru.

Princip vstřikování spočívá ve vstříknutí roztaveného plastu pod tlakem do dutiny formy. Tlak se vyvozuje většinou šnekem, ve kterém se i plast ve formě granulátu plastikuje. Formy jsou ocelové, chlazené protékající vodou a mají samočinný vyhazovací systém. Ve formě hmota tuhne a zaujímá její tvar. Výrobky mají hmotnost od několika gramů až po kilogramy. Celý vstřikovací cyklus je silně závislý na velikosti výrobku a pohybuje se v řádu desítek sekund. Vstřikovat lze i velmi složité tvary.

Při konstrukci vstřikovaného dílu je nutno se držet několika zásad:

- vhodná poloha dělicí roviny, vtokového systému a vyhazovacího systému,
- odvzdušnění formy,
- zkosení ploch výrobku vůči dělicí rovině,
- zaoblení hran výrobku,
- vyvarovat se náhlým přechodům v tloušťkách stěn a
- zbytečně tlustým stěnám. [7][8][9]

1.3 Spojování materiálů nýtováním

Nýtování je technologie spojování dvou a více součástí pomocí nerozebíratelného spoje. Nýt má dvě hlavní části, a to *dřík* a *hlavu*.

Existují dva druhy nýtování, a to:

- **přímé**, tedy bez použití přídavného materiálu, a
- **nepřímé**, které je s použitím přídavného materiálu (nýtu).

Hlavními výhodami nýtování jsou **spolehlivost**, možnost spojovat i součásti obtížně svařitelné nebo nesvařitelné, oproti svařovaným spojům jsou pružnější a poddajnější, nedochází ke změně mechanických vlastností spojovaných materiálů. Nevýhody nýtování jsou nutná výroba otvorů, kterými je základní materiál oslaben, vytvoření umělých nerovností na materiálu[3][10][11][12].

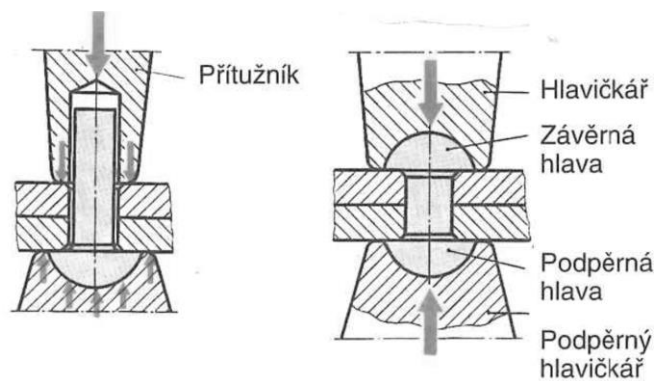
Nejčastějším příkladem spojování součástí nýtováním je spojení dvou tenkých plechů přeplátováním, kde jsou plechy přiloženy na sebe, zajištěny svěrkami proti nežádoucímu pohybu. Následně je nutné vyvrtat otvor pro dřík nýtu v obou součástech záraz, jen tak je možné docílit nejvyšší přesnosti vzájemné polohy součástí a zamezení vzniku vad nýtu (viz Obrázek 5).



Obrázek 5: Vady při nýtování[12]

K nýtování jsou nutné tři nástroje (viz Obrázek 6), a to:

- *přítužník*, který má za úkol pevně přitisknout všechny spojované součásti na hlavu nýtu;
- *podpěrný hlavičkář*, kde je umístěna hlava nýtu, a
- *hlavičkář*, který vytvoří závěrnou hlavu nýtu.



Obrázek 6: Pracovní postup při nýtování[5]

Dále je k urychlení procesu nýtování používáno **elektrické kladivo**, jenž předpěchovává dřík před vytvořením závěrné hlavy nýtu, díky čemuž dojde k vymezení vůle v otvoru pro dřík. Nýtování probíhá buď za tepla, nebo za studena, kde hlavním faktorem je průměr požadovaného nýtu. Ocelové nýty do 10 mm průměru jsou tvářeny za studena, avšak nad 10 mm průměru je již nutné jejich zpracování za tepla[3][10][11][12].

Průměr nýtu:

$$d = 2 * s \quad \text{pro tloušťku menší než } 12 \text{ mm} \quad (3)$$

$$d = 2 * s + 10 \quad \text{pro tloušťku větší než } 12 \text{ mm} \quad (4)$$

s tloušťka plechu [mm]

Kontrola na otláčení:

$$p = \frac{F}{d * s * i} \quad (5)$$

s tloušťka tenčí součásti [mm]

n počet nýtů [ks]

d průměr nýtu [mm]

Kontrola na stříh:

$$\tau = \frac{F}{\frac{\pi * d^2}{4} * i} \leq \tau_d \quad (6)$$

F střižná síla [N]

d průměr nýtu [mm]

i počet nýtů [ks]

τ_d dovolené napětí ve stříhu [MPa]

V případě **zpracování nýtu za tepla** je konec dříku zahříván až do bílého žáru, avšak opěrná hlava pouze do červeného žáru. Po tváření nýtu za tepla se nýt ochladí, čímž dojde k jeho smrštění a vzniku svěrné síly, která stlačí oba plechy k sobě. Nýtový spoj provedený za tepla má tudíž vyšší pevnost v důsledku vzniku větší třecí síly mezi plechy. Po ochlazení dojde však i k zvětšení vůle mezi plechem a dříkem nýtu[3][10][11][12].

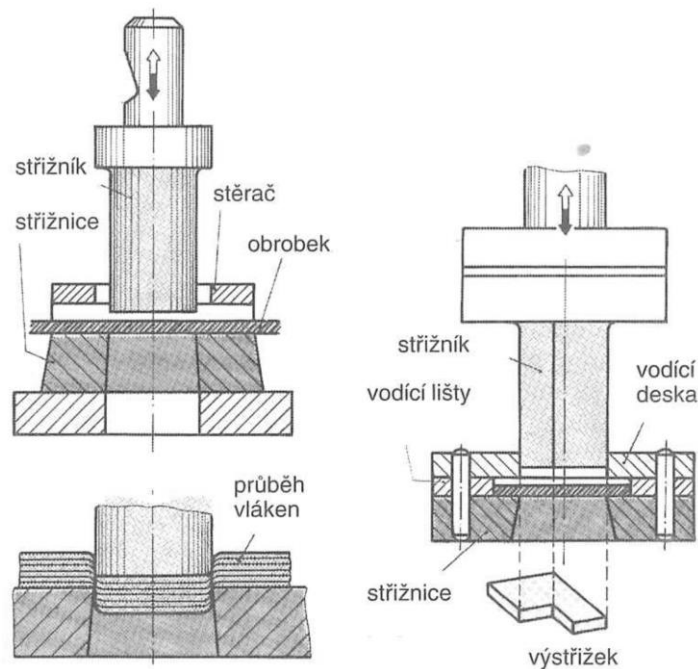
1.4 Dělení materiálů

Dělení materiálů označuje proces rozdělení základního polotovaru (např. tyče nebo plechu) na více částí, které je pak možné dále zpracovávat v hotové výrobky. Existuje více technologií dělení materiálů. Vybrané jsou charakterizovány níže.

1.4.1 Stříhání a prostřihování

Stříhání je nejrozšířenější operací dělení plechů a používá se k vystřihování dílců pro konečné použití (například podložky pod šrouby), nebo jako polotovar před další operací, kterou může být například ohýbání, lisování, ražení. Dílec nebo polotovar vyrobený technologií stříhání a prostřihování se nazývá **výstřížek**. Stříhání se provádí pomocí ručních, pákových a tabulových nůžek, které jsou vhodné pro kusovou a malosériovou výrobu. Prostřihování se provádí pomocí speciálních nástrojů – tzv. **stříhadel**, vhodných především pro sériovou výrobu, protože na každý tvar je nutné použít zvláštní stříhadlo s potřebnými parametry[1].

Stříhadla se dělí na nástroje bez vedení a s vedením. Nástroje bez vedení se používají pouze na méně přesné výstřížky, u kterých příliš nezáleží na kvalitě střížné plochy a u kterých vedení beranu zajistí dostatečnou přesnost stříhání[4]. Nástroje **s vedením** (vodící deskou, vodícími sloupky) jsou výhodnější z hlediska přesnosti výstřížku (viz Obrázek 7), avšak nevýhodou je vyšší cena za stříhadlo[3].



Obrázek 7: Stříhadlo bez vedení a prostřihovadlo s vedením[5]

Postupové stříhadlo zhotovuje výstřížky postupně. Nejprve dochází k děrování otvorů a až poté k samotnému vystřížení finálního tvaru[13].

Dalším typem stříhadla je tzv. **sloučené stříhadlo**. V průběhu prvního zdvihu se vystřihuje celý výstřížek. Zároveň je vystřižen obvod výrobku i otvory ve výstřížku[5].

Stříhadlo je střížný nástroj, který obsahuje dvě hlavní části: **střížník** a **střížnici**. Střížník je horní část stříhadla upevněná na pohyblivé části lisu a koná hlavní přímočarý vratný pohyb. Střížnice je pevně upnuta k nepohyblivé části lisu.

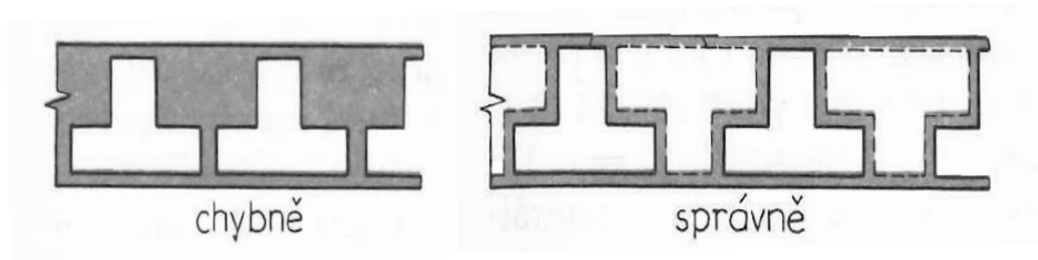
Při stříhání vnikají do plechu proti sobě dvě střížné hrany, které mohou být buď rovnoběžné, nebo ukloněné z důvodu eliminace tření nástroje po výstřížku[3].

Stříhací proces se dělí na **4 fáze**:

- elastickou - vratné elastické deformace, napětí se pohybuje pod mezí kluzu;
- plastickou - nevratné deformace bez porušení materiálu, napětí v materiálu; roste nad mez kluzu
- porušení - vznik trhlin, napětí na mezi pevnosti materiálu;
- oddělení - výstřížek se trvale oddělí od plechu[4].

Střížná vůle má největší vliv na jakost ploch a rovinnost výstřížku. Závisí na druhu a tloušťce materiálu. Čím je vůle menší, tím kvalitnější je střížná plocha, a zároveň je nutná větší střížná síla. Naopak při větší vůli se více deformují hrany výstřížku, prodlužuje se však životnost ostří stříhadla[1].

Při navrhování výrobku je nutné dbát na parametry jednotlivých použitých materiálů a dle toho vybírat technologii výroby jednotlivých kusů. Důležité je ale také dbát na **efektivnost využití zdrojového materiálu** (viz Obrázek 8). Stříhání je vhodné především pro tvrdší materiály. Parametry vyžadovaných tvarů otvorů závisí na tloušťce plechu, která je v následujících vzorcích označena veličinou t [4]. Minimální vystřihovaný otvor by měl mít rozměry $0,9t$ až $1,5t$, u měkkých materiálů do $0,5t$. Okraj požadovaného otvoru by měl být vzdálen od kraje stříhaného plechu alespoň $1,5t$ u otvorů kruhových a $2,5t$ u otvorů obdélníkových[4].



Obrázek 8: Maximalizace využití materiálu vhodným uspořádáním[5]

Dle parametrů zpracovávaných polotovarů je nutné také vybírat pracovní stroj, který musí mít dostatečnou sílu lisu, aby byl schopen vyvinutou odpovídající střížnou sílu[1].

Střížná síla:

$$F = o * t * R_{ms} \quad (7)$$

o obvod výstřížku [mm]

t tloušťka plechu [mm]

R_{ms} mez pevnosti ve stříhu [MPa]

Síla lisu:

$$F_L = (1,3 \div 1,7) * F \quad (8)$$

1.5 Povrchové úpravy

Úprava povrchu je pracovní proces, při němž je vylepšován vzhled výrobku a zároveň je na jeho povrchu vytvářena ochranná vrstva proti jeho oxidaci. V praxi je užíváno mnoho způsobů povrchové úpravy materiálů. Těchto úprav je využíváno především k eliminaci dvou problémů materiálů, a to:

- vzniku nežádoucí **koroze**, která snižuje životnost a pevnost kovových součástí;
- nedostatečné **povrchové tvrdosti** a mechanické odolnosti materiálu[2].

Díky použití povrchových úprav kovů a slitin je možné dosáhnout výsledku, kdy levnější a méně kvalitní materiál má navenek vlastnosti materiálu vysoce kvalitního, a tedy pravděpodobně i cenově méně dostupného[4].

Povrchové úpravy materiálů jsou jen jedním z možných řešení ochrany materiálů před korozi a opotřebením. Dalšími způsoby jsou volba vhodného materiálu, návrh vhodné konstrukce nebo také zavedení elektrické ochrany.

Pro **hodnocení ochranných povlaků** jsou rozhodujícími parametry tloušťka povlaku a jeho poréznost. Se zvyšující se tloušťkou se snižuje počet korozně významných pórů. Stálost kovových povlaků je dána jejich elektrochemickými vlastnostmi vůči základnímu kovu. U povlaků z materiálů s kladným potenciálem hrozí při porušení povlaku intenzivnější koroze základního materiálu pod povlakem (galvanický článok). Tomuto nebezpečí čelíme nanášením povlaků ve více vrstvách[2][4][14].

1.5.1 Příprava povrchu

Před započnutím samotné úpravy povrchu je nutné povrch připravit. Je tedy využíváno metod mechanického čištění, odmašťování, chemického čištění neboli moření a odrezování. Metody přípravy povrchu se u každého materiálu a každé technologie liší[2][14].

1.5.2 Chemická úprava povrchu

Tato metoda využívá k ochraně tenkou vrstvu chemické sloučeniny, která je vytvořena na povrchu v průběhu chemické reakce. Vrstva vytvořené sloučeniny má vyšší odolnost vůči korozi než původní povrchový materiál.

Základní druhy chemických úprav:

- **Fosfátování** je jedním ze způsobů úpravy povrchu oceli. Jde o chemický proces, při kterém se na povrchu kovové součásti vylučuje krystalická vrstva nerozpustného fosforečnanu manganatého, zinečnatého nebo železnatého. Vrstva je chemicky vázána se základním kovem. Vzniklá vrstva je také značně pórovitá. Pórovitost se využívá především při tváření materiálů za studena, kde tato vrstva snižuje přetvárnou práci absorpcí maziv. Tato metoda je levná a na vzniklém povrchu se dobře udržuje mazivo, které snižuje tření, a tím se snižuje i mechanické opotřebením materiálu. Nevýhodou však je hrubý povrch a to, že rozměry výrobku rostou přidáním této vrstvy. Před samotným fosfátováním se musí povrch základního materiálu vyčistit (jemné čištění ocelovým granulátem, mořením) a odmastit. Příprava povrchu materiálu

ovlivňuje drsnost výsledné povrchové vrstvy. Na silně zdrsňeném povrchu se vytvářejí hrubé vrstvy krystalů, na jemně čištěném se vytvářejí jemné krystaly.

- **Chromátování** je proces, při němž povrch kovu reaguje s chemickou lázní a mění se v pevně lpící sloučeninu. Tato úprava vylepšuje vzhled výsledného výrobku a oddaluje vznik koroze jeho povrchu. Chromátování se nejčastěji provádí v roztoku kyseliny chromové. Od chromátování se postupně upouští kvůli vysoké toxicitě[2][4][14][15].
- **Černění** je levná a jednoduchá ochrana proti korozi pro součásti, které nejsou vystaveny přímému působení korozního prostředí a pro součásti pracující v oleji. Součásti musí být před černěním dokonale čisté a odmaštěné, dále se aktivují ve vodném roztoku kyseliny chlorovodíkové. Při černění se součásti ponoří do horké lázně (95 – 145°C) s hydroxidem a nitridem sodným. Na povrchu vzniká modročerná až černá vrstva. Černěním vzniká velmi tenká (cca 1 μm) ochranná vrstva oxidu železa, takže se rozměr předmětu téměř nezmění, přesto je tato vrstva poměrně odolná proti otěru. Po černění se dílce oplachují teplou vodou a ponořují do zředěné kyseliny chromové pro odstranění zbytků solí. Po oplachu se součásti musí usušit a dále konzervovat. Vzhled černěné plochy závisí na předchozí úpravě materiálu, pro lesklý vzhled je nutno leštění[16][17].

1.5.3 Elektrochemické pokovování

Podstatou elektrochemického (galvanického) pokovování je **elektrolýza**. Elektrolýza je vylučování iontů z elektrolytu, účinkem stejnosměrného elektrického proudu s malým napětím (1 – 10 V), prostřednictvím dvou elektrod. Součást je připojena jako katoda a je ponořena do galvanické lázně, která obsahuje sůl kovu, jež bude tvořit povlak. Jako anoda bude zapojena deska kovu, který se bude rozpouštět. Jelikož se anody v lázni rozpouštějí a pokrývají se kalem z cizích kovů, musí se často čistit a vyměňovat. Působením elektrického proudu putují atomy povlakového kovu k součásti, na které vytváří povlak. Galvanickým pokovováním dosahujeme stejnoměrné vrstvy. Tento způsob pokovování je nejčastěji využíván jako ochrana proti atmosférické korozi a pro vzhledové účely[2][4][14].

- **Tvrdochromování** se používá na velmi namáhané strojní součásti, kde je zapotřebí dosáhnout vysoké odolnosti proti otěru a korozi, zvýšení tvrdosti a snížení tření. Výhoda tvrdého chromování je také možnost nanášet silné vrstvy (až 1 mm), které nacházejí své uplatnění při renovaci opotřebovaných součástí. Většinou se chrom nanáší z roztoku kyseliny sírové a oxidu chromitého. Tvrdochromování může být aplikováno téměř na jakoukoli ocel, ale je nutné respektovat případné vodíkové zkřehnutí součástí[15][19].
- Při **chromování** je chrom přímo nanášen z roztoku lázně na výrobek. Proto je nutno občas sůl chromu do lázně přidat. Anody jsou zde olovené a slouží pouze k umožnění průtoku proudu lázně ke katodě. Při chromování se část vody obsažená v elektrolytu prudce rozkládá a vznikají jedovaté plyny, které je nutno odsávat. Chromováním je dosaženo zvýšené **korozivzdornosti** a lepšího vzhledu a lesku[14][15].
- Galvanické **niklování** je nejčastěji využíváno pro zvýšení tvrdosti a odolnosti proti korozi. Nikl se nanáší na povrch součásti ze síranu nebo z jeho roztoků. Niklování se často používá jako mezivrstva před vytvořením tvrdochromové vrstvy. Další jeho využití je pro dekorativní účely[2][15].

1.5.4 Povlaky barev a laků (nátěry)

Nátěr je hotový **souvislý povlak** požadovaných vlastností, vzniklý nanesením a zaschnutím jedné nebo několika nátěrových vrstev na výrobek. Povlak se může nanášet natíráním štětcem, válečkem, ponořováním, nebo stříkat vzduchovou pistolí, která rozprašuje nátěr na výrobek. Podle počtu vrstev rozeznáváme jednovrstvé a vícevrstvé nátěry. Nátěry jsou nejrozšířenější **ochranou kovů proti korozi** a také nejrozšířenějším způsobem zlepšení vzhledu součástí. Jsou značně propustné pro vodu i kyslík. Aby se zabránilo korozi pod nátěrem, musí mít nátěrová hmota prvního základního nátěru takové vlastnosti, aby snížila rychlost koroze na minimum. Tuto funkci v nátěru mají pigmenty, které fungují jako inhibitory koroze[2][4][14].

Nátěrová hmota je souhrnný název pro všechny výrobky, jejichž pojivem je organická filmotvorná látka, která se nanáší v tekutém až těstovitým stavu na součást. Nátěrová hmota se skládá z **netěkavých složek** (filmotvorné látky, pigmenty, plnidla, organická barviva) a **těkavých složek** (rozpuštědla, ředidla,

sušidla). Nejdůležitější částí každé nátěrové hmoty je **filmotvorná látka**. Skládá se z filmotvorných látek organického původu a rozpouštědel, v nichž jsou filmotvorné látky rozpuštěny. Rozpouštědla jsou tedy dočasnou složkou, která umožňuje nanášení. Nátěrové hmoty se označují velkým písmenem a čtyřmístnou číselnou skupinou. Odstín se označuje dalším čtyřčíslím.

Rozdělení nátěrových hmot podle filmotvorné látky[2][4][14]:

- **Asfaltové (A)**

Používá se přírodních asfaltů, dehtu, dobrá chemická odolnost proti kyselinám, špatně vzdorují povětrnostním vlivům.

- **Celulózové (C)**

Hlavní filmotvornou látkou je nitrocelulóza, směs rozpouštědel se nazývá *nitroředidlo*. Hlavním znakem je rychlé zasychání (několik minut) a malá vydatnost (2 až 3 nátěry). Dobře odolávají povětrnostním vlivům, menší trvanlivost, nutno použít základní nátěr.

- **Syntetické (S)**

Nátěry na bázi umělých pryskyřic. Rychle zasychají, zvláště za vyšších teplot. Mají vyšší vydatnost než celulózové.

- **Olejové (O)**

Pojidlo je složeno z vysychavých olejů ve směsi s přírodními nebo umělými pryskyřicemi, které jsou rozpuštěny v lakovém benzínu. Patří sem také fermeže a tmely. Dlouhé zasychání (až 72 hodin), vysoká vydatnost, dobře odolávají povětrnostním vlivům, špatně chemikáliím.

- **Epoxidové (E)**

Tvrdé, značně odolné proti chemikáliím, mohou být vypalovací nebo dvousložkové.

- **Lihové (L)**

Na kovy se nepoužívají, jsou to roztoky pryskyřic rozpuštěných v lihu, mají vysoký lesk, odolnost proti olejům, nevzdorují povětrnostním vlivům.

- **Vodové a emulzní (V)**

Takzvané latexy, ředitelné vodou, po odpaření tvoří tlustý porézní film. Používají se na zdivo, dřevo, papír, na kovy se používají jedině na dobrý antikorozi podklad.

1.5.5 Povlaky z plastů

Tyto ochranné povlaky se vyrábějí z řad termoplastů, reaktoplastů i elastomerů. Používají se nejen jako **antikoroziní ochrana**, ale i jako **ochrana proti opotřebení** základního materiálu a elektrické izolaci. Povlaky chrání základní kov bariérovým způsobem a jsou nanášeny v tloušťce 0,3 – 2 mm, která zaručí, že ve vrstvě naneseného povlakového plastu nebudou póry, které by umožnily styk s korozním prostředím. Povlaky z reaktoplastů mají výhodu oproti elastomerům a termoplastům, že je lze nanášet i v kapalně formě stříkáním a máčením. U reaktoplastů lze i dosáhnout menší tloušťky vrstvy (0,2 – 1 mm), ale vrstva je křehká a citlivá na mechanické a teplotní rázy[2][4]. Příkladem zde mohou být následující technologie:

- **Žárové stříkání** je způsob, při kterém je užíváno jiných trysek, než je tomu u stříkání kovů, protože tepelná vodivost kovů je až třikrát menší a k roztavení zrn během letu by bylo potřeba vysoké teploty, při které by ale docházelo k rozkladu povrchu částic. Proto se používá trysek, u nichž nedochází k přímému styku plamene s částicemi plastu a dochází pouze k natavování povrchové vrstvy částic. K celkovému dotavení a slinutí dojde na materiálu, který stříkáme a který je předehříván samostatně a plamenem pistole. Před stříkáním musí být základní materiál dokonale odmaštěn, zdrsňen a musí mít zaoblené hrany, jinak tloušťka povlaku nebude rovnoměrná. K docílení dobré kvality povlaku je zapotřebí zvolit vhodnou rychlost nástřiku a dobu působení tepla na plast. Pro žárové stříkání jsou vhodné polymery s ostře ohraničenou teplotou měknutí a velkým rozmezím mezi touto teplotou a teplotou jejich rozkladu, nejvhodnější je polyethylen a polyamid. Vhodné je zvolení velikosti prášků s velikostí 0,1 – 0,2 mm[2][14].
- U **bezplamenného stříkání** se polymer taví až na základním materiálu, který je předehříván[4].

2 DRUHY MATERIÁLŮ A POLOTOVARŮ

Podle návrhu bude k výrobě kancelářské sešíváčky využito několik druhů materiálů a polotovarů. Jednotlivé materiály byly vybírány vzhledem k funkci dílů z nich složených, aby tvořily dostatečně trvanlivý a funkční výrobek. Materiály byly voleny také vzhledem k jejich ceně a dostupnosti na trhu. Jednotlivé druhy použitých materiálů jsou popisovány v následujících podkapitolách.

2.1 Druhy materiálů a jejich vlastnosti

Vzhledem k funkčním vlastnostem budou použity dva druhy materiálů, a **to ocel a plast**. Ocel tvoří funkční tělo sešíváčky, plast má funkci designovou a také bezpečnostní. Tvar oplastování by měl zaručit snadné používání sešíváčky a dbát na ergonomii. Konkrétní druhy oceli a plastu, ze kterých bylo vybíráno, jsou uvedeny a stručně charakterizovány níže.

2.1.1 Oceli ke tváření

Ocel je **slitina železa s uhlíkem** (až do 2,14 % obsahu) a doprovodnými prvky, jako jsou mangan, síra, fosfor, měď, křemík, z nichž síra a fosfor jsou považovány za škodlivé a nežádané, které se dostávají do ocele při výrobě. Pak jsou zde **prvky přísadové**, neboli legující, které se přidávají záměrně z důvodu dosažení určitých vlastností oceli, jsou to chrom, wolfram, molybden, vanad, nikl, kobalt, titan, mangan. Oceli ke tváření se získávají ve válcovnách (tyče, plechy, pásy), kovárnách a lisovnách.

Oceli se dělí do **dvou základních skupin**, a to:

- **neušlechtilé**, které nemají zaručené chemické složení a vlastnosti;
- **ušlechtilé**, které mají lepší a vyrovnanější vlastnosti, čistotu a chemické složení.

V současné době se ve světě označují oceli nejčastěji **podle normy ČSN EN 10027-1**. Na prvním místě označení je písmeno:

- S, což značí oceli pro všeobecné použití
- E, což značí oceli na strojní součásti.

Po písmenu následuje trojčíslí, které udává minimální mez kluzu v *MPa*. Oceli dle tohoto značení nelze charakterizovat po skupinách, ale pouze jednotlivě. Z rozsahových omezení, tak autor nebude uvádět další specifikace jednotlivých druhů. V kapitole 3.4 *Volba materiálů a ekonomická kalkulace* na straně 51, pak bude charakterizována pouze konkrétní ocel zvolená pro výrobu sešíváčky[19].

Dle staršího, ale u nás nejpoužívanějšího způsobu označování, **podle normy ČSN 42 0002**, se oceli dělí do 9 tříd[3][5]. **Číselné označování ocelí** je složeno z pětímístného číselného znaku a dvou doplňkových číslic, oddělených tečkou. První číslice v označení je 1 a udává, že se jedná o oceli vhodné ke tváření, druhá číslice označuje třídu oceli. Tyto číslice jsou odděleny mezerou. Význam dalších číslic se mění v závislosti na třídě oceli. První doplňková číslice vyjadřuje způsob tepelného zpracování, druhá doplňková číslice uvádí stupeň přetváření.

Vlastnosti jednotlivých skupin jsou uvedeny v následujícím výčtu[1][3][20]:

- Oceli třídy **10** - jsou to nejlevnější nelegované konstrukční oceli pro hromadnou spotřebu, které mají většinou nízký obsah uhlíku, bez záruky čistoty a chemického složení.
- Oceli třídy **11** - jedná se o nelegované konstrukční oceli s předepsaným obsahem uhlíku, fosforu a síry, zaručenou pevností, tažností a mezí kluzu.
- Oceli třídy **12** - nelegované ušlechtilé konstrukční oceli, rozděleny na oceli určené k cementování, povrchovému kalení a zušlechťování.
- Oceli třídy **13** - tyto oceli jsou legovány manganem a křemíkem. Používají se tam, kde oceli třídy 12 nevyhovují svojí pevností. Další skupinu tvoří pružinové oceli, které mají vysoký obsah křemíku.
- Oceli třídy **14** - jsou legovány chromem, případně ještě manganem a křemíkem. Používají se na ozubená kola a značně namáhané části strojů. Jsou rozděleny na oceli na valivá ložiska, k cementování a k zušlechťování.
- Oceli třídy **15** - jedná se o velmi jakostní oceli, legované kombinací přísadových prvků (chrom, nikl, wolfram, vanad, molybden), které mají velmi dobré mechanické vlastnosti.

- Oceli třídy **16** - jsou legovány niklem (obvykle v kombinaci s chromem). Vyznačují se vysokou pevností a houževnatostí.
- Oceli třídy **17** - u těchto ocelí je obsah legujících prvků větší než 10 %. Jsou rozdělovány na korozivzdorné, žáruvzdorné a žáropevné.
- Oceli třídy **19** - jedná se o speciální nástrojové oceli.

2.1.2 Plasty

Kovové materiály mají většinou větší hustotu, menší odolnost proti korozi i jiným chemickým účinkům, jsou špatnými izolátory elektřiny i tepla a špatně tlumí chvění. Zlepšení těchto vlastností kovů je obvykle provázeno zvýšením ceny nebo zhoršením technologických vlastností. Proto se v mnohých případech lépe uplatňují materiály nekovové, jako jsou plasty[19][21].

Plasty jsou jednou z nejmladších, ale dnes již největších a nejrozmanitějších skupin konstrukčních materiálů. Jejich průmyslové začátky sahají do období po první světové válce a od poloviny století nastává prudký rozvoj, který se neustále zintenzivňuje. Rozšiřuje se sortiment a zlepšují se jejich užité vlastnosti. Plasty pronikají do všech oborů lidské činnosti, umožňují **zkvalitnění výrobků, šetří náklady** a umožňují vznik nových oborů[19][21].

Jsou to konstrukční materiály se specifickými vlastnostmi. Jsou **velmi lehké, nekorodují, izolují tepelně i elektricky** a dají se snadno a levně zpracovávat tvářením. Úpravou a příměsemi můžeme měnit jejich vlastnosti v širokém rozmezí. Plasty jsou makromolekulární organické sloučeniny, skládají se z obřích molekul, takzvaných makromolekul, které obsahují tisíce atomů, především uhlíku a vodíku, k nimž přistupují atomy dalších prvků, například chlóru, fluóru, kyslíku, dusíku a dalších[19][21].

Mezi nejčastěji používané plasty patří následující sloučeniny[7][19][21][22][23]:

- **Polyvinylchlorid (PVC)** je jeden z nejpoužívanějších a nejlevnějších plastů. Tvrdý PVC je pevný, křehký, použitelný do teploty 60 °C, vyniká odolností proti kyselinám a zásadám. Široké použití v chemickém průmyslu na potrubí, armatury, desky na vyložení nádrží na kyseliny, instalační zařízení. Měkčený PVC obsahuje změkčovadla, je ohebný, pod 0 °C však křehne. Vyrábějí se z něj například podlahové krytiny, hračky, obaly, hadice, izolace vodičů a další. Směs

PVC s chlorovaným polyetylenem je poněkud houževnatější než tvrdý PVC a lépe odolává povětrnostním vlivům. Je vhodný na okenní rámy, okapy a venkovní instalace.

- **Polyetylen (PE)** je velmi rozšířený termoplast, odolává kyselinám, zásadám, rozpouštědlům a teplotám do 75 °C, Je výborným vysokofrekvenčním izolátorem. Je lehčí než voda.
- **Polypropylen (PP)** je podobný tvrdému polyetylenu, ale odolává až do teploty 90 °C. Je vhodný na potrubí a armatury pro horkou vodu, sterilizovatelné injekční stříkačky, nádoby pro dopravu lahví, potravin, baterií. Zpracovává se též na vlákna pro tkané pytle, plovoucí lodní lana a další.
- **Polystyren (PS)** je tvrdý, křehký, průhledný, dobře barvitelný, odolný do 75 °C. Dobře se rozpouští a lepí, snadno se zpracovává. Hodí se na drobné elektroizolační součástky, skříňky, lžičky, krabičky, talířky, hračky.
- **Akrylonitril butadien styren (ABS)** je pevný, vysoce houževnatý, s dobrou chemickou odolností, snese teplotu do 85 °C. Používá se na kryty různých přístrojů, ochranné přilby, přístrojové desky a části karoserie aut, skořepin člunů. Dá se galvanicky pochromovat na vysoký lesk. Požaduje-li se vysoká pevnost, plní se vlákny.
- **Acetát celulózy (CA)** je pevný, houževnatý, průhledný, dobře barvitelný, mírně navlhá. Použití na držadla, rukojeti náradí, krabičky, hračky. Fólie jsou vhodné na krabičky na mýdlo, pásy fotografických filmů.
- **Polytetrafluoretylen (PTFE)** je méně pevný, velmi houževnatý, dokonale odolný proti všem chemikáliím, tepelná odolnost od –250 do 250 °C, má vysokou kluznost a je výborným vysokofrekvenčním izolátorem. Používá se na těsnění, ucpávky a hadice pro vysoké teploty, v chemickém průmyslu, v letecké technice, v kosmonautice. Ve strojírenství se používá plněný grafitem nebo práškovým bronzem na pohybová nemazaná těsnění a kluzná ložiska. Teflon se používá též na otěruvzdorné povlaky v textilních a potravinářských strojích. Nedá se vstříkovat, lisuje se za studena a výlisky se spékají při 380 °C
- **Polyamid (PA)** je pevný a houževnatý. Má vysokou odolnost proti opotřebení a dobře tlumí nárazy a chvění. Odolává teplotám do 80 °C. Je narušován kyselinami. Polyamidů je několik s málo odlišnými vlastnostmi. Některé z nich na vzduchu navlhají, což má za následek zvětšování součástí. Z polyamidu se

vyrábějí kluzná ložiska a ozubená kola pro provoz bez mazání, šrouby, pojistné matice, řemenice, kladky, kliky, závěsy, nerozbitné hračky. Vysokou pevnost (200 MPa) a dobrou rozměrovou stabilitu má polyamid plněný skleněnými vlákny. Hodí se na kryty ručních vrtaček, rotory ventilátorů a další. Rozšíření použití polyamidů je na vlákna. Polyamid modifikovaný elastomerem má vysokou rázovou houževnatost i za mrazu a mírně sníženou tuhost oproti běžným polyamidům. Je vhodný pro letecké a svářečské přilby, tělesa bruslí, těsnění, rázuvzdorné elektroizolační součásti a podobné.

- **Polykarbonát (PC)** je pevná, mimořádně houževnatá, nerozbitná hmota, odolná do 120 °C, průhledná. Hodí se na nerozbitné nádobí, kryty přístrojů, sterilizovatelné lahve a injekční stříkačky, nehořlavé krabice pro filmy, CD. Pro součásti více namáhané za vyšších teplot se plní skleněnými vlákny
- **Polyformaldehyd (POM)** je pevný, velmi tuhý, odolává teplotám do 90 °C. Kyseliny jej narušují. Je to typicky konstrukční hmota s dobrou rozměrovou stabilitou a otěruvzdorností. Používá se na různé strojní součásti, například nemazaná ozubená kola, vačky, kluzná ložiska, kladky, ventily a kohouty, šrouby a matice, tělesa čerpadel, rotory větráků, rukojeti vrtaček a stříkacích pistolí. Pro použití při větším namáhání se rovněž plní skleněnými vlákny.
- **Polyetylentereftalát (PETP)** je druh termoplastického polyesteru, má dobrou pevnost, houževnatost, odolnost proti opotřebení a je rozměrově stabilní do 100 °C. Výlisky jsou vhodné na přesné strojní součásti. Folie se používají na izolaci kabelů a transformátorů do 150 °C, membrány reproduktorů, magnetofonové pásky, kreslířské a tiskařské folie. Pokovované folie jsou vhodné na tištěné spoje a pro miniaturní kondenzátory. Vlákna (terylen, tesil) se používají v oděvnictví a na průmyslové tkaniny, například filtrační tkaniny, bezpečnostní popruhy, rybářské sítě, lodní lana. Pogumované tkaniny jsou vhodné pro nafukovací čluny, haly a skladiště, skládací nádrže, hadice na vodu a podobné.
- **Polybutylentereftalát (PBTP)** má oproti PETP sice o něco nižší pevnost a tuhost, ale je lépe zpracovatelný. Používá se k výrobě tepelně namáhaných těles a krytů kuchyňských elektrospotřebičů, součástí malých čerpadel a ozubených kol. PETP a PBTP plněné krátkými skleněnými vlákny jsou vhodné pro přesné, mechanicky namáhané výrobky za vyšších teplot.

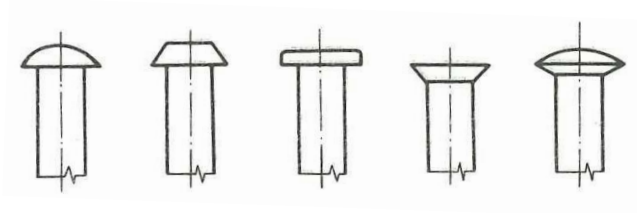
- **Polyfenylenoxid (PPO)** je modifikovaný polystyrénem pro lepší zpracovatelnost, je pevný a houževnatý termoplast odolávající teplotám až 110 °C. Používá se na tělesa elektrospotřebičů, stykačů a termostatů, tělesa topení automobilů, rotory teplovzdušných ventilátorů, průmyslové elektrozásuvky a zástrčky. Při požadavku vyšší pevnosti se plní skleněnými vlákny. V silnoproudé elektrotechnice se používá s přísadou snižující nebo potlačující hořlavost materiálu.
- **Polymetylmakrylát (PMMA, plexisklo)** je netříštivé organické sklo s velmi dobrými optickými vlastnostmi a odolností proti povětrnostním vlivům. Snese tepotu do 70 °C. Používá se na ochranné kryty a štíty, optické části laboratorních přístrojů, modely, světelné reklamy, umyvadla, vany, zubařské hmoty.

2.2 Druhy polotovarů a jejich vlastnosti

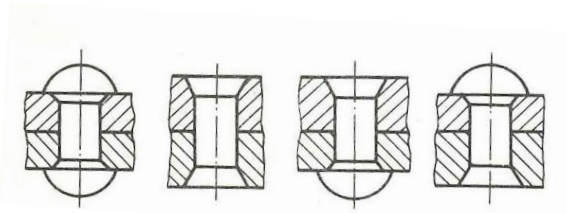
Pro **zjednodušení a zefektivnění pracovního procesu**, bude při výrobě použito několikero druhů polotovarů, jako jsou například nýty a pružiny. Dále budou využity také plechy různých parametrů. O jednotlivých součástech bude pojednáváno v následujících podkapitolách.

2.2.1 Nýty

Materiál nýtů je nutno volit podle charakteru spojovaných součástí. U kovových součástí je zapotřebí, aby materiál nýtu byl co nejvíce podobný základnímu materiálu, aby se **zamezilo vzniku elektrochemické koroze**. Pro ocelové konstrukce se používají ocelové nýty z houževnatého materiálu třídy 10 a 11. Dále se používá měď, slitiny mědi a zinku, hliník. Druh nýtu a tvar přípěrných hlav (viz Obrázek 9 a Obrázek 10) se volí podle typu nýtového spoje. Hlavním kritériem pro výběr nýtu je, zda je nýtované místo přístupné z obou stran, nebo pouze z jedné[3][12].



Obrázek 9: Vybrané tvary přípěrných hlav nýtů[12]



Obrázek 10: Tvary závěrných hlav zatažených nýtů[12]

2.2.2 Pružiny

Pružina je strojní součást, kterou používáme **k pružnému spojení** dvou součástí, akumulaci energie, zajištění vratného pohybu nebo tlumení rázů a vibrací. Základní rozdělení pružin je podle pružícího média, které může být buď pryžové, pneumatické nebo kovové[10][11][12].

Základní **druhy kovových pružin:**

- válcová šroubovitě vinutá,
- kuželová šroubovitě vinutá,
- spirálová zkrutná,
- válcová šroubovitě vinutá zkrutná,
- torzní tyč,
- pružina listová,
- pružina talířová
- kroužková.

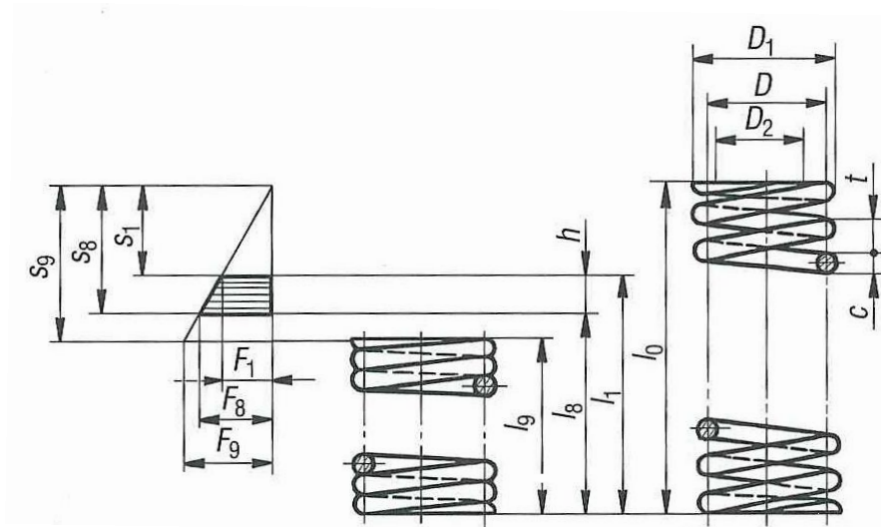
Šroubovitě pružiny válcové se dělí dle smyslu zatěžující síly na tažné a tlačné. Šroubovitě kuželové pružiny bývají většinou pouze tlačné.

Polotovary pro výrobu vinutých pružin je ocelový drát, který se dále navíjí do požadovaného tvaru a rozměrů. Materiál nejčastěji bývá takzvaná *pružinová ocel*,

která má speciální chemické složení a díky tomu dosahuje vysokých hodnot dovolených napětí[10][11][12].

Nejčastější druhy ocelí používaných pro výrobu pružin jsou:

- málo namáhané a vinuté za studena 12 081, 12 090;
- středně namáhané a vinuté za tepla 13 250, 13 251, 13 270;
- značně namáhané a odolávající korozi 14 260, 15 260, 17 023.



Obrázek 11: Základní rozměry šroubovitě válcové pružiny[12]

Výpočet parametrů šroubovitých válcových pružin

Tyto pružiny jsou namáhané na krut a na ohyb. Při návrhu vycházíme z **rovnice pevnosti v krutu**, která říká, že dovolené napětí musí být větší než skutečné napětí. Výsledek rovnice pevnosti se koriguje na namáhání ohybem. Korekční součinitel závisí na středním průměru vinuté pružiny D a na průměru drátu d . Teoretické výpočty pracují se základními parametry pružin, které jsou popsány v Obrázek 11 [10][11].

Napětí v krutu:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_8 \quad (9)$$

Krouticí moment:

$$M_k = \frac{F_8 * D}{2} \quad (10)$$

τ_k napětí v krutu [MPa]

M_k krouticí moment [N*mm]

W_k průřezový modul v krutu [mm³]

τ_8 napětí při zatížení silou F_8 [MPa]

F_8 největší pracovní zatížení pružiny [N]

D průměr pružiny [mm]

Modul průřezu v krutu:

$$W_k = \frac{\pi * d'^3}{16} \quad (11)$$

$$d' \geq \sqrt[3]{\frac{8 * F_8 * D}{\pi * \tau_8}} \quad (12)$$

$$\tau_8 = 0,9 * \tau_D \quad (13)$$

d' vypočtený předběžný průměr drátu [mm]

τ_D dovolené mezní napětí v krutu [MPa]

Tuhost pružiny:

$$k = \frac{F_8 - F_1}{h} \quad (14)$$

F_1 nejmenší pracovní zatížení pružiny (předepjatý stav) [N]

h pracovní zdvih [mm]

Korekční součinitel napětí v krutu:

$$K = \frac{i+0,2}{i-1} \quad (15)$$

$$i = \frac{D}{d} \quad (16)$$

platí $4 \leq i \leq 16$ pro $d \leq 11,8$ mm a $4 \leq i \leq 12$ pro $d > 11,8$ mm

D průměr pružiny [mm]

d průměr drátu pružiny [mm]

Konečný průměr drátu:

$$d = d' * \sqrt[3]{K} \quad (17)$$

Deformace pružiny při maximálním pracovním zatížení:

$$s_8 = \frac{F_8 * h}{F_8 - F_1} \quad (18)$$

Počet činných závitů:

$$n = \frac{G * d^4 * s_8}{8 * F_8 * D^3} \quad (19)$$

G modul pružnosti ve smyku [MPa]

Vypočtený počet činných závitů se zaokrouhluje na celé číslo a přičtou se k němu závěrné závity (obvykle dva)[10].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

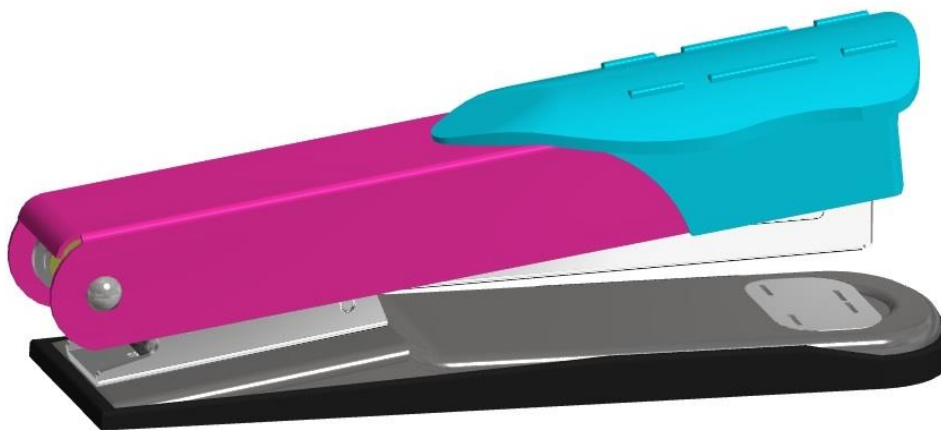
3 NÁVRH MODELU

V následujících kapitolách byl popsán návrh konkrétní podoby kancelářské sešíváčky na papír. Hlavním cílem v této části práce bylo vytvořit detailní a ucelený návrh konstrukce kancelářské sešíváčky. Žádoucí bylo navrhnout sešíváčku z kvalitních materiálů, aby tak byla zajištěna dlouhá životnost a funkčnost, zároveň však, aby byla sešíváčka i cenově dostupná. Dílčím cílem bylo také navrhnout moderní a funkční design, který je při současné konkurenci na trhu také důležitý.

Nejdříve byl vypracován návrh jednotlivých konstrukčních dílů, poté sestaven 3D model pomocí softwaru *Autodesk Inventor*. Poté byly pro tento návrh provedeny pevnostní výpočty a volba použitých materiálů. Pro konkrétní díly byl také zvolen technologický postup výroby. Výkresová dokumentace je přiložena v poslední části této bakalářské práce.

3.1 Vypracování modelu ve 3D










Celkem 19 dílů bylo modelováno postupně, následně došlo ke kompletování jednotlivých dílů do sestavy celé sešíváčky (viz Obrázek 12). Některé části budou normalizované, jiné budou vyrobeny přímo na míru.












Obrázek 12: Vizualizace sestaveného modelu sešíváčky ve 3D

Sešíváčka se skládá z dílů, které jsou vizualizovány a pojmenovány v Tabulka 1.

Tabulka 1: Přibližná vizualizace jednotlivých dílů modelu sešíváčky
(díly nejsou v měřítku)

Název	Náhled
Podstavný kryt	
Podstavec	
Základna	
Listová planžeta	
Závěrný plech	
Zásobník	
Drát osazený	
Jezdec	
Pružina vinutá dlouhá	

Název	Náhled
Distanční kroužek	
Kryt zásobníku	
Kryt	
Lisovací planžeta	
Rameno jezdce	
Madlo	
Magnet	
Nýt 4x6, nýt 3x8	
Pružina vinutá kuželová	

3.2 Pevnostní výpočty a výkresová dokumentace

Sešíváčka se bude plnit standardními sponkami typu 24/6. Číslo 24 označuje číslo drátu dle normy průměru 0,511 mm. Číslo 6 značí, že sponka je 6 mm vysoká. V praxi platí, že jedním milimetrem výšky sponky je možné sešít 10 standardních papírů. Další 2 – 3 mm je nutno počítat na zahnutí konců. Tudiž těmito standardními sponkami lze sešít až 40 listů papíru. Do této sešíváčky se vejde až 158 sponek naráz, tedy je možno teoreticky **sešít až 6 320 listů papíru**[24][25].

Pro kvalitní návrh bylo nutné **provést pevnostní výpočty**, aby zvolené materiály a rozměry splňovaly nároky na pevnost a odolnost. Materiály pak byly voleny právě s ohledem na požadovanou pevnost, ale také nákladovou cenu a složitost technologie výroby.

Vzhledem ke složitosti a množství dílů se v praxi **nekótují všechny rozměry dílů**, ale pro detailní popis se dokládá k výkresové dokumentaci 3D model ve formátu *STEP*. Tento formát je mezinárodně uznávaný pro kompatibilitu mezi 3D systémy a je zde možné vyhledat všechny rozměry. Veškerá výkresová dokumentace je přiložena na konci práce, v přílohách. V následujících podkapitolách jsou pak popsány postupy pevnostních výpočtů.

3.2.1 Magnet

Magnet slouží u této kancelářské sešíváčky **pro zafixování polohy závěrného plechu** v prolisovaném profilu v podstavci. Jelikož musí být zajištěno vyjmutí a otočení závěrného plechu, aby bylo možno závěrné části sponky lisovat od sebe i k sobě a **aby design sešíváčky nebyl narušen**. V běžných sešíváčkách je v závěrném plechu zhotoven otvor pro zápusťný nýt, na kterém je ze spodní strany podstavce pružina, která umožňuje otočení závěrného plechu.

Byl zvolen **neodymový magnet**, který se v současnosti řadí mezi nejsilnější permanentní magnety. Jeho hlavními složkami jsou železo, neodym a bor. Tyto magnety se vyrábějí lisováním v magnetickém poli a následně se spékají, jelikož jejich přímé slévání není možné. Protože tyto magnety snadno oxidují, dodávají se vždy s povrchovou úpravou (například galvanické zinkování nebo niklování). Výsledné magnety jsou tvrdé, ale křehké, tudíž náchylné k rozbití. Při manipulaci s nimi musí být postupováno opatrně. Magnety jsou standardně dodávány

v základních tvarech, jako je například válec. Tento tvar lze dodatečně upravit broušením za intenzivního chlazení, neboť nadměrným zahřátím ztrácí své magnetické vlastnosti. Po této úpravě je nutno opět obnovit antikorozi ochranu[26][27][28].

Pro účel této kancelářské sešíváčky byl navržen, s ohledem na vestavný prostor, **válcový magnet** o průměru 30 mm a výšce 6 mm, magnetován rovnoběžně s osou. Tento magnet se standardně nevyrábí, tudíž bude nutno zažádat o zakázkovou výrobu. Magnet se stejným průměrem, ale o 1 mm nižší výškou má odtrhovou sílu 101 N. V tomto konkrétním případě bude magnet vzdálen 0,8 mm od plochy závěrného plechu, který má fixovat. Tato vzdálenost nebude magnetu bránit v dostatečné fixaci závěrného plechu a zároveň nebude znemožněno jeho vyjmutí pouhým prstem z prolisovaného profilu.

Magnet rovněž slouží jako opora prolisovaného profilu v podstavci, aby nebyl nijak namáhán při lisování sponek a vzniklá síla se přenášela přímo přes podstavní kryt na podložku. Podstavní kryt také slouží k zakrytí magnetu, závěrných hlav nýtů, prolisů a otvorů zhotovených v podstavci. Nebude tak narušen design výrobku.

3.2.2 Tlačná pružina jezdce

Z 3D modelu plyne, že minimální délka prostoru pro pružinu je 24 mm a maximální délka 134 mm. Tyto délky jsou dány pohybem jezdce při doplňování sponek do sešíváčky. Maximální vnější průměr pružiny bude 5 mm, což je dáno samotným jezdce, na který pružina tlačí. Maximální vnitřní průměr pružiny je 2 mm a je dán průměrem osazeného drátu, který současně slouží jako vedení jezdce a pružiny, aby u ní nedocházelo k vybočení. Síla, kterou musí pružina působit na jezdce, bude velmi malá. Jezdec tlačí na sponky, které jím budou posouvány dále, do prostoru lisovací planžety.

Zásobník je **funkčně chromován**, což snižuje tření na minimum a zvyšuje tvrdost povrchu. Díly, na které bude působit síla pružiny, jsou zanedbatelné hmotnosti. Není tak nutné provádět výpočet tlačné síly pružiny, neboť postačí i malá tuhost pružiny. Přesné rozměry budou na dohodě s výrobcem.

3.2.3 Nýty

Na spojení podstavce se základnou byly zvoleny dva nýty ČSN 02 2301 s půlkulatou hlavou o průměru 3 mm. Pro fixaci přesné polohy mezi podstavcem a základnou byly v základně zhotoveny prolisy (tvaru čtverce) a v podstavci čtvercové díry stejných rozměrů a rozteče. Tyto členy do sebe zapadají, a zároveň zabraňují namáhání nýtů na stříh. Oba nýty budou tedy namáhány pouze na tah, který může být způsoben rozevřením sešíváčky za účelem jejího doplnění sponkami. Prolisy zhotovené na krytu zásobníku a otvory v zásobníku zajišťují sešíváčku uzavřenou.

Výpočet maximálního zatížení na jeden nýt[29]:

$$F = \sigma_D * S = \sigma_D * \frac{\pi * d^2}{4} = 150 * \frac{\pi * 3^2}{4} = 1060 \text{ N} \quad (20)$$

σ_T napětí v tahu [MPa]

F zatěžující síla [N]

S průřez nýtu [mm²]

σ_D dovolené napětí [MPa]

d průměr nýtu [mm]

Z výpočtu tedy plyne, že každý z dvojice nýtů snese zatížení o velikosti 1060 N, což je pro účely kancelářské sešíváčky **zcela dostačující**.

3.2.4 Lisovací planžeta

Lisovací planžeta je **jeden z nejnámáhanějších dílů** sešíváčky. Její rozměry jsou pevně dané, neboť do sešíváčky budou používány normalizované sponky. Rozměr sponky, na který dopadá lisovací planžeta, je 0,7 mm. Aby při oddělování sponek došlo k oddělení pouze jedné sponky, je nutné, aby tloušťka plechu, ze kterého je vyrobena lisovací planžeta, nebyla větší než 0,7 mm.

Při pevnostním výpočtu bylo vycházeno z teorie, že k narušení pevnosti lisovací planžety bude teoreticky docházet **v oblasti pružného vzpěru**. Jelikož bude vyrobena z pružinového plechu tloušťky 0,5 mm, který je uprostřed ještě oslaben prostříhnutým otvorem, ve kterém je osazen krycí plech zásobníku. Při výpočtu byl využíván zjednodušený model, kde byla od celkové šířky planžety odečtena šířka otvoru, který je v planžetě vyhotoven.

Výpočet maximální zatěžující síly lisovací planžety v oblasti pružného vzpěru dle Eulera:

Oba konce jsou kloubově uložené. Z 3D modelu byla odečtena volná délka planžety, která není ničím vedená při oddělování sponky od ostatních.

Pro stav, kdy dochází k **oddělování jedné sponky od ostatních**[29]:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 * E * I_{min}}{l_0^2} = \frac{\pi^2 * 210\,000 * 0,0719}{17^2} = 515,6 \text{ N} \quad (21)$$

$$l_0 = l = 17 \text{ mm} \quad (22)$$

$$I_{min} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{6,9 * 0,5^3}{12} = 0,0719 \text{ mm}^4 \quad (23)$$

F_{kr} maximální zatěžující síla lisovací planžety [N]

E modul pružnosti [MPa]

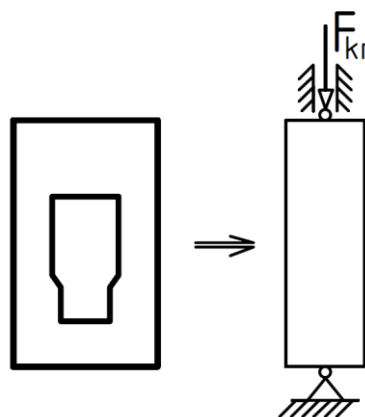
I_{min} ... nejmenší kvadratický moment průřezu [mm^4]

l_0 redukovaná délka [mm]

l délka [mm]

b šířka průřezu [mm]

h výška průřezu [mm]



Obrázek 13: Zjednodušené schéma zatížení lisovací planžety

Pro stav, kdy je již **sponka oddělena od ostatních a začíná pronikat do papíru**[29]:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 * E * I_{min}}{l_0^2} = \frac{\pi^2 * 210\,000 * 0,0719}{14,5^2} = 708,8 \text{ N} \quad (21)$$

$$l_0 = l = 14,5 \text{ mm} \quad (22)$$

Pro stav, kdy je již **sponka na koncích ohnuta, ale je dále lisována**[29]:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 * E * I_{min}}{l_0^2} = \frac{\pi^2 * 210\,000 * 0,0719}{8,5^2} = 2062,6 \text{ N} \quad (21)$$

$$l_0 = l = 8,5 \text{ mm} \quad (22)$$

Z výpočtů je zřejmé, že lisovací planžeta při zjednodušeném modelu (viz Obrázek 13) snese bez poškození zatížení až 515 N při oddělování jedné sponky od ostatních. Zatížení 708 N snese lisovací planžeta v případě, že sponka narazí na povrch papíru či jiného předmětu. Zatížení až 2062 N, což je více jak 200 kg, vydrží lisovací planžeta sešivačky, pokud na ni budeme působit silou i po ohnutí sponky. K zborcení lisovací planžety by tedy došlo až při mnohem větší síle, než je běžný člověk schopný vyvinout, tudíž obavy, že navržený výrobek selže, nejsou na místě.

3.2.5 Listová planžeta

Listová planžeta má zajistit vratný pohyb po secvaknutí papírů zpět do pohotovostní polohy. Je pevně uchycena nýtem k základně a dotýká se zásobníku. Z 3D modelu je zřejmé, že pracovní zdvih pružiny je 3 mm i s jejím předpětím. Předpětím se vymezi pracovní vůle a sešivačka nebude při manipulaci vydávat nežádoucí zvuky.

Výpočet **maximální zatěžující síly**:

$$M_o \leq \tau_{Do} * W_o \quad (24)$$

τ_{Do} dovolené napětí v ohybu [MPa]

M_o ohybový moment [N*mm]

W_o průřezový modul v ohybu [mm³]

Velikost **dovoleného napětí v ohybu**:

$$\tau_{Do} = \frac{R_e}{k} \quad (25)$$

R_e mez kluzu [MPa]

k koeficient bezpečnosti

Při výpočtu **nebude uvažován koeficient bezpečnosti k** , tudíž:

$$\tau_{Do} = R_e \quad (26)$$

$$M_o = R_e * W_o = 500 * 0,5 = 250 \text{ N} * \text{mm} \quad (27)$$

$$W_o = \frac{b * h^2}{6} = \frac{12 * 0,5^2}{6} = 0,5 \text{ mm}^3 \quad (28)$$

b šířka průřezu [mm]

h výška průřezu [mm]

V tomto případě je rameno, na kterém bude působit síla, dlouhé 10 mm a rovná se veličině r níže ve vzorci.

$$F = \frac{M_o}{r} = \frac{250}{10} = 25 \text{ N} \quad (29)$$

M_o ohybový moment [N*mm]

r délka ramene, na které působí zatěžující síla [mm]

Maximální síla, kterou můžeme působit na konec listové planžety je rovna 25 N. Jelikož se jedná o velmi pružnou pružinovou ocel, ze které je listová planžeta vyrobena, nebude tato síla při zdvihu 3 mm dosažena. Výpočet konkrétní síly, kterou působí listová planžeta při zdvihu 3 mm, je velmi obtížný a v praxi se neprovádí výpočtem, nýbrž zkoušením hotového výrobku.

3.2.6 Pružina vinutá kuželová

Kuželová tlačná pružina má za úkol vratný pohyb krytu a hlavně lisovací planžety, která lisuje sponky a je na krytu upevněna pomocí tvarového spoje. Z 3D modelu sestavy sešíváčky byla odměřena maximální výška prostoru pro pružinu v pohotovostním stavu sešíváčky: 12 mm a výška minimálního prostoru pro pružinu: 5,5 mm. Vzhledem k malé minimální vestavné výšce prostoru pro pružinu

byla zvolena **tlačná pružina kuželově vinutá**, jelikož tato se při zatěžování skládá do sebe a závity nedoléhají na sebe, nýbrž se všechny dotýkají podložky. Tudiž výška maximálně stlačené kuželově vinuté pružiny je závislá pouze na tloušťce drátu, ze kterého je vyrobena.

Dále bylo odměřeno, jaký by měl být ideální vnější průměr širší části kuželové pružiny, aby došlo k zafixování její polohy vůči krytu. Tento rozměr by měl mít přibližně 15 mm a kladnou tolerancí až 0,3 mm. Druhý konec (menší průměr) bude fixován prolisem válcového tvaru o průměru 7 mm. Menší průměr kuželové pružiny by měl být tedy větší než 7 mm, případná vůle není na škodu.

3.3 Volba technologického postupu výroby vybraných dílů

Sešíváčka byla navržena pro **velkosériovou výrobu**, kde bude využíváno jednoúčelových přípravků pro jednotlivé díly a operace. Výroba těchto přípravků je nákladná a jejich použitelnost omezená, ale jejich **produktivita je mnohonásobně vyšší** než u univerzálních nástrojů. Technologické postupy jednotlivých dílů tak byly z rozsahových důvodů zjednodušeny a zobecněny, neboť není zřejmé, jaké konkrétní nástroje budou ve výrobě užívány. V následujících podkapitolách bude tedy uveden technologický postup výroby jednotlivých dílů.

3.3.1 Kryt zásobníku

Při výrobě tohoto dílu bude nejdříve ve stříhadle zhotoven obvodový tvar rozvinuté součásti krytu, poté budou zhotoveny otvory. Následně budou zhotoveny dva symetrické prolisy, které mají za úkol držet kryt na zásobníku v otvorech zásobníku. Poté budou ohnuty stěny krytu. Poslední operací u tohoto výrobku pak bude zhotovení prolisu, který bude fixovat menší průměr kuželově vinuté tlačné pružiny v požadované poloze.

Potřebná síla lisu pro vystřížení obvodového tvaru se vypočte po dosazení do vzorců (7) a (8):

$$o = 406 \text{ mm}, t = 1 \text{ mm}, R_{ms} = 300 \text{ MPa}$$

$$F = o * t * R_{ms} = 406 * 1 * 300 = 121\,800 \text{ N}$$

$$F_L = 1,7 * F = 1,7 * 121\,800 = 207\,060 \text{ N}$$

Potřebná síla, kterou musí lis vyvinout pro spolehlivé prostřížení tvaru je zhruba 207 kN. Poslední operací bude povrchová úprava, a to tvrdé chromování.

3.3.2 Kryt

Nejprve bude zhotoven obvodový tvar rozvinuté součásti, poté otvory. Následně bude zhotoven ohyb o poloměru 4 mm. Poté dojde k ohnutí obou stěn krytu. Další operací bude ohnutí držáků, které slouží k zafixování polohy většího průměru kuželově vinuté tlačné pružiny. Dále dojde k prolisování čtvercového tvaru, jako zarážky pro lisovací planžetu. Nakonec bude prolisován tvar uchycení lisovací planžety ke krytu.

Potřebná síla lisu pro vystřížení obvodového tvaru se vypočte po dosazení do vzorců (7) a (8):

$$o = 498 \text{ mm}, t = 1 \text{ mm}, R_{ms} = 300 \text{ MPa}$$

$$F = o * t * R_{ms} = 498 * 1 * 300 = 149\,400 \text{ N}$$

$$F_L = 1,7 * F = 1,7 * 149\,400 = 253\,980 \text{ N}$$

Z výsledku vyplývá, že minimální potřebná síla lisu musí být zhruba 254 kN. Následně bude probíhat stříkání barvou S2013, z ekonomických důvodů postačí vnější, pohledová strana.

3.3.3 Lisovací planžeta

Během výroby lisovací planžety nejprve dojde k vystřížení rozvinutého tvaru, následně k prostřížení otvoru pro člen krytu zásobníku. Dále bude prostříhnut tvar, který se poté ohne a bude sloužit jako rozebíratelný spoj lisovací planžety a krytu. Následně bude zhotoven hlavní ohyb. Konečnou operací bude zhotovení povrchové vrstvy tvrdým chromováním.

3.3.4 Listová planžeta

Během výroby listové planžety nejprve dojde k vystřížení rozvinutého tvaru a následně k prostříhnutí otvoru pro nýt, kterým je listová planžeta pevně přichycena k základně. Následně bude zhotoven ohyb o úhlu 45°. Poté bude ohnuta poslední část o poloměru 2 mm. Tento díl má rovněž povrchovou úpravu funkčním neboli tvrdým chromováním.

3.3.5 Podstavec

U tohoto dílu nejdříve dojde ke zhotovení výlisku ve speciálním přípravku, dále následuje přesné vystřížení otvorů pro nýty a otvorů pro správné dosednutí závěrného plechu k podstavci. Tento komponent bude stříkán barvou S2013. Z ekonomických důvodů postačí jen vnější, pohledová strana.

3.3.6 Rameno jezdce

Při výrobě ramena jezdce se nejprve zhotoví obvodový tvar dílce, následně dojde k vytvoření otvoru, který slouží k zaháknutí jezdce, aby se tento mohl posouvat a bylo možné jednoduše doplnit sponky do sešíváčky. Pro zvýšení produktivity stroje mohou být otvory a obvod zhotoveny na jeden zdvih lisu ve speciálním jednoúčelovém stříhadle. Následně dojde ke zhotovení ohybů. Tento díl má povrchovou vrstvu rovněž tvrdě chromovanou.

3.3.7 Základna

Nejprve bude vystřížen obvod základny, následně budou zhotoveny symetrické otvory pro hlavní nýt, kterým jsou otočně zajištěny všechny pohyblivé části sešíváčky. Až poté budou prostříženy otvory pro dva nýty, které pevně spojují základnu, podstavec a listovou planžetu. Následně dojde k vytvoření čtvercových prolisů, které slouží k fixaci přesné polohy základny vůči podstavci. Dále budou zhotoveny symetrické prolisy kruhového tvaru, které slouží jako dorazy v otvorech zásobníku, když je sešíváčka v pohotovostní poloze. Následně budou zhotoveny 4 symetrické prolisy obdélníkového tvaru, které snižují třecí plochu mezi zásobníkem a základnou a také vymezují boční vůli mezi zásobníkem a základnou. Nakonec budou zhotoveny ohyby.

Potřebná síla lisu pro vystřížení obvodového tvaru se vypočte po dosazení do vzorců (7) a (8):

$$o = 263 \text{ mm}, t = 1,5 \text{ mm}, R_{ms} = 300 \text{ MPa}$$

$$F = o * t * R_{ms} = 263 * 1,5 * 300 = 118\,350 \text{ N}$$

$$F_L = 1,7 * F = 1,7 * 118\,350 = 201\,195 \text{ N}$$

Výsledek značí, že potřebná síla lisu pro vystřížení obvodového tvaru činí přibližně 202 kN. Tento díl má rovněž povrchovou úpravu tvrdým chromováním.

3.3.8 Zásobník

Nejprve bude vystřížen obvod rozvinuté součásti, poté budou prostříženy otvory pro centrální nýt. Následně dojde k prostřížení dvou otvorů, které slouží k upevnění osazeného drátu. Poté dojde k prostřížení podélného tvaru, který slouží k vedení ramena jezdce a jako doraz pohotovostní polohy sešívачky spolu s prolisy kruhového tvaru zhotovenými v základně. Dále budou vyhotoveny prolisy, které vedou ramena jezdce v zásobníku. V poslední řadě pak budou zhotoveny ohyby stěn zásobníku a ohyby s otvory pro osazený drát.

Potřebná síla lisu při vystřihování obvodového tvaru se vypočte po dosazení do vzorců (7) a (8):

$$o = 448 \text{ mm}, t = 1,3 \text{ mm}, R_{ms} = 300 \text{ MPa}$$

$$F = o * t * R_{ms} = 448 * 1,3 * 300 = 174\,720 \text{ N}$$

$$F_L = 1,7 * F = 1,7 * 174\,720 = 297\,024 \text{ N}$$

Potřebná síla lisu v tomto případě činí zhruba 297 kN. Tento díl má vrstvu tvrdého chromu.

3.3.9 Závěrný plech

Obvod tohoto dílu bude nejprve vystřížen z plechového polotovaru na jednoúčelovém stříhadle. Poté bude výstřížek vložen do lisovacího přípravku, kde bude přesně ustavena jeho poloha, následně budou na jeden zdvih lisu zhotoveny drážky o poloměru 5 mm, které slouží k zahnutí konců sponky. Tento díl bude mít vyhotovenou povrchovou vrstvu tvrdého chromu.

3.4 Volba materiálů a ekonomická kalkulace

Pro návrh kvalitní sešívачky na papír je nutné zvolit také odpovídající materiály, které zajistí dlouhou životnost a zároveň budou ekonomicky výhodné. Při konstrukci sešívачky byla brána v potaz také ekonomická stránka návrhu. V následujícím výčtu jsou uvedeny a charakterizovány konkrétní materiály, které byly vybrány pro konstrukci jednotlivých dílů sešívачky. Pro volbu těchto materiálů pak byla provedena přibližná ekonomická kalkulace.

3.4.1 Díly z pružinové oceli

Pro **lisovací a listovou planžetu** byl zvolen plechový polotovary tloušťky 0,5 mm z materiálu ČSN 41 2090.3¹. Jde o konstrukční pružinovou ocel, zušlechtěnou kalením a popouštěním. Nejčastěji se používá pro velmi namáhané pružiny (tenké, ploché, šroubovitě). Jelikož lisovací a listová planžeta jsou nejnamáhanějšími částmi celé sešivačky, je zvolení takového materiálu opodstatněné[28].

3.4.2 Plastové díly

Na plastové díly, konkrétně: **jezdec, madlo, podstavný kryt a distanční kroužek**, byl zvolen konstrukční plastový materiál PA66. Vlastnosti tohoto plastu jsou popsány v teoretické části této bakalářské práce, v kapitole 2.1.2 *Plasty* na straně 30. Cena granulátu PA66 vhodného pro vstřikování se na trhu pohybuje kolem 2,88 eur za kilogram, což při současném kurzu činí zhruba 78 Kč[30].

3.4.3 Díly z konstrukční oceli

Pro ostatní díly byl zvolen materiál ČSN 41 1373 neboli S235JR dle EN. Jedná se o **konstrukční ocel** pro mírně namáhané, kované, lisované a zastudena ohýbané součásti namáhané staticky a mírně dynamicky. Tento materiál je v současnosti nejpoužívanějším na plechové polotovary, neboť má nízkou cenu a je dobře dostupný na trhu. Cena plechového polotovaru se pohybuje kolem 17 Kč za kilogram, v závislosti na rozměrech[31][32][33].

3.4.4 Magnet

Cena neodymového magnetu o 1 mm nižší výšky se pohybuje kolem 60 Kč za kus. Při velkosériové zakázce, s rozměry magnetů dle zadaných parametrů, lze předpokládat obdobnou cenu za 1 kus magnetu[26][27][28].

¹ Ocel je označena podle starší normy ČSN, neboť podle novější EN normy nemá ocel ekvivalentní označení.

3.4.5 Nýty

Cena pozinkovaného nýtu s půlkulatou hlavou ČSN 02 2301- 3x7 se pohybuje kolem 155 Kč za tisíc kusů, u nýtu ČSN 02 2301- 4x36 je to pak 540 Kč za tisíc kusů[34].

4 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce kancelářské sešivačky na papír. V teoretické části byly charakterizovány výrobní technologie, které by mohly být využity pro výrobu sešivačky. Jednalo se především o technologie zpracování kovů a plastů. Následně zde byly také popsány funkční vlastnosti materiálů, ze kterých by mohly být jednotlivé díly sešivačky vyrobeny. Pro výrobu byly také uvažovány normalizované díly a polotovary, které by zjednodušily a zlevnily výrobní procesy.

V praktické části byly vytvořeny 3D návrhy jednotlivých komponentů, které byly následně zkompletovány do pohyblivé sestavy kancelářské sešivačky. Důležitou roli při návrhu hrála funkčnost, uživatelsky přívětivá manipulace, ale také i design. Při návrhu tvarů stykových ploch (díly *madlo* a *podstavný kryt*) byl brán ohled na ergonomii a pro uživatele bezpečnou manipulaci. Autor se u *podstavného krytu* snažil také vyvarovat ostrých a tvrdých hran, které by při sešívání, mohly poškodit podložku.

V práci byla také vypracována veškerá výkresová dokumentace jednotlivých dílů i celé sešivačky. Součástí práce je i návrh povrchových úprav kovových součástí ke zvýšení odolnosti, povrchové tvrdosti, snížení tření a zlepšení korozivzdornosti. Při pevnostních výpočtech pak byla ověřena volba vhodných materiálů a povrchových úprav, vzhledem ke způsobu namáhání jednotlivých dílů, i sešivačky jako celku. Následně byl stručně popsán technologický postup výroby většiny kovových dílů, které nejsou normalizované.

V poslední kapitole této bakalářské práce byly charakterizovány již konkrétní materiály, které byly využity pro návrh dílů sešivačky. Materiály byly voleny s ohledem na jejich pevnostní parametry, trvanlivost a minimalizaci nákladů zároveň. Pro tyto materiály pak byla vytvořena základní cenová kalkulace, která je však hrubým odhadem celkových nákladů na použité materiály.

Z práce tedy plyne praktický výsledek ve formě detailního návrhu kancelářské sešivačky, která je určena pro dlouhodobé a jednoduché použití. Autor se časem stráveným nad touto závěrečnou prací naučil ucelenému návrhu strojírenských výrobků tak, jak je tomu v praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČERNOCH, Svatopluk. *Strojně technická příručka, svazek II: Přepřacováno pod vedením Ivo Bernarda*. 13. upravené. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977, 1273 s.
- [2] DOBROVOLNÝ, Bohumil, Zdeněk VILIKUS, Jaroslav MRAČNO a Josef MOL. *Základní kvalifikační učebnice - strojírenství*. Vyd. 3. Praha: Práce, 1972, 672 s.
- [3] FRISCHHERZ, Adolf a Paul SKOP. *Technologie zpracování kovů 1: základní poznatky*. 2. vyd. Praha: SNTL (Wahlberg), 1996, 268 s. ISBN 80-902110-0-3.
- [4] HLUCHÝ, Miroslav a Josef BENEŠ. *Strojírenská technologie*. Vyd. 2. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986, 248 s.
- [5] HEŘMAN, Jan a Olga HOROVÁ. *Průmyslové technologie pro ekonomy*. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 2013, 259 s. ISBN 978-80-245-1907-4.
- [6] LENFELD, Petr. *Technologie plošného tváření – ohýbání. Technologie II: Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní*. [online]. [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
- [7] KOLOUCH, Jan. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstříkovaním*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986, 229 s.
- [8] ZEMAN, Lubomír. *Vstříkování plastů: úvod do vstříkování termoplastů*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [9] LENFELD, Petr. *Vstříkování plastů* [online]. [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [10] ŘEŘÁBEK, Antonín. *Stavba a provoz strojů: Strojní součásti*. Vyd. 1. Praha: Scientia, 2006, 214 s. ISBN 80-86960-02-1.
- [11] PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled*. Vyd. 4., dopl. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010, 2 sv. (226, 236 s.). ISBN 978-80-7372-573-0.
- [12] HUŠKA, Zdeněk. *Strojní součásti pro střední průmyslové školy nestrojnické: učebnice pro 2. ročník*. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989, 150 s. ISBN 80-03-00124-2.

- [13] Akademie tváření: Stříhání. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2010 [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
- [14] BARTONÍČEK, Robert. *Navrhování protikorozní ochrany*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 284 s.
- [15] HAZLINGER, Marián a Roman MORAVČÍK. *Chemicko-tepelné spracovanie materiálov*. Vyd. 1. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2013. ISBN 978-80-227-3924-5.
- [16] Alkalické černění. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2001, [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/alkalicke-cerneni.html>
- [17] Černění (brynýrování) železa. *Galvanika Fiala* [online]. [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://www.galvanika.cz/cerneni-brynyrovani-oceli.html>
- [18] KRAUS, V. *POVRCHY A JEJICH ÚPRAVY* [online]. [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>
- [19] Značení ocelí - číselné označování a rozdělení ocelí: Vysvětlení tvorby značení ocelí dle norem ČSN, ČSN EN, W.Nr. *E-konstruktor: Portál pro strojní konstruktéry* [online]. 2013 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/znaceni-oceli-ciselne-oznacovani-a-rozdeleni-oceli>
- [20] PLUHAŘ, Jaroslav a Josef KOTITTA. *Strojírenské materiály*. Vyd. 2. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977, 562 s.
- [21] Přehled technických plastů: Technické plasty, transparentní plasty, plasty s vysokou účinností, konstrukční plasty. *Ferona Thyssen Plastics* [online]. 2014 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: http://www.feronathyssen.cz/cms_dokumenty/ftp-prehled-technicky-ch-plastu.pdf
- [22] *Lisovna plastů: Charakteristika plastů a jejich použití* [online]. [cit. 2016-02-07]. Dostupné z: <http://lisovna-plastu.blogspot.cz/2011/01/charakteristika-plastu-jejich-pouziti.html>
- [23] *Strojírenská technologie* [online]. [cit. 2016-02-07]. Dostupné z: <https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=>

0ahUKEwj3-

Oeb_OXKAhVopnIKHVXeBMsQFgg8MAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.unicpru
m.cz%2Findex.php%2Fcomponent%2Fphocadownload%2Fcategory%2F9-
ucebnice%3Fdownload%3D52%3Astrojni-mechanik-
ucebnice&usg=AFQjCNHgQm9JtLwetsmMcYAMb_zp_uL07g&sig2=lr6e7cgRse
KLG4m0wIOUug&bvm=bv.113370389,d.bGQ&cad=rja

- [24] Sešivací sponky. *NOVUS* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://eshop.novus.cz/novus/sesivaci-sponky/>
- [25] Drátky do sešivačky. *PROFFICE* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.proffice.cz/dratky-do-sesivacky/661-dratky-do-sesivacky-c-24-6-1000-ks-spony-do-sesivacek-24-06-sponky-sponkovacek-spona-sponkovacky-sponka-jehly.html>
- [26] Neodymové magnety: válce magnetovány rovnoběžně s osou. *Magsy: E-shop* [online]. 2015 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://e-shop.magsy.cz/neodymove-magnety-valce-rovnobezne-s-osou/>
- [27] *Abc magnet* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.abcmagnet.cz/druhy-magnetu.php?druh=neodymove-magnety>
- [28] Neodymové magnety. *Magnety: sortiment, který Vás přitáhne* [online]. 2012 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://eshop.magnetyeu.cz/magnety-neodym-ndfeb>
- [29] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. Vyd. 5., upr. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [30] *PlasticPortal* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.plasticportal.cz/cs/ceny-polymeru/lm/7>
- [31] Velkoobchod hutním materiálem. *JIRI* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <https://www.jiry.cz/hutni-material-jiry-ocelove-plechy-valcovane-za-tepla-24>
- [32] Plechy za tepla. *VYKOV* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.vykov.cz/rynholec/plechy/za-tepla/>

- [33] Ocelové plechy – teplé. *KOVOSTEEL* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.kovosteel.cz/sluzby/prodej/hutni-material/ocelove-plechy-teple/>
- [34] Katalog - seznam zboží: Nýty. *Vrabec a Vrabec: Obchod se spojovacím materiálem* [online]. 2016 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://shop.vrabecavrabec.cz/katalog/zbozi/zbozi.asp?skup=601&zskup=&trideni=>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Název veličiny	Jednotky
b	Šířka	mm
c	Koeficient s hodnotou v rozmezí 1-2	-
d	Průměr nýtu	mm
d'	Předběžný průměr drátu	mm
D	Průměr pružiny	mm
E	Modul pružnosti	MPa
F	Střížná síla	N
F_{kr}	Kritická síla	N
F_s	Největší pracovní zatížení pružiny	N
F_1	Nejmenší pracovní zatížení pružiny (předepjatý stav)	N
F_L	Síla lisu	N
G	Modul pružnosti ve smyku	MPa
h	Pracovní zdvih	mm
h	Výška	mm
i	Počet nýtů	ks
i	Počet závitů pružiny	-
I_{min}	Nejmenší kvadratický moment průřezu	mm^4
k	Tuhost pružiny	N/mm
K	Korekční součinitel napětí v krutu	-
k	Koeficient bezpečnosti	-
l	Délka	mm
l_o	Redukovaná délka prutu	mm
l_n	Délka oblouku v neutrální vrstvě	mm
M_o	Ohybový moment	$N*mm$
n	Počet činných závitů pružiny	-
o	Obvod výstřižku	mm
p	Tlak	MPa
p_d	Tlak dovolený	MPa
r	Rameno	mm
R_o	Poloměr ohybu	mm

R_e	Mez kluzu	MPa
R_{min}	Minimální poloměr ohybu	mm
R_{ms}	Mez pevnosti materiálu ve smyku	MPa
s	Tloušťka tenčí součásti snýtovaných plechů	mm
S	Plocha	mm^2
t	Tloušťka materiálu	mm
W_k	Průřezový modul v krutu	mm^3
x	Koeficient posunu neutrální vrstvy ohybu	-
τ_{dk}	Napětí v krutu	MPa
τ_d	Dovolené napětí	MPa
τ_s	Napětí při zatížení silou F_8	MPa
σ_t	Napětí v tahu	MPa
τ_{Do}	Dovolené napětí v ohybu	MPa
φ	Úhel ohybu	°

SEZNAM OBRÁZKŮ

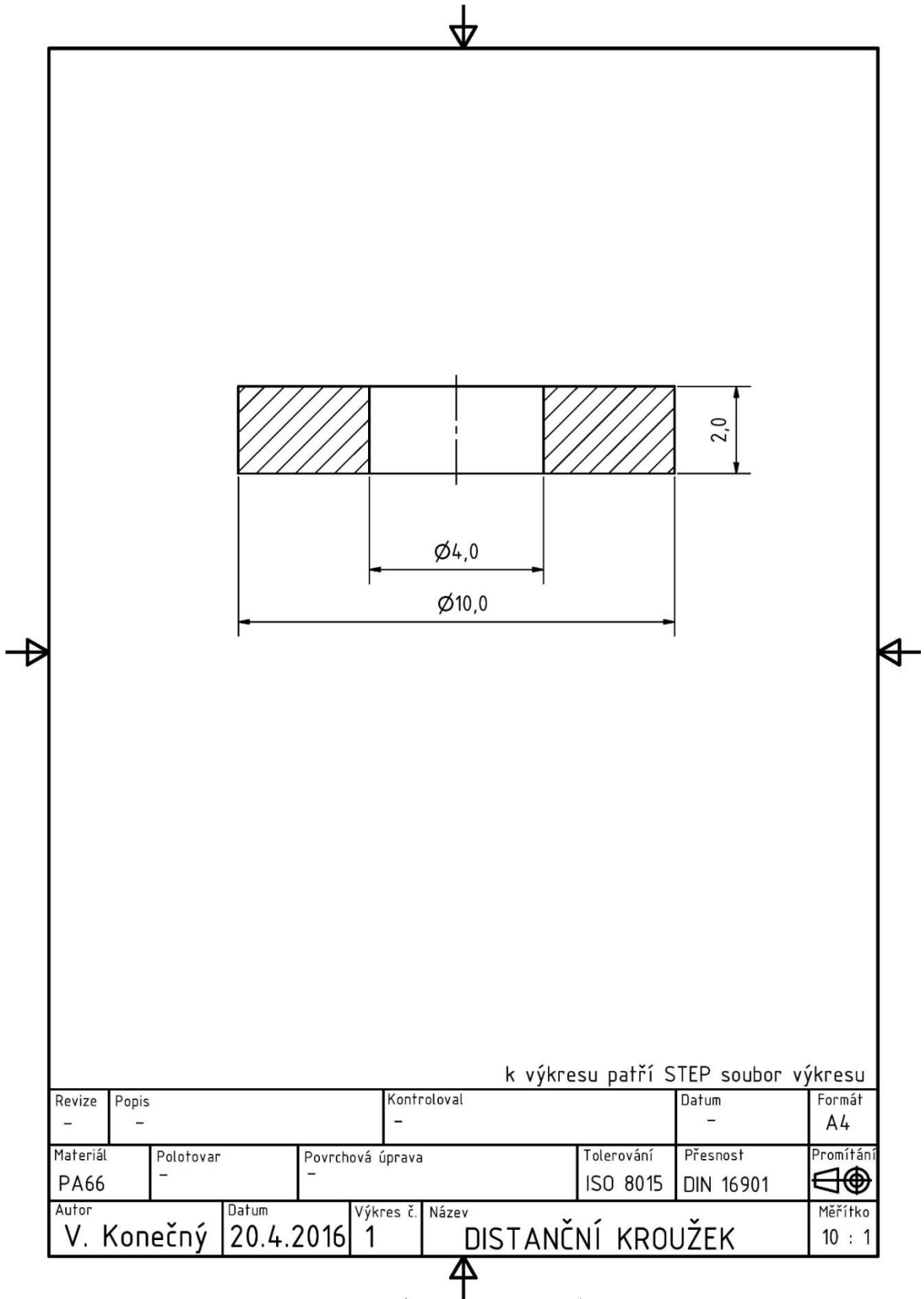
Obrázek 1: Příklad ručního ohýbání a zakružování ve svěráku[5]	12
Obrázek 2: Ohýbání jednoduchým ohýbacím strojem[5]	13
Obrázek 3: Ohýbadlo s vodícími sloupky[5].....	14
Obrázek 4: Směr vláken materiálu vůči hraně ohybu[5]	14
Obrázek 5: Vady při nýtování[12].....	18
Obrázek 6: Pracovní postup při nýtování[5]	18
Obrázek 7: Stříhadlo bez vedení a prostříhovadlo s vedením[5]	20
Obrázek 8: Maximalizace využití materiálu vhodným uspořádáním[5]	22
Obrázek 9: Vybrané tvary přípěrných hlav nýtů[12].....	34
Obrázek 10: Tvary závěrných hlav zatažených nýtů[12]	34
Obrázek 11: Základní rozměry šroubovitě válcové pružiny[12]	35
Obrázek 12: Vizualizace sestaveného modelu sešívačky ve 3D	39
Obrázek 13: Zjednodušené schéma zatížení lisovací planžety	45

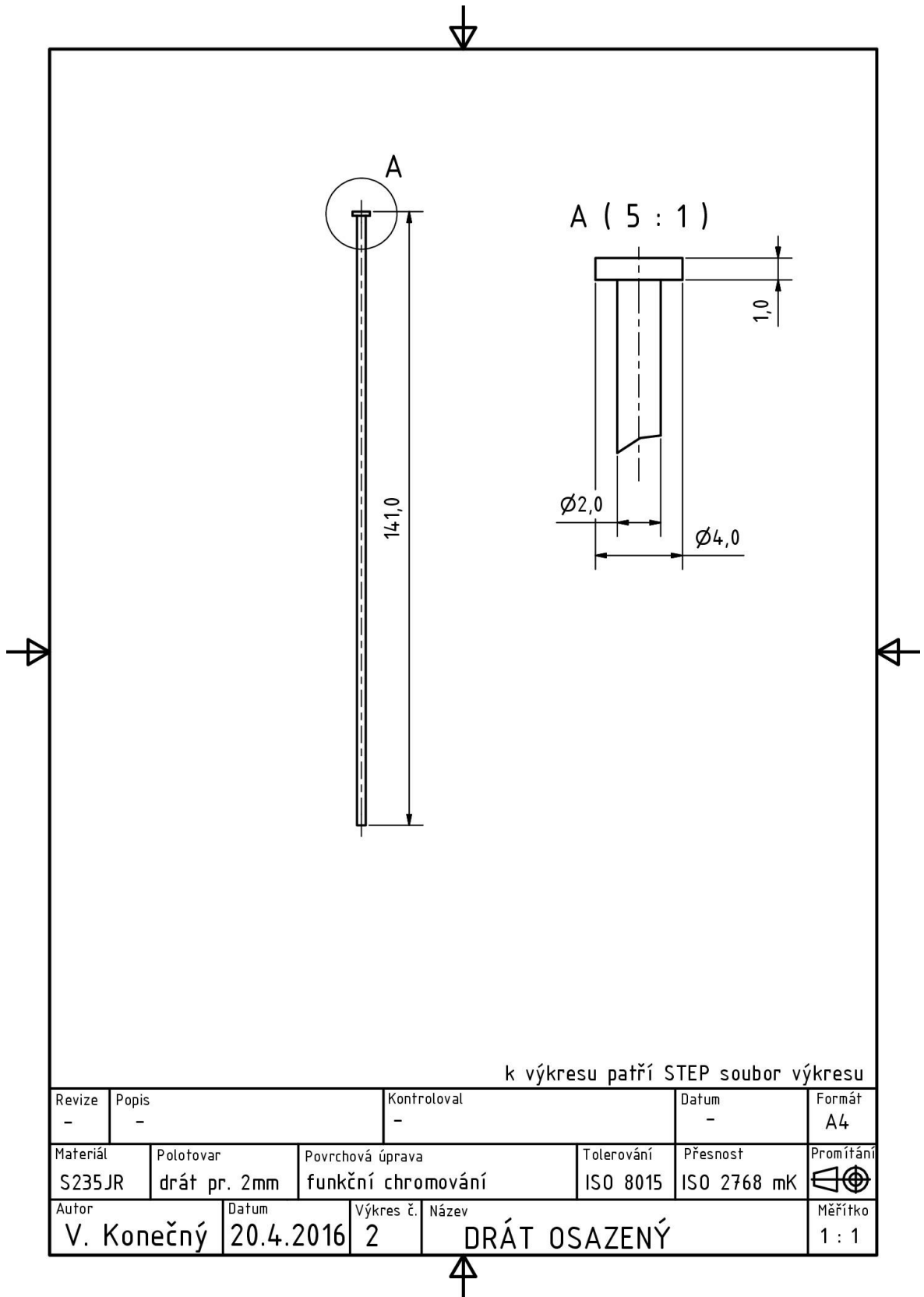
SEZNAM PŘÍLOH

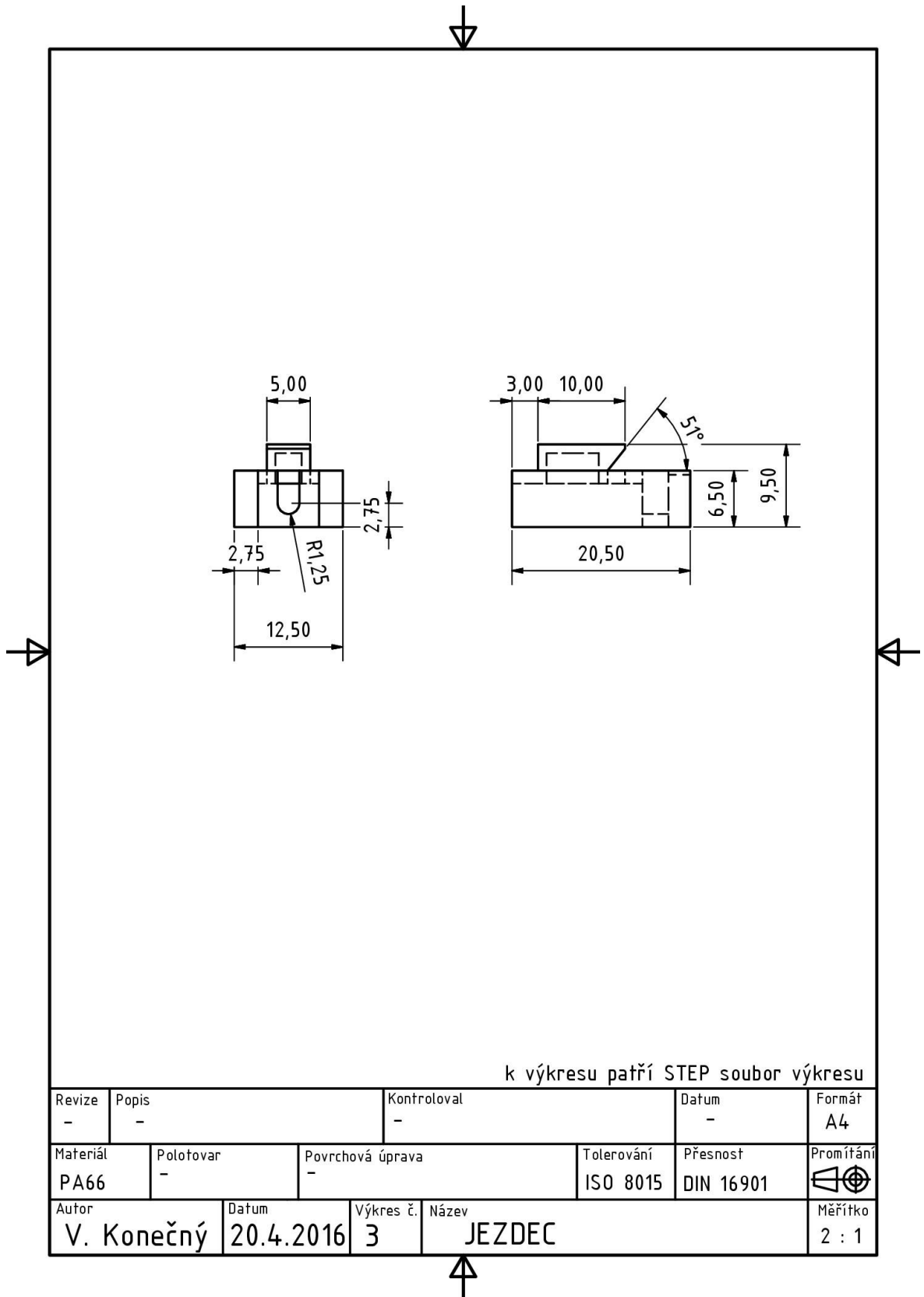
Příloha P I: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

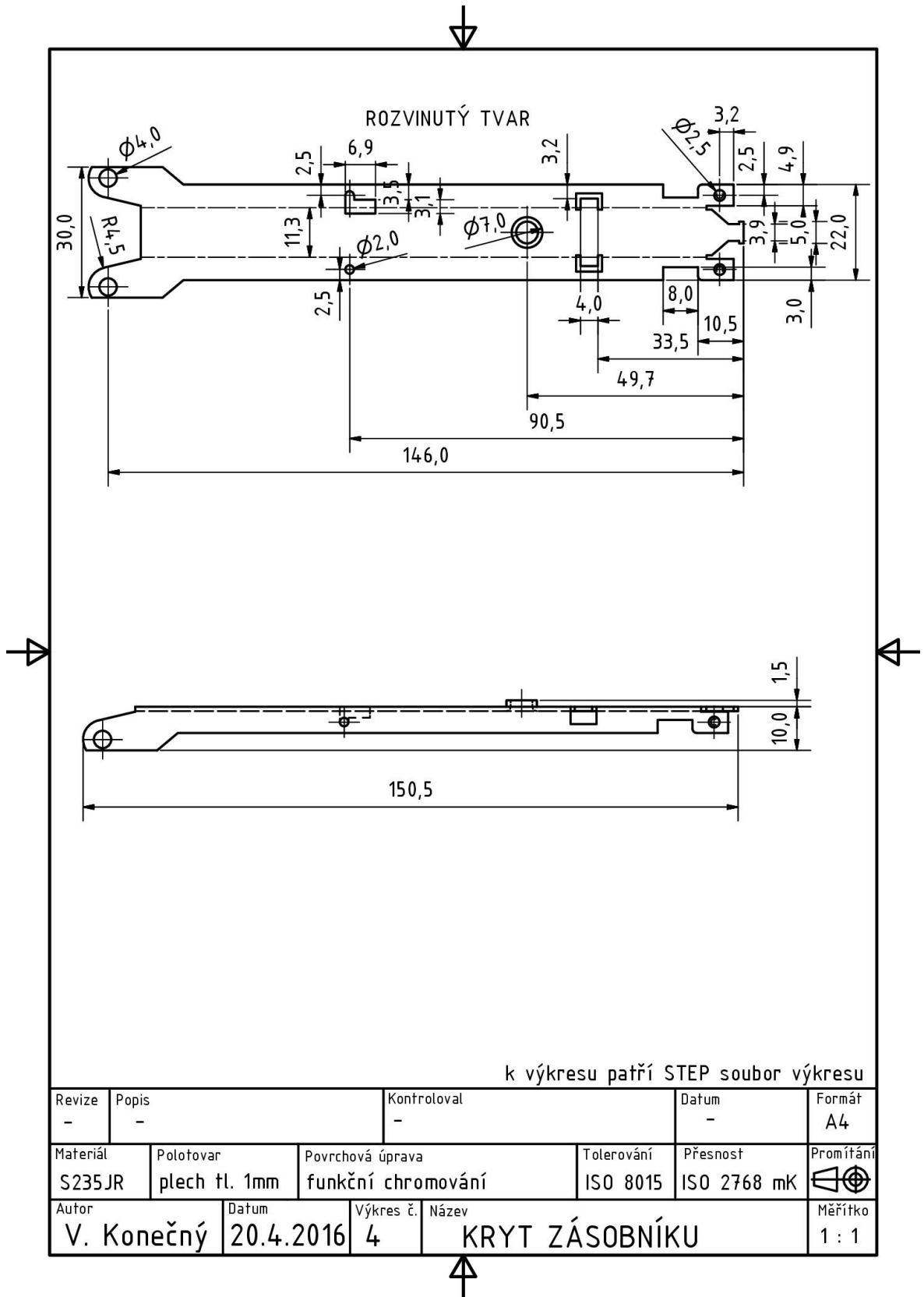
Výkres č.	Název dílu
1	DISTANČNÍ KROUŽEK
2	DRÁT OSAZENÝ
3	JEZDEC
4	KRYT ZÁSOBNÍKU
5	KRYT
6	LISOVACÍ MANŽETA
7	LISTOVÁ MANŽETA
8	MADLO
9	PODSTAVEC
10	PODSTAVNÝ KRYT
11	RAMENO JEZDCE
12	ZÁKLADNA
13	ZÁSOBNÍK
14	ZÁVĚRNÝ PLECH
15	SEŠÍVAČKA
16	KUSOVNÍK

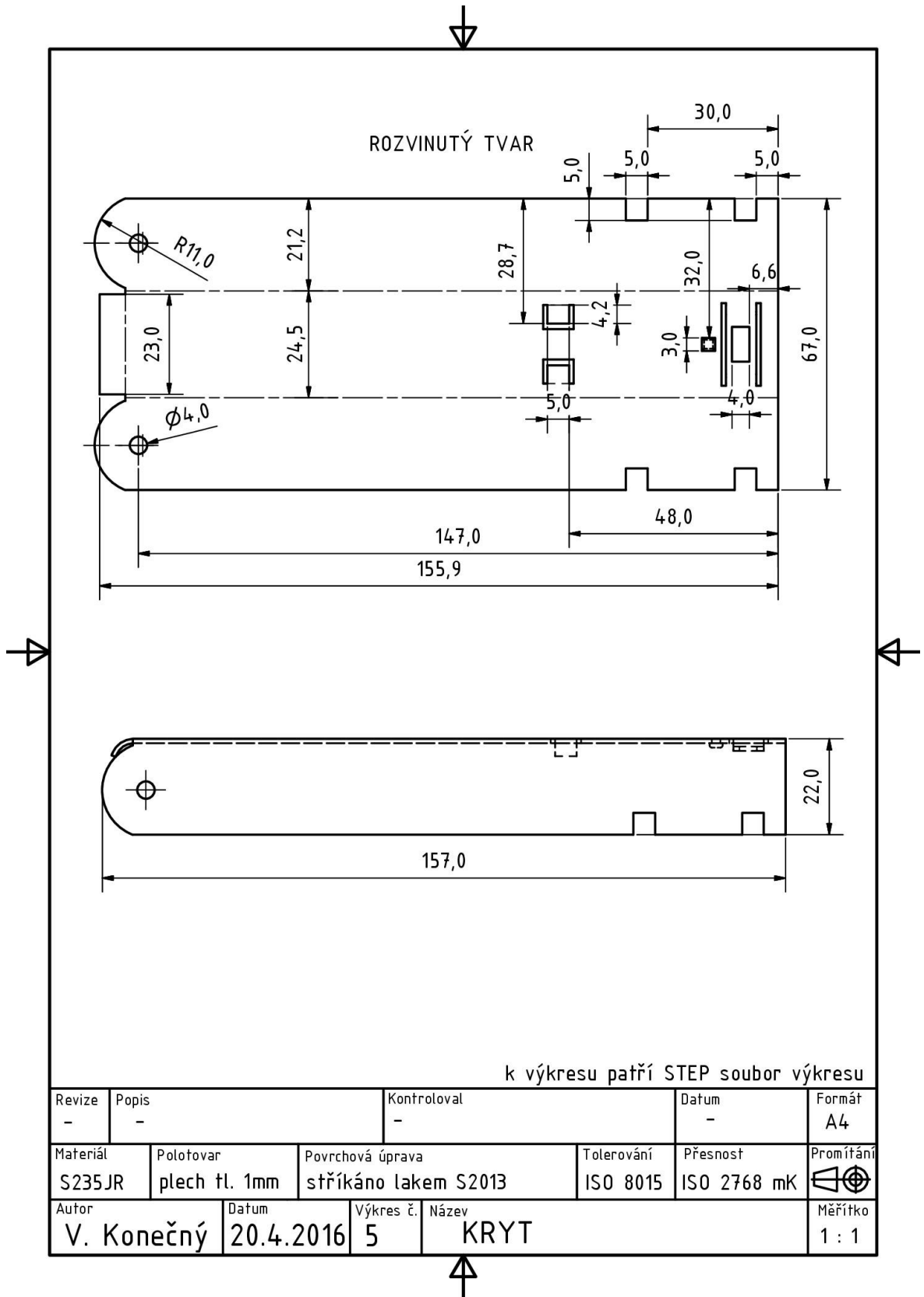
PŘÍLOHA P I: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE





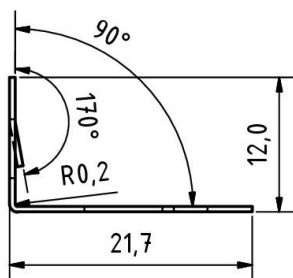
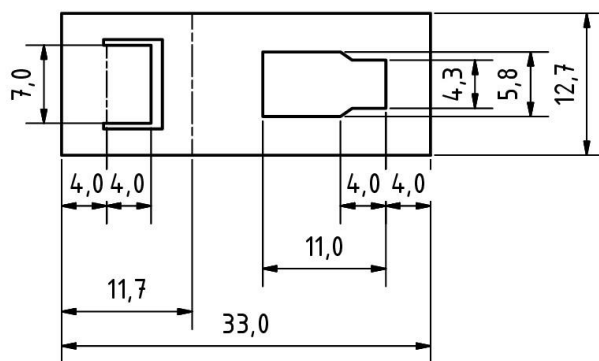








ROZVINUTÝ TVAR

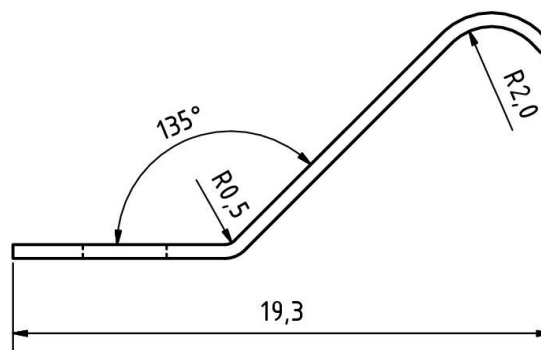
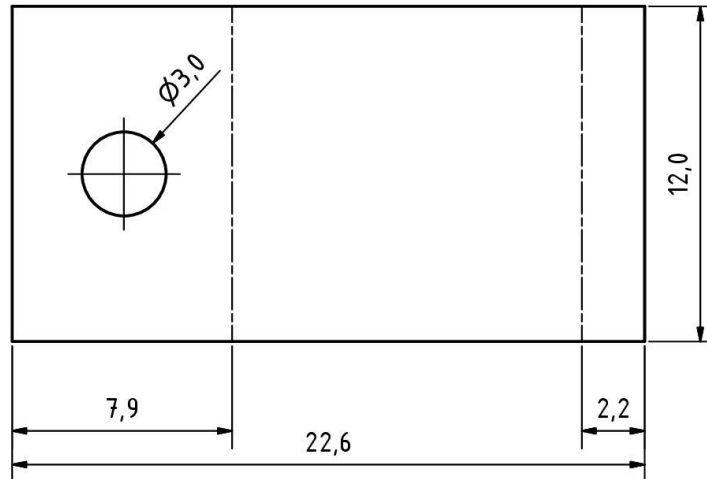


k výkresu patří STEP soubor výkresu

Revize -	Popis -	Kontroloval -	Datum -	Formát A4
Materiál 12 090.3	Polotovary plech tl. 0,5mm	Povrchová úprava funkční chromování	Tolerování ISO 8015	Přesnost ISO 2768 mK
Autor V. Konečný	Datum 20.4.2016	Výkres č. 6	Název LISOVACÍ PLANŽETA	Promítání 
				Měřítko 2 : 1

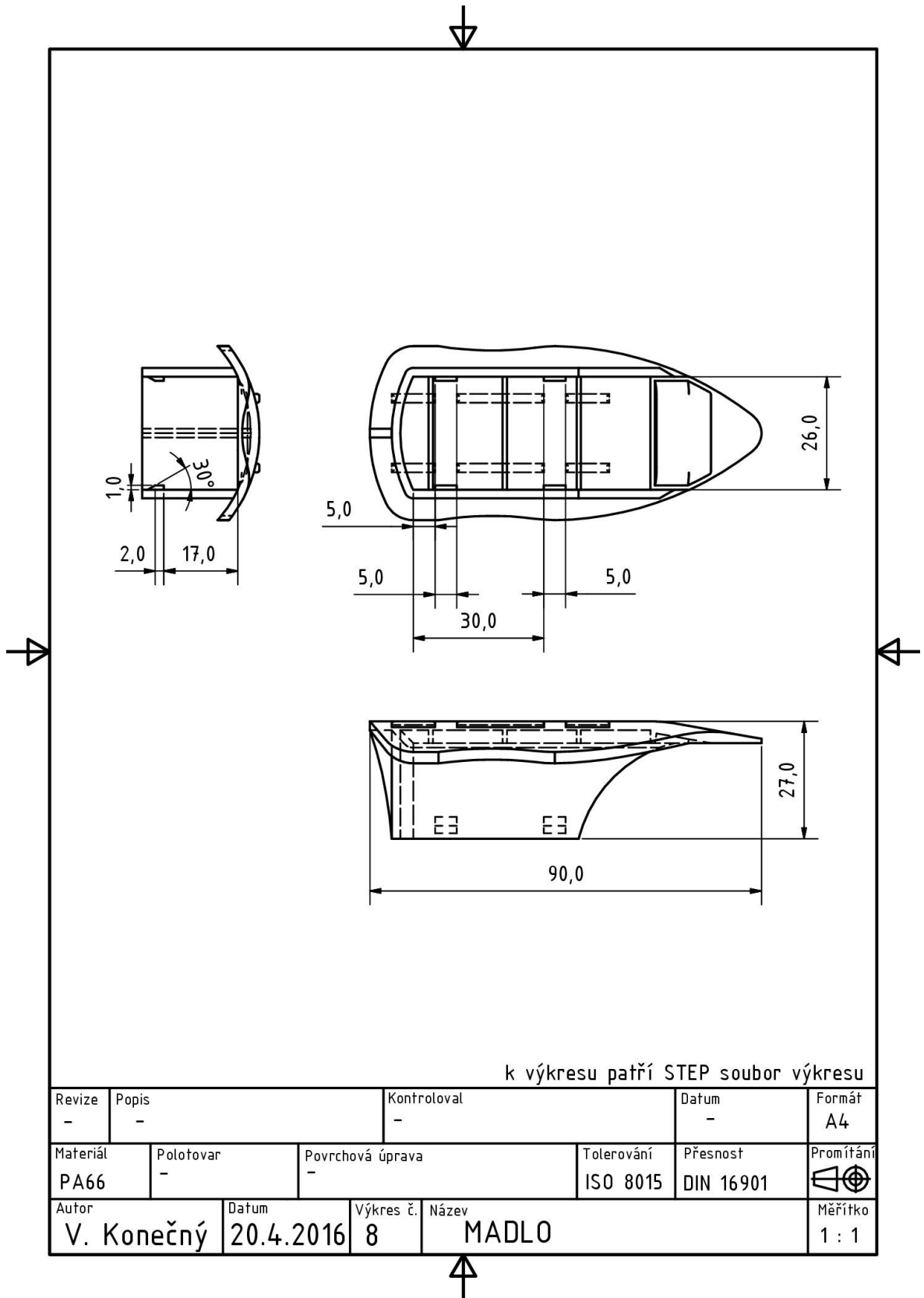


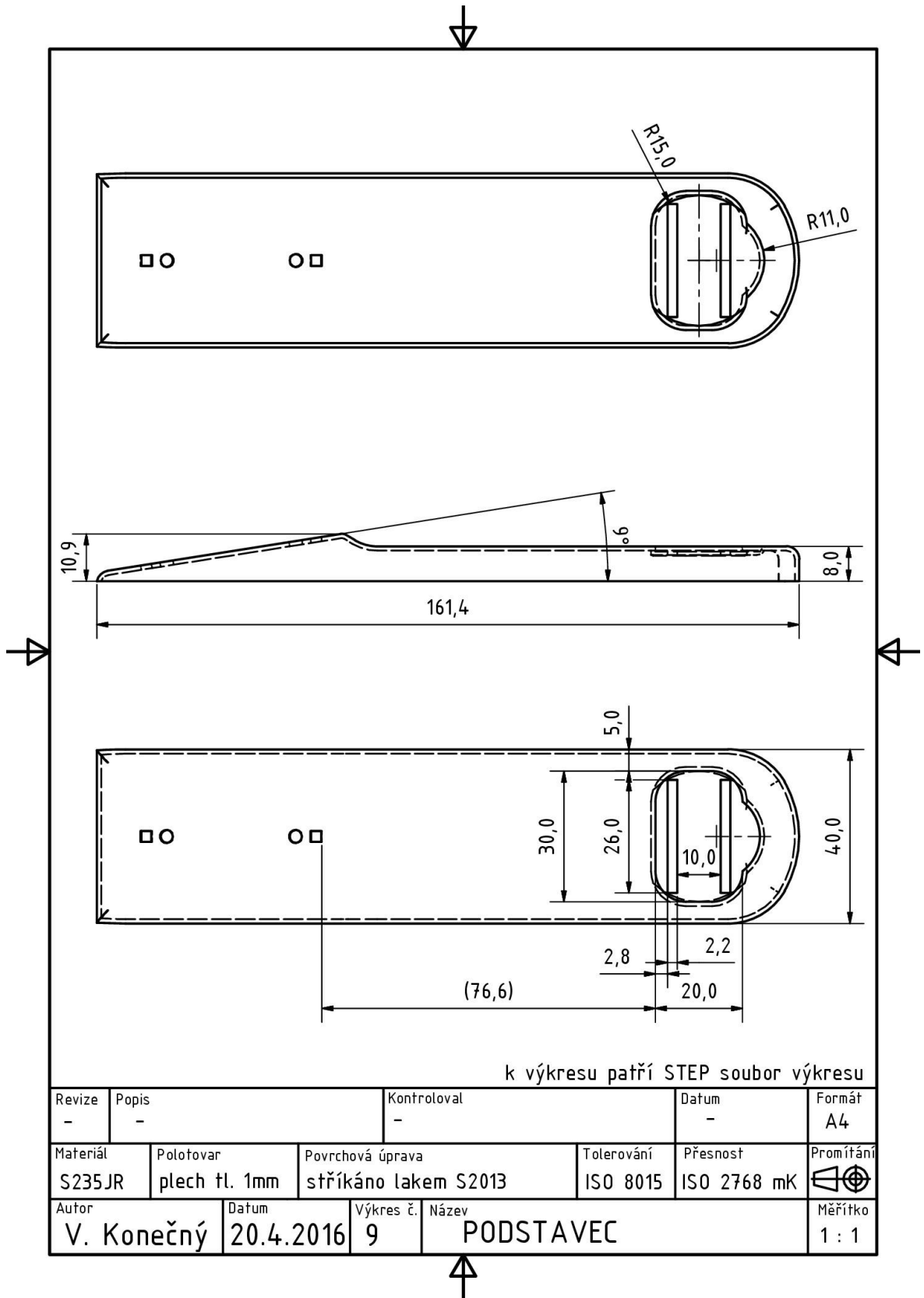
ROZVINUTÝ TVAR

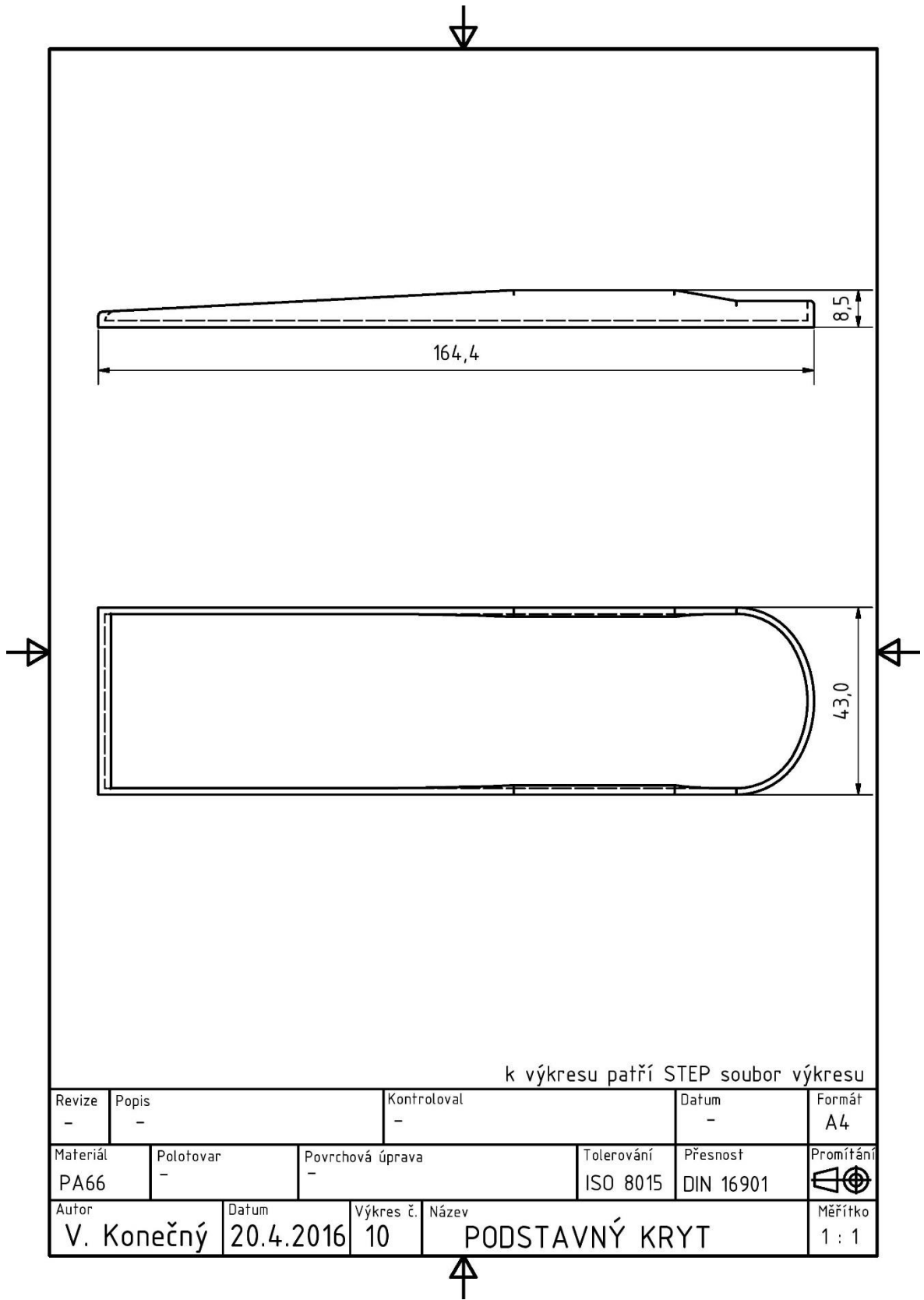


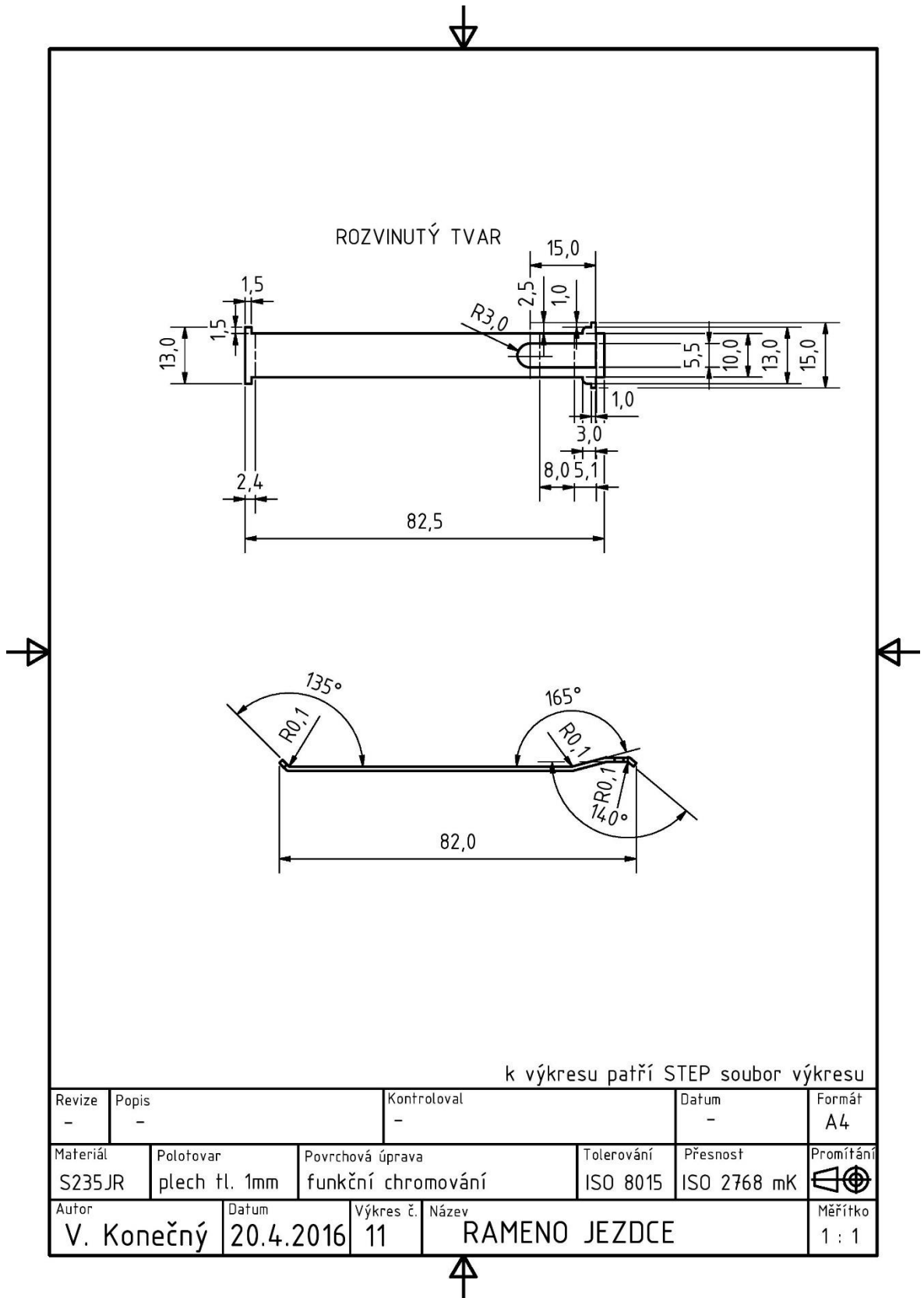
k výkresu patří STEP soubor výkresu

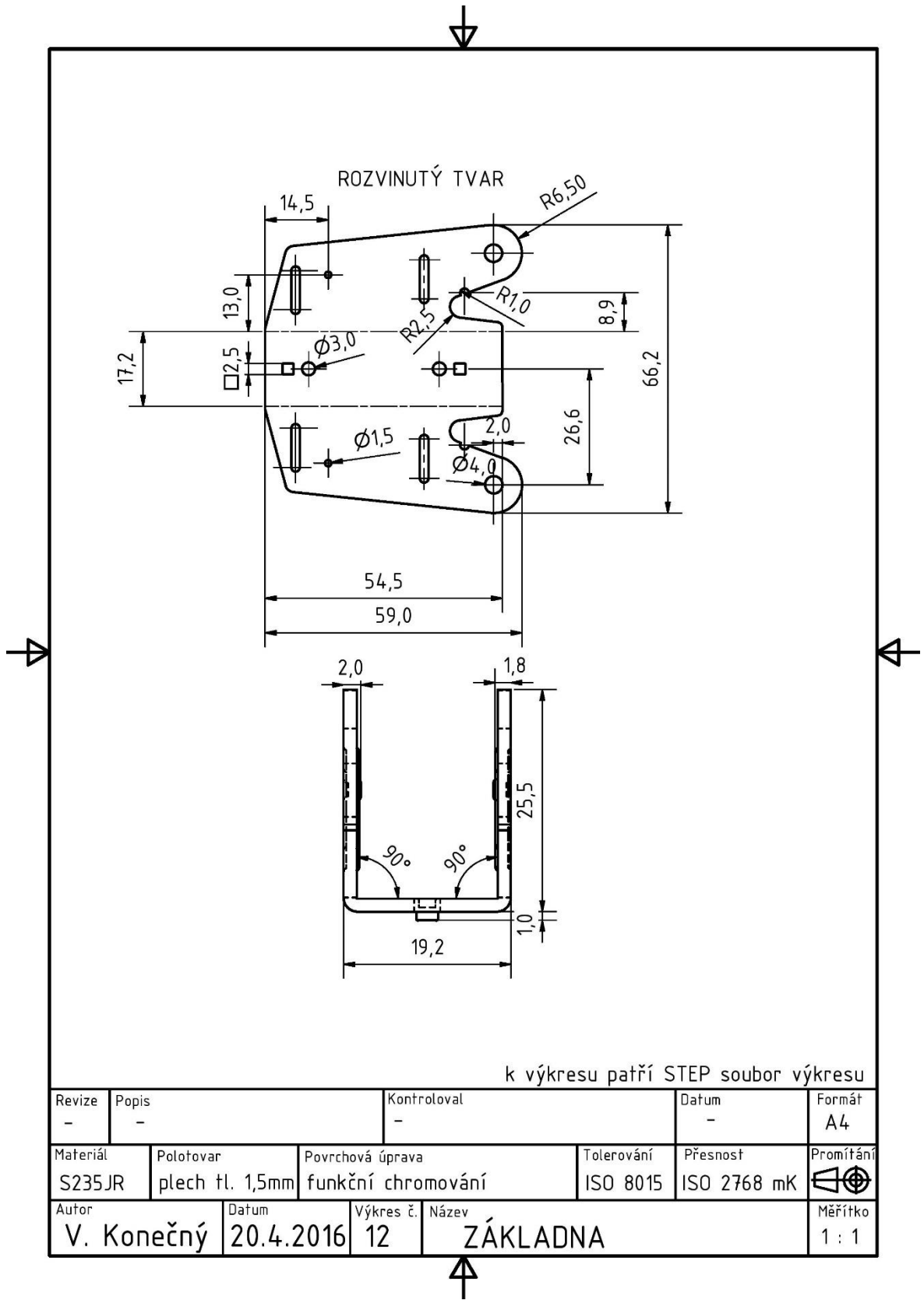
Revize -	Popis -	Kontroloval -	Datum -	Formát A4
Materiál 12 090.3	Polotovár plech tl. 0,5mm	Povrchová úprava funkční chromování	Tolerování ISO 8015	Přesnost ISO 2768 mK
Autor V. Konečný	Datum 20.4.2016	Výkres č. 7	Název LISTOVÁ PLANŽETA	Promítání 
				Měřítko 5 : 1

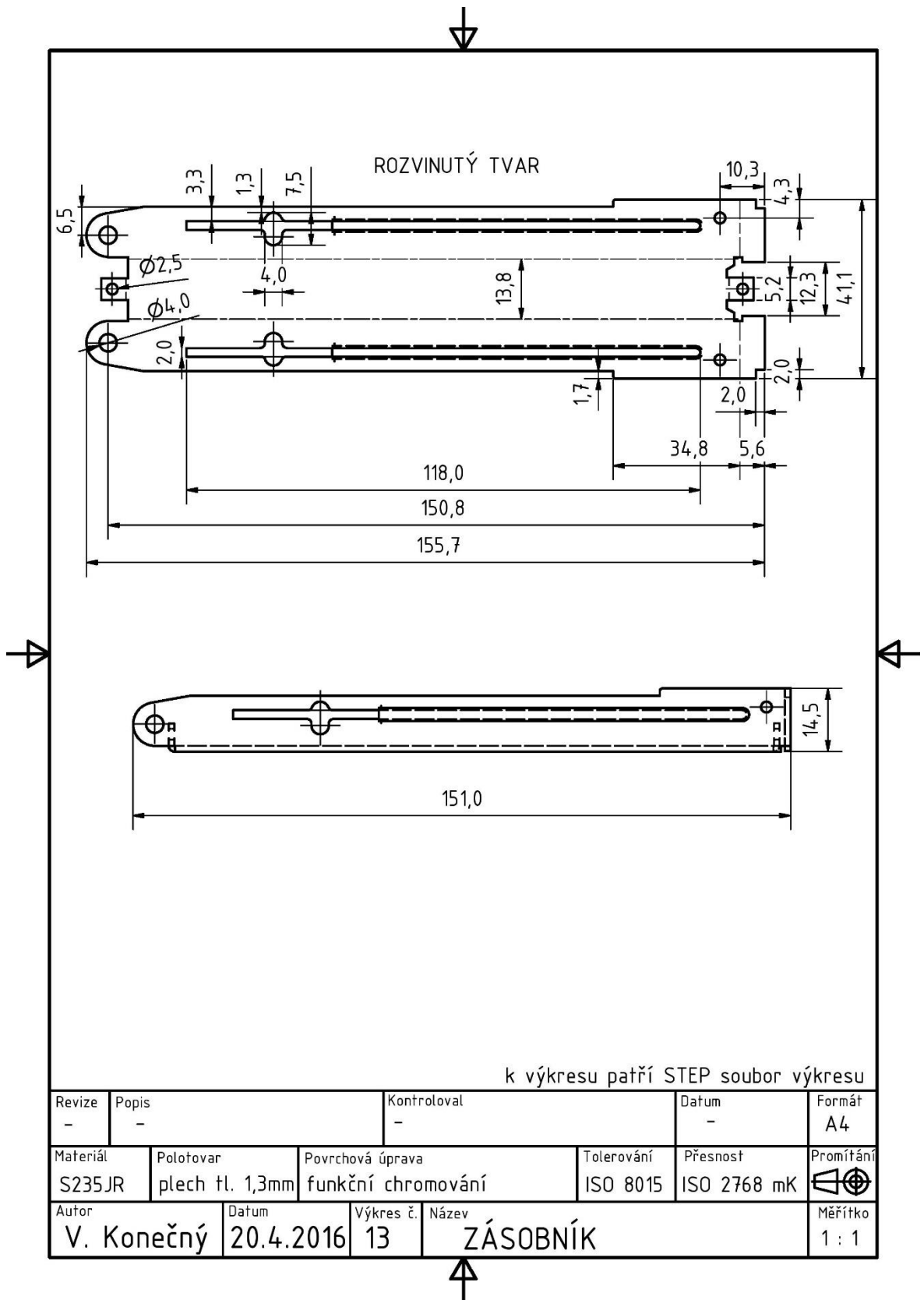


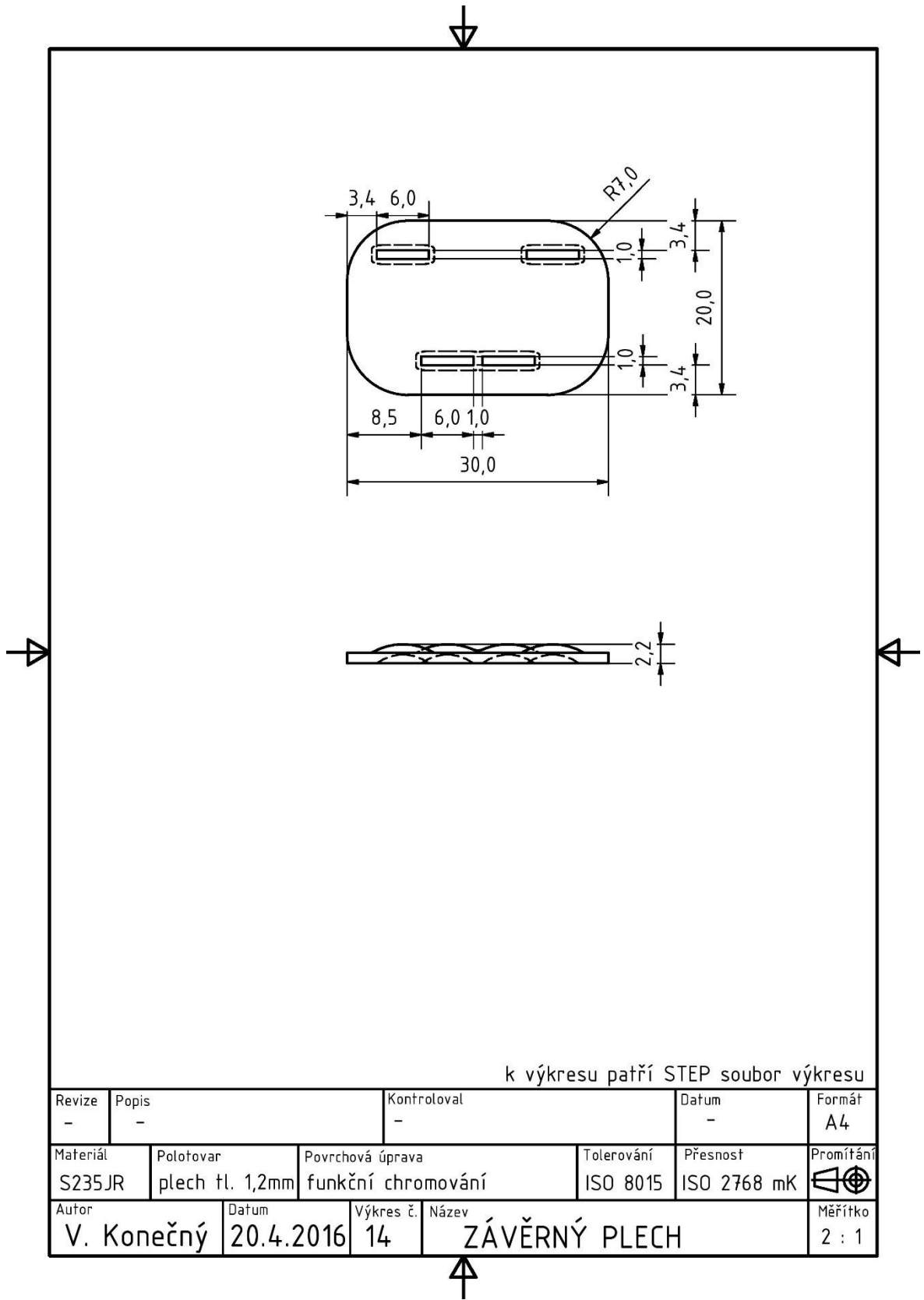


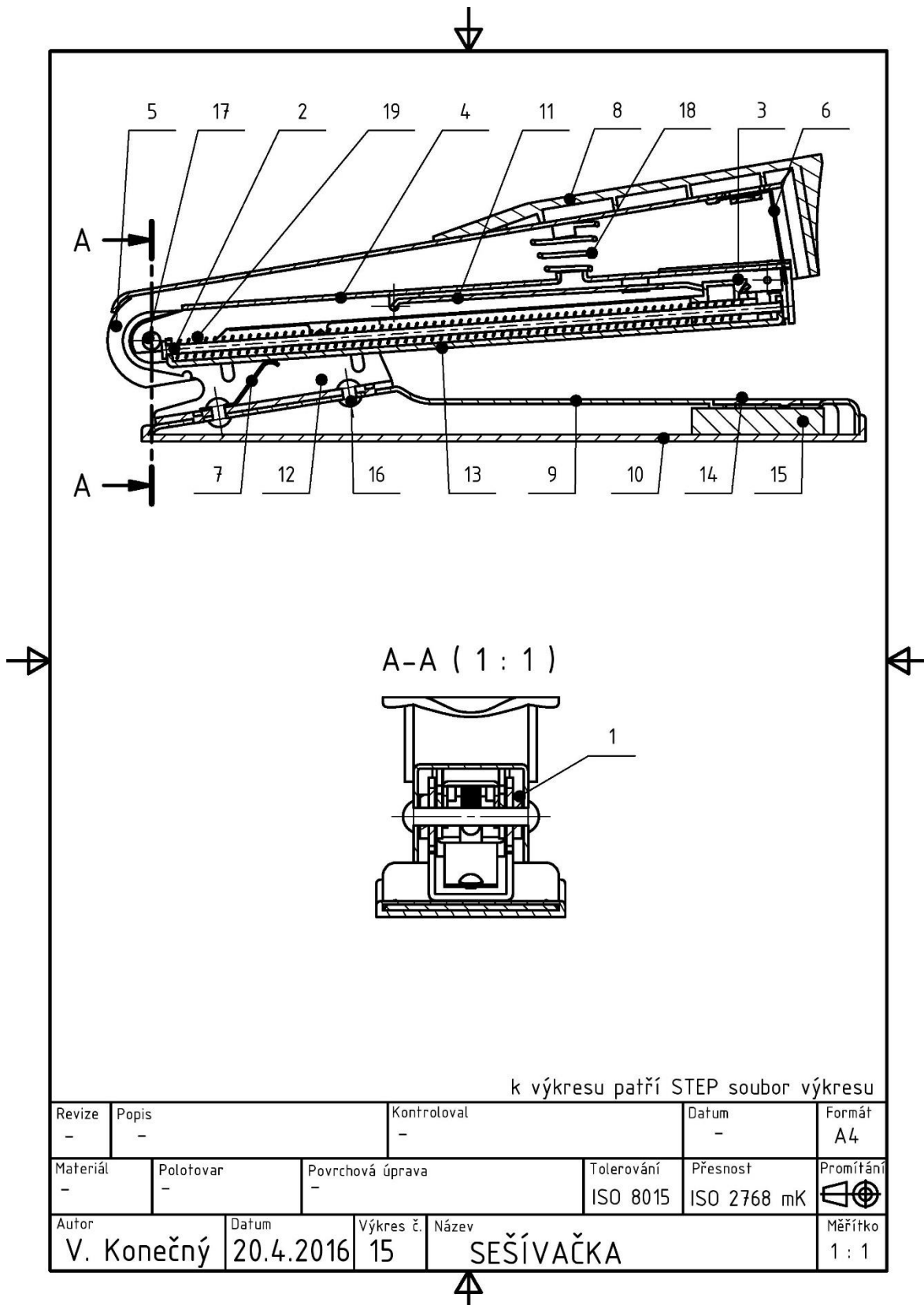













KUSOVNÍK					
POZICE	NÁZEV	VÝKRES / NORMA	MATERIÁL	KS	
19	PRUŽINA VINUTÁ DLOUHÁ			1	
18	PRUŽINA VINUTÁ KUŽELOVÁ			1	
17	Nýt s půlkulovou hlavou	CSN 02 2301 - 4 x 36		1	
16	Nýty s půlkulovou hlavou	CSN 02 2301 - 3 x 7		2	
15	MAGNET		NdFeB	1	
14	ZÁVĚRNÝ PLECH	14	S235JR	1	
13	ZÁSObNÍK	13	S235JR	1	
12	ZÁKLADNA	12	S235JR	1	
11	RAMENO JEZDCE	11	S235JR	1	
10	PODSTAVNÝ KRYT	10	PA66	1	
9	PODSTAVEC	9	S235JR	1	
8	MADLO	8	PA66	1	
7	LISTOVÁ PLANŽETA	7	12 090.3	1	
6	LISOVACÍ PLANŽETA	6	12 090.3	1	
5	KRYT	5	S235JR	1	
4	KRYT ZÁSObNÍKU	4	S235JR	1	
3	JEZDEC	3	PA66	1	
2	DRÁT OSAZENÝ	2	S235JR	1	
1	DISTANČNÍ KROUŽEK	1	PA66	2	
Revize	Popis	Kontroloval		Datum	Formát
-	-	-		-	A4
Materiál	Polotovary	Povrchová úprava	Tolerování	Přesnost	Promítání
-	-	-	ISO 8015	ISO 2768 mK	
Autor	Datum	Výkres č.	Název	Měřítko	
V. Konečný	20.4.2016	16	KUSOVNÍK		