



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁVRH TVÁŘECÍHO NÁSTROJE A ZAŘÍZENÍ K VYSTŘIŽENÍ PODLOŽKY

DESIGN OF FORMING TOOL AND MACHINERY FOR CUTTING OUT OF PAD

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. MILAN KOLÁŘ

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN DVOŘÁK, CSc.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/10

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Kolář Milan, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

**obor: Strojírenská technologie (2303T002)**

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 diplomové práce:

### **Návrh tvářecího nástroje a zařízení k vystřížení podložky**

v anglickém jazyce:

### **Design of Forming Tool and Machinery for Cutting out of Pad**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh tvářecího nástroje a zařízení k vystřížení a montáži podložky do regulačního tlakového ventilu. Návrh zpracovat ve více variantách a na základě technicko-ekonomického zhodnocení zvolit nejvhodnější konstrukční řešení.

Cíle diplomové práce:

Návrh tvářecího nástroje a zařízení k vystřížení a montáži velmi tenké podložky do regulačního tlakového ventilu. Roční produkce je plánována na 2 mil. kusů podložek. Na základě technicko-ekonomického zhodnocení zvolit nejvhodnější technologickou variantu.

## Seznam odborné literatury:

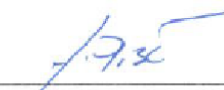
1. KOTOUČ, J., ŠANOVEC, J., ČERMÁK, J. a MÁDLE, L. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. 349s. ISBN 80-01-01003-1.
2. KRÍŽ, R., VÁVRA, P. Strojírenská příručka. Tváření. 1. vyd. Praha: Scientia 1998. sv.8. 255s. ISBN 80-7183-054-2.
3. BOLJANOVIC, V. Sheet Metal Forming Processes and Die Design. 1.st. ed. New York: Industrial Press. 2004. 219p. ISBN 0-8311-3182-9.


Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Milan Dvořák, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 30.10.2009



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

### Kolář Milan : Návrh tvářecího nástroje a zařízení k vystřížení podložky

Diplomová práce řeší návrh jednoúčelového automatického zařízení pro vystřížení a montáž podložky do regulačního tlakového ventilu (DRV2). Teoretická část diplomové práce obsahuje vybrané poznatky z teorie a technologie stříhání materiálů. Další část diplomové práce obsahuje návrh řešení jednoúčelového stroje pro vystřížení a montáž podložky do regulačního tlakového ventilu. Tvarová podložka je zhotovena leptáním z ocelového plechu X2CrNiMo17-12-2 tloušťky 0,08mm. Tvar podložky je leptán na svitek šířky 35mm, který je navinut na buben. Návrh nového tvářecího zařízení byl zpracován na základě nejvhodnější technologické varianty. Střížný nástroj je vyroben z oceli 19 437 a tepelně zpracován na HRC 62-4. Předpokládaná výrobní série je 2mil.kusů za rok. Vystřížení a montáž podložky se uskutečňuje na navrženém jednoúčelovém automatickém zařízení.

**Klíčová slova :** podložka, stříhání, montáž, regulační tlakový ventil

## ABSTRACT

### Kolář, Milan: Design of Forming Tool and Machinery for Cutting Out of Pad

The Diploma Thesis presents a draft of designated automatic apparatus for cutting out and assembling pads for pressure control valve (DRV2). The theoretical chapter of the Thesis contains selected findings from theory and technology for material cutting. The next chapter contains design solutions for a designated apparatus for cutting and assembling pressure control valves. The pads are etched from 0,08 mm steel plates X2CrNi Mo17-12-2. The shape of the pads is etched on a 35mm-wide belt that is wound up onto a drum. The draft of this new technological facility has been elaborated in accordance with the most suitable technological variant. The cutting tool is made of steel 19 437 that is thermally processed at HRC 62-4. Estimated annual volume of production series is 2 mil. pcs. The cutting and assembly processes are executed with the aid of this designated automatic apparatus.

**Key terms:** pad, cutting, assembly, pressure control valve

### BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOLÁŘ Milan: *Návrh tvářecího nástroje a zařízení k vystřížení podložky*. Brno, 2010. 64 s., CD.FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Dvořák, CSc. Dostupný z WWW:<[ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace)>.

### ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 20.5.2010



.....  
Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu doc.Ing.Milanu Dvořákovi,CSc. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

**OBSAH****Titulní list****Zadání****Abstrakt****Bibliografická citace****Čestné prohlášení****Poděkování****Obsah**

<b>1. ÚVOD</b> .....	9
<b>2. ZÁKLADY TEORIE STŘÍHÁNÍ MATERIÁLU</b> .....	11
2.1 Základní práce a operace plošného stříhání.....	11
2.2 Problematika stříhání.....	14
2.2.1 Střížný proces.....	15
2.2.2 Kvalita střížné plochy.....	16
2.2.3 Technologické zásady stříhání.....	17
2.2.4 Technologické požadavky na konstrukci výstřížků.....	18
2.2.5 Jakost povrchu stříhu a tolerance.....	18
2.2.6 Výška jehel na výstřížcích.....	18
2.2.7 Tolerance a přesnost.....	19
2.3 Prvky nástrojů pro stříhání.....	20
2.3.1 Střížnice.....	21
2.3.2 Střížníky.....	22
2.3.3 Základová deska.....	24
2.3.4 Hledáčky.....	24
2.3.5 Vodící deska.....	25
2.3.6 Vodící stojánky.....	25
2.3.7 Upínací hlavice a střížná skříň.....	27
2.4 Lisy pro stříhání.....	27
<b>3. SOUČASNÝ STAV MONTÁŽE DRV2</b> .....	28
3.1 Vstřikovací systém COMMON RAIL.....	28
3.2 Funkce regulačního tlakového ventilu DRV2.....	30
<b>4. NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE MONTÁŽE</b> .....	32
4.1 Varianta I - podložka na obdélníkové desce.....	34
4.2 Varianta II – podložka na svitku navinutém na buben.....	35
<b>5. NÁVRH STŘIHADLA</b> .....	35
5.1 Určení rozměru střížníku.....	38
5.2 Výpočet potřebné střížné síly.....	39
5.3 Střížník.....	40
5.4 Střížnice.....	41
<b>6. NÁVRH ZAŘÍZENÍ</b> .....	42
6.1 Kritéria návrhu pro zařízení na vystřížení a montáž podložky.....	42
6.2 Vlastní návrh zařízení.....	43
6.3 Funkce zařízení.....	44
6.4 Rám zařízení.....	45
6.5 Posouvací modul.....	46
6.5.1 Posouvací modul – varianta I.....	46
6.5.2 Posouvací modul – varianta II.....	48
6.6 Stříhací modul.....	49
6.7 Přesouvací modul.....	50
6.8 Montážní modul.....	51

6.9	Modul pro stříhání odpadního pásu.....	53
6.10	Odvíjecí zařízení.....	55
<b>7.</b>	<b>NÁVRH PNEUMATICKÉHO OBVODU.....</b>	<b>56</b>
<b>8.</b>	<b>VÝROBA ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>57</b>
<b>9.</b>	<b>USPOŘÁDÁNÍ LINKY.....</b>	<b>57</b>
<b>10.</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>59</b>
<b>11.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>59</b>
	Seznam použitých zdrojů.....	61
	Seznam použitých symbolů a zkratk.....	63
	Seznam příloh.....	64

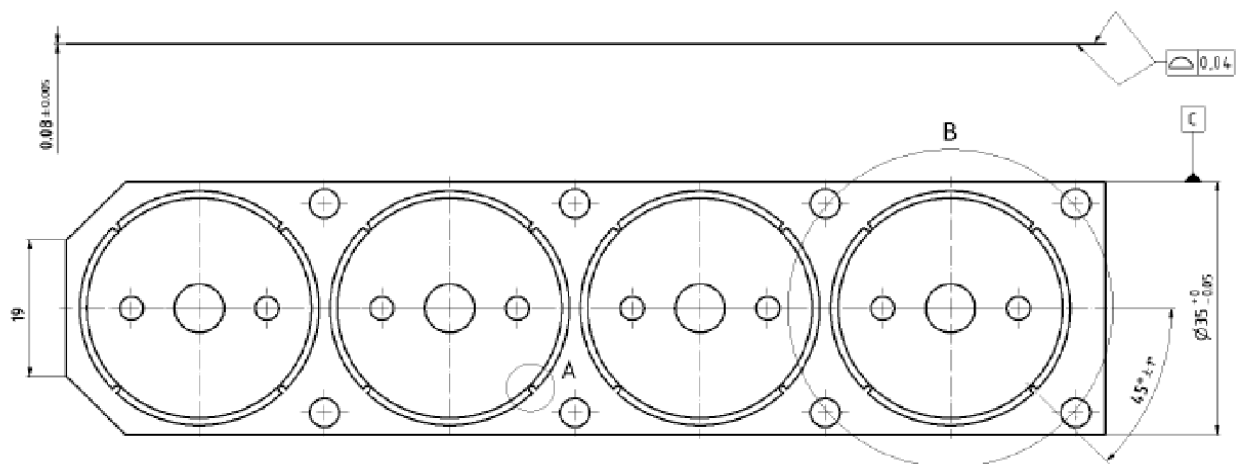
## 1. ÚVOD

Požadavky na nižší spotřebu paliva, malý obsah škodlivých látek ve spalinách a na tišší chod motoru kladou vysoké nároky na motor a vstřikovací soustavu. Tyto požadavky mohou splnit jen vstřikovací systémy, které jsou schopny zajistit vysoký vstřikovací tlak nutný pro jemné rozprašení paliva v trysce, velmi přesné dávkování vstřikovaného množství, přesný průběh vstřikování a rovněž pilotní vstřiky a následné vstřiky. Systém, který tyto požadavky splňuje, je zásobníkový systém Common Rail. Na rozdíl od ostatních vstřikovacích systémů je palivo ve vysokotlakém zásobníku stále připraveno ke vstřikování. Systém Common Rail je v současné době nejvíce používaným vstřikovacím systémem pro moderní rychloběžné vznětové motory pro osobní vozy.

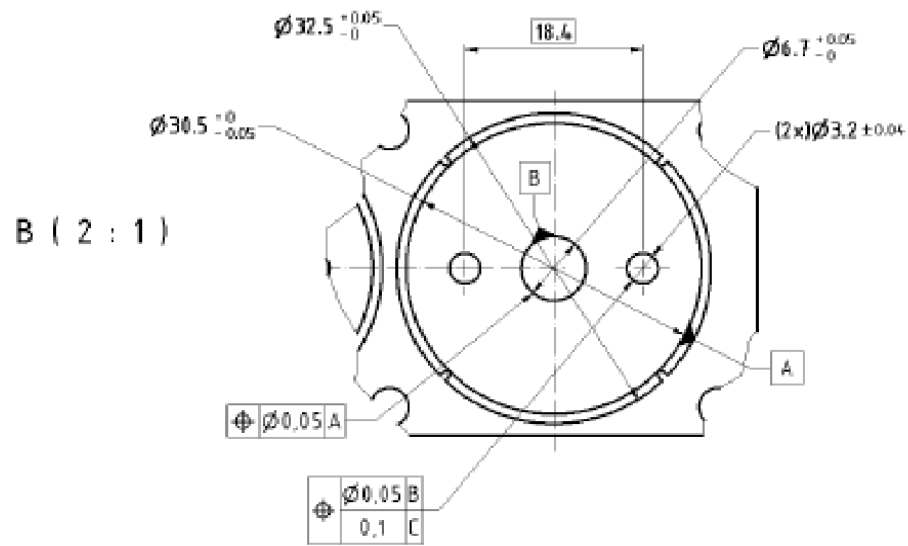
Hlavní výhoda tohoto systému spočívá ve velkých možnostech variability při vytváření vstřikovacího tlaku a časového okamžiku vstřiku. Toho je dosaženo odděleným vytváření vysokého tlaku (vysokotlaké čerpadlo) a vstřikování (vstřikovače). Jako zásobník tlaku přitom slouží Rail. Dalším důležitým komponentem je regulační tlakový ventil (DRV2). Jeho úkolem je řídit a udržovat tlak v Railu v závislosti na zatížení (výkonu) motoru.

Diplomová práce je zaměřena na vystřihování a montáž velmi tenké podložky do tělesa regulačního tlakového ventilu s označením DRV6bar. Regulační tlakový ventil DRV2 je blíže popsán v diplomové práci v odstavci 3.2.

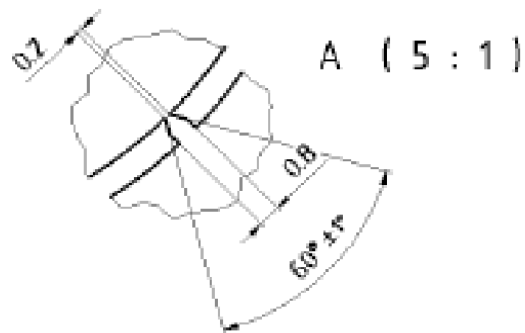
Výkres podložky je uveden jako příloha č. 5.



Obr. 1.1 Podložky na svitku



Obr. 1.2 Detail podložky na svitku



Obr. 1.3 Detail uchycení podložky na svitku

## 2. ZÁKLADY TEORIE STŘÍHÁNÍ MATERIÁLU [23]

Literární studie se zaměřuje především na požadovanou technologii stříhání, která patří mezi technologie plošného tváření. Stříhání je postupné nebo současné oddělování částic materiálu stříhadly podél křivky stříhu.

Stříhání je nejrozšířenější operací tváření. Používá se jednak na přípravu polotovarů, jednak na vystříhování součástek z plechu, buď pro konečné použití nebo pro výrobky na další technologie (ohýbání, protlačování, tažení, atd.), a jednak na dokončovací nebo pomocné operace. Kromě klasického stříhání existují i další operace, které se nazývají podle způsobu odstraňování materiálu. Patří sem děrování, vystříhování, ostříhování, přistříhování, atd.

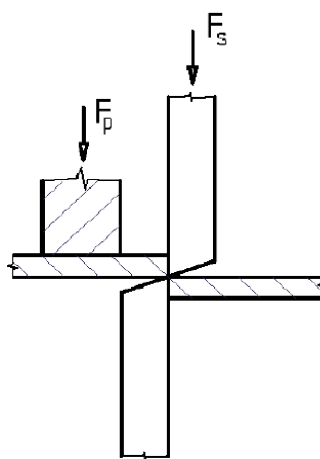
### 2.1 ZÁKLADNÍ PRÁCE A OPERACE PLOŠNÉHO STŘÍHÁNÍ [2] [12]

#### *Stříhání*

Oddělování materiálu v celém průřezu.

#### *a) Prosté stříhání*

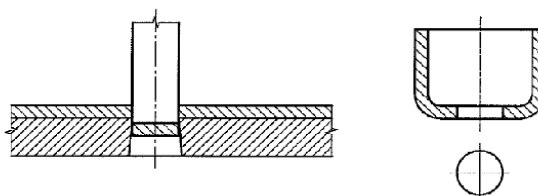
Rozdělování materiálu, např. pásů, tabulí, tyčí.



Obr. 2.1 Prosté stříhání

#### *b) Děrování*

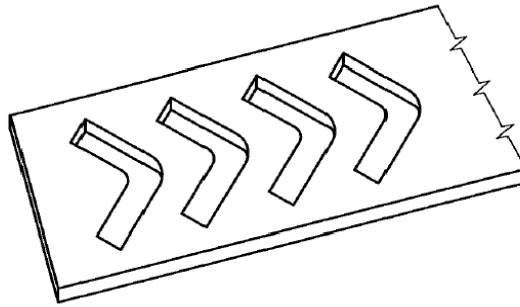
Vytváření otvorů různých tvarů. Vystřížená část tvoří odpad.



Obr. 2.2 Děrování

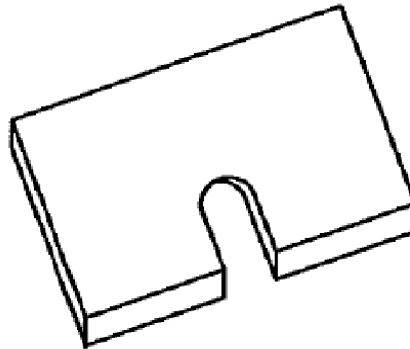
*c) Vystřihování*

1) Zhotovování výstřižků různého tvaru oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřižená část tvoří výstřižek.



Obr. 2.3 Vystřihování 1

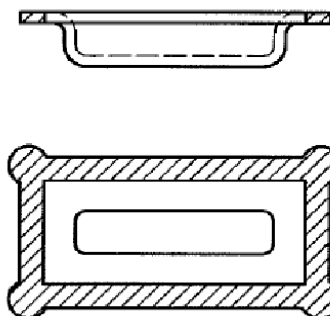
2) Oddělování části v okraji materiálu. Vystřižená část tvoří odpad.



Obr. 2.4 Vystřihování 2

*d) Ostřihování*

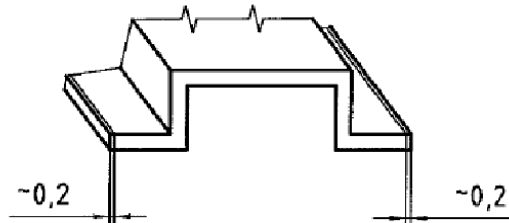
Oddělování přebytečného materiálu.



Obr. 2.5 Ostřihování [2]

*e) Přistřihování*

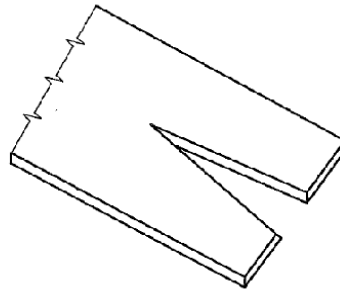
Dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch.



Obr. 2.6 Přistřihování

*g) Nastřihování*

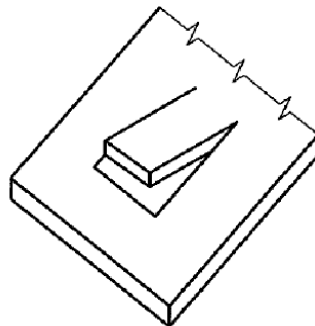
Částečné nastřihnutí materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen.



Obr. 2.7 Nastřihování

*f) Prostřihování*

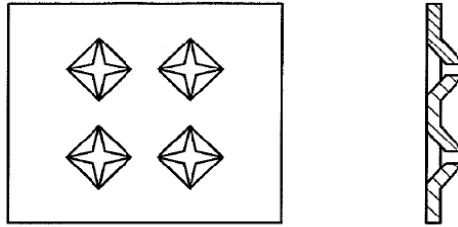
částečné nastřihnutí materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce.



Obr. 2.8 Prostřihování dílce [2]

*h) Protrhávání*

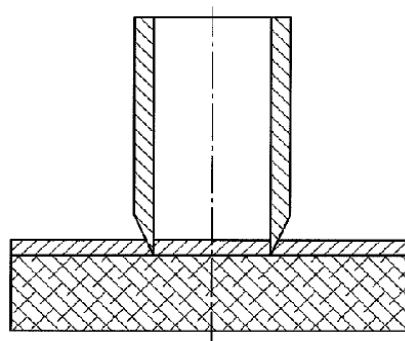
Protržení materiálu pro vytváření hrotů, otvorů a výstupků.



Obr. 2.9 Protrhávání

*i) Vysekávání*

Oddělování materiálu výsečником na podložce.



Obr. 2.10 Vysekávání

## 2.2 PROBLEMATIKA STŘÍHÁNÍ [2]

Technologie stříhání je nejrozšířenější způsob zpracování plechu, ať už se jedná o finální výrobek nebo polotovary určené k dalšímu zpracování. Podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břitými noži. Oddělení nenastane přesně v žádné rovině. Je to způsobeno tím, že materiál je elastický, tvárný a smykové napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše. Proces stříhání se přibližuje čistému smyku. Střížná plocha má tvar písmene „S“.

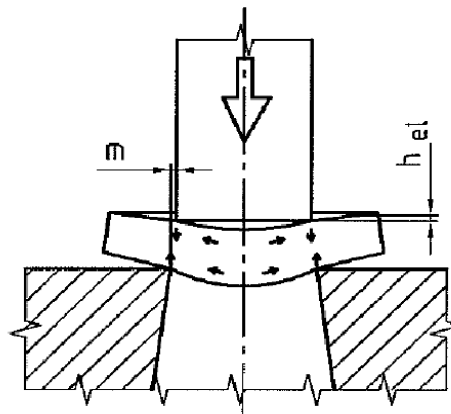
Při návrhu výstřížků je nutno respektovat následující nedostatky technologie stříhání:

- zvýšená drsnost střížné plochy daná průběhem deformace a jakostí materiálu
- zkosení střížné plochy vlivem střížné vůle
- zaoblení a zeslabení tloušťky výstřížku podél střížné plochy
- zpevnění střížné plochy do určité hloubky
- prohnutí některých výstřížků ohybovým momentem obou složek střížné síly

### 2.2.1 STŘIŽNÝ PROCES [8]

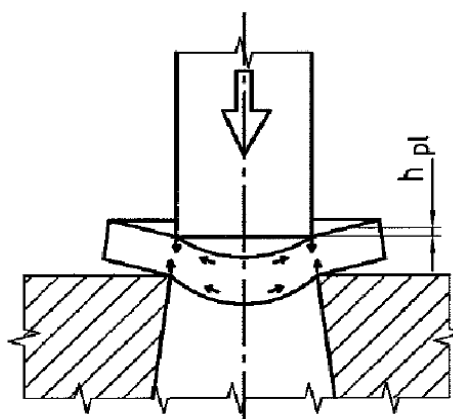
Průběh stříhání lze vysvětlit na příkladu geometrického modelu prostřihování s uzavřenou křivkou stříhu danou obvodem střížníku a střížnice. Celý průběh stříhání lze rozdělit do tří fází, viz dále.

Stříhání a děrování ve střížných nástrojích začíná dosednutím střížníku na střížný plech a končí oddělením materiálu. Proces stříhání má tři základní fáze. V první fázi po dosednutí střížníku dochází k pružnému vnikání do povrchu stříhaného materiálu. Hloubka vniku závisí na mechanických vlastnostech materiálu a bývá 5 až 8% jeho tloušťky. Dvojice sil mezi hranami střížníku a střížnice způsobuje ohyb. Při něm vzniká na stříhaném materiálu zaoblení na straně střížníku vtažením a na straně střížnice vytlačením materiálu.



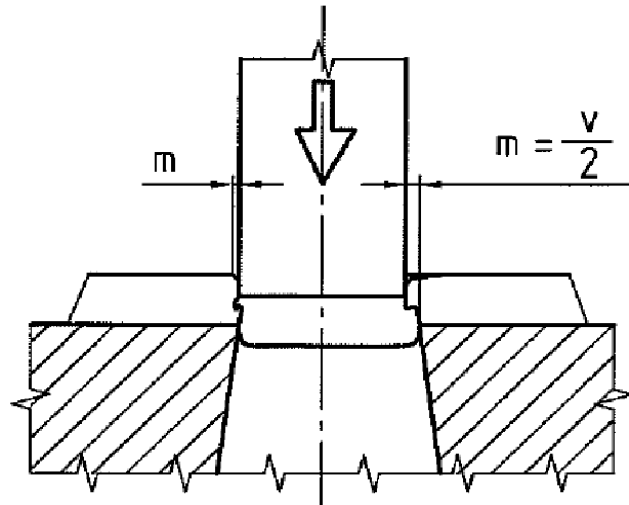
Obr. 2.11 První fáze stříhání – oblast pružné deformace

Ve druhé fázi je napětí ve směru vnikání větší, než je mez kluzu v tahu kovu a dochází k trvalému plastickému přetvoření. Podle druhu kovu a jeho mechanických vlastností je hloubka plastického vniknutí 10 až 25%. Na konci této fáze dosahuje napětí v materiálu hodnoty pevnosti ve stříhu.



Obr. 2.12 Druhá fáze stříhání – oblast plastické deformace

Ve třetí fázi dosáhne napětí meze pevnosti ve stříhu  $\tau_s$ . Nejdříve vznikne tzv. nástřih, tj. tvoření trhlinek, které je podporováno tahovým normálním napětím ve směru vláken. Trhliny se rychle šíří až dojde k oddělení výstřížku. Rychlost vzniku a postupu trhlin je závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a na velikosti střížné vůle  $v = 2$  m. Tvrdý a křehký materiál se oddělí rychle při malém vniknutí střížných hran cca 10%. U měkkých a houževnatých materiálů dochází ke vzniku trhlin a jejich šíření pomalu a hloubka vniknutí střížných hran v okamžiku oddělení bývá až 60% tloušťky.



Obr. 2.13 Třetí fáze stříhání – oblast střížných deformací

$m$  – malá střížná vůle,  $m = \frac{v}{2}$  – velká střížná vůle

### 2.2.2 KVALITA STŘÍŽNÉ PLOCHY [5] [6] [8]

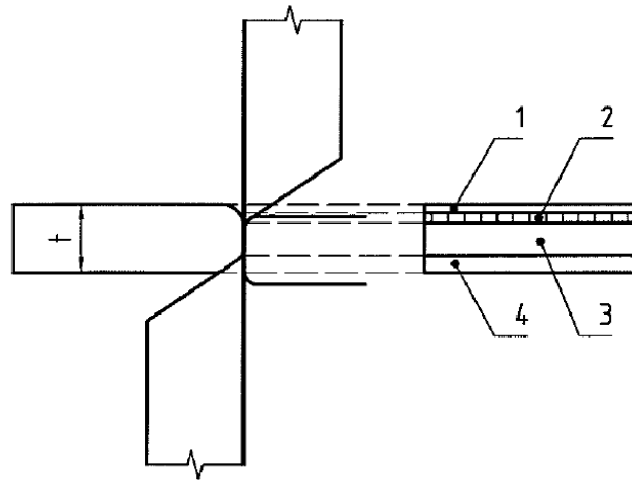
Hlavní etapy střížného procesu z technologického hlediska (obr. 2.14)

1. Pásmo zaoblení tzv. první fáze stříhání představuje oblast pružné deformace. Bývá 6% tloušťky stříhaného materiálu.
2. Pásmo vlastního stříhu, tzv. druhé fáze stříhání, představuje oblast plastické deformace a činí v závislosti na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu 10% jeho tloušťky.
3. Pásmo utržení, tzv. třetí fáze stříhání, představuje nejširší oblast na střížné ploše. Šířka pásma přibývá s tvrdostí a křehkostí stříhaného materiálu. Dochází zde k oddělení materiálu. Bývá 80% tloušťky stříhaného materiálu.
4. Pásmo otláčení od spodního nože. V závislosti na vlastnostech stříhaného materiálu a střížné vůle může dojít v pásmu otláčení k výskytu ostriny v důsledku vytažení materiálu tahovými složkami napětí. Bývá 4% tloušťky stříhaného materiálu.

Na kvalitu střížného procesu má rozhodující vliv střížná mezera  $z$  mezi noži. Velikost střížné vůle  $v$  je závislá nejen na mechanických hodnotách stříhaného materiálu, ale také na jeho tloušťce. Pokud se trhlinky vytvářející se při stříhání u obou střížných nožů spojí v jednu střížnou plochu, byla velikost střížné mezery pro konkrétní materiál stanovena správně.

Velikost střížné vůle ( $v = 2$  m u uzavřeného stříhu) uvádí ČSN 22 6015 s názvem: „Stříhadla a střížné vůle. Směrnice pro výpočet a konstrukci“. Obecně platí závislost velikosti střížné vůle na kvalitě a tloušťce stříhaného materiálu. Pro tloušťku materiálu od 0,10 až 12mm je:

- u měkkých ocelí, mosazí, hliníků 2,45 až 7,5% tloušťky materiálu ( $t$ )
- u středně tvrdých ocelí s pevností asi 480MPa se pohybuje od 3 do 8,5%  $t$
- u tvrdých ocelí s pevností 600MPa příp. i více 3,5 až 10%  $t$



Obr. 2.14 Vzhled střížné plochy při normální střížné vůli

- 1- pásmo zaoblení, 2- pásmo vlastního stříhu,  
3- pásmo utržení, 4- pásmo otláčení

### 2.2.3 TECHNOLOGICKÉ ZÁSADY STŘÍHÁNÍ [5]

K hlavním technologickým zásadám patří:

Výstřížek má mít takový tvar, aby se dal zhotovit při co nejnižších výrobních nákladech a přitom splňoval svoji funkci. Míru technologičnosti zjistíme porovnáním konstrukčních variant.

Z poznatků o stříhání materiálu lze také stanovit určité zásady o technologičnosti konstrukce výstřížku. Tvar výstřížku a jeho uspořádání na pásu ovlivňuje hospodárné využití stříhaného materiálu. Při stříhání vzniká tzv. technologický odpad (závisí na tvaru a uspořádání výstřížku na pásu) a konstrukční odpad (závisí na vnějším a vnitřním tvaru součásti).

Hospodárné využití materiálu (pásu) se zjišťuje výpočtem stupně využití materiálu, který má být větší než 70%.

Základem výpočtu spotřeby materiálu (plechu) pro polotovary běžných rozměrů je nástříhový plán, který může být kusový nebo skupinový.

Nástříhovým plánem (nástříhem) se nazývá orientace a rozmístění součástí určených ke stříhání na plochu výchozího polotovaru tak, aby odpad byl co nejmenší při splnění podmínky funkční spolehlivosti a snadného zpracování součástí v dalších operacích.

## 2.2.4 TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY NA KONSTRUKCI VÝSTŘIŽKŮ [2]

- nezužovat tolerance rozměrů pod mez, které je možno dosáhnout při běžném stříhání
- pokud není střížná plocha funkční plochou výstřížku, nepředepisovat její drsnost ani kolmost k ploše výstřížku
- u malých výstřížků z tlustších plechů vyšší tvárnosti předepisovat jen nezbytnou rovinnost
- přednostně je třeba volit otvory kruhového průřezu
- nejmenší velikost otvorů, které lze běžným nástrojem prostříhnout, závisí na tloušťce a druhu stříhaného materiálu
- nejmenší vzdálenost mezi otvory nebo otvorů od okraje výstřížku je stanovena příslušnými tabulkami v závislosti na tloušťce a pevnosti stříhaného materiálu,
- rohy na výstřížku zkosit nebo zaoblit. Zkosení pod  $45^\circ$  je nezbytné při postupném stříhu
- velmi ostré rohy lze vyrobit na dvě operace
- není vhodné volit na výstřížku různé poloměry zaoblení rohů
- plynulé přechody oblouků do přímých částí obrysu zdražují nástroj a vyžadují uzavřený stříh
- vystupující části obrysu výstřížku mají mít výšku  $\geq 1,2$  tloušťce plechu
- nejvhodnější vnější tvar výstřížku je rovnoběžník, jehož protější strany jsou stejně tvarovány jako negativ a pozitiv
- nejméně vhodný je kruhový obrys výstřížku - ztráta až 30% materiálu
- výhodný je také obrys výstřížku tvořený rovnoramenným trojúhelníkem
- rozvětvené tvary výstřížku jsou velmi neúsporné, je třeba hledat řešení ve spojitých tvarech

## 2.2.5 JAKOST POVRCHU STŘIHU A TOLERANCE [5] [6]

Výstřížky s rozměry menšími než 150mm se vyrábějí s tolerancí IT 12 až IT 14, u přesných stříhadel s vodícími sloupky v toleranci IT 9 až IT 11.

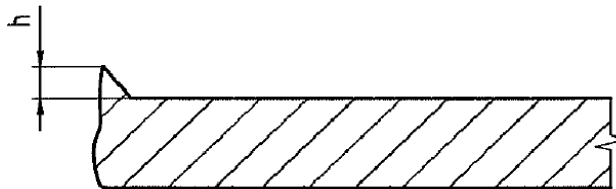
Dosahovaná střední aritmetická drsnost povrchu střížných ploch je  $R_a = 3,2$  až  $6,3 \mu\text{m}$ . U děrování a přesného stříhání se dá dosáhnout  $R_a = 0,2$  až  $0,8 \mu\text{m}$ .

## 2.2.6 VÝŠKY JEHEL NA VÝSTŘIŽCÍCH [14]

Pod pojmem jehla na výstřížku (ostřina) se rozumí utvořený okrajový cíp podél linie stříhu. Vytváření jehel na výstřížcích je průvodním jevem každého postupu stříhu. Požadavky jako vyseknout bez ostřin nebo vystříhnout bez jehel jsou nesplnitelné – viz obr. 2.15.

Výška jehel  $h$  je závislá na:

- velikosti střížné vůle
- jakosti stříhaného materiálu
- tloušťce stříhaného plechu
- stavu stříhadla



Obr. 2.15 Výška jehel

Za přípustnou lze označit takovou jehlu na výstřížku, která se dá odstranit bez větších obtíží běžnými prostředky (olámáním, broušením).

### 2.2.7 TOLERANCE A PŘESNOST [5] [6]

Podle hodnot zvolených tolerancí se přesnost dělí na tyto třídy:

- nižší přesnost IT 14-16
- střední přesnost IT 11-12
- zvýšená přesnost IT 6-9

Na netolerované rozměry zadané součásti se vztahují tolerance H11/h11, kterým odpovídají tyto hodnoty tolerancí dle strojnických tabulek.

Rozměr [mm]	Toleranční pole [ $\mu\text{m}$ ]
do 3	0 až $\pm 60$
3 - 6	0 až $\pm 75$
6 - 10	0 až $\pm 90$
10 - 18	0 až $\pm 110$
18 - 30	0 až $\pm 130$
30 - 50	0 až $\pm 160$
50 - 80	0 až $\pm 190$

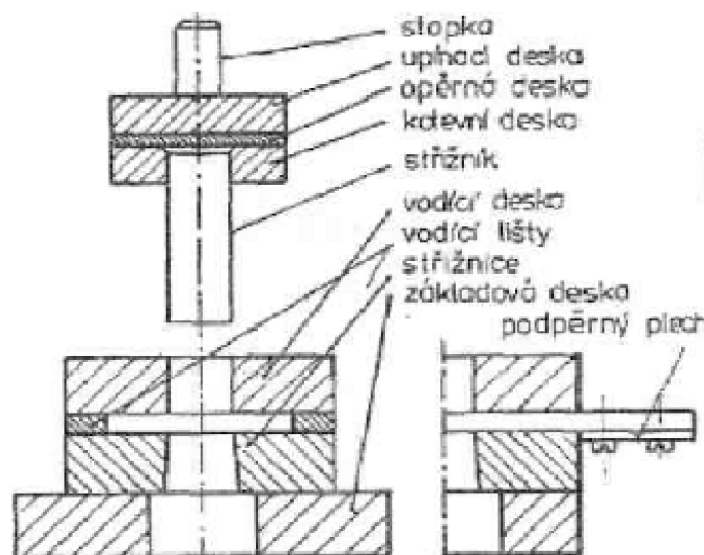
Z těchto hodnot tolerancí vyplývá, že se pro zadanou součást v požadované přesnosti H11/h11 budeme pohybovat ve střední třídě přesnosti IT11.

### 2.3 PRVKY NÁSTROJŮ PRO STŘÍHÁNÍ [21]

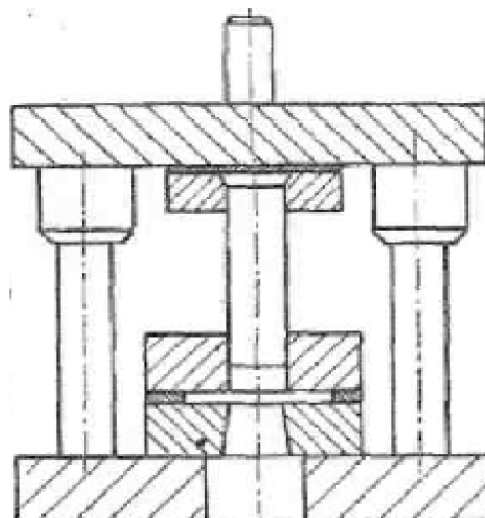
Základními stavebními prvky tvářecích nástrojů pro plošné tváření jsou činné části. Tyto činné části nemohou pracovat samostatně. Musí být proti sobě geometricky orientovány a musí být upevněny na tvářecí stroj. Současně s tím je třeba zajistit přísun a orientaci tvářeného materiálu a v neposlední řadě zajistit bezpečnost obsluhy.

Podle počtu a druhu operací se nástroje dělí na:

- nástroje jednoduché
- nástroje postupové - dva a více operací jdoucí za sebou (např. děrování a v dalším kroku vystřihování)
- nástroje sloučené - sloučení operací stejného typu (např. děrování a současné vystřihování v jednom pracovním zdvihu)
- nástroje sdružené - sdružování operací různého typu (např. stříhání + tažení)



Obr. 2.16 Schéma střížného nástroje bez vodícího stojánu [21]



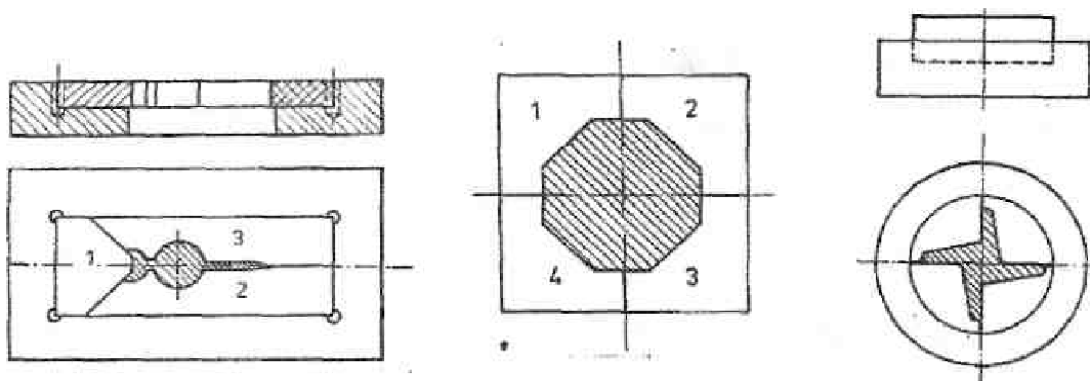
Obr. 2.17 Schéma střížného nástroje s vodícím stojánkem [21]

### 2.3.1 STŘIŽNICE [1] [21]

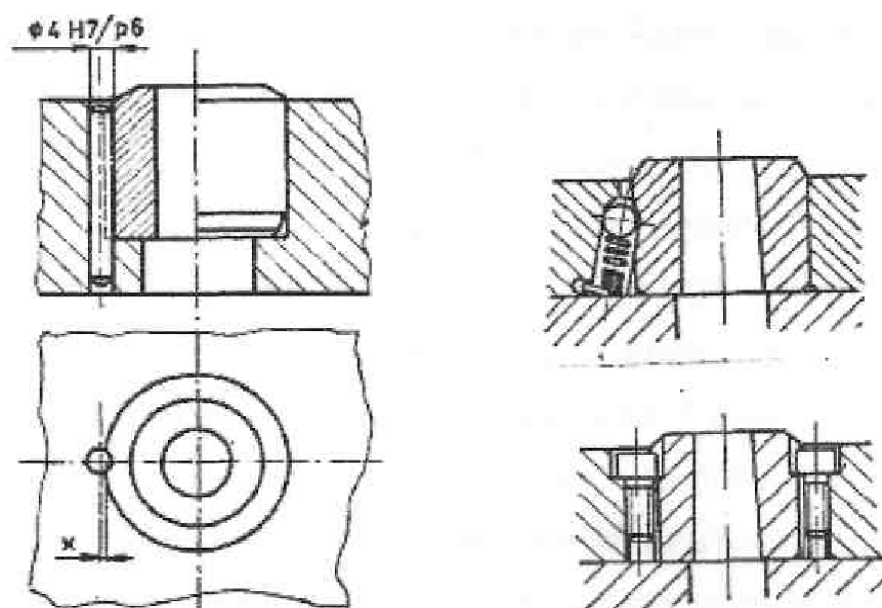
Střížnice mohou být:

- celistvé (tj. z jednoho kusu)
- dělené (skládané)
- vločkované

Kritériem je velikost a složitost tvaru výstřížku, velikost série, druh nástroje, druh stříhaného materiálu aj. Materiál střížnice 19 436.3.



Obr. 2.18 Střížnice dělené [1]



Obr. 2.19 Příklady upnutí střížných vložek u vločkovaných střížnic [1]

### 2.3.2 STŘIŽNÍKY [1] [21]

Střížníky, které představují protikus střížnice, lze rozdělit podle technologického použití na střížníky:

- odstříhovací a přestříhovací
- vystříhovací a prostříhovací
- odstříhovače

Z hlediska vedení se dělí střížníky na:

- nevedené
- vedené
- zesílené

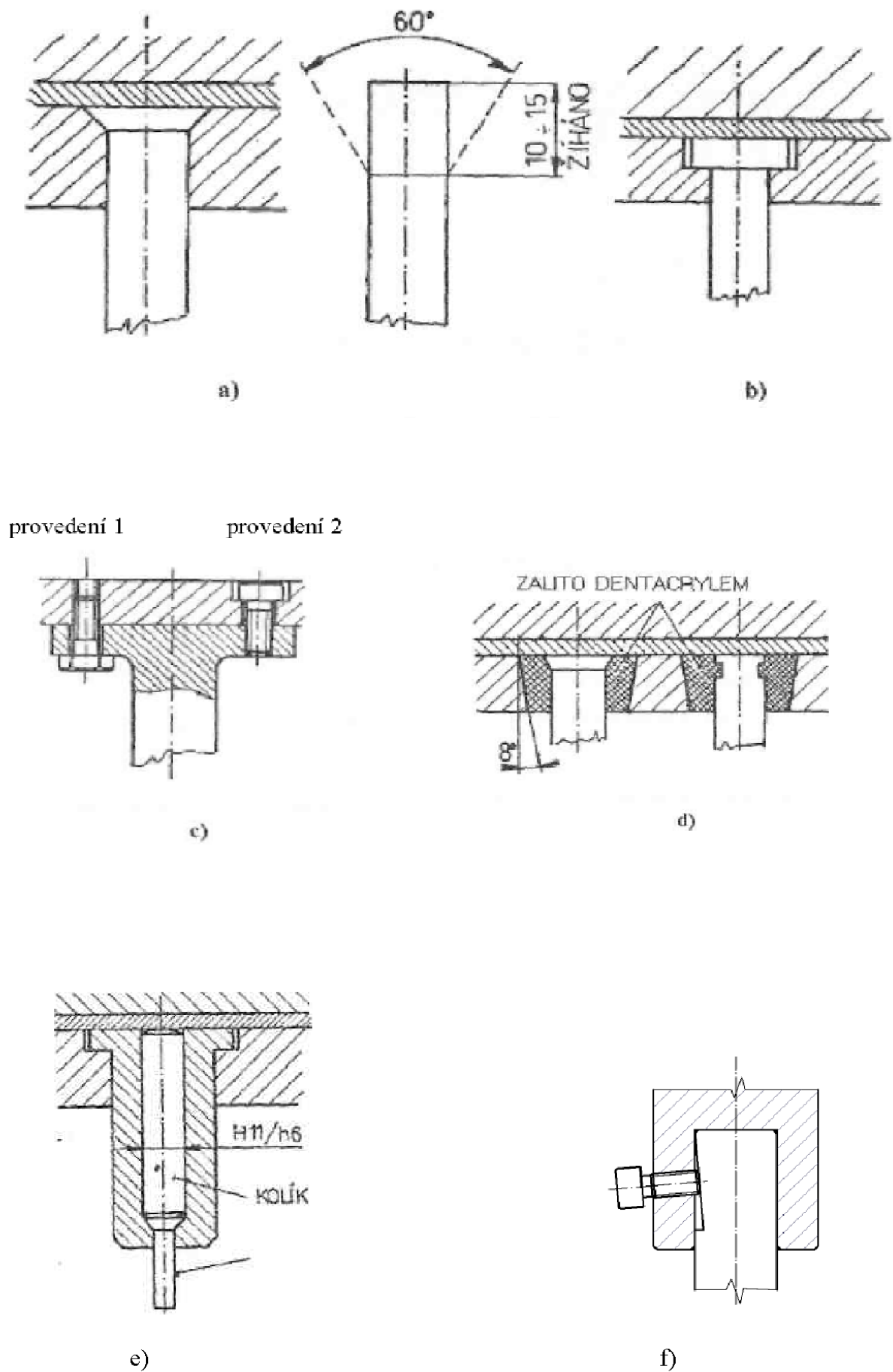
Střížníky větších průměrů v rozmezí 50 až 250mm se zhotovují jako dělené. Kotvená část střížníku bývá zhotovena z oceli 11 500, střížná hrana z nástrojové oceli 19 436. Obě části jsou spojeny šrouby s vnitřním šestihranem, středěné válcovým osazením, popř. proti otočení zajištěny kolíky.

Pro střížné průměry menší než 5mm při stříhání tvrdých materiálů nebo pro děrovací poměry  $0,6 > t / d < 1,4$  je nutné používat zesíleného vedení po celé délce střížníku.

Velmi různorodé je ukotvení střížníku do kotevní desky. Způsob kotvení je závislý na druhu polotovaru, na technologii výroby střížníku, tvarové složitosti střížníku a v neposlední řadě na zvyklostech výrobního závodu. Kotvení má zajistit střížník proti vytažení z kotevní desky stahovací silou, která dosahuje maximálně 20% střížné síly.

K jejímu zachycení stačí vytvořit na střížníku buď rozklepáním nebo při třískovém opracování kuželovou nebo válcovou plochu. Vytvoření hlav rozklepáním se používá u střížníků zhotovených z kalených tyčí, broušených na bezhrotých bruskách, popř. zhotovených broušením po celé délce. Oba typy střížníků jsou tepelně zpracovány v celé na HRC = 60 až 62 a v kotevní části v délce 10 až 15 popouštěny na HRC 40.

Střížníky se složitým tvarem střížného obvodu se často kotví zalitím pryskyřicí. Kotvení je jednoduché a umožňuje snadno zhotovit kotevní desku, přičemž tloušťka zalití se pohybuje od 2 do 4mm. Pro zachycení stírací síly se používá šroubů nebo kolíků. Ve spojitosti se zakotvením střížníků je nutné zvažovat i velikost měrných tlaků mezi hlavou střížníků a upínací deskou, o kterou se střížníky opírají.



Obr. 2.20 Příklady upnutí střižníků [1]

Stejně jako způsob kotvení je velice důležité provedení čela střížníku. Pro střížné operace se používá různých úprav, které mají zajistit jednak dobré vedení střížníku v materiálu, hlavně u malých otvorů, popř. snížit střížnou sílu. Pro neuzavřené stříhy a pro snížení střížné síly se provádí úprava čela střížníku.

### 2.3.3 ZÁKLADOVÁ DESKA [1]

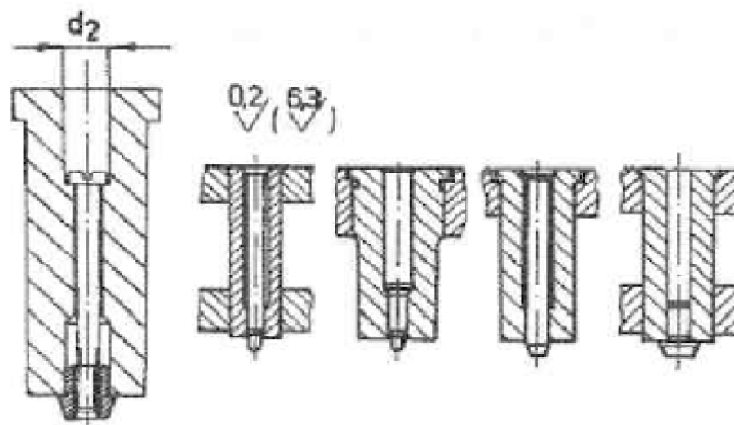
Slouží k upevnění nástroje na stole lisu. Je proto vždy rozměrově větší než střížná deska pro upnutí upínkami. Její velikost závisí rovněž na velikosti stolu lisu, protože musí překrýt propadový otvor. Její tloušťka je dána normou. Materiál je nejčastěji ocel 10 373, 11 523, 11 500 a pro větší nástroje šedá litina 42 2425. Základová deska obsahuje otvory pro propad výlisků, které jsou oproti střížnici zvětšeny přibližně o 2mm na obvodu. Na obvodu jsou otvory pro nasazení čepů pro snadnou manipulaci pod lisem a mimo něj. Základová deska slouží rovněž pro zakotvení vedení.

### 2.3.4 HLEDÁČKY [1]

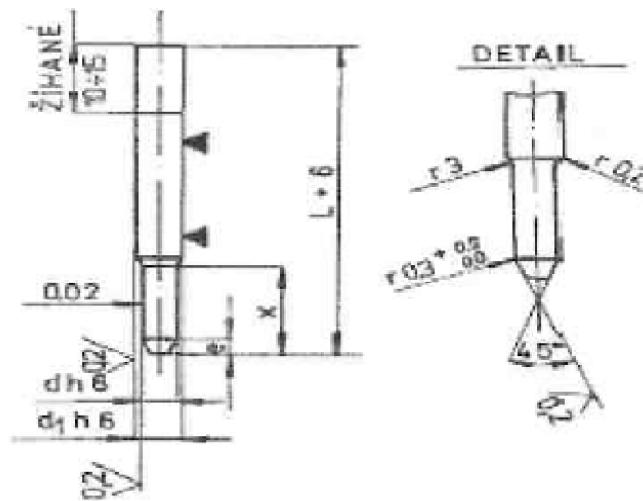
Používají se většinou při mechanizaci podávání válečkovými podavači, popř. při ručním podávání. Podavače mají v závislosti na délce podávání kolísající přesnost. Hledáčky proto slouží pro přímé zavedení polotovaru do nástroje a korigují tak rozptyl podávání. Hledáčky se konstruují jako přímé nebo nepřímé, kde otvory pro hledáčky jsou stříhány do opadu. Používají se u plechů silnějších než 0,3mm a umísťují se do druhého kroku s tím, že otvory se stříhají v kroku prvním.

Hledáčky nepřímé se používají tam, kde součást není opatřena otvory, popř. otvory jsou malé, konstrukce nepřímých hledáček je podobná hledáčkům přímým. Nepřímé hledáčky se používají i pro zajištění polohy rámečků bezpečných ohýbacích nebo tvarovacích nástrojů, kde zajišťují dokonalé uzavření pracovního prostoru nástroje.

Upínání hledáček a materiál je stejný jako u střížníků.



Obr. 2.21 Hledáčky pro přímé středění [1]



Obr. 2.22 Hledáček pro nepřímé středění [1]

### 2.3.5 VODÍCÍ DESKA [1]

Slouží pro vedení střížníků a pro stírání materiálu při zpětném zdvihu nástroje, popř. pro podržení pásu na střížnici při některých technologiích stříhání. Tvoří buď pevnou součást střížné skříně nebo je pružně upevněna na kotevní popř. upevňovací desce. Vyrábí se z oceli 11 500 v tloušťce 18 až 32mm.

Pro lepší mazání střížníků a snížení možnosti jejich zadření ve vodící desce se deska opatřuje kolem vodících otvorů mazacími drážkami, z nichž si jednotlivé střížníky strhávají mazivo. Otvory pro střížníky se zhotovují v tolerancích pro uložení H7/h6.

### 2.3.6 VODÍCÍ STOJÁNKY [1]

Přesnost výlisků a životnost lisovacích nástrojů závisí značně na správném a tuhém vedení. Tento požadavek je splněn použitím vodících stojánek.

Upínací deska stojánku nahrazuje upínací desku nástroje bez vedení, má dvě nebo čtyři pouzdra, která se pohybují po vodících sloupcích. K beranu se upínací deska připevňuje za stopku. Základová deska slouží k upevnění nástroje na stole lisu. Je proto větší než střížná deska minimálně o 25mm pro upnutí upínek. Materiálem je nejčastěji ocel 11 523, 11 500 a pro větší nástroje šedá litina. Základová deska obsahuje otvory pro propad výlisků, které jsou zvětšeny přibližně o 2mm na obvodu.

**Druhy vedení:**

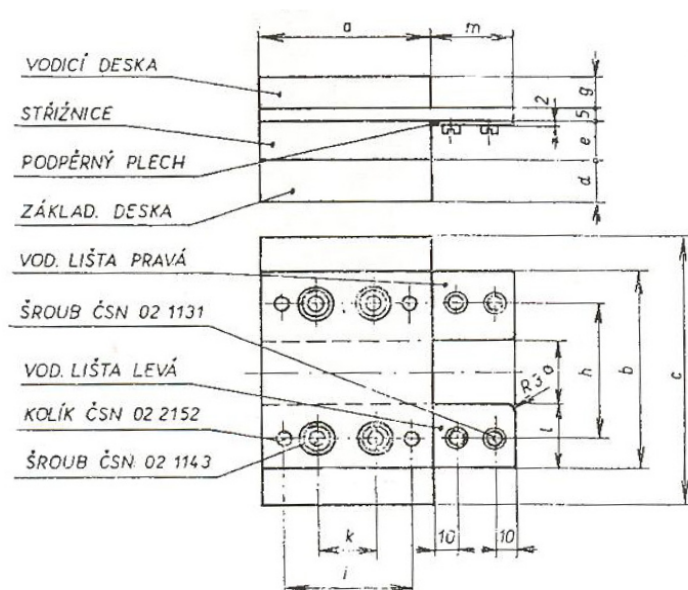
- a) **kluzné vedení** - má velkou vodící plochu, počet zdvihů menší než 25 zdvihů/minutu. Pouzdro může být zhotoveno z litiny nebo z oceli 14 220, cementováno a kaleno na 62 HRC. Vedení má velkou odolnost proti opotřebením a umožňuje malý počet zdvihů.
- b) **kuličkové vedení** - používá se tam, kde nestačí kluzné vedení, např. u rychloběžných lisů, které mají malý zdvih a je požadována vysoká přesnost.
- c) **válečkové vedení** - je nejpřesnější vedení, při kterém dochází k přímkovému styku válečku s oběžnou dráhou příčné ke směru pohybu. Vysoká a dlouhá životnost, vysoká přesnost chodu, malé tření, plynulý pohyb.

**Rozdělení vodících stojánek:**

- I. Podle tvaru pracovní plochy:
  - a) čtvercová
  - b) obdélníková
  - c) kruhová
- II. Podle polohy vodících sloupků k pracovní ploše:
  - d) v podélné ose
  - e) za pracovní plochou
  - f) v úhlopříčce
- III. Podle materiálu desek:
  - g) litina (42 2456)
  - h) ocelolitina (42 2661)
  - i) ocel (11 500)

### 2.3.7 UPÍNACÍ HLAVICE A STŘIŽNÁ SKŘÍŇ [1] [18]

Pro střížné nástroje jsou normalizovány tzv. střížné skříně obr. 2.22 a upínací hlavice. Tyto dvě části představují dolní a horní část stříhadla, které se nemusí vyrábět.



Obr. 2.23 Střížná skříň [16]

### 2.4 LISY PRO STŘÍHÁNÍ [5]

Pro stříhání se mohou používat univerzální tvářecí stroje – lisy nebo jednoúčelové stroje uzpůsobené pro určitý způsob stříhání.

Univerzální stroje se střížnými nástroji:

- Klikové lisy
- Výstředníkové lisy
- Ohraňovací lisy (s mechanickým nebo hydraulickým pohonem)
- Hydraulické lisy
- Jednoúčelové stříhací stroje:
- Nůžky na plech (mechanické, hydraulické)
- Nůžky s kruhovými noži
- Vysekávací lisy na plech
- Děrovací lisy

### 3. SOUČASNÝ STAV MONTÁŽE

Stávající generace DRV2 pracují s tlakem 0,15MPa na zpětné větvi. V současné době se regulační tlakový ventil DRV2 montuje bez podložky a v DRV2 je mezi kotvou a tělesem ventilu vůle.

#### 3.1 VSTŘIKOVACÍ SYSTÉM COMMON RAIL [22]

Nároky na vstříkovací systémy vznětových motorů se neustále zvyšují. Vyšší tlaky, rychlejší spínací časy a pružné přizpůsobení průběhu vstříku provoznímu stavu motoru činí vznětový motor úsporným, čistým a výkonným. Tím se vznětové motory prosadily i do automobilů vyšší třídy.

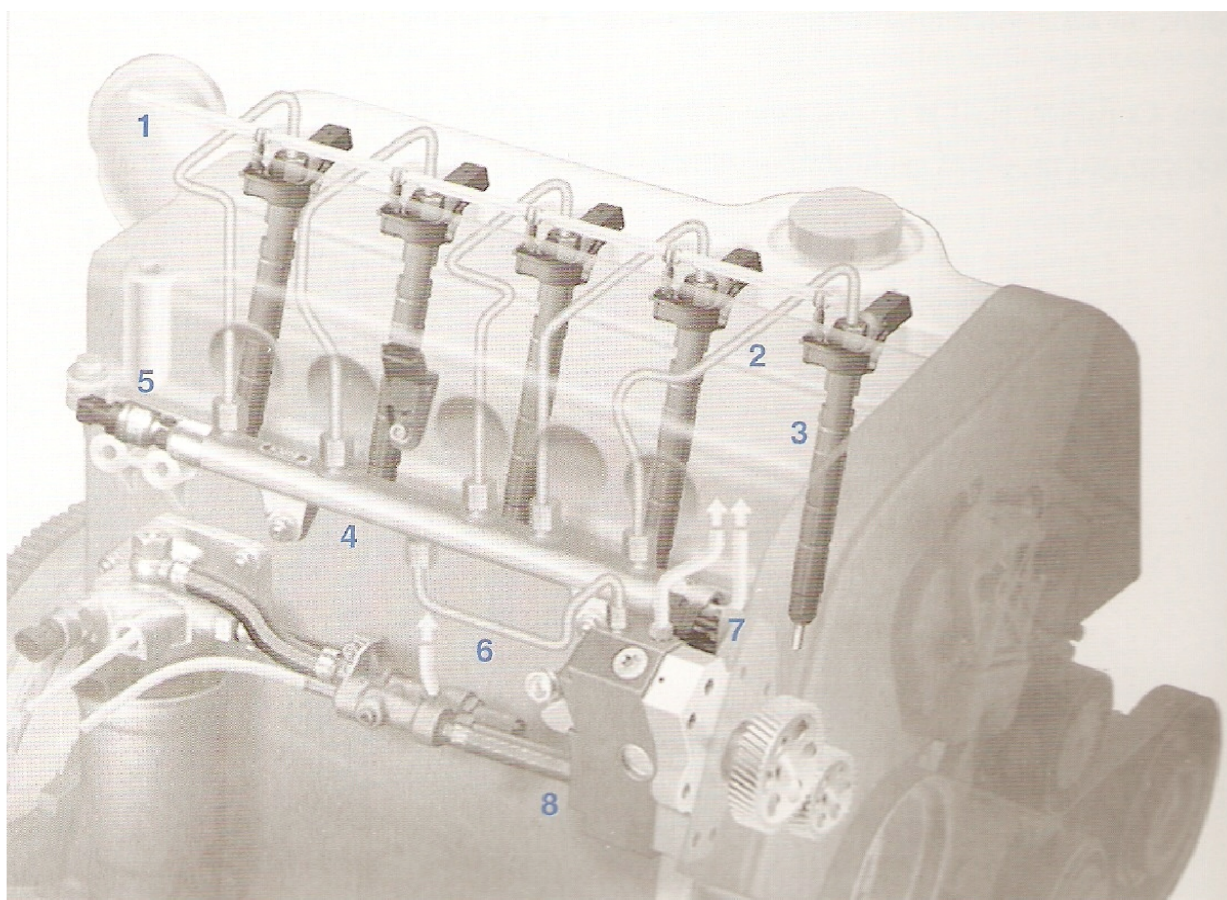
Hlavní výhoda systému Common Rail spočívá ve velkých možnostech variability při vytváření vstříkovacího tlaku a časového okamžiku vstříku. Toho je dosaženo oddělením vytváření vysokého tlaku (vysokotlaké čerpadlo) a vstříkování (piezoelektrické vstříkovače nebo vstříkovače s elektromagnetickým ventilem). Jako zásobník přitom slouží „Rail“. Systém Common Rail s přímým vstříkem paliva je používán v osobních vozidlech od objemu 0,8 litrů s výkonem 30kW až po těžká nákladní vozidla, lokomotivy a lodě s výkonem 200kW/válec. Tlak v systému se pohybuje od 20 až do 180MPa.

Systém Common Railu se skládá z následujících základních skupin:

- *Nizkotlaká část* s komponentami pro zásobování palivem
- *Vysokotlaká část* s komponentami vysokotlaké čerpadlo, tlakový zásobník (Rail), vstříkovače a vysokotlaká palivová vedení
- *Elektronická regulace vznětových motorů* (EDC) se systémovými bloky snímačů, řídicí jednotka a akční členy

U vstříkování s vysokotlakým zásobníkem Common Rail je odděleno vytváření tlaku a vstříkování. Vstříkovací tlak je vytvářen nezávisle na otáčkách motoru a vstříkované dávce. Elektronická regulace vznětových motorů (EDC) řídí jednotlivé komponenty.

Vstříkovací systém Common Rail přispívá ke snížení spotřeby paliva, hlučnosti a emisí škodlivých látek a ke zvýšení měrného výkonu. Common Rail je dnes nejčastěji používaným vstříkovacím systémem pro osobní vozidla s moderními rychloběžnými motory s přímým vstříkem.



Obr. 3.1 Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail u pětiválcového vznětového motoru [22]

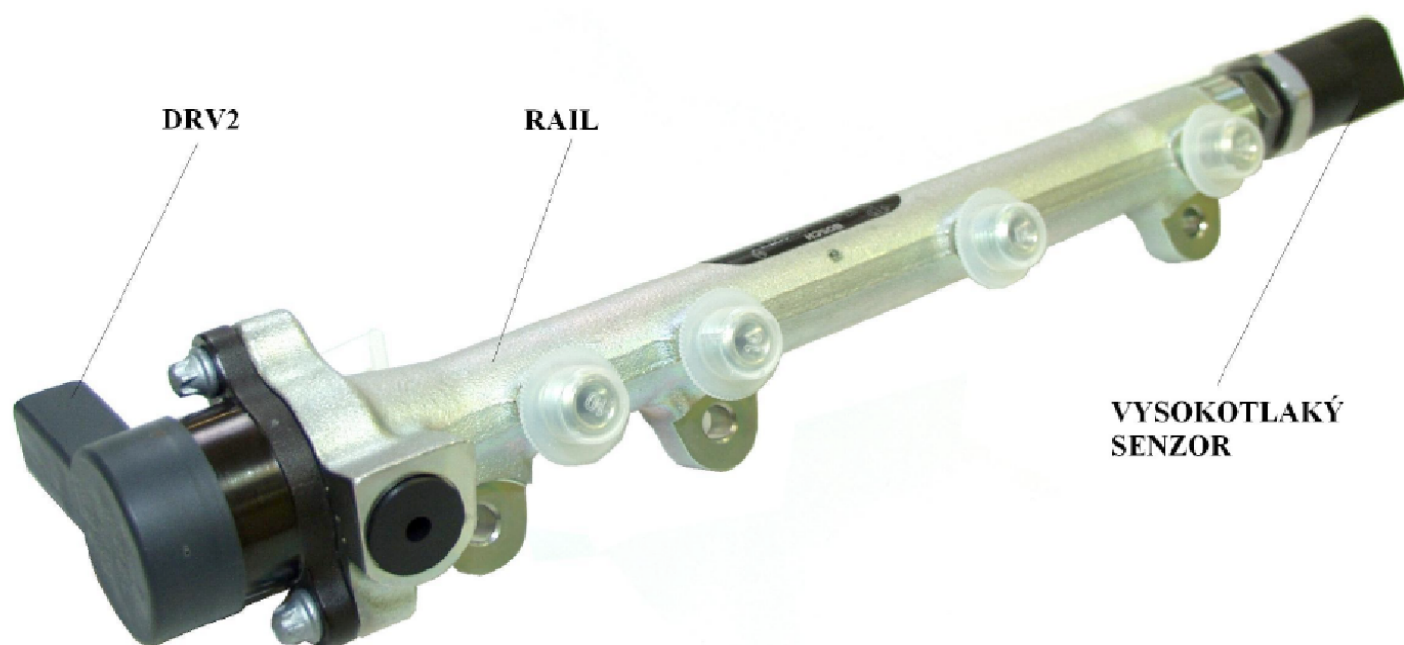
Legenda:

1. Zpětné palivové potrubí
2. Vysokotlaké palivové potrubí ke vstřikovači
3. Vstřikovač
4. Vysokotlaký zásobník (Rail)
5. Snímač tlaku v zásobníku Rail
6. Vysokotlaké palivové potrubí
7. Zpětné palivové potrubí
8. Vysokotlaké čerpadlo

### 3.2 FUNKCE REGULAČNÍHO TLAKOVÉHO VENTILU DRV2 [22]

Úkolem regulačního tlakového ventilu DRV2 je řídit a udržovat tlak v Railu v závislosti na zatížení (výkonu motoru):

- otvírá při vysokém tlaku v Railu, aby se určitá část paliva z Railu odvedla přes sběrné potrubí zpět do nádrže
- zavírá při příliš nízkém tlaku v Railu a slouží jako těsnící prvek mezi vysokotlakou a nízkotlakou stranou okruhu

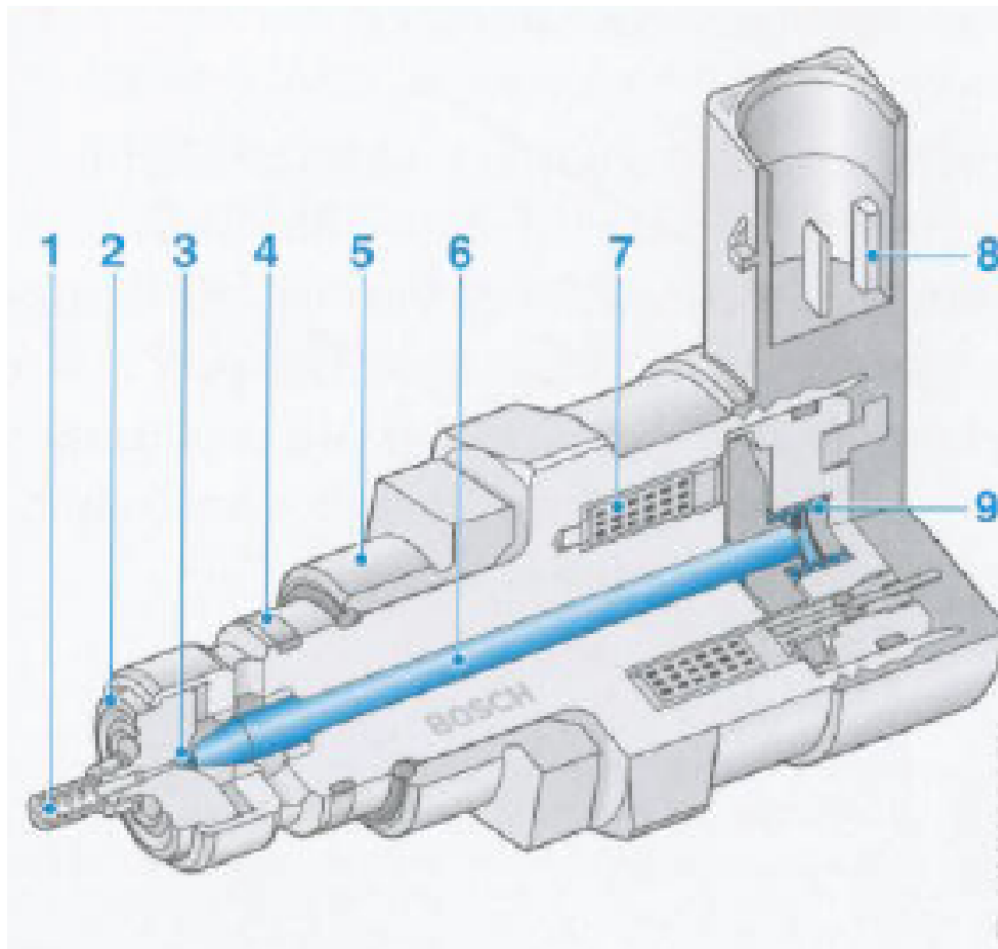


Obr. 3.2 Vysokotlaký zásobník RAIL s regulačním tlakovým ventilem

#### **Konstrukce:**

DRV2 má matici k upevnění k vysokotlakému čerpadlu nebo k Railu. Má tvrdé utěsnění vysokotlakého rozhraní pomocí zářené hrany. Kotva (6) přitlačuje kuličku ventilu (3) do těsnícího sedla, aby se utěsnila vysokotlaká strana proti nízkotlaké straně: za tím účelem zaprvé ventilová pružina (9) přitlačí kotvu směrem dolů, zadruhé elektromagnet (7) vyvine sílu na kotvu.

Za účelem mazání a odvodu tepla je celá kotva obtékána palivem.



Obr. 3.3 Regulační tlakový ventil DRV2 [22]

Legenda:

- 1 Filtr
- 2 Zářezná hrana
- 3 Kulička ventilu
- 4 O-kroužek
- 5 Přesuvný šroub s rozpěrným kroužkem
- 6 Kotva
- 7 Cívka elektromagnetu
- 8 Elektrická přípojka
- 9 Ventilová pružina

**Způsob činnosti:**

DRV2 má dva regulační okruhy:

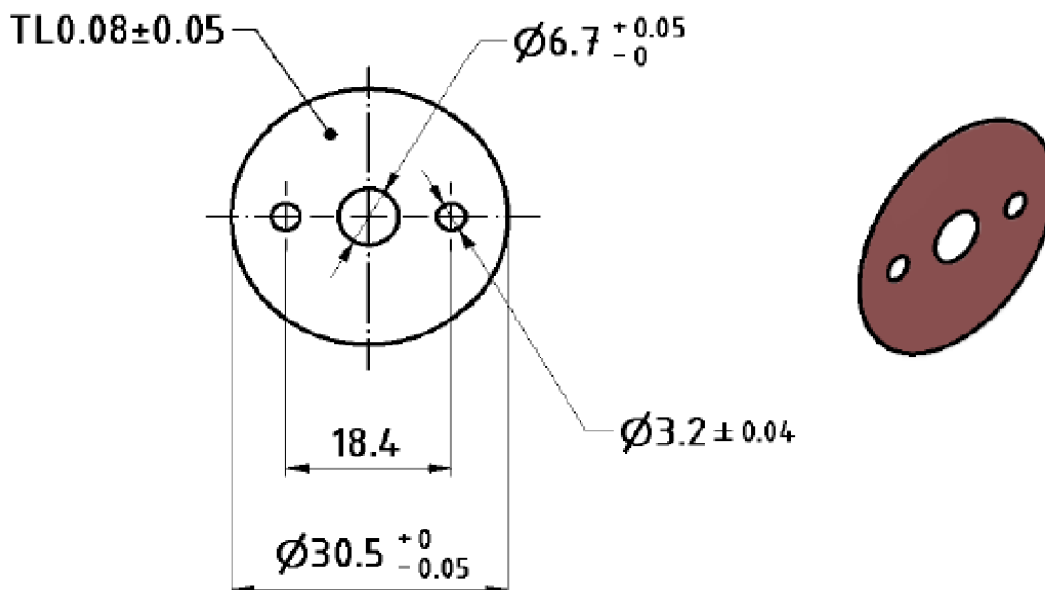
- jeden pomalejší elektrický regulační obvod slouží k nastavení proměnné střední hodnoty tlaku v zásobníku Rail
- jeden rychlejší mechanicko-hydraulický regulační okruh, který vyrovnává vysokofrekvenční tlakové kmitání

Vysoký tlak, který je v zásobníku Railu nebo na výstupu vysokotlakého čerpadla, je přiváděn vysokotlakým potrubím k DRV2. Elektromagnet bez proudu nevyvíjí žádnou sílu, a proto síla vysokého tlaku převažuje sílu pružiny. DRV2 se otevře, pružina je navržena tak, aby nastavovala tlak na cca 10MPa.

Když má být tlak ve vysokotlakém okruhu zvýšen, k pružině se přidá ještě elektromagnetická síla. DRV2 je uzavřen do doby, než mezi silou vysokého tlaku na jedné straně a elektromagnetu a pružiny na druhé straně dojde k rovnováze. Poté zůstává v otevřeném stavu a udržuje tlak na konstantní úrovni. Měnící se množství dodávané vysokotlakým čerpadlem a odběr paliva z vysokotlaké části vstřikovačů je vyrovnáno různým stupněm otevření. Síla magnetu je úměrná aktivačnímu proudu.

**4. NÁVRH NOVÉHO ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE MONTÁŽE**

Budoucí generace DRV2 s označením DRV6bar pracují s tlakem 0,6MPa na zpětné větvi. Tím však dochází k nestabilní funkci ventilu a k tlakovým rázům uvnitř ventilu. Aby se tyto rázy utlumily, bylo navrženo eliminovat vůli mezi kotvou a tělesem ventilu podložkou. Jako nejvhodnější se ukázala být podložka o tloušťce 0,08mm.

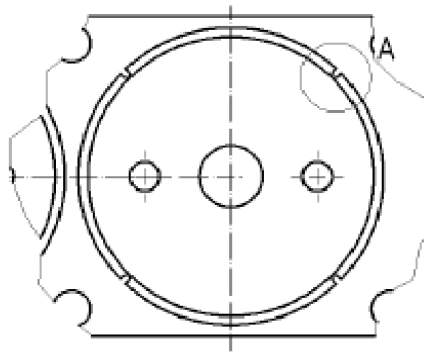


Obr. 4.1 Podložka

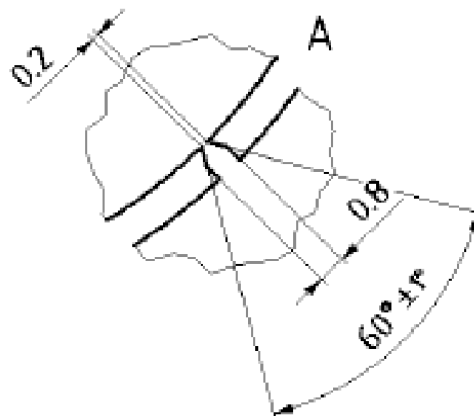
Podložka je z materiálu X2CrNiMo17-12-2. Je umístěna na ocelovém páse šířky 35mm.

Tvar podložky je vyroben leptáním a na pásu je podložka uchycena čtyřmi můstky (viz obr. 4.2).

Výkres podložek na svitku je uveden v přílohách tohoto projektu, jako příloha č. 5. Složení materiálu podložky je uvedeno v přílohách tohoto projektu, jako příloha č. 7.



Obr. 4.2 Uchycení podložky ke svitku

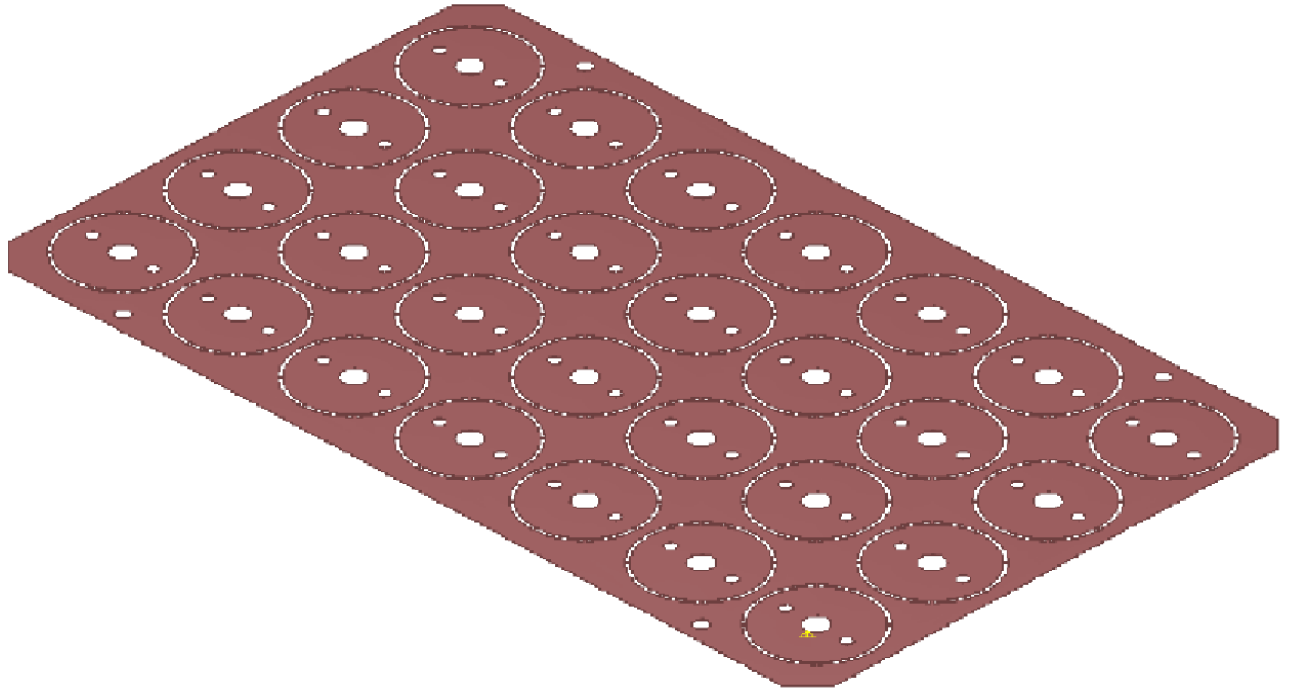


Obr. 4.3 Detail uchycení podložky ke svitku

Pro montáž podložek do DRV6bar byly navrženy dvě varianty řešení umístění podložek. První variantou bylo umístění podložek na obdélníkové desce. Druhou variantou řešení bylo umístění podložek na svitek navinutý na cívce o  $\text{Ø } 500\text{mm}$ .

#### 4.1 VARIANTA I - PODLOŽKY NA OBDÉLNÍKOVÉ DESCE

Pro tuto variantu bylo externí firmou dodávající podložky navrženo umístění podložek na obdélníkové desce o rozměrech 250x150mm. Na desce jsou čtyři řady podložek po sedmi kusech. Na okrajích desky byly navrženy 4 otvory  $\text{Ø } 4 \pm 0,05\text{mm}$  pro ustavení desky při vystřihování.



Obr. 4.4 Podložky na obdélníkové desce

Při rozboru řešení bylo od této varianty upuštěno z několika důvodů:

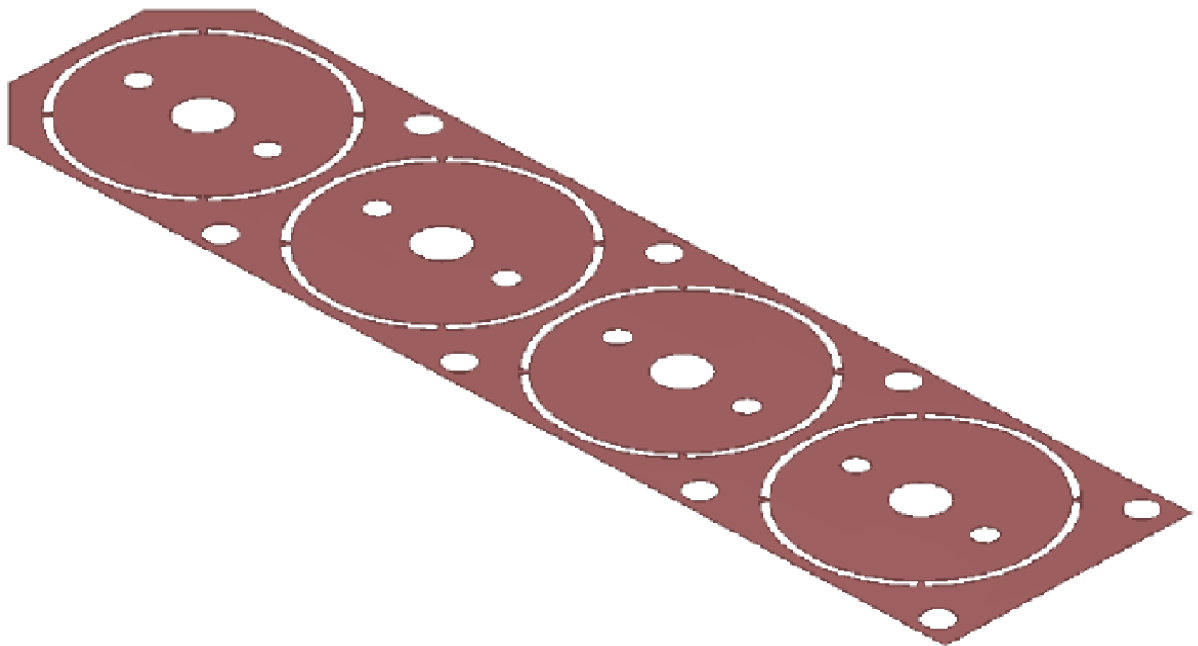
- problematičnost zachování čistoty při manipulaci s touto deskou před vystřiháním podložek
- složitý střížný nástroj
- komplikovaná konstrukce montážního zařízení z důvodu manipulace s již vystřiženými podložkami

## 4.2 VARIANTA II - PODLOŽKY NA SVITKU NAVINUTÉM NA CÍVKU

V této variantě bylo navrženo umístění podložek za sebou na svitku o šířce 35mm. Svitek obsahuje cca 1000 podložek.  $\varnothing$  podložky je 30,5-0,05mm, mezikružím pro vystřížení má  $\varnothing 32,5+0,05$ . Mezi podložkou a mezikružím byly ponechány čtyři spojovací můstky o šířce 0,2 až 0,8mm.

Podložky jsou umístěny za sebou s roztečí 34mm. Na okrajích svitku mezi podložkami jsou na rozteči 34mm otvory  $\varnothing 4+0,05$ mm sloužící pro posuv a polohování svitku při posunu podložky. Svitek s podložkami je navinut na cívce o  $\varnothing 500$ mm.

Tato varianta byla zvolena jako nejlepší pro čistotu, manipulaci i montáž.

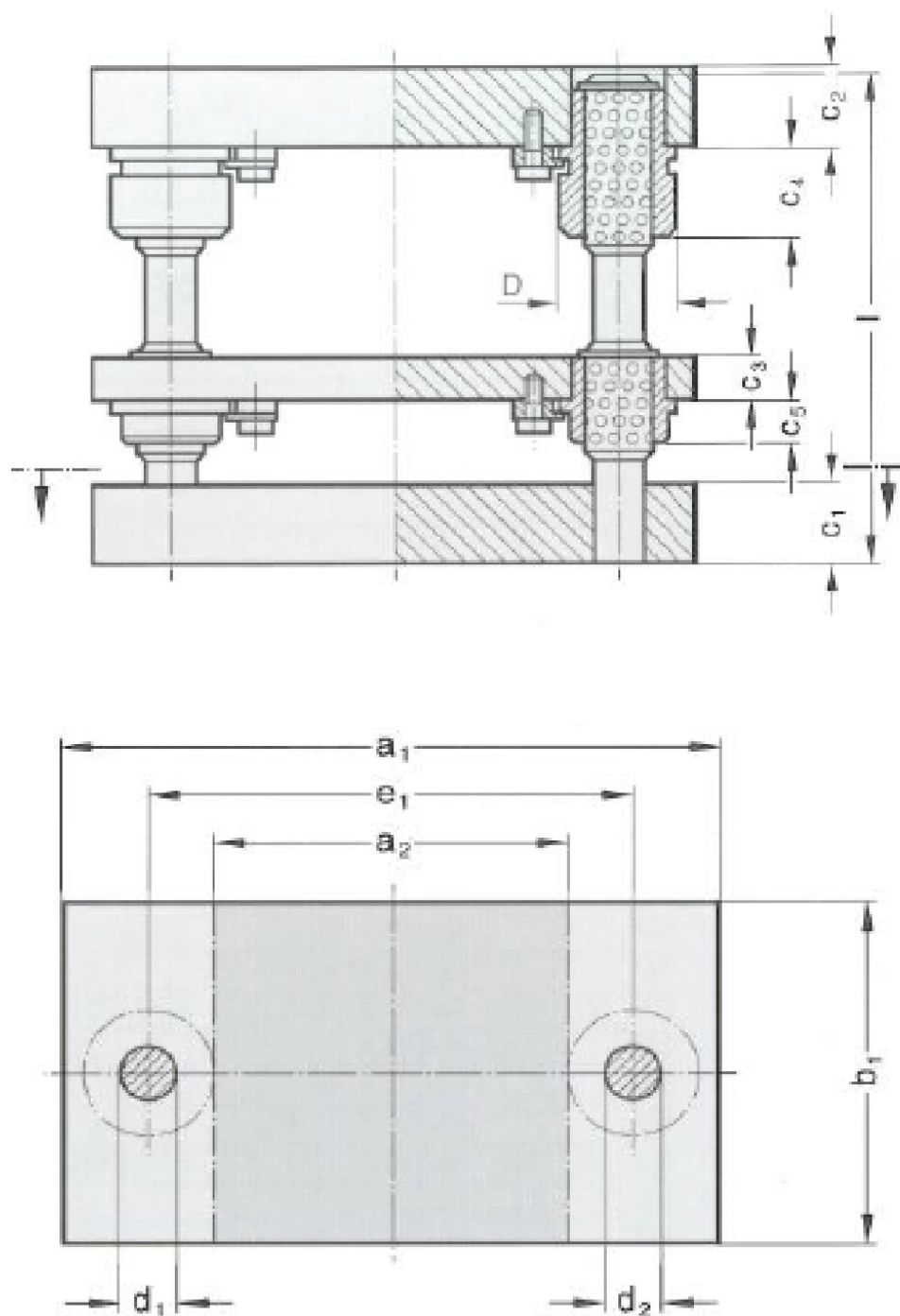


Obr. 4.5 Podložky ze svitku

## 5. NÁVRH SESTAVY STŘIHADLA

Střihadlo je navrženo dle normy DIN9868/ISO11415 na jednu operaci s automatickým posuvem svitku plechu.

Střížná skříň byla zvolena z katalogu firmy FIBRO pod označením 2045.2010.4.865.2. Střížná skříň je uvedena v přílohách tohoto projektu jako příloha č. 1.

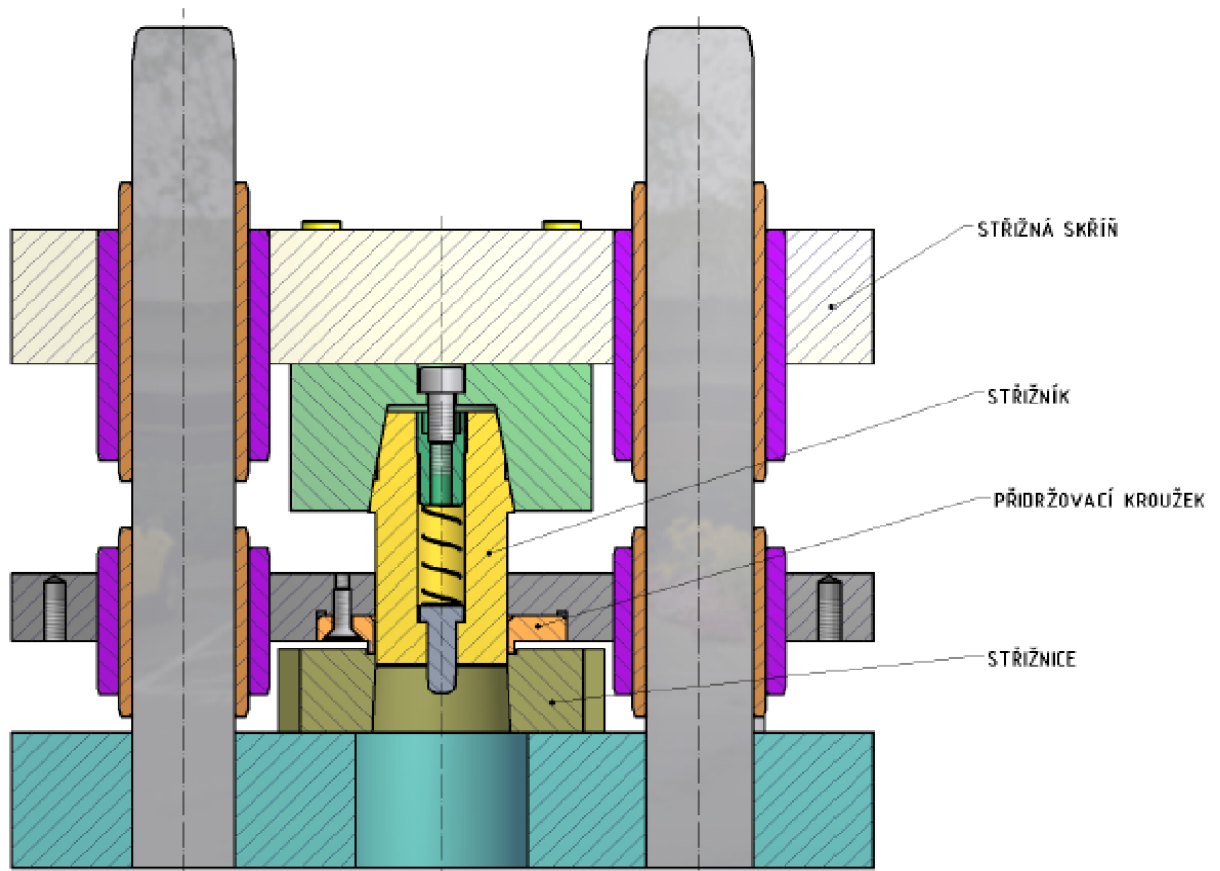


Obr 5.1 Střižná skříň od firmy Fibro [1]

Rozměry střižné skříně:

typ	vel.	$a_1 \times b_1$	$a_2 \times b_2$	$c_1$	$c_2$	$c_4$	$d_1 / d_2 \times l$	$D$	$e_1$
2010.45	2010.4	200x100	70x100	40	40	36	24/25x180	46	120

Stříhadlo bylo doplněno střížníkem s hledáčkem, střížnicí a přidržovacím kroužkem. Střížník a střížnice jsou vůči sobě ustaveny s vůlí maximálně 0,01mm a ustavení je zajištěno dvěma kolíky ČSN 02 2150 Ø8m6 x 24.



Obr. 5.2 Střížný nástroj v řezu

Na spodní desce střížné skříňě je vyrobena podélná drážka a otvor o  $\varnothing 6$  H7mm pro ustavení střížného nástroje v ose x, y na základní desce montážního zařízení. Sestava střížného nástroje s kusovníkem je uvedena v přílohách tohoto projektu pod číslem výkresu VR72397CJ0200 jako příloha č. 6.

## 5.1 URČENÍ ROZMĚRU STŘIŽNÍKU A STŘIŽNICE

[ viz ČSN 22 6015 tab. 7.]

<b>REV</b>	rozměr střížnice při vystřihování
<b>RAV</b>	rozměr střížníku při vystřihování
<b>JR</b>	jmenovitý rozměr součásti
<b>V</b>	střížná vůle
<b>TS</b>	tolerance jmenovitého rozměru
<b>P</b>	přípustná míra opotřebení
<b>TE</b>	výrobní tolerance střížnice
<b>TA</b>	výrobní tolerance střížníku

### Vystřihování obvodu součásti:

**Rozměr:**  $30,5^{+0,1}$

JR = 30,5mm

TS = 0,1mm

P = 0,09mm

TE = 0,032mm

TA = 0,023mm

V = 0,01mm

### Střížnice :

$$REV = (JR) + TE = (30,5) + 0,032 = \underline{30,5 + 0,032\text{mm}}$$

### Střížník:

$$RAV = (JR - V + TA) - TA = (30,5 - 0,01 + 0,023) - 0,023 = \underline{30,513 - 0,023\text{mm}}$$

Po provedených zkouškách bylo zjištěno, že tyto rozměry jsou pro požadovanou přesnost vystřihování nevyhovující, neboť jedním z požadavků na vystřihovanou podložku bylo stanovení maximálního otřepu na 0,1mm. Proto byl rozměr střížnice upraven na  $\text{Ø}30,55^{+0,01}$ . Střížník byl do střížnice ustaven s maximální vůlí 0,01mm.

## 5.2 VÝPOČET POTŘEBNÉ STŘIŽNÉ SÍLY

$$F_S = n \cdot S \cdot \tau_{ps} = k \cdot L \cdot t \cdot 0,8R_m$$

$F_S$	- střižná síla [N]	
$S$	- plocha stříhu [mm <sup>2</sup> ]	
$L$	- délka stříhu [mm]	
$t$	- tloušťka materiálu [mm]	0,08mm
$\tau_{ps}$	- napětí na mezi pevnosti ve stříhu [MPa]	
$R_m$	- napětí na mezi pevnosti v tahu [MPa]	633MPa
[1 -1,3]	- koeficient na otupení	1,2

Délka stříhu:

$$L = a + b + c + d = 0,2 + 0,043 + 0,26 + 0,043 = 0,546\text{mm}$$

$$4L = 4 \times 0,546 = 2,184\text{mm}$$

Plocha stříhu otvoru:

$$S = t \times L = 0,08 \times 2,184 = 0,175\text{mm}^2$$

Střižná síla:

$$F_{s1} = 1,2 \times S \times 0,8 \times R_m = 1,2 \times 0,175 \times 0,8 \times 633 = 106,3\text{N}$$

### 5.3 STŘIŽNÍK

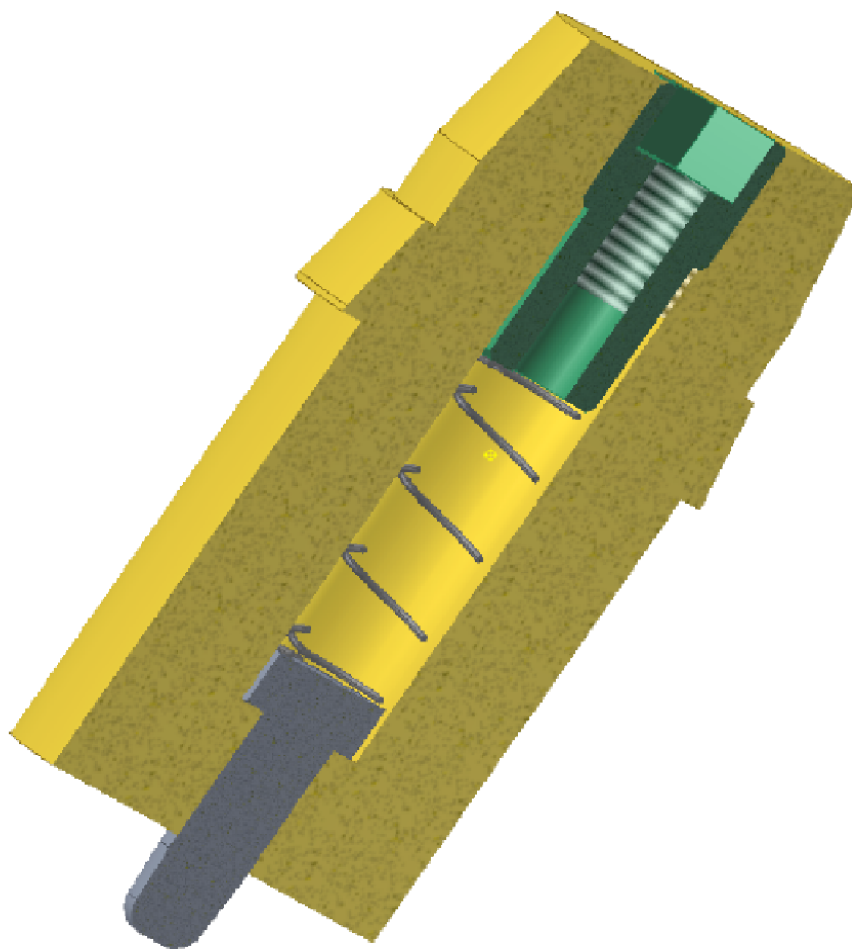
Střížník je kruhového tvaru o jmenovitém  $\text{Ø}30,55\text{mm}$ . Jeho výrobní tolerance je dána slícováním se střížnicí s max. vůlí  $0,01\text{mm}$ .

Jeho správná poloha ve stříhadle je zajištěna pomocí kužele. Upevněn je středovým šroubem M6.

Střížník je vyroben z oceli 19 437 (příloha č. 4). Je zakalen a popuštěn na HRC 62-4. Materiál 19 437 je nástrojová ocel slitinová s obsahem uhlíku 2%. Je vhodná pro kalení do oleje, teplota ohřevu je  $960$  až  $1020^{\circ}\text{C}$ . Minimální tvrdost po kalení je HRC61. Pro zvýšení životnosti střížníku lze tento materiál povlakovat např. TiN. Tento materiál byl zvolen z důvodu pevnosti a houževnatosti.

Střížník je konstruován jako podsestava, v ose střížníku je umístěn odpružený čep, který slouží k zahledání otvoru ve středu stříhané podložky.

Detail střížníku je uveden v přílohách tohoto projektu pod číslem výkresu VR72397CJ021501 jako příloha č. 6.



Obr. 5.3 Střížník

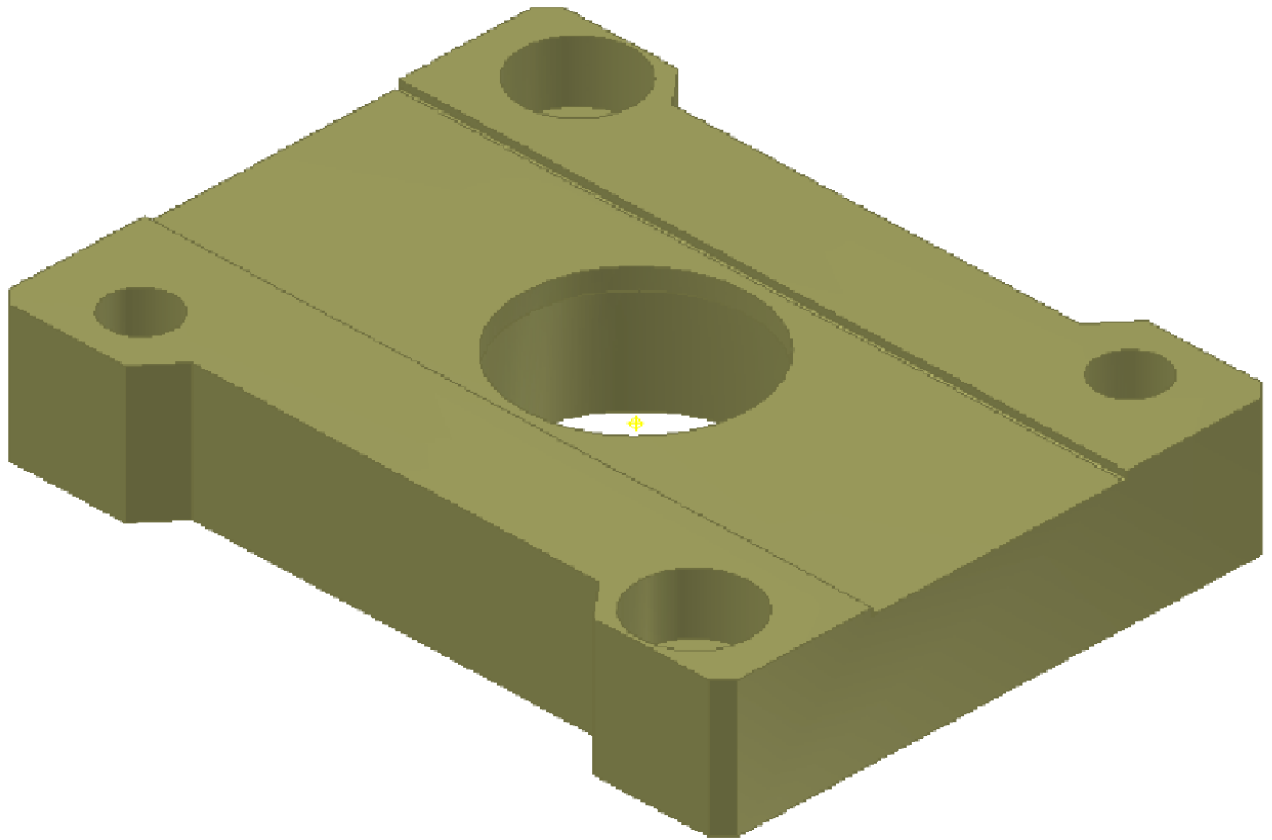
## 5.4 STŘIŽNICE

Střížnice je obdélníkového tvaru s otvorem o  $\text{Ø}30,55+0,01\text{mm}$ . Její správná poloha ve stříhadle je zajištěna dvěma kolíky a upevněna je dvěma šrouby. Střížnice je vyrobena z oceli 19 437. Je zakalena a popuštěna na HRC 62-4.

Materiál 19 437 je nástrojová ocel slitinová s obsahem uhlíku 2%. Je vhodná pro kalení do oleje, teplota ohřevu je 960 až 1020°C. Minimální tvrdost po kalení je HRC 61.

Tento materiál byl zvolen z důvodu pevnosti a houževnatosti. Materiálový list této oceli je zařazen jako příloha č. 4

Střížnice je uvedena v přílohách tohoto projektu pod číslem výkresu VR72397CJ0208 jako příloha č. 6.



Obr. 5.4 Střížnice

## 6. NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Montážní zařízení je zkonstruováno jako jednoúčelové zařízení pro stříhání a montáž podložek do regulačního tlakového ventilu s označením DRV6bar. Zařízení je koncipováno jako automatické pro zařazení do montážní linky s průběžným montážním pásem.

### 6.1 KRITÉRIA NÁVRHU PRO ZAŘÍZENÍ NA VYSTŘIŽENÍ A MONTÁŽ PODLOŽKY

#### 1) Z hlediska funkce

Zařízení bude umístěno v montážní lince, musí pracovat v plně automatickém cyklu a bude napojeno na stávající dopravníkový systém.

Zařízení je určeno pro automatické zakládání podložek do předmontovaného tělesa DRV6bar. Zařízení musí zaručit, že těleso DRV6bar bude osazeno pouze jednou podložkou. Zařízení musí montovat podložku tak, aby nedošlo k poškození jak samotné podložky, tak i ostatních komponentů DRV6bar.

#### 2) Z hlediska umístění

Zařízení bude umístěno do automatické montážní linky s označením ML3/DRV2 mezi pracovišti 5.1.4. a 5.2.4. Zařízení musí být napojeno na stávající dopravníkový systém, protože těleso DRV2 je dopravováno mezi jednotlivými montážními pracovišti na speciálních technologických paletách.

#### 3) Z hlediska provozu

Zařízení musí být schopno pracovat v nepřetržitém provozu v taktu 10s/ks s max. technickou poruchovostí  $\leq 5\%$

#### 4) Z hlediska vybavení

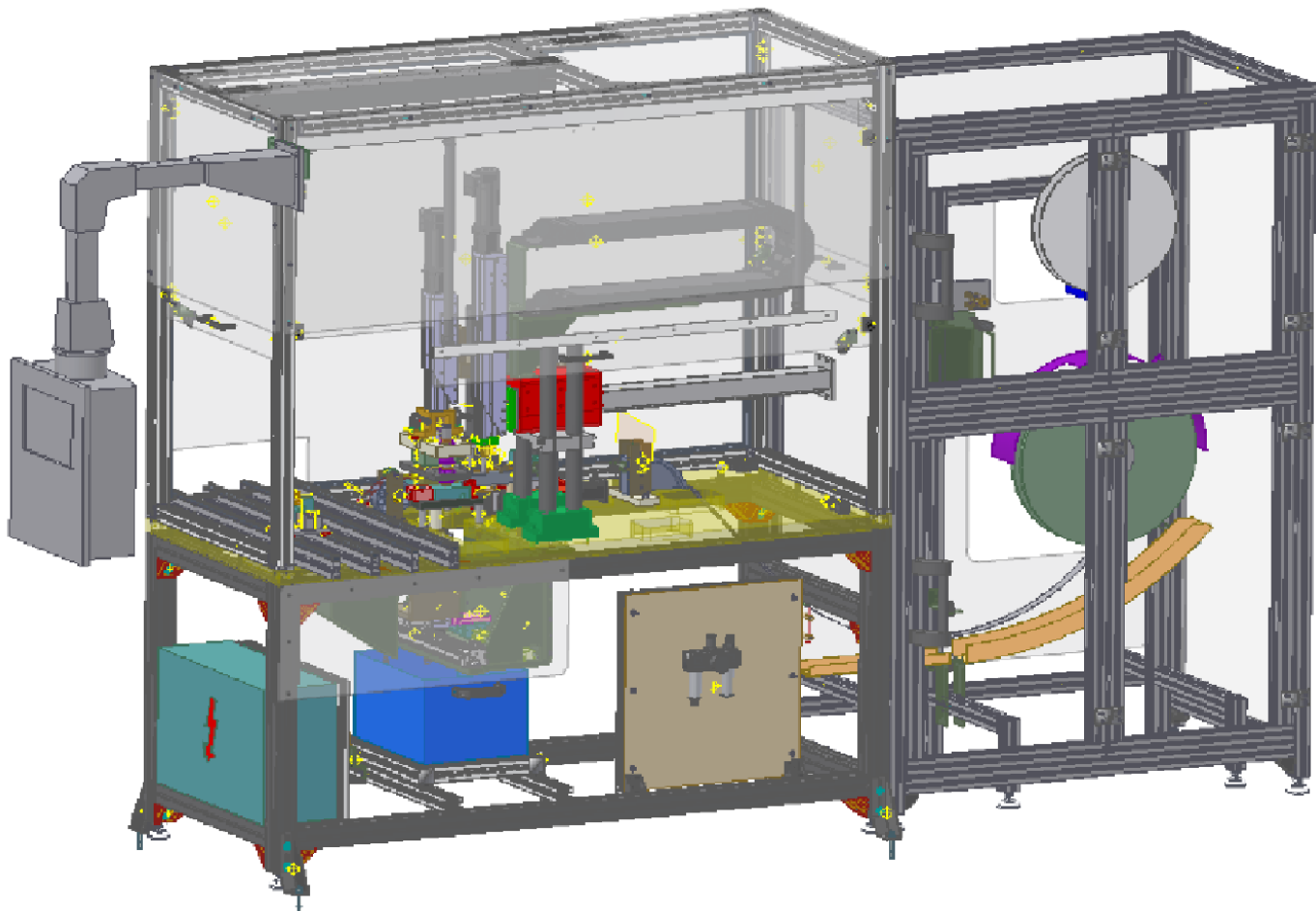
Zařízení bude vybaveno řídicím systémem VPP21 od firmy Bosch a světelnou signalizací dle Bosch standardů.

#### 5) Z hlediska dodání dílců

Podložky budou dodávány ve svitku navinutém na cívce překryté ochranou páskou. Tato zbylá ochranná páska bude navinována na odpadní cívku.

## 6.2 VLASTNÍ NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Montážní zařízení se skládá z rámu z hliníkových profilů. Na základní desce stolu je umístěn stříhací modul, modul pro montáž podložky a modul pro posun pásu podložek. Pod pracovní deskou je umístěn modul na přesun podložky z prostoru stříhání pod prostor montážního modulu, modul pro stříhání zbytkového pásu po vystřížených podložkách a zvedací zařízení pro montážní palety.



Obr. 6.1 Sestava zařízení

V zorném poli obsluhy je umístěna kontrolka vyhodnocující správnost montáže. Na pravé straně rámu je upevněn ovládací panel VPP21 s indikací provozních a poruchových stavů, ve kterém je zabudovaná řídicí jednotka a tlačítko nouzového zastavení. Na vrchní straně rámu vpravo je upevněn signalizační maják, který se skládá z červeného, zeleného, modrého a oranžového světla.

Pod základní deskou je umístěna pneumatická úpravná jednotka, pneumatický ostrov s ovládacími ventily a elektrický rozvaděč, na kterém je umístěn hlavní vypínač. Celé zařízení je opatřeno kryty z bezpečnostního skla, aby se obsluze zabránilo náhodnému dotyku s pohybujícími se částmi stroje.

V přední, zadní a na pravé boční části montážní stanice jsou umístěny dveře sloužící pro vstup v případě poruchy nebo seřizování. Pro zajištění bezpečnosti obsluhy je stroj vybaven bezpečnostními snímači firmy Schmersal. Pokud dojde v automatickém cyklu k otevření dveří, odpojí se od napájecího napětí a dojde k přerušení pracovního procesu.

Pneumatické válce jsou vybaveny elektrickým snímáním polohy. Při nouzovém vypnutí se odpojí přívod tlakového vzduchu do stroje, odpojí se všechna ovládání pohybu a je zastavena montáž.

Nedílnou součástí je zařízení na odvíjení pásu podložek.

Celková sestava zařízení je uvedena v přílohách tohoto projektu pod číslem výkresu VR72397CJ0000 jako příloha č. 6.

### 6.3 FUNKCE ZAŘÍZENÍ

Do prostoru montáže podložky přijede dopravní paleta s tělesem DRV. Zvedací zařízení vyjede nahoru, zafixuje paletu s tělesem do polohy umožňující montáž podložky. Vertikálně umístěný pneumatický válec Bosch, na kterém jsou umístěny polohovací trny, vyjede do horní polohy do otvorů v páse podložek, které jsou určeny pro posun pásu. Vertikální jednotka LME-100-100 posune pás podložek o příslušný krok do stříhacího přípravku. Modul pro přesun podložky, na kterém je umístěn vrtaný trn pro vytvoření podtlaku, přijede těsně pod podložku. Prostřednictvím elektrické jednotky SA-6-100 se podložka vystříhne, pomocí podtlaku se přisaje na spodní trn a přesune se pod montážní modul. Ten sjede na dotyk k trnu. Vypne se vakuum pro spodní trn. Trn na modulu pro montáž podložky převezme podtlakem podložku a umístí ji do tělesa DRV. Odvíjecí zařízení umístěné za montážní stanicí odvine dle potřeby požadovanou část pásu s podložkami. Paleta s tělesem DRV opustí na dopravníkovém páse prostor stanice a dojde k najetí další palety s čerpadlem.

Správnost umístění podložky kontrolují dvě kamery od firmy Keyence a vyhodnocuje řídicí systém VPP21. Rozsvítí se kontrolní světlo. Rozsvícením zeleného nebo červeného světla je vyhodnocen celý postup montáže. Zelené světlo - proces proběhl v pořádku, červené světlo - proces neproběhl v pořádku. Po rozsvícení červeného světla vyjede paleta ze stanice a pokračuje bez další montáže až k místu, kde dojde k jejímu odstranění z montážní linky. Další cyklus proběhne automaticky po najetí nové palety s regulačním ventilem do pracovního prostoru.

Základní poloha zařízení:

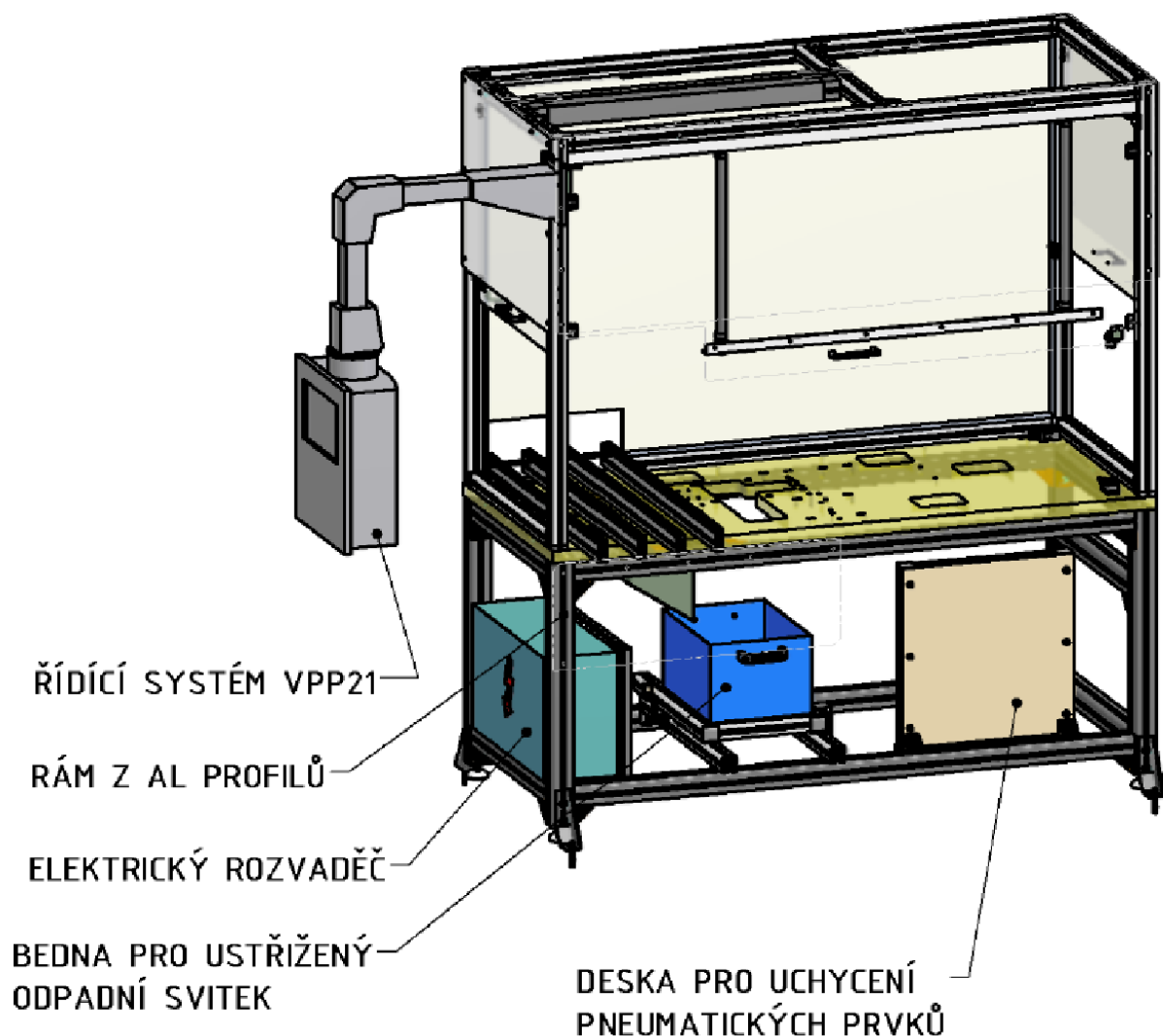
- stříhací modul je v horní poloze
- modul pro montáž podložek je v zadní poloze, vertikální jednotka SA-6-300 umístěná na tomto modulu je v horní poloze
- modul pro přesun podložky je z pohledu obsluhy na levé straně, lineární elektrická jednotka SA-3-100 umístěná na tomto modulu je ve spodní poloze
- modul pro posun pásu podložek je v zadní poloze, vertikálně umístěný pneumatický válec Bosch na tomto modulu je ve spodní poloze

## 6.4 RÁM ZAŘÍZENÍ

Rám zařízení je zkonstruován ze standardních hliníkových profilů od firmy Bosch. Základní deska je duralová o tloušťce 40mm. Na desce je umístěn dopravníkový systém TS1. Na pravé straně rámu je uchycen zobrazovací panel řídicího systému VPP21. Jak dopravníkový systém, tak i řídicí systém jsou od firmy Bosch.

Pod základní duralovou deskou je na profilech upevněna ocelová deska pro uchycení pneumatických prvků. Dále je pod základní deskou umístěna bedna pro přestříhaný odpadní svitek.

Montážní zařízení obsahuje velké množství elektrických komponentů. Pro jejich umístění jsou potřebné dva elektrické rozvaděče. Menší z nich je umístěn na čelní straně rámu. Druhý elektrický rozvaděč je umístěn mimo rám stroje.



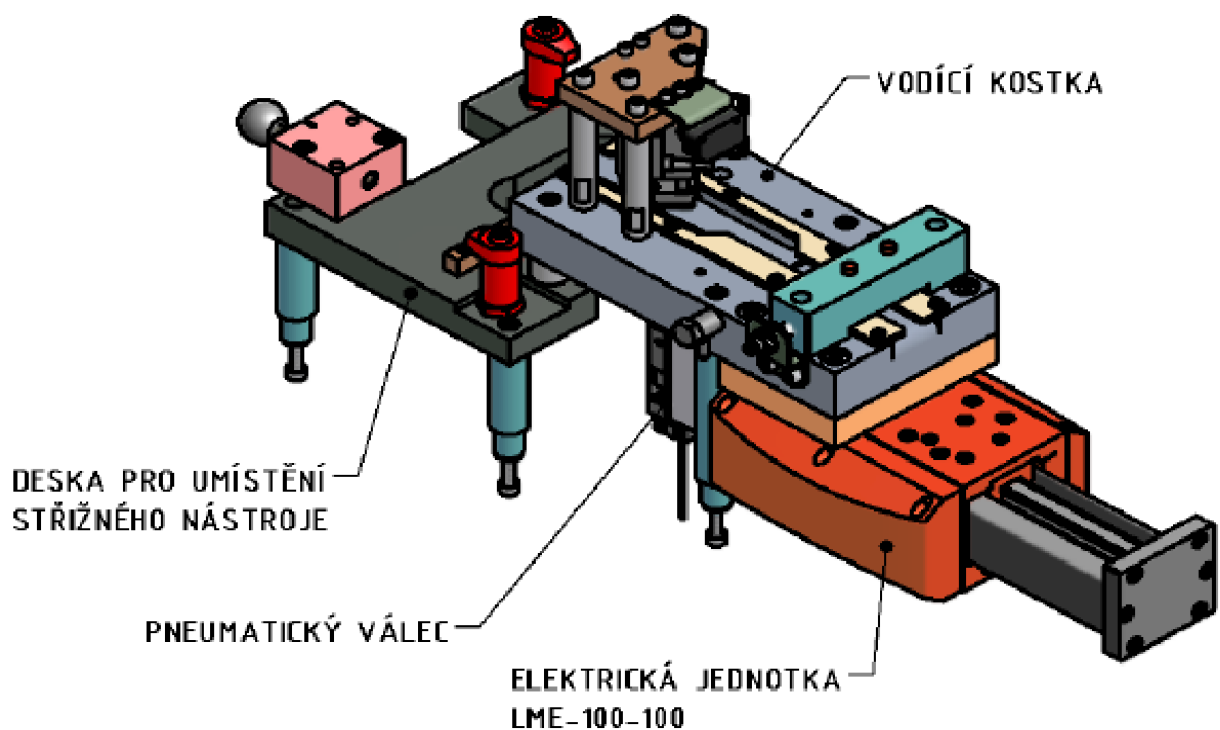
Obr. 6.2 Rám zařízení

## 6.5 POSOUVACÍ MODUL

Pro systém posuvu pásu s podložkami byly uvažovány dvě varianty, které jsou podrobněji popsány níže. Po analýze výhod a nevýhod obou variant byla pro posun pásu s podložkami vybrána varianta č. I

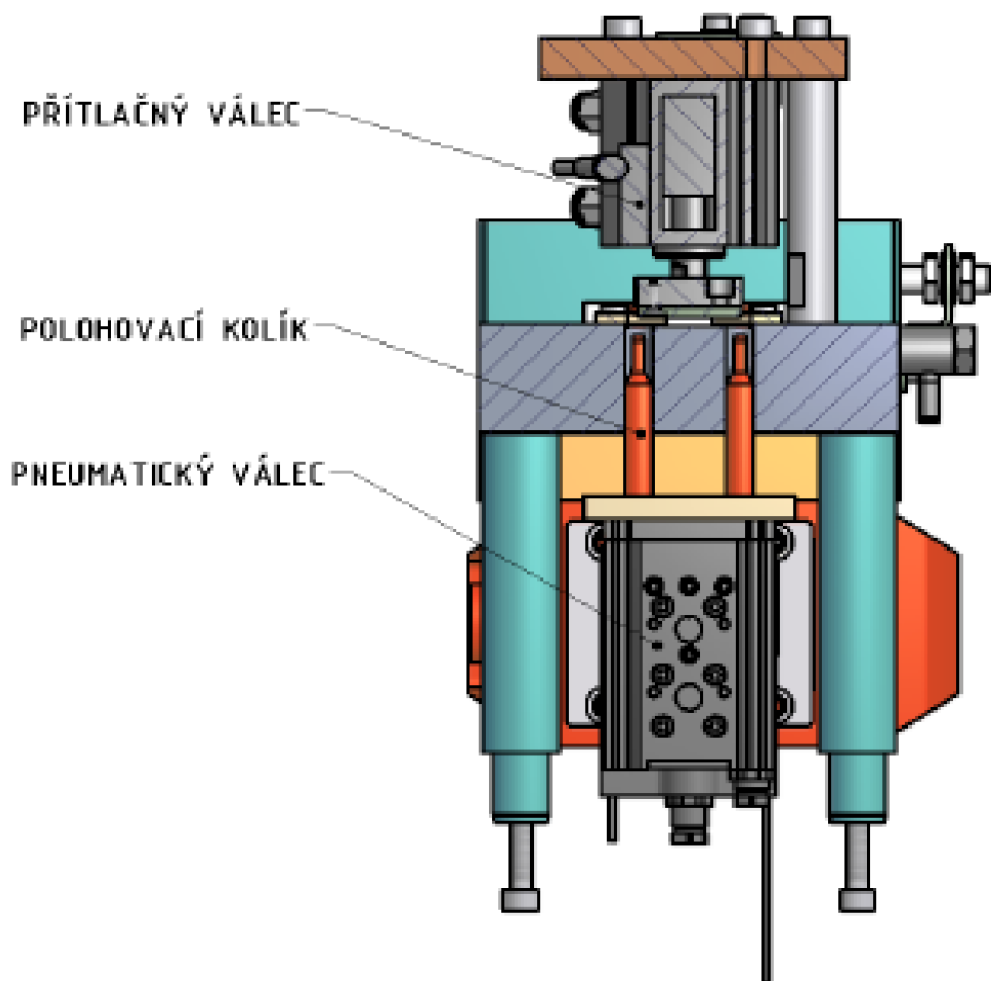
### 6.5.1 POSOUVACÍ MODUL - VARIANTA Č. I

Modul pro posun pásu podložek se skládá z lineární elektrické jednotky LME-100-100 od firmy Afag, vodící kostky a dvou vertikálně umístěných pneumatických válců od firmy Bosch. Pás podložek je veden vodící kostkou. Pod touto kostkou je na lineární jednotce Afag kolmo k pásu upevněn pneumatický válec. Na tomto válci je uchycena deska se dvěma kolíky, které po vyjetí válce do vysunuté polohy zapadnou do otvorů v pásu s podložkami.



Obr. 6.3 Varianta č. I pro posun pásu podložek

Elektrická jednotka LME-100-100 posune pás s podložkami o požadovaný krok tj. o 34mm. Poté se aktivuje druhý pneumatický válec, který je upevněn na vodící kostce nad pásem s podložkami, a vyjede do pozice vysunuto. Tím přitlačí pás na vodící kostku. Poté se pneumatický válec s kolíky vrátí do základní polohy. V dalším kroku se do základní polohy vrátí elektrická jednotka LME-100-100.



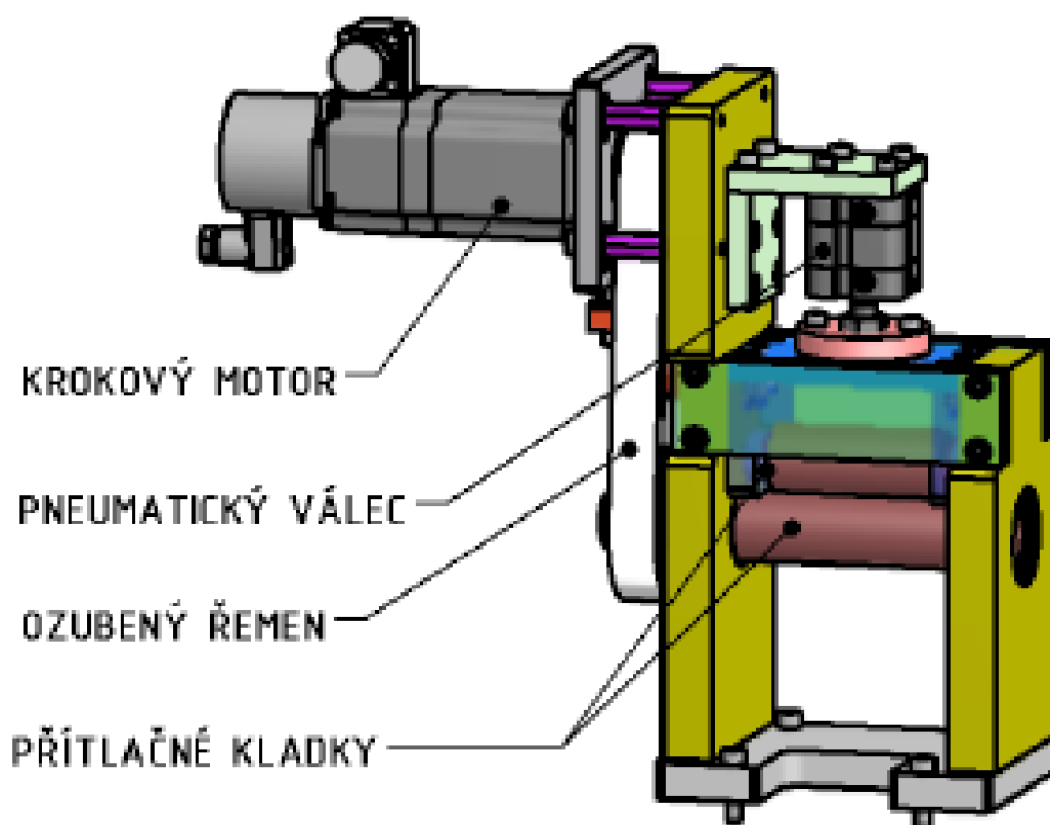
Obr. 6.4 Posouvací modul varianty č. I v řezu

Výhoda této varianty spočívá v tom, že pás podložek je vždy posunut pomocí kolíků zapadajících do pomocných otvorů pro posuv pásu, ke kterým je vztažena poloha tvaru podložky. Tím je vždy zajištěna správná poloha podložky pro vystřížení.

Nevýhodou této varianty je nebezpečí pomačkání podložek při nesprávném zapadnutí kolíků do otvorů pro posuv svitku a tím jejich znehodnocení pro montáž při vlastním posouvání.

## 6.5.2 POSOUVACÍ MODUL -VARIANTA Č. II

Jako varianta č. II pro posun svítku podložek byl navržen systém dvou přitlačných kladek, mezi kterými by se svitek posouval. Délka posunu by byla řízena krokovým motorem. Při této variantě posuvu svítku s podložkami byla použita dvě tato posuvná zařízení. Jedno bylo umístěno před střížným nástrojem a druhé za ním, přičemž doba chodu krokových motorů by byla vzájemně koordinována tak, aby délka odvinu svítku byla stejná a svitek s podložkami byl neustále v napnuté poloze.



Obr. 6.5 Varianta č. II pro posun pásu podložek

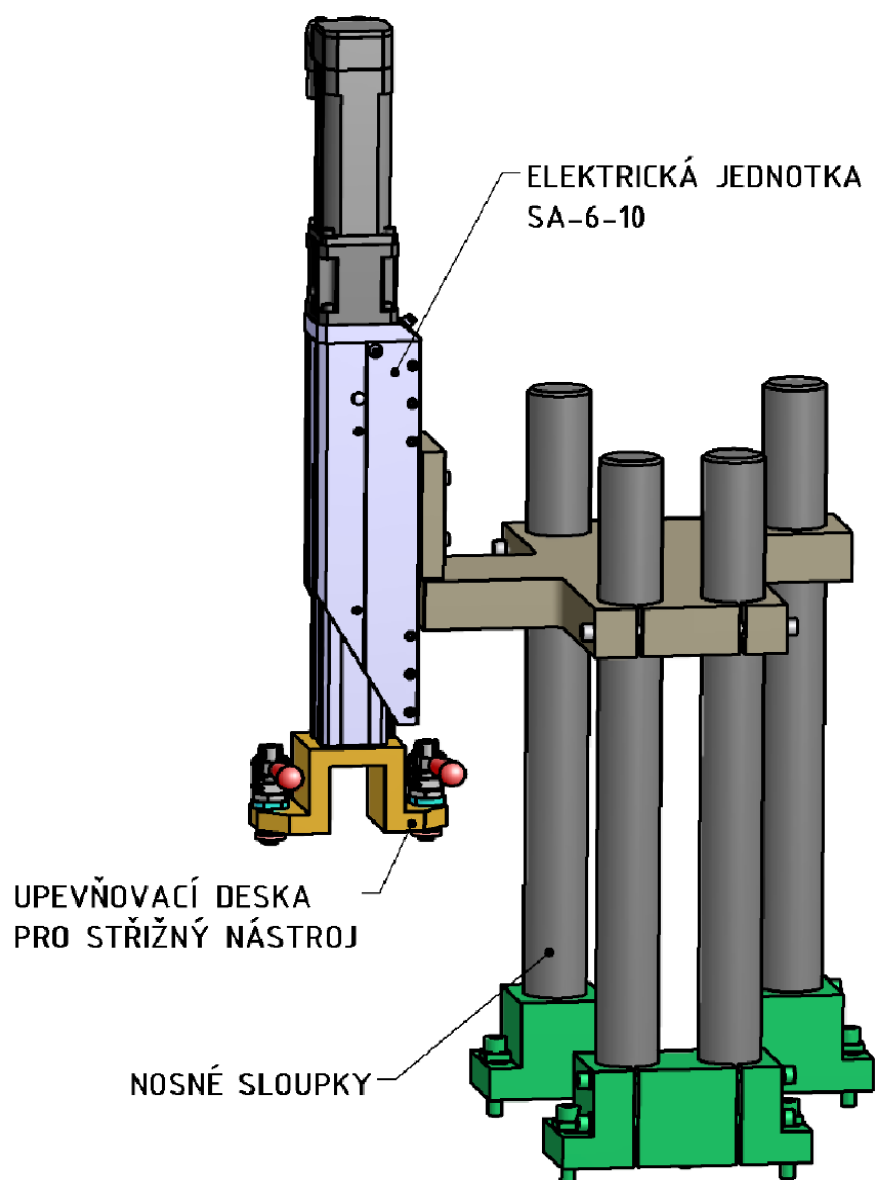
Výhodou tohoto řešení je zaručení rovinnosti podložky při posuvu svítku. Jako hlavní nevýhoda tohoto řešení bylo identifikováno násobení chyby, která vzniká tolerancí, ve které je podložka rozmístěna na svítku.

Z rozboru výše uvedených výhod a nevýhod jednotlivých variant posuvu svítku s podložkami byla jako výhodnější zvolena varianta č. I.

## 6.6 STŘÍHACÍ MODUL

Stříhací modul se skládá z lineárního elektrického jednotky SA-6-100 od firmy Afag, z upevňovací desky a čtyř nosných sloupků. Na této elektrické jednotce je upevněna horní část stříhadla se střížníkem. Stříhadlo není výkresově součástí tohoto modulu. Je popsáno samostatně v kapitole 5.

Po posunu pásu s podložkami do střížného nástroje dostane elektrická jednotka povel k vystřížení podložky. Elektrická jednotka přejede do mezipolohy, ve které se nadzvedne pneumatický válec, který přidržuje svitek s podložkami (viz posouvací modul, varianta č. I). Hledáček ve střížném nástroji se zavede do středového otvoru v podložce. Tím podložku vystředí vůči střížnému nástroji. Následně dostane elektrická jednotka povel k dalšímu posunu, až dojde k vystřížení podložky.

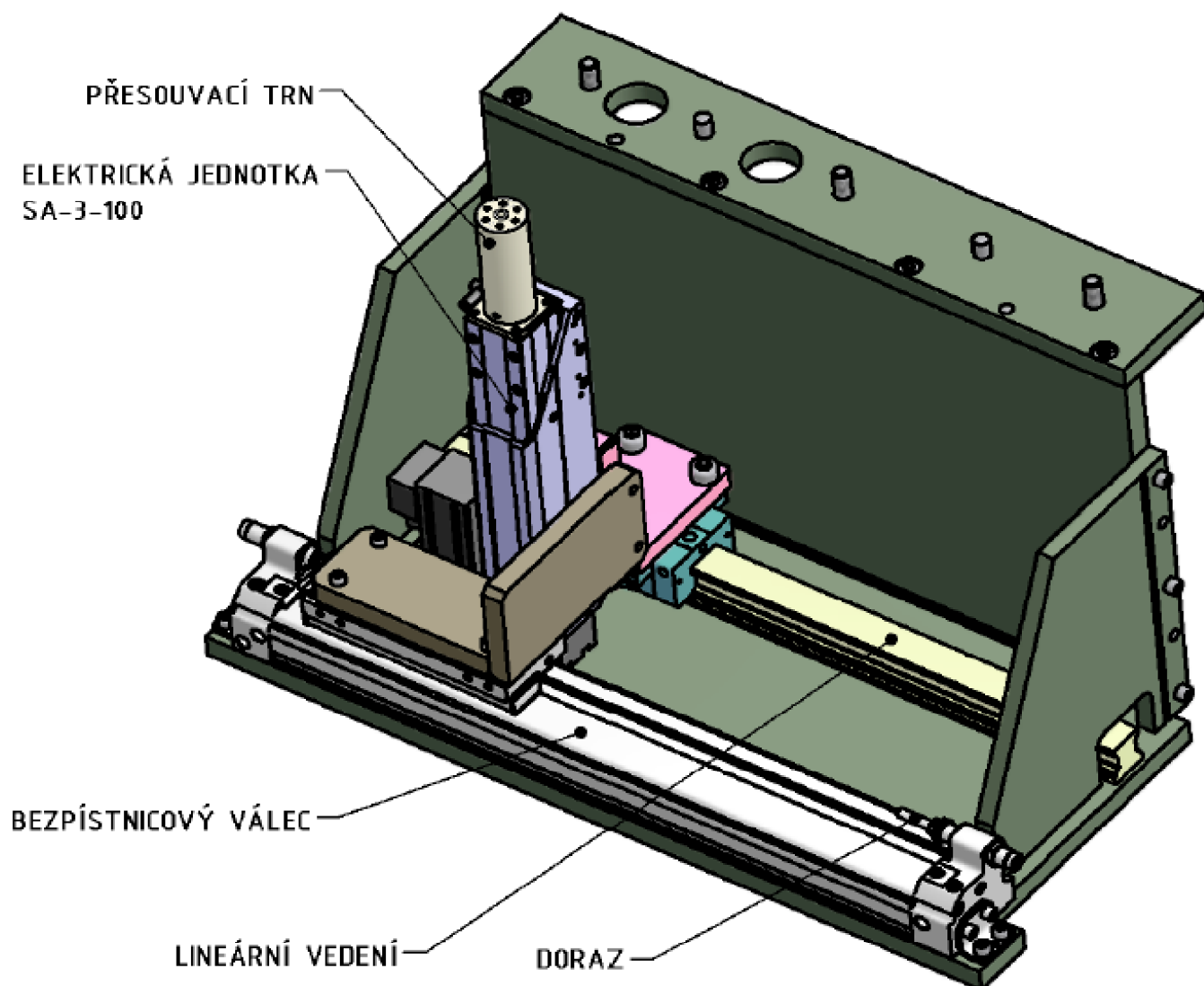


Obr. 6.6 Stříhací modul

## 6.7 PŘESOUVACÍ MODUL

Modul pro přesun podložky je složen z bezpístnicového válce R480167092 od firmy Bosch, lineární elektrické jednotky SA-3-100 od firmy Afag, lineárního vedení Bosch Rexroth a trnu pro přesun podložky.

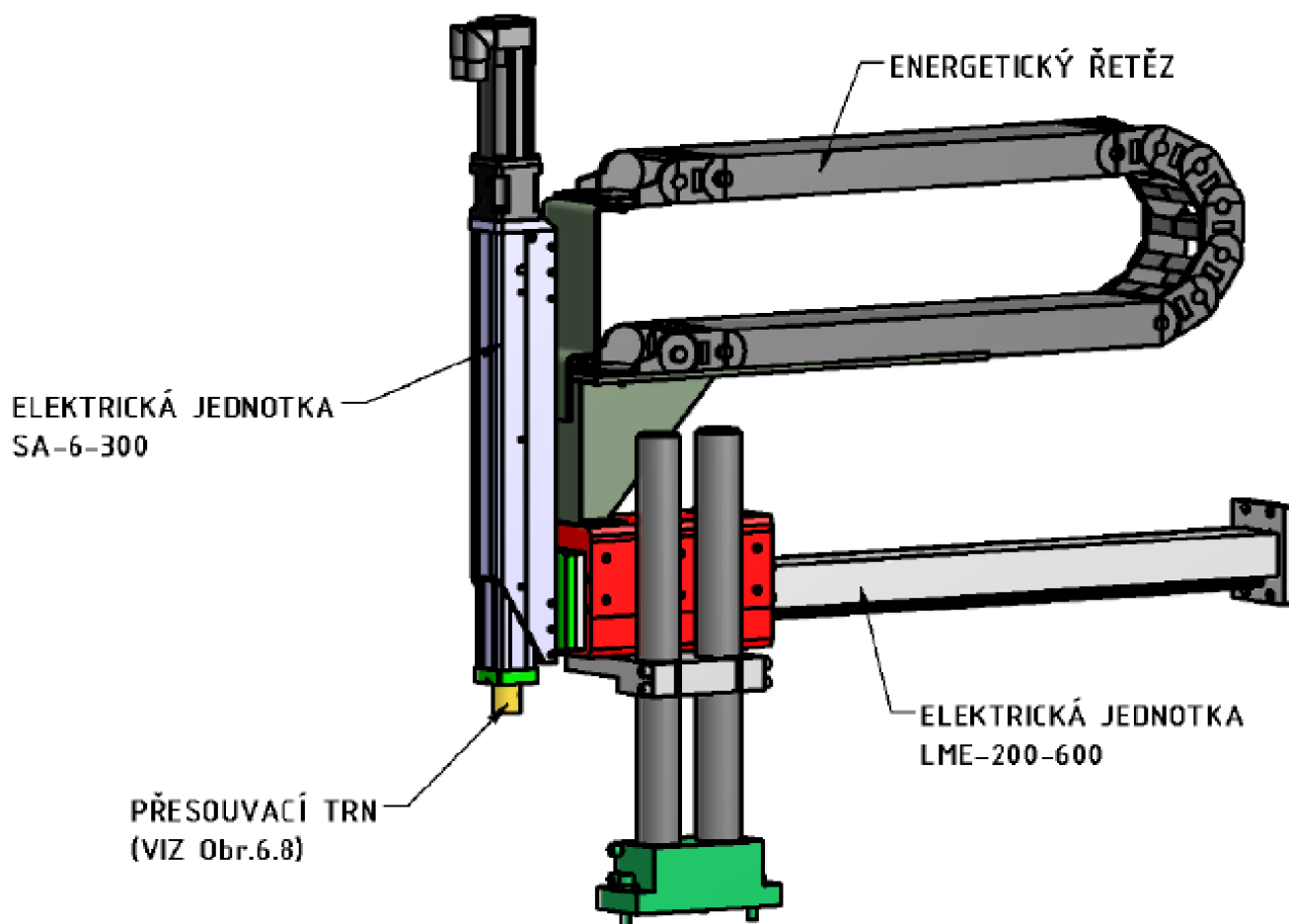
Před vystřížením podložky vyjede do prostoru střížnice, cca 3mm pod střížnou hranu, trn určený pro přesun vystřížené podložky. Trn je umístěn na elektrické jednotce SA-3-100. V trnu je po obvodu vyvrtáno šest propojených otvorů. Do těchto otvorů je napojen vakuový ejektor, který vytváří podtlak. Vystřížená podložka je přisáta na čelo trnu. Trn vyjede ze střížného nástroje a bezpístnicový válec jej pod základovou deskou přesune do pravé krajní polohy pod podávací jednotku.



Obr. 6.7 Přesouvací modul

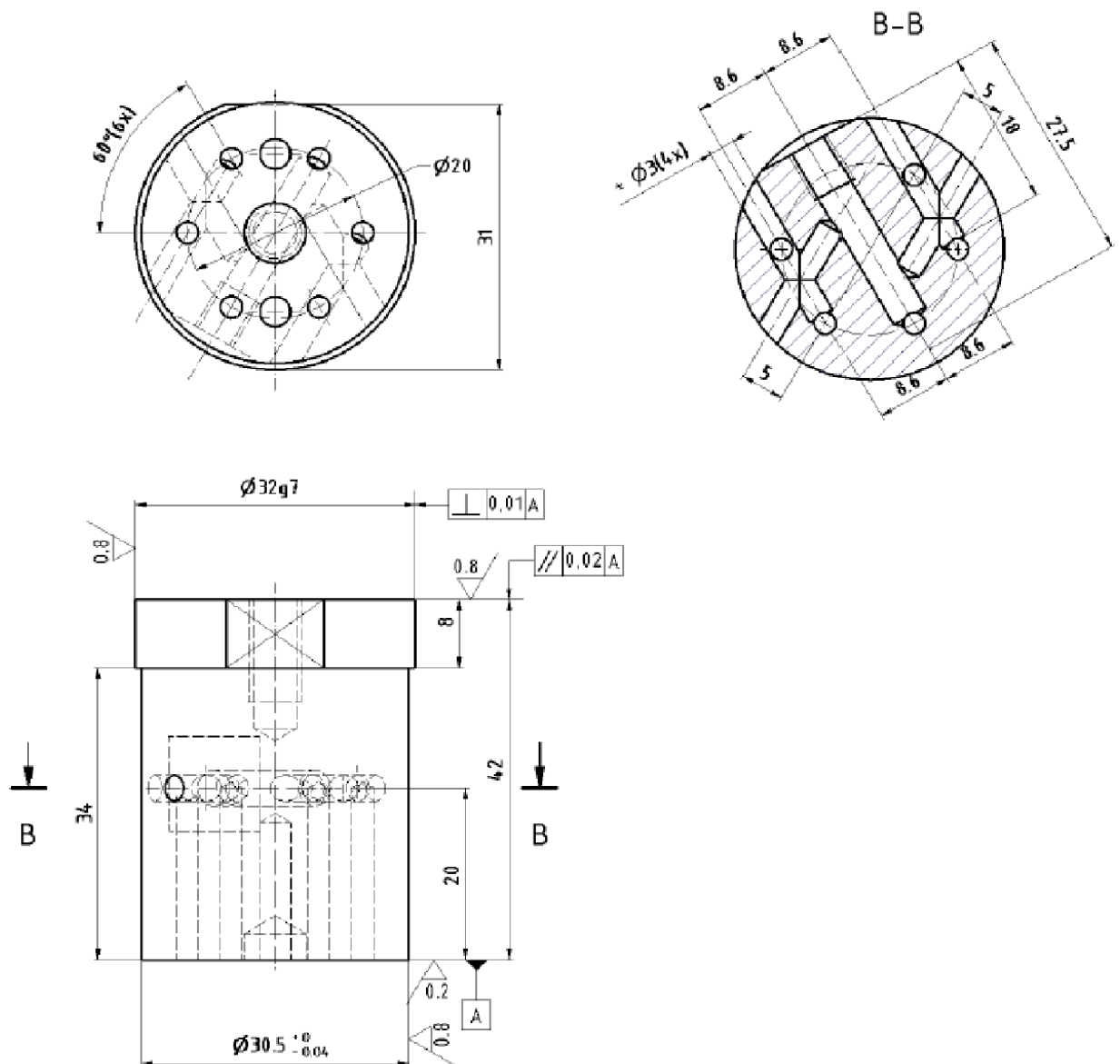
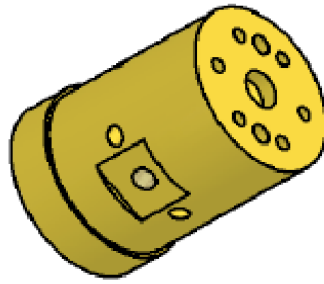
## 6.8 MONTÁŽNÍ MODUL

Modul pro montáž podložek se skládá z horizontálně umístěné lineární elektrické jednotky LME 200-600 a vertikálně umístěné lineární elektrické jednotky SA-6-300 od firmy Afag. K této jednotce je upevněn trn, v kterém je stejně jako v případě trnu v přesouvacím modulu vyvrtáno po obvodu šest propojených otvorů sloužících pro rozvod vakua.



Obr. 6.8 Montážní modul

Když se pod podávací modul přesune trn s podložkou, elektrická jednotka SA-6-300 sjede cca 0,3mm nad tento trn. Po zapnutí vakua do trnu v podávacím modulu se vypne podtlak v trnu na přesouvacím modulu a podložka se přisaje na čelo trnu v podávacím modulu. Elektrická jednotka SA-6-300 odjede směrem nahoru do polohy umožňující najetí nad paletu s tělesem DRV2. Elektrická jednotka LME 200-600 přesune trn s podložkou nad těleso DRV2. Elektrická jednotka SA-6-300 sjede do tělesa DRV2 asi 2mm nad čelo na kterém je podložka umístěna. Podložku umístí tak, že se vypne podtlak, a do trnu se přivede tlak 0,1MPa, který podložku umístí na požadované místo.

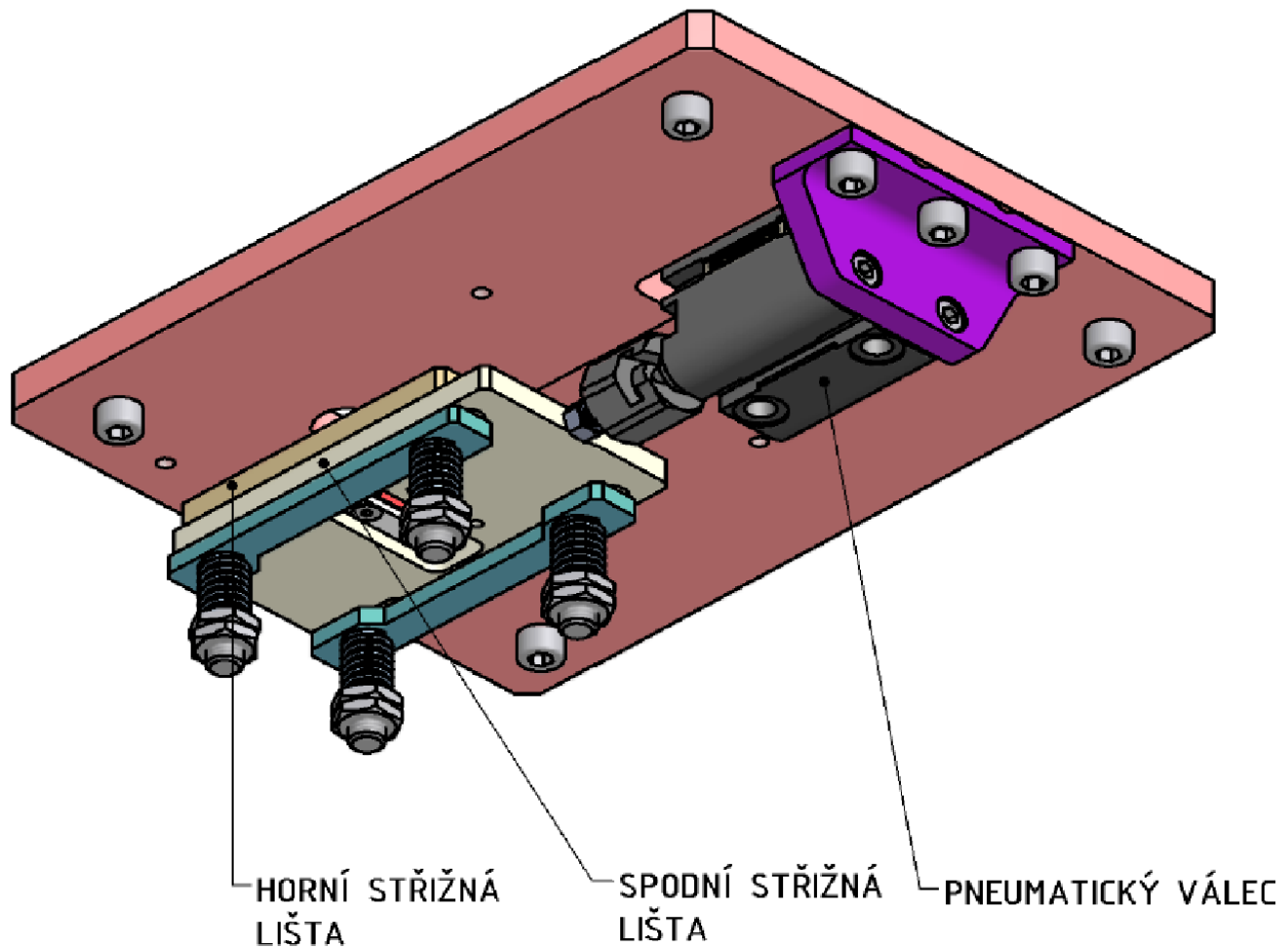


Obr. 6.9 Přesouvací trn

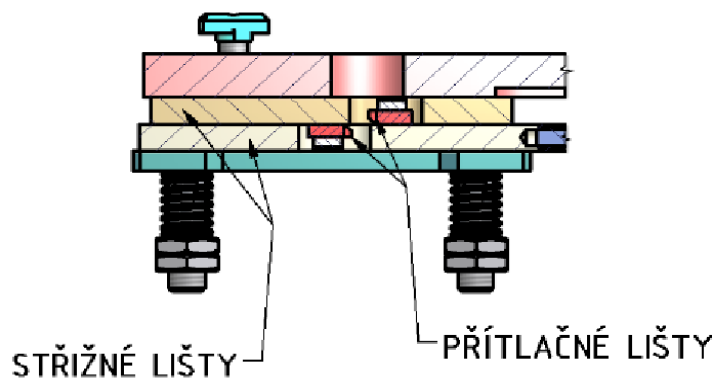
## 6.9 MODUL PRO STŘIHÁNÍ ODPADNÍHO PÁSU

Modul pro stříhání odpadního pásu po vystřížených podložkách se skládá z pneumatického válce a stříhacích lišt.

Pás, ze kterého jsou podložky vystříženy, je veden ze střížného nástroje dolů pod základní desku. Pod touto deskou je přišroubováno zařízení, které stříhá zbytek pásu vždy po třech cyklech vystřížení podložky. Přestřížený zbytkový pás padá skluzem do odpadní bedny umístěné na rámu stroje.

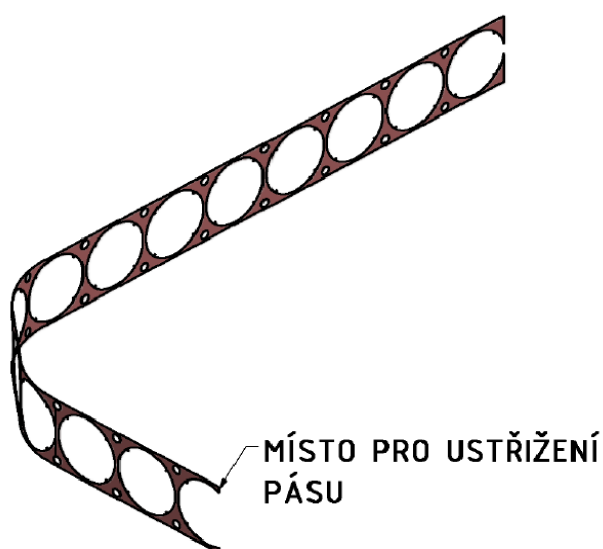


Obr. 6.10 Modul pro stříhání odpadního pásu



Obr. 6.11 Detail střížného prostoru

Pro ustřížení odpadního pásu bylo zvoleno místo mezi největším průměrem podložky a okrajem pásu, kde se nachází nejmenší střížná plocha. Zde je zapotřebí nejmenší střížné síly a tudíž nejmenšího možného pneumatického válce, který tuto sílu vyvozuje.



Obr. 6.12 Odpadní pás

Plocha stříhu:

$$S = t \times L = 0,08 \times (35 - 32,5) = 0,2 \text{ mm}^2$$

Střížná síla:

$$F_{s1} = 1,2 \times S \times 0,8 \times R_m = 1,2 \times 0,2 \times 0,8 \times 633 = 121,5 \text{ N}$$

Síla vyvozená pneumatickým válcem o  $\varnothing$  32mm při tlaku 0,6Mpa:

$$F = S \times p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times p = \frac{\pi \cdot 0,032^2}{4} \times (0,6 \times 10^6) = 482,5 \text{ N}$$

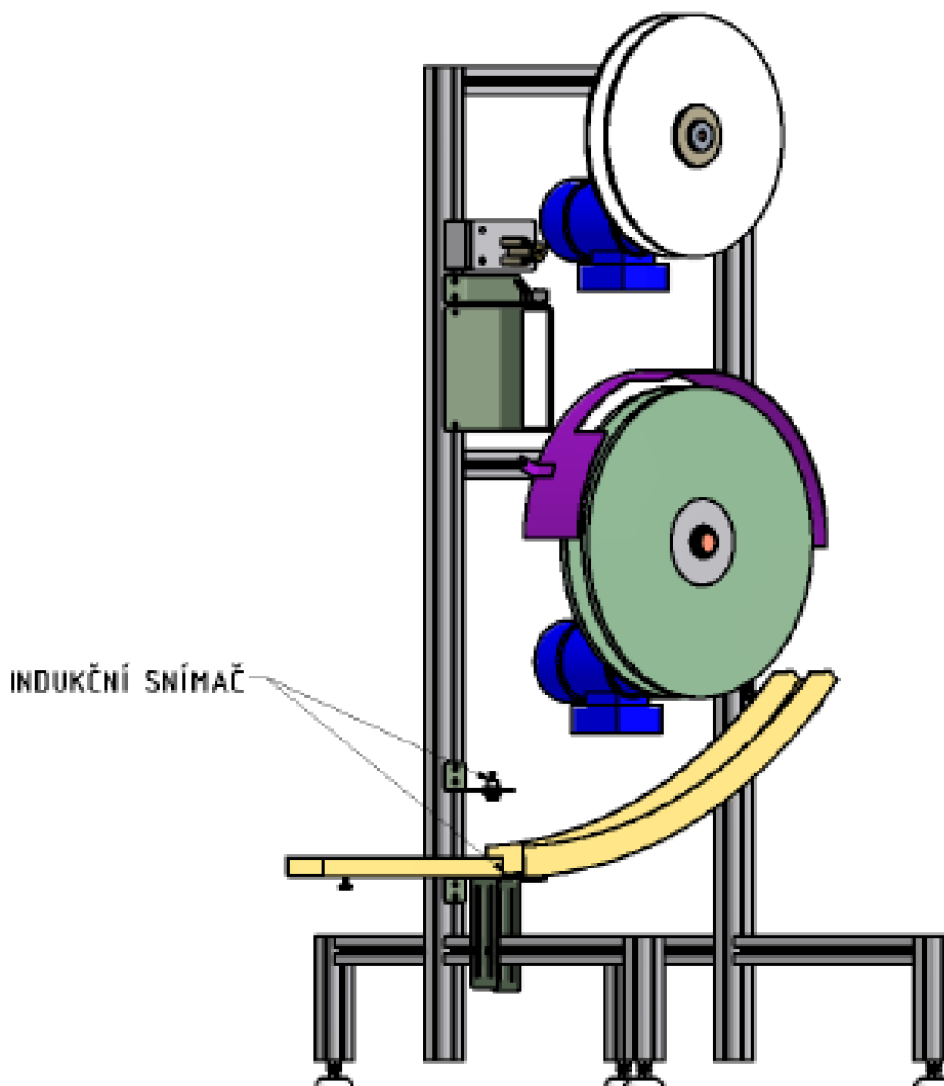
Výpočtem bylo zjištěno, že válec vyvine dostatečnou sílu pro přestřížení pásu.

## 6.10 ODVÍJECÍ ZAŘÍZENÍ

Za strojem je umístěno zařízení na odvíjení svitku s podložkami. Základ tvoří rám z hliníkových profilů. Na tomto rámu jsou upevněny dvě převodovky, obě mají rychlost otáčení 60 otáček/min.

Na spodní z převodovek je na hřídeli nasazena cívka se svitkem s podložkami. Horní cívka slouží pro navíjení ochranného pásku, kterým je proložen ocelový svitek s podložkami.

Odvíjecí zařízení je z důvodu požadavků kladených na čistotu umístěno v samostatné ochranné skříni z hliníkových profilů (viz obr. 6.1 - sestava zařízení).



Obr. 6.13 Odvíjecí zařízení

Potřebná vůle na prověšení svitku s podložkami je řešena umístěním svitku mezi dvěma indukčními snímači. Ty snímají horní a dolní polohu odvíjeného svitku.

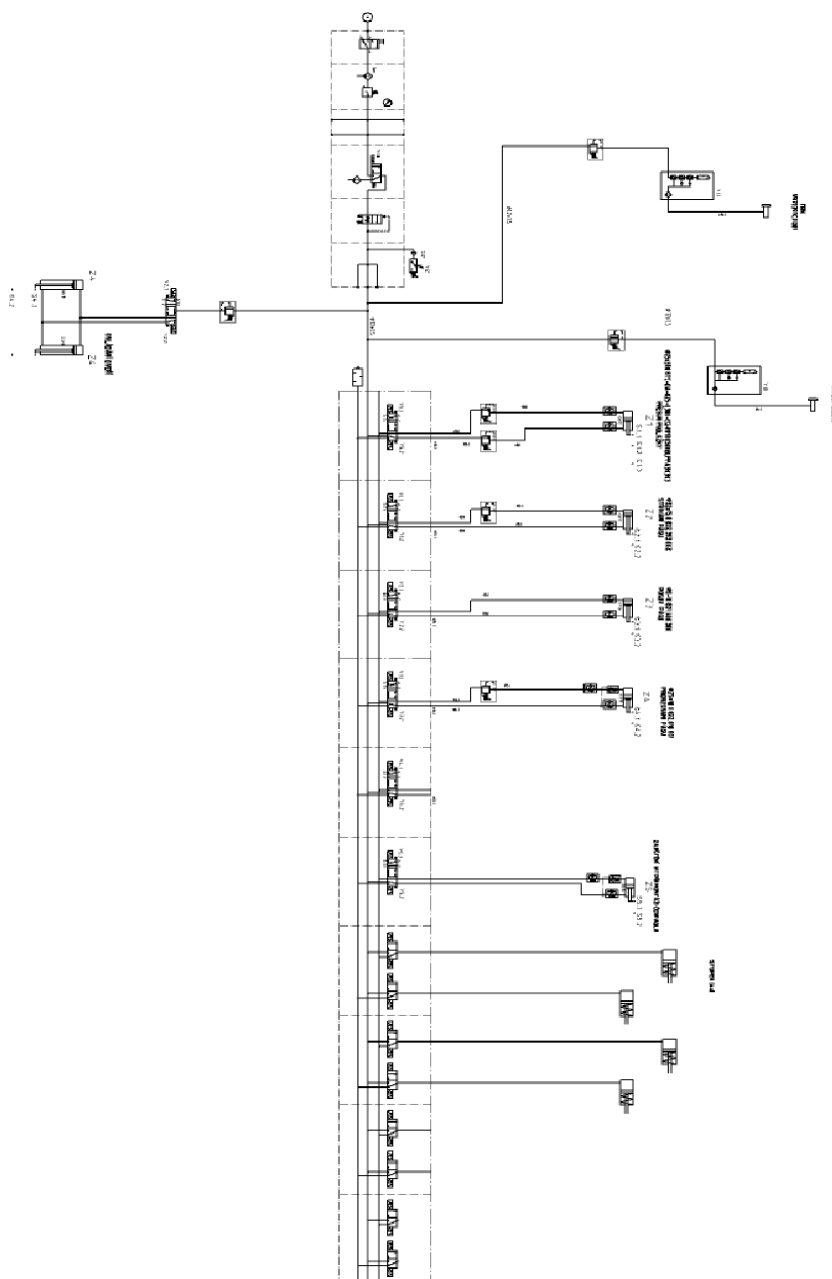
## 7. NÁVRH PNEUMATICKÉHO OBVODU

Pneumatický obvod je navržen převážně z komponentů firmy Bosch. Zahrnuje úpravnou jednotku s filtrem, ventilový ostrov s 5/3 ventily, které slouží pro ovládání pneumatických válců a 3/2 ventily, které jsou určené pro ovládání stoperů palet na dopravníkovém páse. Dále jsou zde pneumatické válce pro přesun podložky, stříhání zbytkového pásu podložek, posuv pásu podložek, pro přidržování pásu a pro ovládání dveří.

Součástí pneumatického obvodu jsou i dva vakuové ejektory od firmy SMC pro vytváření podtlaku při přesunu podložky z místa vystřížení do místa montáže.

Ventilový ostrov je umístěn na rámu stroje pod základovou deskou.

Schéma pneumatického obvodu bylo navrženo pomocí 2D programu v AutoCADu.



Obr. 7 Schéma pneumatického zapojení

## 8. VÝROBA ZAŘÍZENÍ

Výroba je prováděna v nářadovně firmy. Následná montáž zařízení poté na montážní dílně. Polotovary stříhadla jsou dodány od externího výrobce již obrobené v konečných vnějších rozměrech.

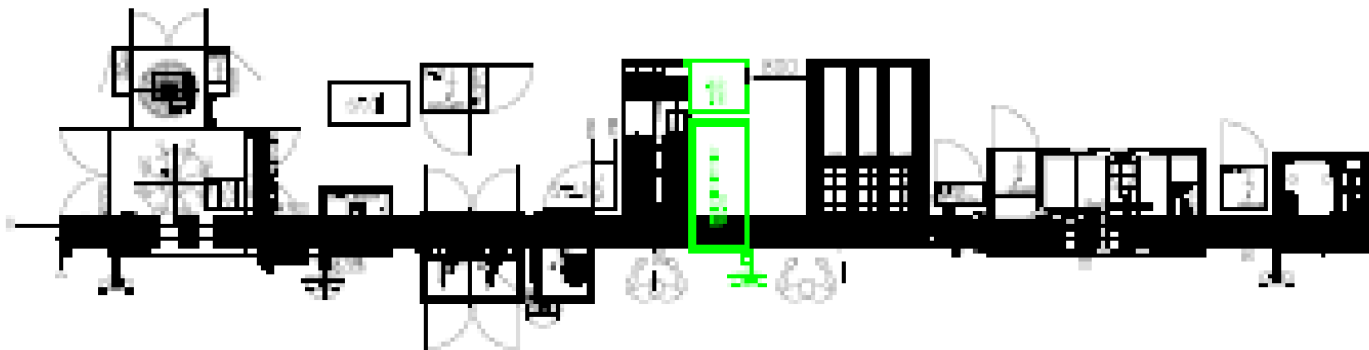
Jednotlivé díly jsou vyráběny na CNC strojích nářadovny dle dodaných 2D výkresů z konstrukce. Programy na složitější díly nejsou tvořeny přímo na strojích dle výkresů, ale technologií CAM a to na 3D datech načtených přímo z konstrukce pomocí formátu modelu stp, iges, apod.

Před nasazením zařízení do provozu je jeho správná funkce odzkoušena přímo na montážní dílně, aby se předešlo případnému výpadku produkce.

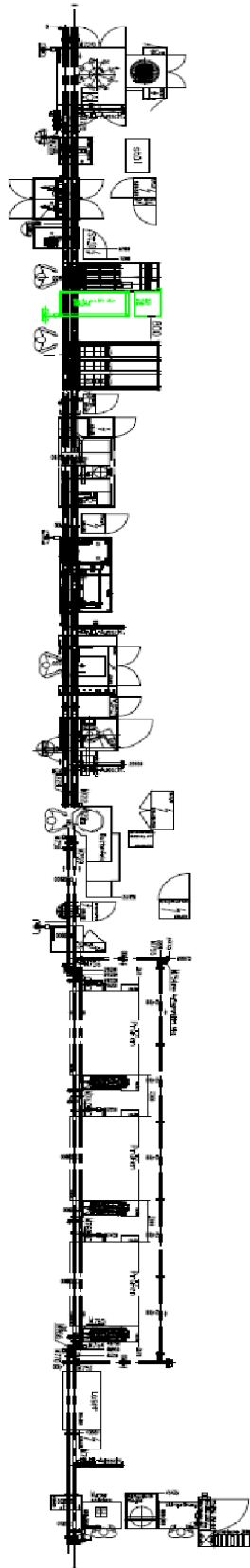
Cena zařízení byla odhadnuta na 2 508 000 Kč bez DPH.

## 9. USPOŘÁDÁNÍ LINKY

Zařízení na montáž podložky se umístí do stávající linky. Při konstrukci se muselo zařízení rozměrově přizpůsobit požadovanému místu se zřetelem na funkci montážního zařízení a místu potřebnému pro seřizování a údržbu tohoto zařízení.



Obr. 9.1 Detail umístění zařízení na montáž podložky v lince (viz obr. 9.2)



Obr. 9.2 Celkové rozmístění stanic v lince

## 10. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Odhad nákladů na zařízení pro vystřížení a montáž podložek. Ceny jsou uvedeny bez DPH:

<i>Položka</i>	<i>Cena Kč</i>
Konstrukce	640 000
Software	96 000
Afag komponenty	830 000
Pneumatika	45 000
Stříhadlo	14 000
Převodovky	13 000
Elektrodíly	170 000
Řízení VPP21	120 000
Kamerový systém	50 000
Výroba dílců	300 000
Montážní práce	230 000
<b><i>Celková cena</i></b>	<b>2 508 000</b>

## 11. ZÁVĚR

Diplomová práce řeší návrh jednoúčelového automatického zařízení pro vystřížení a montáž podložky do regulačního tlakového ventilu DRV2.

Teoretická část diplomové práce obsahuje vybrané poznatky z teorie a technologie stříhání materiálů. Praktická část diplomové práce obsahuje návrh řešení jednoúčelového zařízení pro vystřížení a montáž tenké podložky do regulačního tlakového ventilu DRV.

Tvarová podložka je zhotovena leptáním z ocelového plechu X2CrNiMo17-12-2 dle EN ISO 4957 o tloušťce 0,08mm. Tvar podložky je leptán na svitek šířky 35mm, který je navinut na buben.

Střížník a střížnice jsou vyrobeny z oceli ČSN 19 437 a tepelně zpracovány na HRC 62-4.

Předpokládaná výrobní série je 2 mil. kusů za rok. Vystřížení a montáž podložky se uskutečňuje na navrženém jednoúčelovém automatickém zařízení. Toto zařízení bylo nově zkonstruováno.

Zařízení bylo zkonstruováno s těmito parametry:

- jedná se o automatické zařízení umístěné v montážní lince
- zařízení je napojeno na stávající dopravníkový systém
- zařízení umožňuje vystřížení a montáž podložky o tloušťce 0,08mm
- rozměry zařízení jsou voleny tak, aby jej bylo možno integrovat do stávající montážní linky s ohledem na potřebu seřizování

Všechna kritéria pro konstrukci zařízení byla splněna.

V rámci návrhu montážního zařízení byly rozpracovány dvě varianty umístění podložek. Jako výhodnější byla zvolena varianta umístění podložek na svitek navinutý na buben. Dále byly v návrhu rozpracovány dvě varianty posuvu svitku s podložkami.

Po zvážení výhod a nevýhod bylo zvolena varianta č. I, tedy řešení s pomocí podávacích trnů.

V rámci ekonomického hodnocení byla cena zařízení odhadnuta na 2 508 000Kč bez DPH.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:**

- 1) KOTOUČ, J., ŠANOVEC, J., ČERMÁK, J. MÁDLE, L. *Tvářecí nástroje*. 1.vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1.
- 2) KRÍŽ, R., VÁVRA, P. *Strojírenská příručka: Tváření*. 1.vyd. Praha: Scientia, 1998. sv.8. 255 s. ISBN 80-7183-054-2.
- 3) BOLJANOVIC, V. *Sheet Metal Forming Processes and Die Design*. 1.vyd. New York: Industrial Press, 2004. 219 s. ISBN 0-8311-3182-9.
- 4) DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F., NOVOTNÝ, K. *Technologie tváření – plošné a objemové tváření*. 1.vyd. Brno: Cerm, s.r.o., 2003. 169 s. ISBN 80-214-2340-4.
- 5) DVOŘÁK, M. *Technologie II*. 1.vyd. Brno: Cerm s.r.o., 2003. 238 s. ISBN 80-214-2032-4.
- 6) NOVOTNÝ, J., LANGER, Z. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1980. 213 s.
- 7) FÜRbacher, J., MACEK, K., STEIDEL, J. a kolektiv autorů. *Lexikon technických materiálů se zahraničními ekvivalenty – včetně 12. doplňku*. Místo vydání: Verlag Dashöfer. ISBN 80-86229-02-5.
- 8) FOREJT, M. *Teorie tváření*. 2.vyd. Brno: Cerm s.r.o., 2004. ISBN 80-214-2764-7.
- 9) NOVOTNÝ, K. *Výrobní stroje – teorie tváření*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1983. 112 s.
- 10) DRASTÍK, F. a kolektiv autorů. *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*. 2. vyd. Ostrava: Montanex, 2002. 722 s. ISBN 80-85780-95-X.
- 11) BAREŠ, K. a kolektiv autorů. *Lisování*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1971.
- 12) JANYŠ, B., GLANC, F. *Kapesní dilenské tabulky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1963. 308 s.
- 13) ČSN 22 6337. *HLEDÁČKY BEZHLAVÉ*. Praha: Český normalizační institut.
- 14) ČSN 22 6015. *STŘIHADLA A STŘIŽNÉ VŮLE: Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: ÚNM.
- 15) DVOŘÁK M. a kolektiv autorů. *TECHNOLOGIE II*. Brno: Cerm s.r.o., 2001.
- 16) ČSN 22 6208. *PŘIŘAZENÍ HLAVIC KE STŘIŽNÝM SKŘÍŇÍM*. Praha: ÚNM..
- 17) ČSN 22 6235. *VODICÍ OCELOVÉ STOJÁNKY*. Praha: ÚNM.
- 18) ČSN 22 6272: *STŘIŽNÉ SKŘÍŇĚ*. Platnost 1.4.1977.
- 19) NORMSERVIS s.r.o. *Evidence technických norem*. Dostupné z WWW: [www.normservis.cz](http://www.normservis.cz)

- 20) FÜRBAKER, J., MACEK, K., STEIDEL, J. a kolektiv autorů. *Lexikon technických materiálů se zahraničními ekvivalenty – včetně 12. doplňku*. Odborné nakladatelství technické literatury Verlag Dashöfer. ISBN 80-86229-02-5.
- 21) NOVOTNÝ, K., ZEMČÍK, O. *Přípravky a nástroje*. Dostupné z WWW:  
<<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory.htm>>
- 22) *Systém vstříkávání s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. Praha: Robert Bosch odbytová s.r.o., 2005. 95s.
- 23) Technická universita Liberec. *Technologie II: Technologie plošného tváření – stříhání*. Dostupné z WWW:  
<[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm#061](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#061)>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<u>Označení</u>	<u>Legenda</u>	<u>Jednotka</u>
DRV2	Regulační tlakový ventil	
DRV6bar	Regulační tlakový ventil pro protitlak 0,6 MPa	
v	střížná vůle	[mm]
$\tau_s$	napětí na mezi pevnosti ve stříhu	[MPa]
t	tloušťka materiálu	[mm]
$R_a$	střední aritmetická drsnost povrchu	[ $\mu$ m]
IT	toleranční pole	[ $\mu$ m]
HRC	tvrdost podle Rockwella	
$F_s$	střížná síla	[N]
S	plocha	[mm]
L	délka	[mm]
$R_m$	napětí na mezi pevnosti v tahu	[MPa]
REV	rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
RAV	rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
JR	jmenovitý rozměr součásti	[mm]
V	střížná vůle	[mm]
TS	tolerance jmenovitého rozměru	[mm]
P	přípustná míra opotřebení	[mm]
TE	výrobní tolerance střížnice	[mm]
TA	výrobní tolerance střížníku	[mm]
PLC	Programmable Logic Counter (řídící jednotka)	
VPP21	obslužný terminál	
TS1	dopravníkový systém firmy Bosch	
CAM	Computer Aided Manufacturing	
CNC	Computer Numerically Controlled	

**SEZNAM PŘÍLOH:**

- Příloha č.1 Katalogový list stříhadla firmy Fibro
- Příloha č.2 Tabulka vzorců pro výpočet střížníku a střížnice
- Příloha č.3 Tabulka tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel
- Příloha č.4 Materiálový list oceli 19 437
- Příloha č.5 Výkres podložky na svitku
- Příloha č.6 Výkresová dokumentace zařízení
- Příloha č.7 Složení oceli X2CrNiMo17-12-2