



# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

## FAKULTA STROJNÍ



Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh úpravy upínacího přípravku pro svařování trapézových plechů**

**Design of Modifications Fixture for Welding of Trapezoidal Sheets**

Bakalářská práce

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Karel Petr Ph.D.

**Pavel Kožený**

---

Praha 2017

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kožený** Jméno: **Pavel** Osobní číslo: **423341**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**  
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh úpravy upínacího přípravku pro svařování trapézových plechů**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of Modifications Fixture for Welding of Trapezoidal Sheets**

Pokyny pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je návrh úpravy upínacího přípravku pro svařování trapézových plechů. Práce bude obsahovat stručnou rešerši upínacích prvků a to jak na principu mechanickém tak i na hydraulickém. Bude proveden souhrnný přehled způsobů upínání a to z pohledu upínání na obráběcích strojích; upínky (mechanické, pneumatické), upínací stoly; alternativní způsoby upínání (elektromagnetem).

Bude navržen koncept upínání trapézových plechů, které jsou podélně přeplátované. Po obou stranách v kolmém směru na trapézy jsou dva U profily, které plechy ohraničují. Je potřeba zaručit vzájemnou polohu plechů. Výsledný návrh musí zajistit bezpečnost a dodržení správné pozice všech svařovaných součástí. Součástí práce bude výpočet potřebných přítláčných sil.

Rozsah grafické části: 3D model; Výkres sestavení; Výrobní výkres vypalovaného plechu.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.
- [2] Joseph E. Shigley: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0
- [3] Katalogy výrobců upínek

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Karel Petr Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

,

Datum zadání bakalářské práce: **25.10.2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **06.01.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_



Podpis vedoucí(ho) práce



Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry




Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

27. 10. 2016

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh úpravy upínacího přípravku pro svařování trapézových plechů“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Karla Petra, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 2.1.2017

.....  
*Podpis studenta*

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Karlu Petrovi, Ph.D. za odborné vedení, vstřícnost, cenné rady a připomínky, které mi pomohly při zpracování. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Krňákovi za předání zkušeností z technické praxe. V neposlední řadě bych rád také poděkoval rodičům, kteří při mně stojí za každé situace.

## Anotační list

- Jméno autora: ***Pavel KOŽENÝ***
- Název BP: *Návrh úpravy upínacího přípravku pro svařování trapézových plechů*
- Anglický název: Design of Modifications Fixture for Welding of Trapezoidal Sheets
- Rok: *2017*
- Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
- Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový
- Ústav: *Ústav konstruování a částí strojů*
- Vedoucí BP: *Ing. Karel Petr PhD.*
- Konzultant: *Ing. Jiří Krňák*
- Bibliografické údaje: počet stran 44  
počet obrázků 42  
počet tabulek 4  
počet příloh 6
- Klíčová slova: Upínání, obrábění, svařování, přípravky, trapézové plechy
- Keywords: Clamping, machining, welding, jigs, trapezoidal sheets
- Anotace: Práce se zabývá způsoby upínání v průmyslových výrobcích, jejich druhy a způsoby použití. Dále navazuje na úpravu svařovacího přípravku za použití mechanických a pneumatických upínek.
- Abstract: This thesis deals with different ways of clamping technology and their usage in industry. Then it continues by adjustments of welding jigs by using manual and pneumatic clamps.

## Obsah

<b>ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1 UPÍNÁNÍ.....</b>	<b>2</b>
1.1 POŽADAVKY NA UPÍNAČE .....	2
1.2 POŽADAVKY NA UPÍNANÉ SOUČÁSTI ČI NÁSTROJE .....	2
1.3 PRINCIPY .....	3
<b>2 UPÍNÁNÍ OBROBKŮ.....</b>	<b>5</b>
2.1 ROTUJÍCÍ OBROBEK.....	5
2.2 STATICKÝ OBROBEK .....	8
<b>3 UPÍNÁNÍ NÁSTROJŮ .....</b>	<b>11</b>
3.1 ROTUJÍCÍ NÁSTROJ.....	11
3.2 STATICKÝ NÁSTROJ .....	15
<b>4 UPÍNÁNÍ VÍCE SOUČÁSTÍ .....</b>	<b>17</b>
4.1 SVAŘOVACÍ PŘÍPRAVKY .....	17
4.2 UPÍNKY PRO PŘÍPRAVKY .....	18
<b>5 ALTERNATIVNÍ UPÍNÁNÍ.....</b>	<b>22</b>
5.1 MAGNETICKÉ POLE.....	22
5.2 VAKUOVÉ UPÍNAČE.....	24
5.3 UPÍNAČE PRO ROBOTY .....	25
<b>6 NÁVRH ÚPRAVY UPÍNACÍHO PŘÍPRAVKU .....</b>	<b>27</b>
6.1 ZADÁNÍ A POŽADAVKY NA PŘÍPRAVEK .....	27
6.2 NÁVRH HNÍZDA S VYUŽITÍM MECHANICKÝCH UPÍNEK .....	29
6.3 NÁVRH HNÍZDA S VYUŽITÍM PNEUMATICKÝCH UPÍNEK.....	32
6.4 CENOVÉ POROVNÁNÍ MECHANICKÝCH A PNEUMATICKÝCH HNÍZD .....	35
6.5 ČASOVÁ NÁROČNOST UPÍNÁNÍ DO PŘÍPRAVKU.....	35
<b>7 ZÁVĚR .....</b>	<b>37</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>38</b>
<b>POUŽITÁ OZNAČENÍ.....</b>	<b>40</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>41</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>44</b>

## Úvod

Upínání je základní činnost nutná pro proces výroby. Jelikož je potřebné upnout nástroj či vyráběnou součást, bude nutná pomůcka k tomu určená. Jednoduché či složité mechanismy jsou využívány k tomu, aby byly splněny požadavky klientů, kteří danou upínací pomůcku kupují. Různých typů, odlišných mechanismů či principů je na dnešním trhu nespočet.

Svařovací přípravky slouží k urychlení a zjednodušení výroby svařenců. V neposlední řadě umožňují automatizovat výrobu, což je v posledních letech velmi žádoucí. Samotné svařování prováděné automaticky robotem vytváří kvalitnější a při zachovaných vstupních podmínkách vždy stejné svary. To je velmi výhodné pro sériové provozy a kvalitu jejich výrobků.

Bakalářská práce si bere v první řadě za cíl vytvořit základní přehled upínacích prvků, které mohou být použity v různých aplikacích. Jedná se o nástroje, obrobky či sestavy více komponent, které je třeba požadovaným způsobem uchytit. Jde o upínače statické i rotační.

Druhá část bakalářské práce je věnována úpravě svařovacího přípravku, kde je aplikována její teoretická část. Svařovací stanoviště bude upraveno za využití mechanických a pneumatických upínacích hnízd. Cílem je vytvořit koncepční návrh upínání jednotlivých částí svařence, cenovou kalkulaci návrhu společně s kalkulací použitého materiálu a hrubý odhad úspory času při použití pneumatických poloautomatizovaných upínacích hnízd vůči těm mechanickým.

# 1 Upínání

Pro mnoho operací využívaných v dílnách či ve výrobě, jako je měření, obrábění či svařování, je naprostým základem, aby byla součást správně umístěna a zajištěna. [1, s. 450]

Základní rozdělení nástrojů, které se k tomu používají, je na mechanické, pneumatické a hydraulické. U kteréhokoliv ze způsobů se jedná vždy o co nejjednodušší mechanismus, který zaručí dané požadavky.

## 1.1 Požadavky na upínače

Základním požadavkem na upínání je dostatečný přenos sil působících na přidržované těleso. Vnější síly nesmí způsobit změnu polohy, která byla přesně dána při zakládání do stroje či přípravku. V krajním případě by mohlo dojít až k uvolnění součástí, což nesmí nikdy nastat, a proto je potřeba při výběru upínacích pomůcek dbát na kontrolu dostatečné upínací síly. Je třeba brát v potaz nejen statické, ale i dynamické síly, které mohou způsobit mnohem více nežádoucích účinků. Zásadní je v první řadě dbát na celkovou bezpečnost uchycení.

Je důležité, aby upínače byly používány dle výrobcem daných ustanovení, především nepřekračovat maximální otáčky, maximální přitlačné síly a snažit se zachovávat alespoň upínací plochy dostatečně očištěné.

Protože se jedná o upínání nejen statických dílců, ale také dílců rotujících, musí se počítat s vibracemi. Je nutné myslet na to, aby byl upínač co nejtužší, vyvážený a svou chybnou konstrukcí nepodporoval nárůst vibrací.

## 1.2 Požadavky na upínané součásti či nástroje

Upínané dílce by měly být z nepoddajného materiálu. V případě, že tomu tak není, je třeba na to brát zřetel a myslet na to dopředu. Tím se předejde vzniku nebezpečných a nežádoucích situací. V některých případech může dojít k deformaci materiálu a následnému vylomení součásti z upínače nebo k takové deformaci, že nebude možné součást vůbec kvalitně upnout.

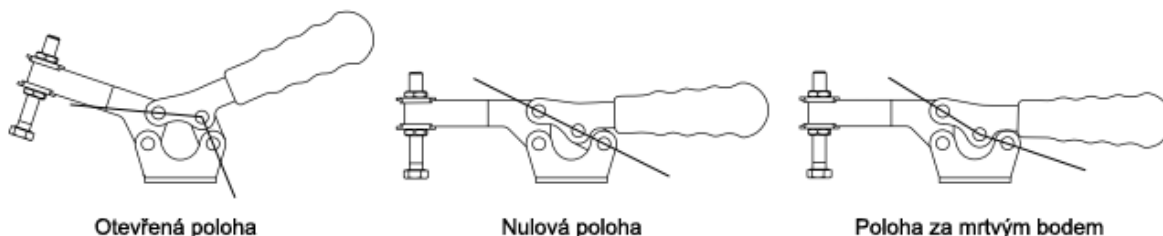
Plochy, za které je subjekt upínán by měly být důkladně očištěné od velkých nečistot pro dostatečné upnutí. V případě neočištění může dojít k rapidnímu snížení součinitele tření, a i přes to, že upínač dokáže vyvolat dostatečně velkou sílu, nemusí být nakonec dostačující.



## 1.3 Principy

### 1.3.1 Mechanické upínání

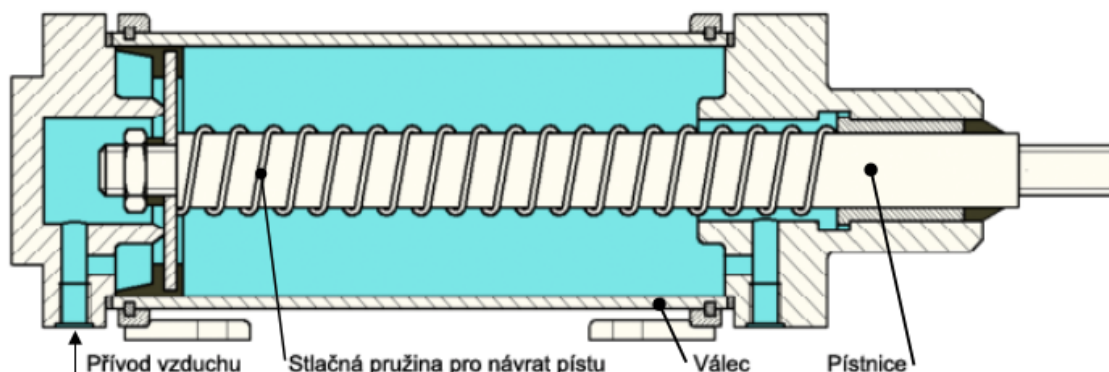
Mechanické upínání využívá jednoduchých mechanismů. Může být využito pohybového šroubu, který je samosvorný, nebo mechanismu, který se přehoupne přes mrtvý bod do samosvorné polohy (Obr. 1.1). [2] [3]



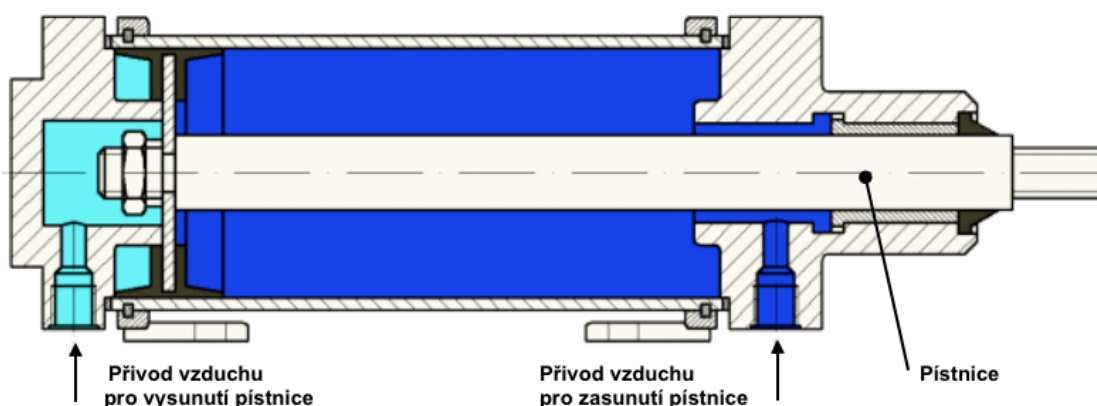
Obr. 1.1 Princip mechanické upínky [3]

### 1.3.2 Pneumatické upínání

Pneumatické upínání využívá stlačeného vzduchu. Při aplikaci tohoto systému je nutný rozvod stlačeného vzduchu a s tím spojená jeho výroba – kompresor.



Obr. 1.2 Princip pneumatického upínače s vratnou pružinou [4]



Obr. 1.3 Princip dvojčinného pneumatického upínače [4]

Základní pneumatické upínky mají pouze dvě polohy, např. otevřeno/zavřeno; vysunuto/zasunuto apod. Do válce, ve kterém je umístěn píst, vede jeden či dva přívody. Pro pohyb na jednu stranu se tlačí vzduch z jedné strany pístu, pro pohyb na druhou stranu se využije pružiny (Obr. 1.2) či se vzduch tlačí ze strany druhé

(Obr. 1.3). V případě využití ventilů regulujících tlak jdoucí z jednotlivých stran je možné dosáhnout i poloh mezi těmi krajními. Toto řešení není velmi časté.

Nejčastější uplatnění je v opakovaných výrobních operacích. Je ideální na kratší dobu trvající operace s dočasnou fixací. Je také možné ovládat více pneumatických upínačů zároveň. [2] [4]

### **1.3.3 Hydraulické upínání**

Hydraulické upínání využívá naplnění či vyprázdnění uzpůsobeného tělesa kapalinou. Díky tomu, že objem kapaliny je snadno regulovatelný, upínače umožňují jednoduše a přesně regulovat polohu. Kapaliny, jakožto nestlačitelné látky, umožňují upnutí s velkou silou, která je konzistentní při každém opakování. I u těchto upínačů je možné ovládat současně více zařízení. [2]

## 2 Upínání obrobků

Obrobek je objektem obrábění, což je „*technologický proces, při kterém se vytváří požadovaný tvar součásti úběrem materiálu*

- *mechanickým oddělováním materiálu ve formě třísky břitem obráběcího nástroje.*
- *elektrickými, elektrochemickými a dalšími metodami.“ [5, s.5]*

V této bakalářské práci jsou zmíněny způsoby upínání pro mechanické oddělování materiálu. U těchto procesů je pro daný objekt velmi důležitou vlastností obrobiteľnosť. Tato vlastnosť má vliv na proces obrábění, a to nejen na průběh, ale také na výsledek. Zahrnuje v sobě vlastnosti obráběného materiálu (fyzikální i chemické), dále pak řezné podmínky a požadavky kladené na vlastnosti obrobku. [6, s.10]

Aby tento proces vůbec mohl proběhnout, je důležité uchytit obráběný objekt do stroje. Přichycení se provádí odlišně dle toho, která část koná hlavní pohyb. V kapitole 2.1 bude popsán princip rotujícího obrobku. V kapitole 2.2 bude obrobek upnut staticky vůči stolu a hlavní pohyb bude konat nástroj.

### 2.1 Rotující obrobek

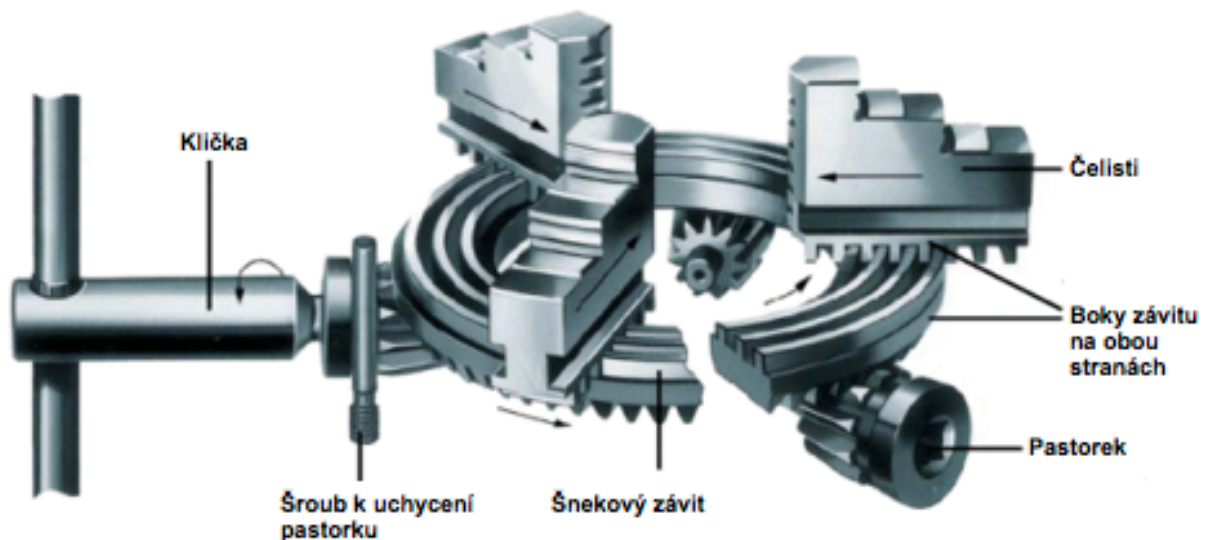
Hlavní pohyb při obrábění je rotace součásti a je potřeba zaručit co nejpřesnější souosost s vřetenem. To zajistí, že se nebude součást vychylovat od osy rotace a nebudou způsobeny nepřesnosti plynoucí z nekvalitního upnutí. Také je to podstatným požadavkem pro to, aby se součást nerozkmitala. V některých případech však může docházet k opačnému jevu, a to k záměrnému vychýlení o určitou excentricitu pro dosažení chtěného tvaru. To je např. výroba klikových hřídelů.

Pro dlouhé obrobky, u kterých by mohlo dojít k prohnutí, je možné využít tzv. lunetu. Ta může být pohyblivá či pevná. Pevná luneta je na stejném místě po celou dobu obrábění a má pohyblivé elementy, které jsou kalené a broušené. Tím je sníženo tření. Pohyblivá luneta se pohybuje současně s nástrojem, tak dochází k zamezení průhybu přímo u zdroje síly průhyb vytvářející.

#### 2.1.1 Univerzální sklíčidlo

Principem funkce univerzálního sklíčidla je stažení obrobku ve třech bodech, a to souměrně po  $120^\circ$ . Používá se především pro válcové součásti, kterých je nejvíce. Využití však najde i pro součásti třiboké či šestihranné. Méně používaná jsou sklíčidla se čtyřmi čelistmi, které se používají pro čtyřhranné či osmihranné obrobky. Možné je

pořídít i sklíčidlo s více čelistmi (např. šesti). Uchycení je možné realizovat jak za vnější, tak i za vnitřní plochy, a to podle průměru součásti či funkčního rozmezí sklíčidla. Nástroj svým principem vycentruje součást, což je jeho velká výhoda. Princip mechanického sklíčidla je patrný z Obr. 2.1. Čelisti bývají výměnné, tvrdé, normální či měkké. Tvrdé čelisti se používají na hrubovací operace, kde je odebírána velká tříška a vznikají velké síly. Jsou kaleny a vybaveny hroty. Měkké čelisti jsou vyfrézovány do přesného průměru jako je obráběná součást. Dojde tak ke zvětšení upínací plochy a ke zmenšení deformace povrchu obrobku.



Obr. 2.1 Univerzální sklíčidlo a jeho princip [8]

V případě automatizovaného obráběcího stroje se používá pneumatického či hydraulického sklíčidla. Principem pneumatického či hydraulického sklíčidla je posuv malého pístu uvnitř, který využívá nakloněnou rovinu a svým pohybem posouvá čelisti směrem od středu. Podobný princip je na Obr. 4.8. Druhý možný způsob je použití samosvorného sklíčidla, kde je vzduch připojen pouze při přeupínání obrobku.

Na moderních CNC strojích se používá nejčastěji hydraulických sklíčidel. Ta pracují na velmi podobném principu jako ta pneumatická, akčním členem je hydraulické médium. Důvodem použití je opakovatelná přesnost a větší síla upnutí.

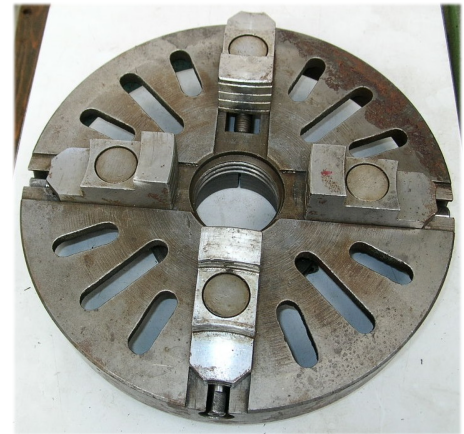
Důležitým faktorem pro použití sklíčidla bez dalších podpor je výpočet z rovnice (1), kde  $d$  je průměr a  $l$  je délka obráběné součásti.

$$\frac{l}{d} \leq 3 \quad (1)$$

Dalším omezením sklíčidla při upínání za vnější průměr jsou výrobcem udávané mezní otáčky. Při překročení těchto otáček dojde z důvodu působení odstředivé síly na prvky sklíčidla ke zmenšení upínací síly a tím se zmenší tření mezi čelistmi a obrobkem. Při upnutí za vnitřní průměr se tím upínací síla naopak zvětšuje. [7] [8]

### 2.1.2 Lícni deska

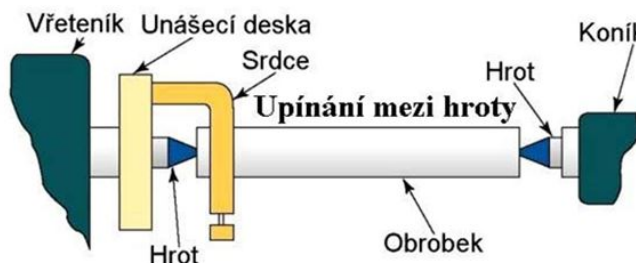
Upínací deska (Obr. 2.2) je principem velmi podobná univerzálnímu sklíčidlu, avšak každá čelist se pohybuje zvlášť a součást není samovolně vystředěna. Užití je odlišné, a to zejména pro vyosené obrobky, kdy je potřeba použít závaží proti rozkmitání obráběcího stroje. Obráběný díl je nutné vystředit pomocí číselníkového úchylkoměru. Upínací deska obsahuje také drážky pro přichycení obrobku pomocí šroubů. Upínací čelisti jsou čtyři. [9]



Obr. 2.2 Lícni deska [9]

### 2.1.3 Mezi hroty

Upnutí mezi hroty se používá pro dlouhé součásti, např. hřídele. Na součásti se pro tento způsob obrobí středící důlky, do kterých se zasunou hroty stejného tvaru.



Obr. 2.3 Obrobek upnutý mezi hroty [9]

Tím je součást vystředěna. Protože hroty nejsou schopné přenášet kroutící moment, rotace je zajištěna unášecí deskou a unášecím srdcem či čelním unášečem. Rozmístění prvků je na Obr. 2.3.

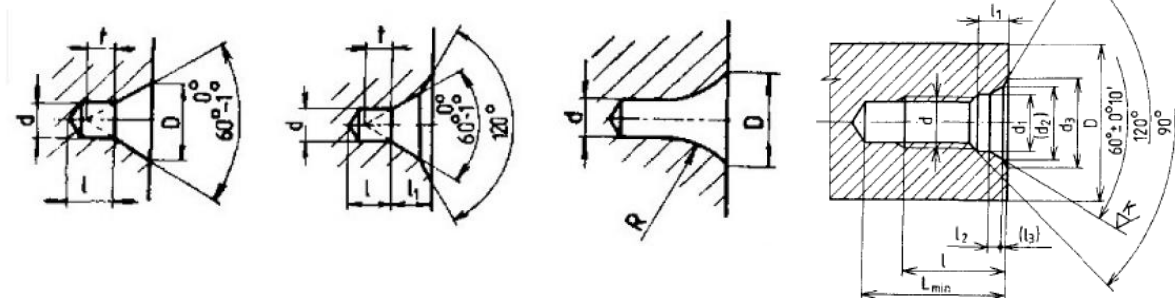
Středící důlky mají různý tvar, který je dán normou ČSN EN ISO 6411. Dle požadavků konstruktéra středící důlky po obrobení na součásti zůstanou, či nikoliv. Středící důlky se závitem jsou dle normy ČSN 01 4917. Jejich základní typy jsou na Obr. 2.4.

A – nechráněný

B – chráněný

R – rádiusový

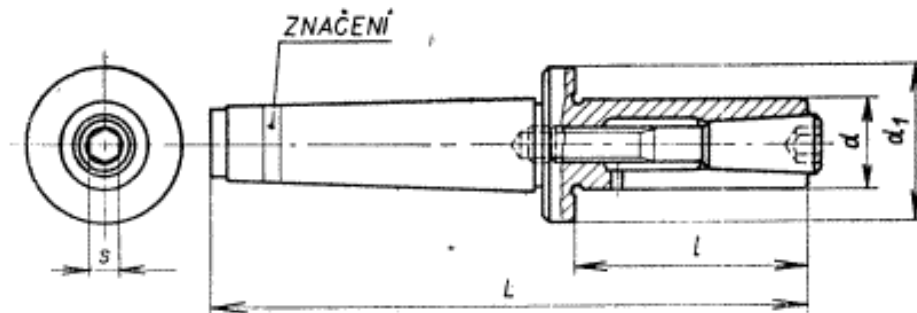
Se závitem



Obr. 2.4 Přehled středících důlků (dle ČSN EN ISO 6411 a ČSN 01 4917)

### 2.1.4 Upínací a rozpínací trn

Upínací trny jsou určeny pro obrobky s dírou. Trn má téměř stejný průměr jako díra a je vložen do obrobku. Většinou bývá mírně kuželovitý. V případě válcového provedení se z jedné strany vloží do součásti a z druhé se dotáhne maticí. Výhodou takového upnutí je přesnost centrování vnějšího válcovitého povrchu právě vůči vnitřní díře.



Obr. 2.5 Rozpínací trn dle ČSN 24 3375

Podobný upínacímu trnu je tzv. rozpínací trn. Ten se skládá z kuželové vložky, která je na třech místech rozříznuta. Vložka se roztahuje pomocí matice s jemným závitem až na dosažení požadovaného upnutí. Schematicky je zobrazeno na Obr. 2.5.

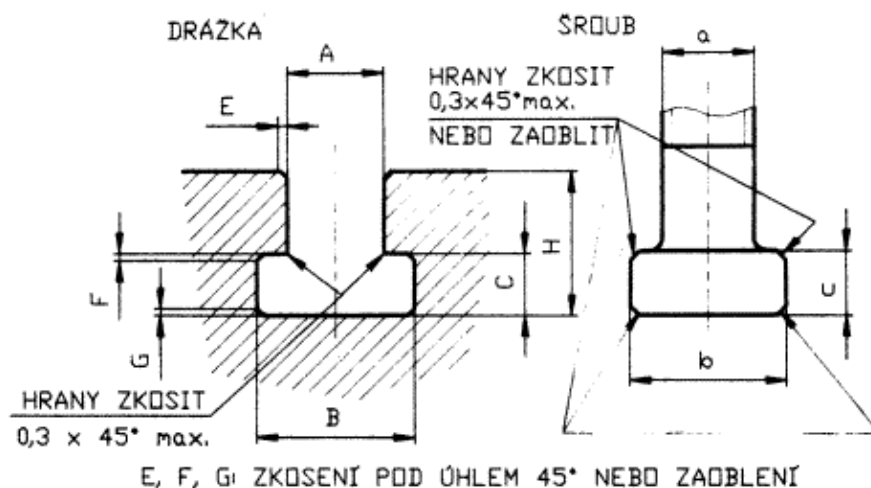
### 2.1.5 Kleštiny

Kleštiny se využívají především pro malé a krátké obrobky. Nevýhodou je malé rozpětí upínaných průměrů. Naopak konstrukce právě kvůli menšímu rozměrovému rozsahu umožní upnout daný průměr přesněji s menším házením. Snaha výrobců je, aby se dal tento typ upínače rychle měnit dle potřebného průměru. Principem jsou kleštiny dost podobné sklíčidlům užívaným pro upínání nástrojů, viz kapitola 3.1.2.

## 2.2 Statický obrobek

Hlavní rotační pohyb při obrábění koná nástroj. Obrobek je statický vůči stolu, ke kterému je připevněn. Stůl se může obecně pohybovat ve třech směrech, což jsou směry X, Y a Z. U víceosých strojů k tomu můžou přibývat rotace kolem os X a Y. Stůl, ke kterému se obrobek upíná, se nazývá lože. Lože jsou vybavena T drážkami a velmi tak zjednodušují potřebné přichycení obrobku. Do T drážek se vkládají šrouby s hlavou čtvercového průřezu, čímž jsou zajištěny proti pootočení (Obr. 2.6). Drážky se dělají v jednom či ve dvou směrech a jsou rovnoběžné se směrem či směry posuvu stolu.

Pro méně přesné provedení je šířka drážky v toleranci H12, pro standardní provedení



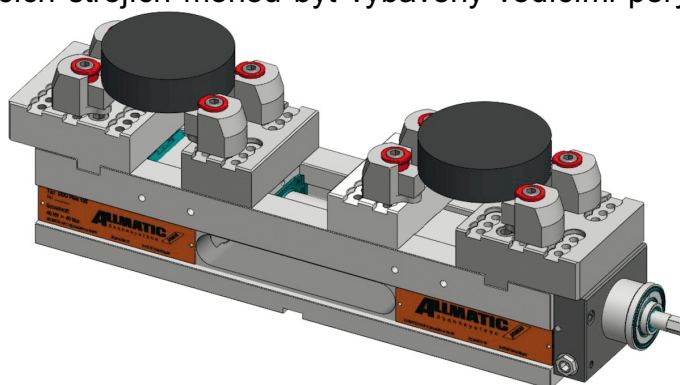
je tolerance H8. Rozměry jsou dle normy ČSN 011029 a ČSN 021030. [7]

Mimo pomůcky zmíněné dále v této kapitole je možné využít stacionárního sklíčidla.

Obr. 2.6 T drážka a šroub s T hlavou dle ČSN 02 1030

### 2.2.1 Svěrák

Svěráky pro použití na obráběcích strojích mohou být vybaveny vodícími perami (kameny), které se stejně jako šrouby zasunou do T drážky. Tím je svěrák nastaven do rovnoběžné či kolmé polohy vůči drážkám. Pro přesnější ustavení se používá číselníkový úchytko-měr, který se upevní na trn ve vřetení obráběcího stroje. Pohybem stolu v podélném nebo příčném směru zjišťujeme úchytky v ustavení svěráku.



Obr. 2.7 Svěrák s čelistmi pro upínání dvou součástí [11]

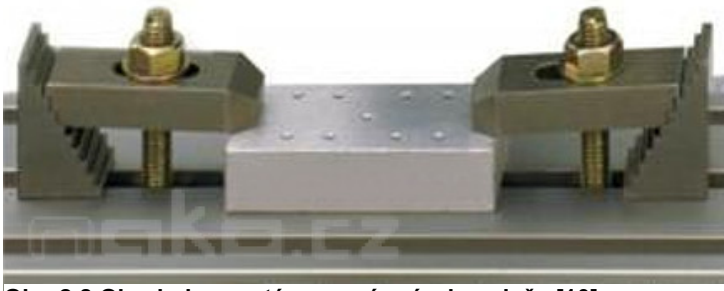
Pohybový šroub svěráku zaručuje jeho sevření a zároveň samosvornost. Je použito lichoběžníkového závitu, kdy se pohybuje šroub a posunuje tak maticí. Šroub je umístěn v jedné čelisti, matice pak v druhé – lépe řečeno, je v ní vytvořen závit. Možností je také svěrák, který posunuje obě své čelisti zároveň, tedy symetricky vůči svému nulovému bodu. Svěrák může být také pneumatický či hydraulický. [10] [11]

Základní svěrák umožňuje pouze upnutí mezi dvě čelisti a je nazýván pevným. Může být vyroben také v nízkém provedení. V případě upravených čelistí, které samy vystředí součást kruhového průřezu se jedná o prismatický svěrák. Dalšími možnostmi různě modifikovaných čelistí je více, jedna z nich je na Obr. 2.7. Výše bylo řečeno, že se používá kamenů pro uchycení svěráku ve směru T drážek. Aby bylo možné součást natočit přesně o požadovaný úhel, používá se otočných svěráků. Ty mají spodní desku vybavenou stupňovým dělením a umožňují otáčení svěráku kolem svislé osy.

Pro zajištění jsou zde dvě matice upínacích šroubů. Další možností je svěrák sklopný, který umožňuje naklonění obrobku od vodorovné osy. Rozsah bývá od  $-30^\circ$  do  $60^\circ$ . Některé svěráky je možné takto naklopit ve dvou na sebe kolmých rovinách.

### 2.2.2 Upínky

Tvarově složitější a rozměrnější obrobky se upínají pomocí upínek. Upínka (Obr. 2.8) je jednoramenná páka, která se na jedné straně opře o obrobek a na druhé straně se opře o podpěru. K opření dojde po dotažení šroubu s T hlavou, který se vloží do drážky v ložích. Vzdálenost šroubu od obrobku ovlivňuje upínací sílu, proto je



Obr. 2.8 Obrobek upnutý pomocí upínek na lože [10]

nejvhodnější vzdálenost volit co nejkratší. Aby se při utahování předešlo deformaci upínky, vkládá se mezi matici a upínku kalená podložka (vyšší tvrdost).

V případě rozdílných výšek obrobku a stupňovité podložky se využívá šroubovacích stojanů. Stojany je možné použít také v případě, že budou obráběny boky obrobku či díry skrze celou výšku. Důvodem je zabránění kolize nástroje se stolem. [10]

### 2.2.3 Otočný stůl

Otočné stoly se používají především v automatizované výrobě pro přeupínání obrobků mimo prostor stroje, a tím zkrácení výrobního času. Bývá rozdělen na dvě poloviny, přičemž jedna polovina je v prostoru obráběcího stroje, a druhá mimo, kde dochází k vyjmutí hotové součásti a upnutí polotovaru. Používají se tzv. palety tvořící paletový systém. Na paletu je upnut polotovar a paleta je upnuta na stůl pomocí speciálních upínačů. Ty mají velkou přidržovací sílu a přesně lokalizují polohu palety. Šetří tak mnoho času promrhaného ustavováním do správné polohy, a navíc je možné využít robota pro upnutí do tohoto systému.

### 2.2.4 Pákové mechanismy

Pákové mechanismy jsou popsány v kapitole 4.2.1.

### 2.2.5 Další možnosti upínání

I pro upínání statických obrobků je možné využít upínek stejných jako např. pro svařování, více v kapitole 4.2. Alternativním způsobem je použití magnetického pole či vakuových upínačů. Těmto způsobům je věnována kapitola 5.

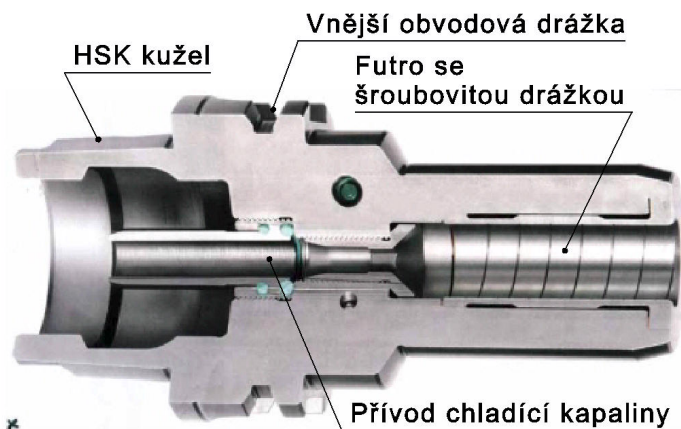


### 3 Upínání nástrojů

Upínání nástrojů na moderních strojích se velice odlišuje od upínání na strojích konvenčních. Moderní stroje používají tzv. revolverové hlavy, které uchycují více nástrojů. Každý nástroj má vlastní upínací hlavici, jeho poloha je seřizena a stroj ví, kde má nástroj ostří. To umožňuje zvětšení přesnosti výroby a také automatizaci změny nástroje bez vnějších zásahů. Na nástrojové upínače jsou kladeny náročné požadavky, a to především na jejich přesnost a tuhost.

Společně s velkým technologickým rozvojem posledních desetiletí se rozšiřuje unifikace. Ta se dotkla i upínání nástrojů, kde se používají normalizované součásti. Do těchto součástí jsou umísťovány požadované nástroje.

Při obrábění na nástroj působí relativně velké síly a kroutící momenty, proto je nutné mít nástroj správně upnutý. Obecně platí, že jak dobře je upnutý nástroj, tak přesně stroj obrábí. Je také důležité brát ohledy na znečištění upínacích ploch. V případě špatného upnutí může dojít k nepřesnému obrobení či jinému nebezpečí. A právě díky moderním normovaným systémům upínání se těmto nebezpečím snaží technologie předcházet.



Obr. 3.1 Hydraulický upínač pro nástrojové hlavy [7]

Na Obr. 3.1 je nástrojový upínač v řezu. Jedná se o upínač pro nástroje se stopkou (upínací část), která se vkládá do futra se šroubovitou drážkou. Do těchto drážek je vytlačováno přebytečné mazivo. Upínač umožňuje průchod chladicí kapaliny. Systém HSK (kapitola 3.1.7) umožňuje

upnutí do stroje. Vnější obvodová drážka umožňuje uchycení upínače při záměně nástrojů. [7]

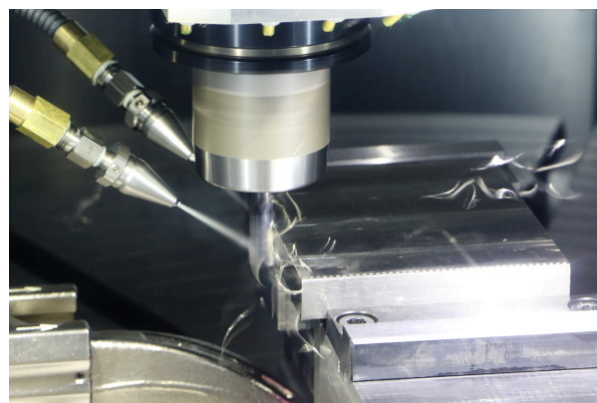
#### 3.1 Rotující nástroj

Nástroje, které konají rotační pohyb jsou kruhového průřezu a mezi nejčastěji používané se řadí frézy, vrtáky, výhrubníky, výstružníky, závitníky a brousící kotouče. U moderních strojů se otáčky pohybují v řádech desetitisíců a je velmi důležité, aby se nástroj v průběhu obrábění neuvolnil a nepřeměnil na letící projektil, který může způsobit poškození stroje či zranění obsluhy.

Protože se pro většinu obráběcích nástrojů používá chladících kapalin, jsou dnes jak upínky nástrojů, tak i nástroje, uzpůsobeny průchodu chladícího média osou rotace. Princip moderního a efektivnějšího chlazení je na Obr. 3.2. Dříve se přivádělo chladící médium pomocí trysky umístěné mimo nástroj (Obr. 3.3), která byla směřována do místa obrábění. Médium procházející přímo skrze nástroj ho chladí účinněji, tím snižuje opotřebení a zlepšuje odvod vznikajícího tepla. Díky tomu se zvyšuje efektivita obrábění. Nevýhodou je technologická složitost a nutnost dokonalého utěsnění vedení chladícího média. To se nesmí dostat mimo místa pro něj určená, aby nedošlo k znehodnocení některých komponent zařízení. [7] [12]



Obr. 3.2 Vnitřní chlazení nástroje [12]

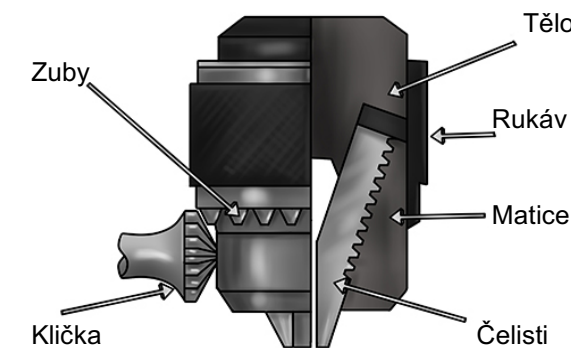


Obr. 3.3 Vnější chlazení nástroje [12]

### 3.1.1 Nástrojová sklíčidla

Existuje několik druhů sklíčidel. Mezi nejčastěji používané patří dvou, tří nebo čtyřčelistové. [13] Další možností je úprava válcové plochy nástroje pro lepší přenos kroutícího momentu. Zde jsou pak sklíčidla, která využívají dvou rovnoběžných ploch či čtyřhranu. Speciální, rychloupínací sklíčidlo využívají některé vrtačky, např. SDS+. Všechna sklíčidla jsou stavěna tak, aby se sama centrovala.

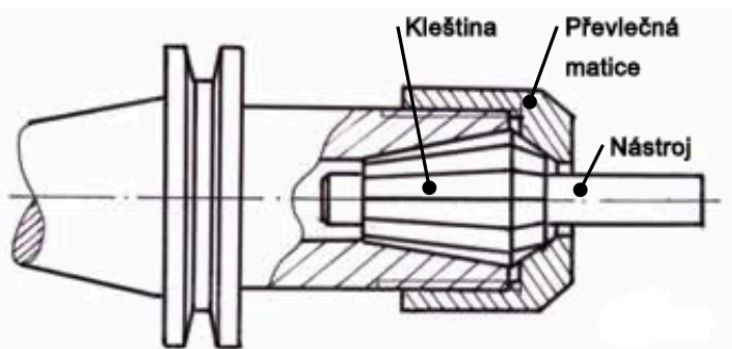
Principem základních čelistových sklíčidel je otáčení tzv. rukávem, který posouvá čelisti směrem k sobě či od sebe, viz Obr. 3.4. Pro pevnější uchycení se používají sklíčidla stahovatelná pomocí kličky. Některé vrtačky využívají sklíčidel utahovaných pouze rukou, což je pro ruční „hobby“ vrtačky dostačující. [13]



Obr. 3.4 Nástrojové sklíčidlo [13]

### 3.1.2 Kleštiny

Princip kleštinového upínače je zřetelný na Obr. 3.5. Pomocí matice se dotáhne kleština, která svou deformaci v ose rotace změní na deformaci kolmo k ose rotace a tím uchytlí nástroj. Aby nedocházelo k vychýlení, používají se přesné převlečné matice s využitím přesné broušené tvrdokovové vložky. Ta díky dvojitému kontaktu snižuje vibrace. Kleština může být vtahována směrem

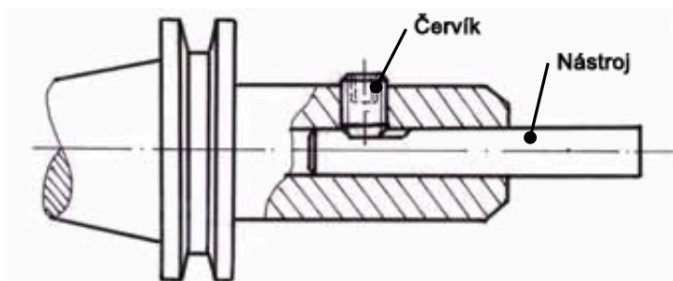


Obr. 3.5 Kleštinový upínač [7]

do kužele upínače tzv. vtahovacím mechanismem. Špičkové kleštiny umožňují utěsnění pro přívod chladící kapaliny rovněž vnitřkem upínače. [7]

### 3.1.3 Weldon

Upínání nástrojů principem Weldon (Obr. 3.6) je založené na utažení šroubů



Obr. 3.6 Upínače Weldon [7]

kolmo k ose nástroje. Na nástroji je vytvořena malá ploška, na kterou šroub dosedá a tím je zabráněno protočení. Futro pro nástroje je vyrobeno s malou tolerancí, a proto upínače zaručují dobrou přesnost.

### 3.1.4 Hydraulicky rozpínatelné upínače

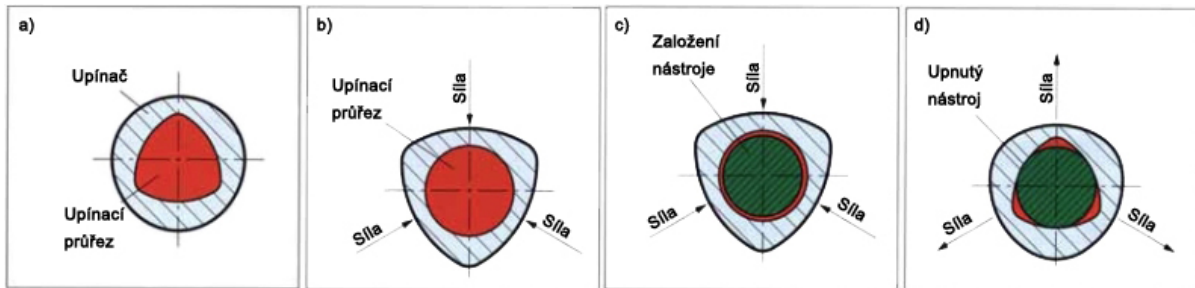
Podobně jako kleštiny využívají hydraulické upínače deformaci vnitřního pouzdra, která je vyvolána zvýšením tlaku hydraulického média. Upínací pouzdra bývají vybavena drážkami pro únik nečistot, a tím zamezují vzniku nepřesného upnutí. Některé upínače mohou být samosvorné. To znamená, že pro upnutí či vyjmutí nástroje je potřeba externí tlakové kapaliny. Obecně však platí, že hydraulické upínače mohou pracovat do provozní teploty 50°C. Upínač je zobrazen na Obr. 3.1. [7]

### 3.1.5 Upínače se změnou tvaru či tepelnou roztažností

Upínače se změnou tvaru fungují na principu deformace vnitřní dutiny působením vnější síly. Nástroj je možné vložit či vyjmout za použití ručně ovládaného přípravku.

Na Obr. 3.7 je zobrazen postup upínání nástroje:

- upínač bez nástroje, upínací průřez má tvar polygonu,
- působením vnější síly se vnitřní průřez deformuje na kruh,
- vložení nástroje do upínače,
- uvolnění vnější síly, vnitřní průřez se vrací do tvaru polygonu.



Obr. 3.7 Upínač fungující na principu změny tvaru [7]

Tímto způsobem se nástroj vycentruje s velmi dobrou přesností. Upínač je možné použít za velmi vysokých otáček díky jeho tuhosti a přesnosti. Pro zvýšení univerzality je možné použít vkládacího pouzdra, a tak změnit vnitřní průměr. [7]

Další možností jsou upínače založené na teplotní dilataci. Při vkládání nástroje se hlavice zahřeje na určitou teplotu, vloží se nástroj a po zchladnutí již nástroj pevně drží uvnitř hlavice. Vzhledem k osové stavbě a stejnoměrné roztažnosti dojde k přesnému souosému upnutí. Ve velké míře jsou tyto upínače vybaveny osovým přívodem chladícího média. [7]

### 3.1.6 Upínání čelních a kotoučových fréz

Frézy se upínají na trn, nebo v případě fréz s větším průměrem na přírubu. Přenos kroutícího momentu je uskutečněn pomocí dvojice kamenů na upínači, které zapadají do vybrání na fríze. U kotoučových fréz je přenos kroutícího momentu pomocí pera. V případě uchycení pomocí trnu není dokonale zaručena centricita frézy vůči ose rotace a dochází tak k nerovnoměrnému opotřebení ostří břitových destiček. V některých aplikacích se využívá mechanicky či hydraulicky rozpínatelného trnu. Chladící médium je možné přivádět osou upínače, nebo přírubou. [7]

### 3.1.7 Upínání do nástrojové hlavy

Pro jednoduchost a rychlou záměnu nástrojů se používají tzv. nástrojové upínače. Ty jsou upnuty za přesně vyrobenou stopku, která má svůj protikus ve vřetení stroje. Jako stopka se využívá samosvorných i nesamosvorných kuželů.

Samosvorné kužele mají obrovskou výhodu v tom, že zde není potřeba žádných dalších mechanismů pro přenos kroutícího momentu. Mezi nejznámější patří kužel Morse (kuželovitost dle velikosti, přibližně 1:20). Na druhou stranu, jak jednoduše je

přenášen kroutící moment, tak složitě je nástroj vyjímán. Zde je potřeba vyvolat velkou sílu, lépe řečeno je nutné nástroj vyrazit. Tím se vnáší do stroje rázy, a to není pro stroj příznivé.

Nesamosvorné kužele se musejí použít společně s mechanismem pro přenos kroutícího momentu a také pro uchycení upínače ve vřetení. Standardní upínací elementy pro stroje jsou:



Obr. 3.8 Upínač s krátkým kuželem HSK 63 [15]

- a) s krátkým kuželem (HSK 63, viz Obr. 3.8),
- b) se strmým kuželem (ISO 40, ISO 50 dle DIN 69781; ISO 50 dle DIN 2080).

Nejpoužívanější nesamosvorný kužel je 7/24, což značí kuželovitost 7:24. Ta je využívána u kuželů normy DIN 69781 a DIN 2080.

Krátký kužel (HSK 63) s kuželovitostí 1:10 se využívá stále častěji, a to právě díky krátké stopce. Ta umožňuje rychlejší výměnu nástroje za menších posuvů při vyjmutí a usazení upínače. [14] [15]

### 3.1.8 Další možnosti

Mimo klasické kuželovité upínače existují také další možnosti – např. upínače CAPTO dle ISO 26623 (Obr. 3.9). Ty využívají mnohoúhelníkového tvaru a velmi dobře tak zachycují torzní a ohybové momenty. Tento systém je mimořádně přesný a rychlý. [16]

Vzhledem k současnému trhu, na kterém je nespočet dalších upínacích systémů, se vyrábějí různé redukce pro nasazení nástrojů na stroje s jiným systémem upínání.



Obr. 3.9 Upínače CAPTO [16]

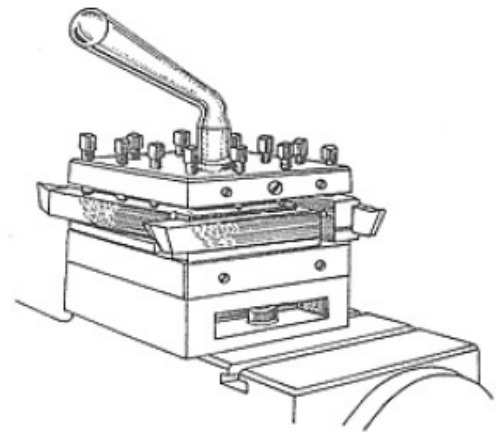
## 3.2 Statický nástroj

Nejznámější stroj, na kterém se užívá statického nástroje a rotačního obrobku je konvenční soustruh. Stejně jako u rotujících nástrojů, i zde platí, že s jakou přesností je nástroj upnutý, s takovou přesností stroj obrábí. Použití chladicího média se využívá jádrem nástroje nebo tryskou jdoucí mimo nástroj namířenou na místo obrábění.

### 3.2.1 Nožová hlava

*„Nejčastější způsob upínání u menších soustruhů je pomocí tzv. nožových hlav. Jsou otočné a najednou mohou být upnuty až čtyři různé nástroje. Soustružnický nůž*

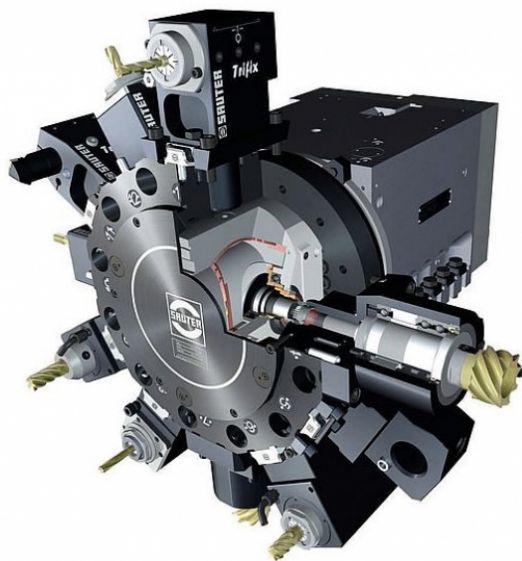
*musíme mít v nožové hlavě upnut vždy alespoň pod dvěma šrouby, nikdy neupínáme pouze pod jediný šroub. Nůž by se totiž uvolnil, zničil nám obrobek a ohrozil obsluhu soustruhu. Ve většině soustružnických prací upínáme nůž tak, aby břit nástroje byl přesně v ose obrobku. Nůž vymezíme do správné výšky pomocí ocelových podložek.“ [9] Nožová hlava je schematicky nakreslena na Obr. 3.10.*



Obr. 3.10 Nožová hlava pro soustruh [9]

V případě, že soustruh není vybaven nožovou hlavou, je možné nástroj upnout pomocí upínek, které jsou utaženy šrouby.

### 3.2.2 Revolverové a otočné hlavy



Obr. 3.11 Otočná hlava s poháněným nástrojem [17]

Tento způsob upínání nástrojů se využívá především u CNC soustruhů. Nástroje jsou upnuty podobně jako v případě provedení „rotující nástroj-statický obrobek“. Rozdíl je v tom, že nástroje jsou upnuty pevně, a nástrojová hlava (Obr. 3.11) se pouze otočí dle toho, který nástroj je navolen pro obrábění. Některé revolverové hlavy CNC soustruhů umožňují také pohon jednoho či více z upnutých nástrojů. To umožní nejen klasické soustružení, ale také operace s rotujícími nástroji jako je frézování, vrtání a závitování i mimo osu rotace. [17]

## 4 Upínání více součástí

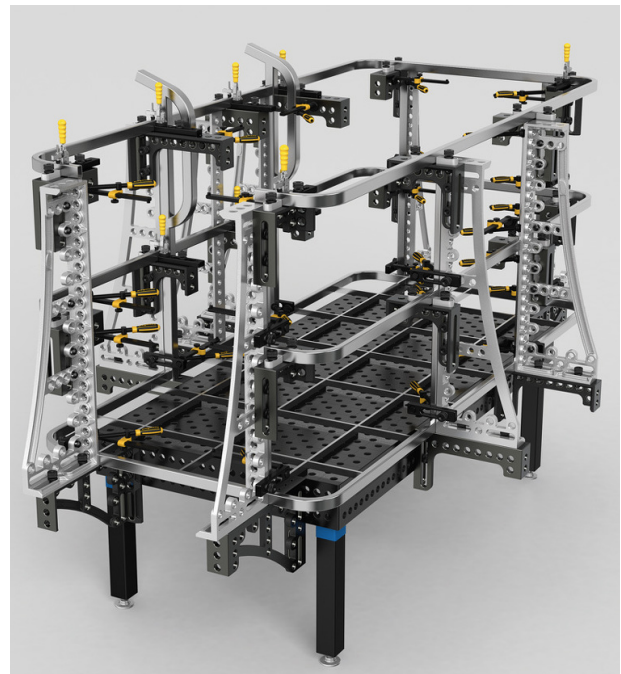
Upínáním více součástí je myšleno ustavení dílů do požadované polohy při montáži či svařování. Požadavkem je upnutí součásti do takové polohy, aby je bylo možné sešroubovat, snýťovat či svařit. Protože pro šrouby a nýty jsou již díry, popř. závity předvrtány, je jejich umístění do správné polohy méně náročnější než u svařování.

### 4.1 Svařovací přípravky

Přípravky pro svařování jsou vystavovány rozdílným podmínkám oproti jiným přípravkům. Při svařování vzniká teplo, roztavený kov se rozstříkuje do okolí a tím jsou ovlivněny požadavky, které se projevují i do upínací techniky používané pro svařovací přípravky. Stejně jako u obrábění, i zde je požadováno svařit součásti s danou přesností, při práci zamezit deformaci materiálu a v případě manuálního svařování co nejvíce usnadnit práci svářeči. [18]

#### 4.1.1 Svařovací stavebnice

Pro svařování menších rozmanitých součástí existují svařovací stavebnice (Obr. 4.1). Základem je stůl, který je povrchově upraven proti zachytávání odstříkujícího nataveného kovu a má nespočet navrtaných děr. Díry slouží k přichycení mechanických upínek. Tyto upínky mají upravené držáky právě pro systém děr vyvrtaných do stolu a je možné je snadno přichytit a ihned použít ke svařování. [3]



Obr. 4.1 Svařovací stavebnice Sigmund [3]

#### 4.1.2 Přípravky na míru zákazníkovi

Přípravky se ve velké míře projektují na míru svařovaným součástem. Důvodem je následné zkrácení upínacího času, protože není potřebné důsledné nastavování přípravku pro každou součást zvlášť. Nevýhodou může být nutnost různých přípravků pro různé svařence. Konstrukce přípravků bývají svařované, ale je samozřejmě možné využít konstrukce nýťované či šroubované. Šrouby pro seřizování se volí bezklíčové a tím se usnadňuje práce svářeči. Části, jako jsou matice či jiné uvolňované díly, se připevňují k rámu přípravku, aby nedocházelo k jejich zapadnutí či ztrátě. [18]

Protože je svařování práce negativně ovlivňující zdraví člověka, je snaha jeho manuální formu v průmyslu eliminovat, především v sériové výrobě. Vzhledem k rozmachu automatizace jak zakládání dílů, tak svařování roboty, je vhodné využít centrálně řízených pneumatických upínek.

## 4.2 Upínky pro přípravky

Pro přípravky se používá zejména mechanických či pneumatických upínek. Pro upnutí dílců postačí dvě pozice upínače, které jsou těmito upínkami dosažitelné. Přesnost přípravků je dosažena dotlačením svařovaných dílců na mezní dorazy.

### 4.2.1 Mechanické upínky

Základním nástrojem používaným při svařování je svěrka. Tou je možné stáhnout dva díly k sobě, nebo je přitáhnout ke stolu. Jako další se používají sofistikovanější nástroje, kterými jsou kloubové upínky. Rozděleny jsou do podkategorií podle polohy uchycení a směru pohybu. Samozřejmě jsou různé velikosti a tím rozlišné upínací síly. Provedení bývá standardní, vysokozátěžové či s tolerovaným upínacím ramenem. Některé upínky mají možnost zabezpečení proti neúmyslnému otevření. Tento systém je výhodný především svou jednoduchou obsluhou a skoro bezúdržbovým provedením.

**Vertikální upínky** (Obr. 4.2) mají rukojeť ve svislé poloze. Jejich otevírací poloha je minimálně 90°, což se hodí především pro pohodlné vyjímání upnutých součástí. Rameno a rukojeť se pohybují stejným směrem. Základna upínky může být ve vodorovném či svislém směru. Upínací síla dosahuje až několika desítek kN.



Obr. 4.2 Vertikální mechanická upínka [3]

**Horizontální upínky** (Obr. 4.3) jsou charakteristické rukojetí ve vodorovném směru. To umožňuje jejich nízkou konstrukční výšku a následné využití této konfigurace v upnutém stavu. Rameno a rukojeť se pohybují opačným směrem. Upínací síla je maximálně v jednotkách kN, tzn. upínací síly jsou celkově menší než u vertikálních upínek.





Obr. 4.3 Horizontální mechanická upínka [3]



Obr. 4.4 Háková mechanická upínka [3]

**Hákové upínky** (Obr. 4.4) mají rukojeť ve vodorovném směru, přitlačná funkce však byla zaměněna za funkci přitahovací. To znamená, že přitlačné rameno je nahrazeno pevným přitahovacím ramenem, uzávěrovým ramenem ve tvaru „U“ či hákem ve tvaru písmene „J“. Pro upínky ve tvaru „U“ je k dispozici jak horizontální, tak vertikální směr ramene. Uzavírací hák nebo rameno je vybaveno dodatečným nastavováním jeho délky.

**Přímočaré upínky** (Obr. 4.5) dosahují upínacích sil až kolem 70 kN. Pohybem rukojeti dochází k vysunutí a zasunutí čepu. Konstrukce umožňuje využití jak pro tlačení, tak pro přitažení. Je zde celá řada možností, jak upínku uchytit k rámu, a to pomocí rovinné příruby, díry určené pro prostrčení a následné dotažení maticí nebo s přírubou, která má osy děr ve stejném směru jako osu pohybu.



Obr. 4.5 Přímočará mechanická upínka [3]

**Upínky se zvýšenou přesností** nacházejí své uplatnění především v aplikacích, kde je potřeba zvýšená opakovatelná přesnost. Jedná se zejména o přesnější provedení přímočarých upínek.

**Otočné upínače** (Obr. 4.6) jsou přichyceny v jednom místě pomocí šroubu. Ve svém těle mají zabudovaný mechanismus, díky kterému je možné je otočit z jedné polohy do druhé. Na svém rameni je přitlačný šroub, který se dotahuje ručně.



Obr. 4.6 Otočný mechanický upínač [19]

**Excentrické upínače** využívají otočné páky, která má excentricky vyrobenou

plochu a tím vytlačuje či uvolňuje přítlačné rameno. [2] [3] [19]

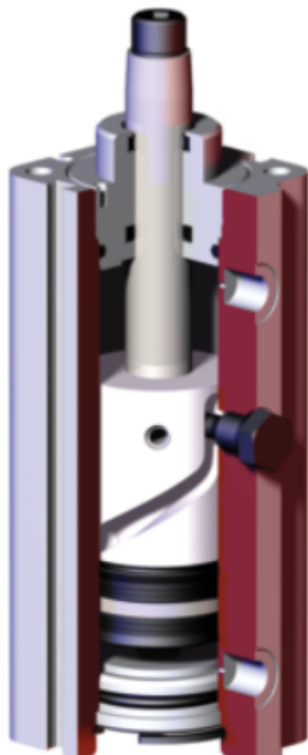
#### 4.2.2 Pneumatické upínky

Princip fungování těchto upínek je uveden v kapitole 1.3.2. Stejně jako u mechanických upínek, i u pneumatických je vyráběno provedení v několika velikostech pro každý typ. Svě uplatnění pneumatické upínky najdou především v automatizaci, protože je možné ovládní programově řízenými ventily. Magnetické kroužky, kterými jsou



Obr. 4.7 Standardní pneumatický upínač [3]

upínače vybavené, umožňují instalovat snímače polohy. Toho se rovněž využívá v automatizaci, kdy se po upnutí dílu sepnou snímače a odešlou signál do řídicí jednotky. Upínací síly se pohybují od stovek N až po desítky kN.



Obr. 4.8 Otočný pneumatický upínač [2]

**Standardní pneumatické upínky** (Obr. 4.7) vycházejí z mechanických upínek. K pohybu ramene používají pneumatického válce, nikoli lidské síly. Jedná se o upínky přítlačné a přímočaré. Protože upínače využívají přechodu přes tzv. mrtvý bod, zabezpečují upnutí i při ztrátě tlaku vzduchu ve válci. Některá provedení jsou upravena pro menší prostorové řešení.

**Otočné pneumatické upínky** (Obr. 4.8) využívají pohybu pístu s vyfrézovanou drážkou tvaru šroubovice, která zaručí otočení ramene. Pro jednotlivé provedení je možné nastavit jak levou, tak pravou rotaci, či přítlačení bez rotace.

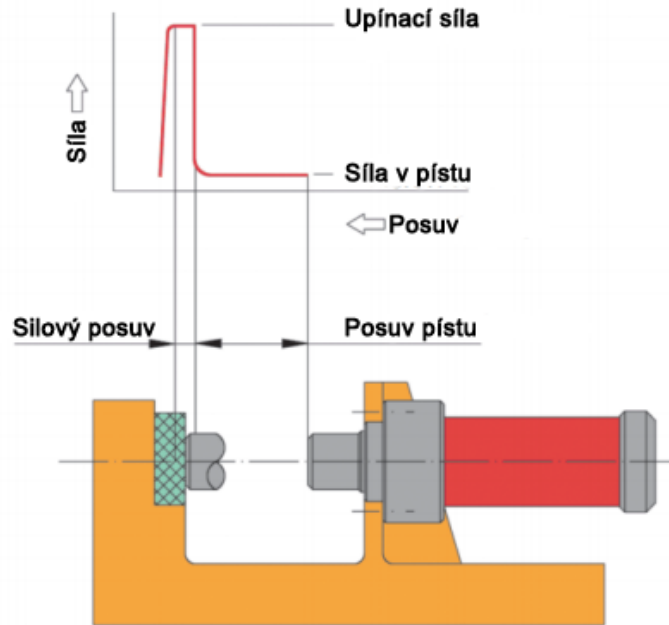
**Pákové upínače** (Obr. 4.9) jsou nejmenší z řady pneumatických upínek. Přichycení k rámu přípravku je provedeno pomocí příruby jako u ostatních pneumatických upínačů, anebo pomocí závitů na těle upínače. Díky jejich konstrukci zachovávají konstantní sílu nezávisle na velikosti upínaného dílu.



Obr. 4.9 Pneumatický pákový upínač [2]

**Pneumatické silové válce** s mechanickou multiplikací síly jsou modifikované pneumatické upínky s dvojčinným

upínáním. První fáze je předzdvih, přiblížení přitlačného ramene. Druhá fáze je dotlačení silovým zdvihem, který má několikanásobnou sílu a funguje pouze na krátkou vzdálenost (cca 6-7 mm). Upínací síla je v poměru 10:1 v porovnání se silou v předzdvihu. Celková síla dosahuje více než 60 kN. To umožňuje jejich aplikaci i v jiných operacích, např. řezání, stříhání či lisování. Průběh síly je na Obr. 4.10 [2] [3] [19]



Obr. 4.10 Průběh síly pneumatického silového válce [2]

## 5 Alternativní upínání

V této kapitole jsou zahrnuty způsoby upínání fungující na principu jiném než působících třecích sil. To znamená, že na obrobek, nástroj či skupinu obrobků nepůsobí síly čistě mechanické, ale síly magnetického pole či jsou drženy vyvozeným podtlakem. Tyto způsoby nejsou tak běžně užívané jako způsoby zmíněné v předchozích kapitolách. Přesto jsou však v některých ohledech výhodnější a jejich užívání, zejména pomocí magnetického pole, bude častější.

Tyto způsoby nacházejí využití především v upínání vyráběných součástí nežli nástrojů. Důvodem je časté přeupínání polotovaru za již hotovou součást.

### 5.1 Magnetické pole

Důležitým požadavkem pro využití přichycení magnetickým polem je materiál součásti – musí být vyrobena z dostatečně magnetického materiálu. Nejlepšími



Obr. 5.1 Závislost upínací síly na velikosti vzduchové mezery [7]

materiály jsou nízkouhlíkové oceli. U litin, kde je obsah uhlíku vyšší, se snižuje přidržovací síla na zhruba 45 %. Pokud by byla upnuta součást obsahující legující prvky, dochází ke snížení přidržovací síly ještě více. Další požadavek je překrytí alespoň jednoho severního a jednoho jižního pólu

magnetu, aby mohly součástí procházet siločáry magnetického pole. V případě vznikající vzduchové mezery mezi součástí a upínací deskou rapidně klesá upínací síla (Obr. 5.1).

*„Hloubkový účinek magnetického pole sahá do obrobku do hloubky rovné zhruba polovině vzdáleností pólů; proto pro malé a tenké obrobky se volí rozteč pólů zhruba 5 mm a pro velké a silnostěnné cca 50 mm. Tím je zajištěna potřebná účinnost upnutí, protože magnetické siločáry se lépe soustředí v materiálu obrobku.“ [7]*

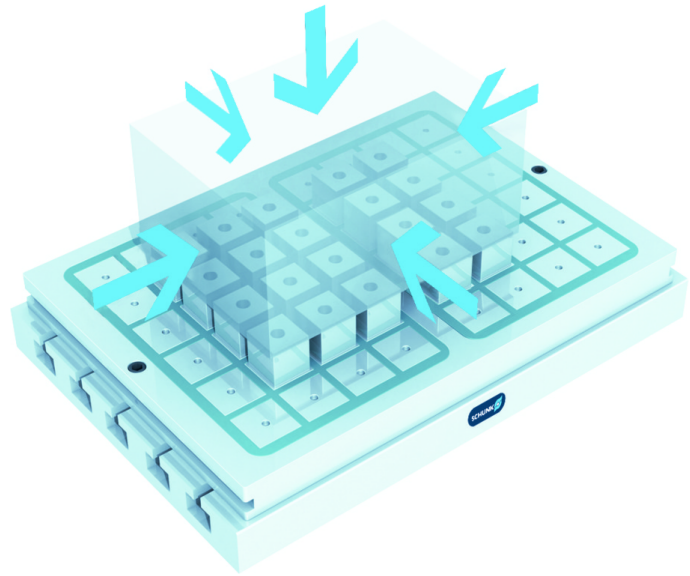
Obrovskou výhodou je, že nedochází k deformaci součástí, protože je upnutá za větší plochu. A také díky upnutí pouze za jednu plochu je možné opracovávat všechny plochy vyjma té jedné, za kterou je upnutá. Vzhledem k velikosti plochy



v dotyku s plochou magnetického upínače (Obr. 5.2) také dochází k dobrému přenosu vibrací vznikajících např. při frézování. [7]

### 5.1.1 Permanentní magnety

Permanentní magnetické upínače jsou založeny na principu posuvu jednotlivých řad, čímž se vytvoří magnetické pole procházející součástí umístěnou na upínací ploše. Magnety se ovládají mechanicky – pákou.



Obr. 5.2 Obrobek upnutý na magnetickém upínači [20]

Nepotřebují žádný vnější zdroj energie a jsou prakticky bezúdržbové. Vyrábějí se ze vzácných magnetických hornin, kterou je např. neodym. Je možné je vyrobit s malou roztečí pólů a mohou sloužit pro upínání malých dílů. Využívají se především pro broušení či frézování.

### 5.1.2 Elektromagnet

V případě elektromagnetu se jedná o cívku, kterou prochází stejnosměrný proud vytvářející magnetické pole. To způsobí vznik přídržné síly kolmé k upínací ploše. Smyková síla bránící pohybu dílce po povrchu upínací plochy je o velikosti 20-30 % síly přídržné. To v mnoha případech umožňuje správné uchycení součásti, protože přídržné síly jsou dostatečně veliké. Výrobci se snaží dosáhnout vyšších a rovnoměrněji rozložených sil pomocí umístění více pólových dvojic. Vytvořená síla je závislá především na průchozím proudu a konstrukčním provedení cívky.

Pro manuální upínání na elektromagnety je možné využít pomocných mechanismů, kterými je součást ustavena do požadované polohy. Elektromagnet je také snadno použitelný do automatizovaného prostředí, protože při přiložení magnetické součástí stačí nechat procházet proud elektromagnetem a součást se okamžitě přichytí k upínací ploše. V případě odjímání se elektromagnet odpojí od zdroje.

Po dokončení procesu (např. již zmíněného obrábění) se provádí demagnetizace dílce. Ta může být provedena přímo na upínači a je nevyhnutelná zejména v případě, kdy součást zůstane na upínači i po odpojení zdroje elektrické energie.

Také může být provedena mimo upínač, a to několika způsoby:

- a) průchodem střídavého magnetického pole,
- b) přepólováním,
- c) vytvořením demagnetizačního pole.

Nevýhodou elektromagnetů je ohřev součásti procházejícím elektrickým proudem, což může způsobit nepřesnosti ve výrobě. V případě výpadku elektrické sítě by došlo k odpoutání součásti a jejímu možnému poškození. Pro správnou funkci je nezbytné neustálé připojení ke zdroji elektrické energie. Proto bývají upínače vybaveny záložním zdrojem. [7] [20]

### 5.1.3 Elektropermanentní magnetické upínače

Tento typ upínače spojuje funkci permanentního magnetu s funkcí elektromagnetu. Využívají se magnety z feromagnetického materiálu. Ty jsou aktivovány proudovým impulsem cívky a chovají se jako permanentní magnet. Po dokončení operace jsou dalším impulsem deaktivovány a je možné dílec odebrat. Tímto se stávají bezpečné, protože nepotřebují stálé připojení ke zdroji elektrické energie. To zmenšuje jejich spotřebu a také eliminuje zahřívání upnuté součásti. [7]

## 5.2 Vakuové upínače

Vakuové upínače fungují na principu tvorby podtlaku a tím přidržují součást k upínací ploše. Podtlak je vyvozován na ploše, která je nutně ohraničena uzavřenou křivkou. Upínací plocha součásti musí být rovinná, neporézní a nepoddajná. Upínaná součást může být z jakéhokoliv materiálu. Tento druh je vhodný především pro tenkostěnné a ploché dílce s menší tuhostí, kde by většími upínacími silami došlo k deformaci.

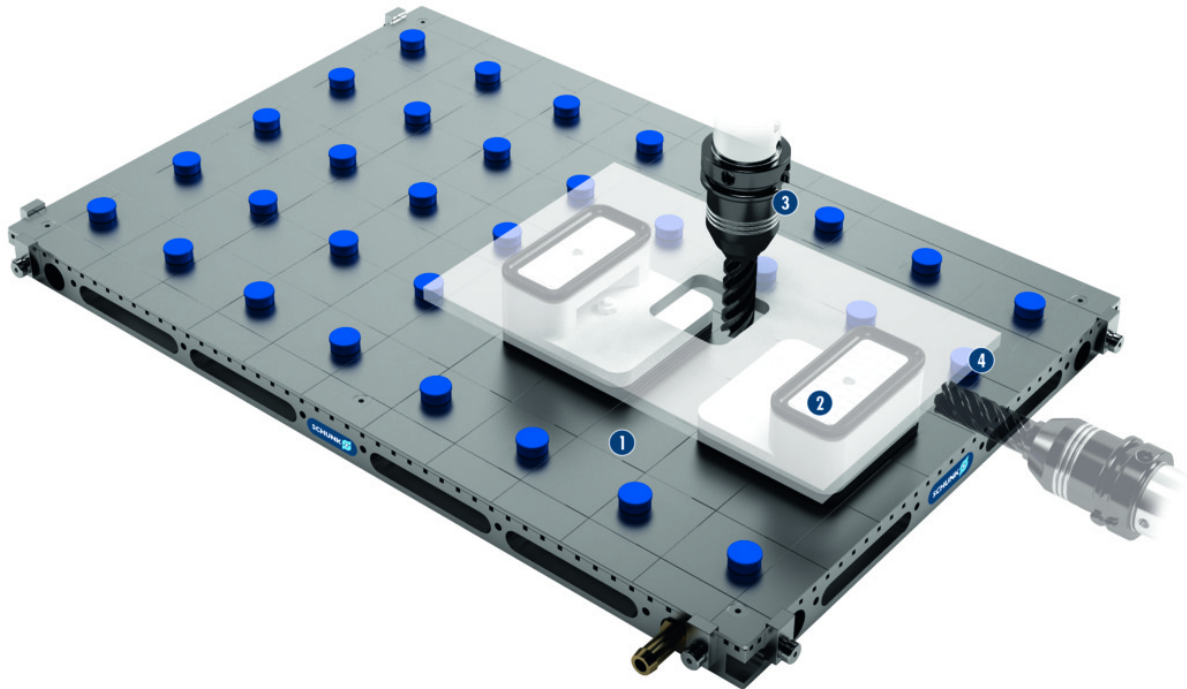
Upínací síla je rovna podtlaku vynásobeného plochou, za kterou je těleso upnuto (2). Je třeba věnovat pozornost dosedací ploše, aby správně doléhala na otvory, kterými je vzduch odsáván. V případě, že tato podmínka nebude splněna, bude docházet ke snížení podtlaku přísávaným vzduchem z okolí. V některých aplikacích se vakuový upínač doplňuje ještě mechanickými prvky, které zabraňují posuvu součásti ve směru rovnoběžném s upínací deskou.

$$F_U = p * S_U \quad (2)$$

Upínače jsou vybaveny měkkou těsnicí pryží, která dosedá na plochu dílce. Nepatrné nerovnosti mohou snižovat dokonalé přilnutí podložky a tím je snížen podtlak

a účinnost, jak již bylo uvedeno v předchozím odstavci. Je však možné tyto pryžové části upravit dle potřeby, aby dosedaly na upínací plochy součásti.

Na Obr. 5.3 je vakuový upínač. Číslo 1 je základní vakuová deska, číslo 2 jsou vakuové sací otvory opatřené pryžovým těsněním. Čísla 3 a 4 naznačují možné způsoby obrábění. [7] [20]



Obr. 5.3 Vakuový upínač [20]

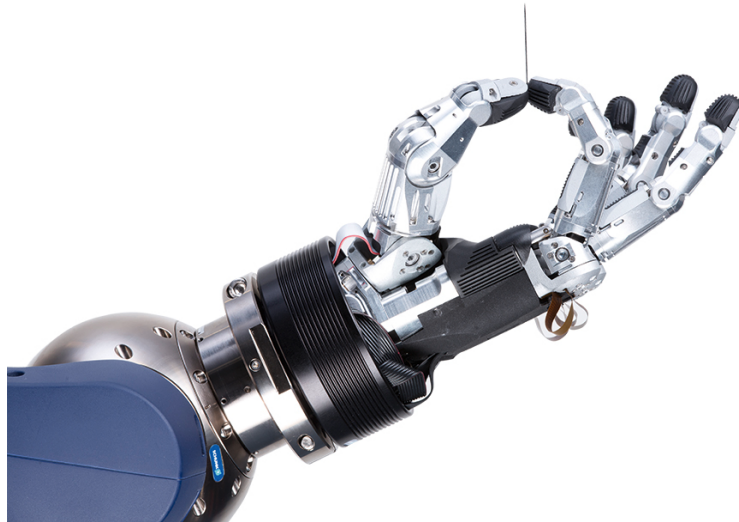
## 5.3 Upínače pro roboty

V posledních desetiletích, obzvláště v oblasti automatizace výroby, se velice rozšířilo využití robotů. Roboti jsou schopni dělat nepřeberné množství různých činností a nahrazují lidskou sílu stále častěji. I robot potřebuje upínat; např. pro přesun dílce či jakékoliv jiné prováděné operace. Upínací součásti musí být zcela automatizované.

Základním a nejrozšířenějším principem je dvoučelistový upínač, který mezi své čelisti uchopí potřebnou součást. Ty jsou mnohdy vybaveny drážkami, které brání prokluzu či ztrátě dílu. Zvláštním případem je tzv. prizmatický upínač, který je schopen díky svému provedení snadno přenášet součásti kruhového průřezu. To se využívá především při zakládání rotačních součástí do soustruhů.

Další možností je umístit na rameno robota sklíčidlo. To je oproti sklíčidlu pro soustruhy méně bytelné, protože nepřenáší tak velké upínací síly. Slouží výhradně pro přenos součásti, nikoliv k tomu, aby se na rameni robota začal díl obrábět.

Nejmodernější technologií je uchopovací ruka s pěti prsty (Obr. 5.4). Pomocí devíti motorů je schopna provádět operace velmi podobné těm, které provádí ruka lidská. I velikostí jsou si velice podobné. Na špičkách prstů jsou umístěny elastické prvky zaručující správné uchopení. Ruka končí v zápěstí, kde je umístěna veškerá elektronika. Díky tomu je ruka velmi kompaktní. Samozřejmě je levá či pravá varianta, a dokonce umožňuje napájení pouze z akumulátorů. [7] [20]



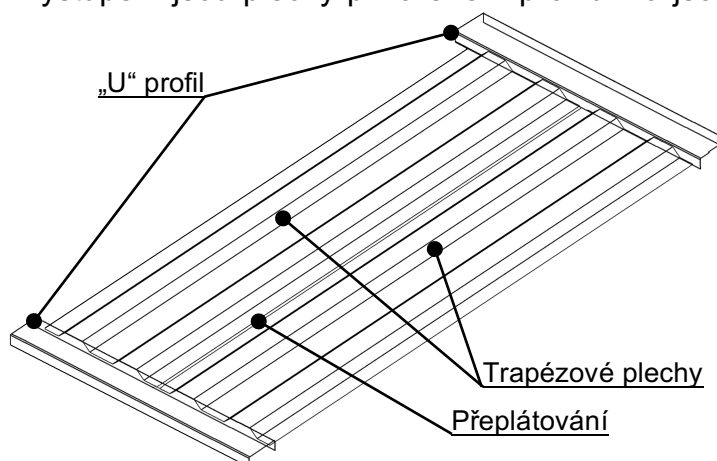
Obr. 5.4 Pětiprstá ruka pro roboty [20]



## 6 Návrh úpravy upínacího přípravku

Tato část bakalářské práce je věnována upínacímu přípravku pro svařování trapézových plechů, které jsou podélně přeplátované. Po obou stranách v kolmém směru na trapézy jsou přivařeny k „U“ profilům (dále jen profilům). Svařenec se vyrábí v několika rozměrových verzích, které se liší šířkou a počtem vln trapézového plechu. Tyto vlny mají vždy stejný průřez. Výstupem jsou plechy přivařené k profilům a jsou použity pro další výrobu.

Sestava svařence se skládá ze dvou profilů, které jsou uříznuty na požadovanou délku dle rozměrové řady výrobku. Trapézové plechy jsou naohýbané dle daných rozměrů a uříznuté na konkrétní délku.



Přeplátování plechů je nutné z důvodu velikosti jedné tabule, ze které je plech řezán a ohýbán.

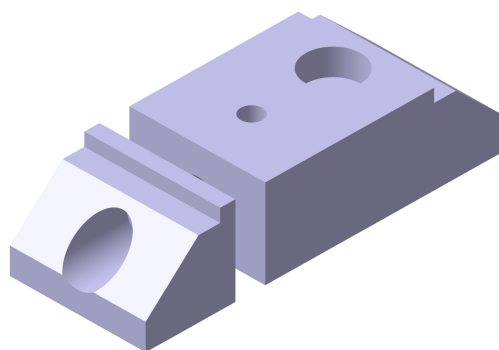
Výstupem z přípravku je svařenec všech 4 dílů (Obr. 6.1).

### 6.1 Zadání a požadavky na přípravek

Svařenec byl doposud zhotovován bez jakéhokoliv přípravku, docházelo k rozměrovým nepřesnostem, které vytvářely problémy při další montáži. Záporným aspektem bez blíže specifikovaného přípravku je také déle trvající výroba jednoho dílce. Zadávací firma se proto rozhodla investovat do úprav současného vybavení, požaduje úpravu do specifikovaného přípravku určeného pro svařování pouze tohoto dílce. Svařování bude možné jak ruční, tak do budoucna robotem.

#### 6.1.1 Rozměrové specifikace

Pro hotový svařenec jsou nejdůležitější vnější rozměry dané výkresovou dokumentací. Na tyto rozměry navazuje další proces výroby a je nutné, aby po vyjmutí svařence z přípravku byly rozměry dodrženy. Vkládané polotovary budou přitaženy pomocí upínek k dorazům v hnízdech. Dorazy specifikují délkové



Obr. 6.2 Kamen pro ustavení polohy trapézových plechů

i šířkové rozměry a jsou vybaveny tenkými podložkami pro úpravu vnějších rozměrů. Tolerance vnějších rozměrů je  $\pm 1$  mm.

Trapézové plechy se umísťují na tzv. kameny (Obr. 6.2), které vymezují jejich polohu podélně s profily. Ve druhém směru, ve směru trapéz, jsou vymezeny uchycenými profily přitlačených upínekami.

Vzhledem k několika velikostně rozdílným variantám budou vytvořena tzv. upínková hnízda, které bude možné přesouvat po základovém rámu do předvrtaných děr v daných polohách. Příklady navržených hnízd jsou v Příloze 4 a v Příloze 5.

Přípravek je orientován vodorovně, tzn. profily a plechy jsou umísťovány na vodorovný stůl. Pro manuální upínání to obsluze velice zjednoduší přístup a upínání, protože gravitační síla zajistí uchycení všech dílců v jednom směru.

### 6.1.2 Materiál přípravku a spojovací materiál

Výchozí materiál součástí je ČSN 11503 (S355J2H), svařitelná nelegovaná konstrukční ocel. Je vhodná pro zařízení pracující v rozsahu  $-50$  až  $400$  °C. Minimální mez kluzu  $R_e = 315$  N/mm<sup>2</sup>, minimální pevnost v tahu  $R_m = 500$  N/mm<sup>2</sup>.

Plechy, jekly či další profily jsou z nakupovaných dílů vypáleny. Vše je spojeno nýty. Přesnost vypálených dílů je  $\pm 0,1$  mm (platí pro plechy do maximální tloušťky 25 mm) a montáž celého přípravku je díky tomu mnohem jednodušší. Upínky jsou přišroubovány pomocí šroubů a matek s pružnými podložkami. To umožní jejich případnou výměnu. Díly dorazů, kameny a další dosedací plochy jsou obrobeny pouze z té strany, na kterou se přikládají části svařence.

### 6.1.3 Zakládání dílů svařence

Aby bylo zřejmé, jak se budou díly svařence zakládat do upínacích hnízd, v Příloze 1 je znázorněn postup zakládání do středového a do rohového upínacího hnízda. Postup je rozdělen do 6 částí:

- a) připravené hnízdo s podkladovým profilem a kameny,
- b) založení bočního profilu,
- c) přitažení profilu pomocí dvou upínek,
- d) založení dvou částí trapézových plechů,
- e) přiložení tvarového profilu pro dotlačení trapézových plechů,
- f) přitažení tvarového profilu upínekami.

Celý postup je znázorněn na hnízdech s pneumatickými upínekami navržených v kapitole 6.3.

### 6.1.4 Volba upínek

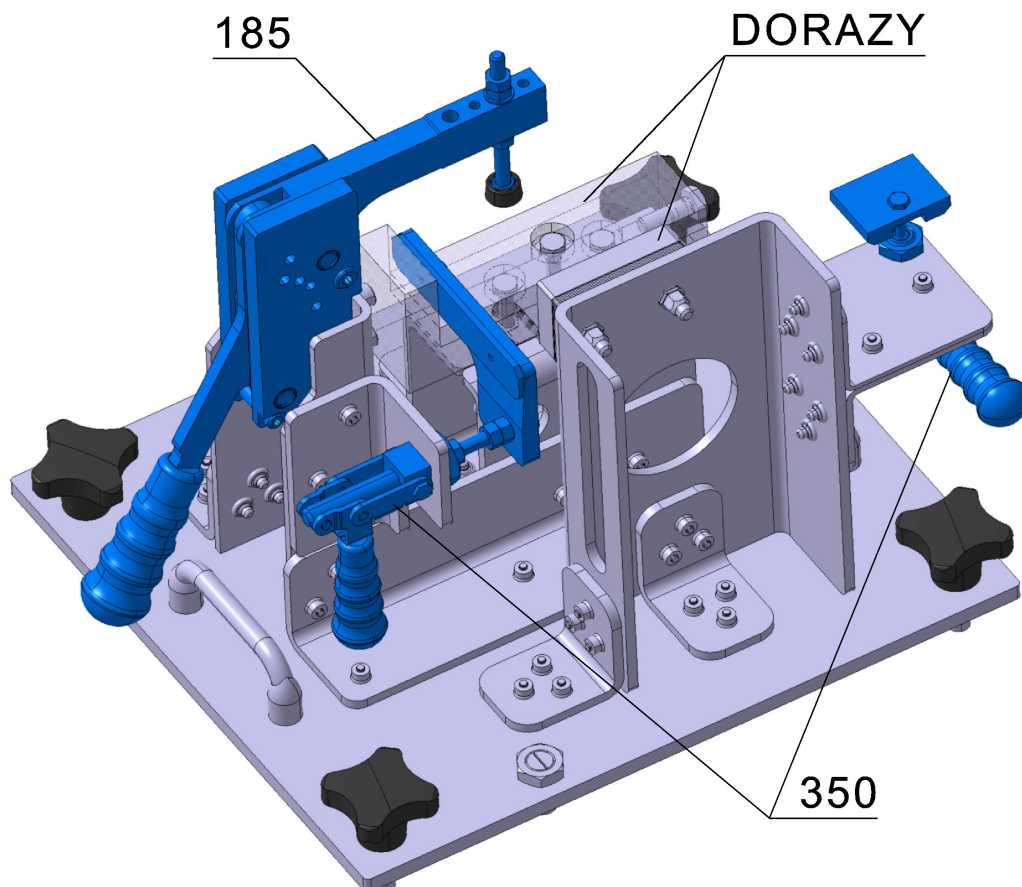
Velikost upínek je volena dle přitlačných sil. V rámci této práce budou navrženy dvě varianty upínacích hnízd. První varianta bude uvažovat manuálně ovládané, čistě mechanické upínky, druhá varianta bude poloautomatizovaná s pneumatickými upínkami.

## 6.2 Návrh hnízda s využitím mechanických upínek

Mechanické upínky jsou vybrány z katalogu firmy JC-Metal s.r.o. [3] Rohová upínací hnízda jsou navržena tak, aby bylo možné je vyrobit jako párové. To znamená, že jednotlivé rohy jsou zrcadlené rohy z druhé strany. Pro zvětšení přitlačné síly uprostřed profilů a zaručení přitlačení v místech překlápání trapézových plechů jsou rohová upínací hnízda doplněna o středová.

### 6.2.1 Rohové upínací hnízdo

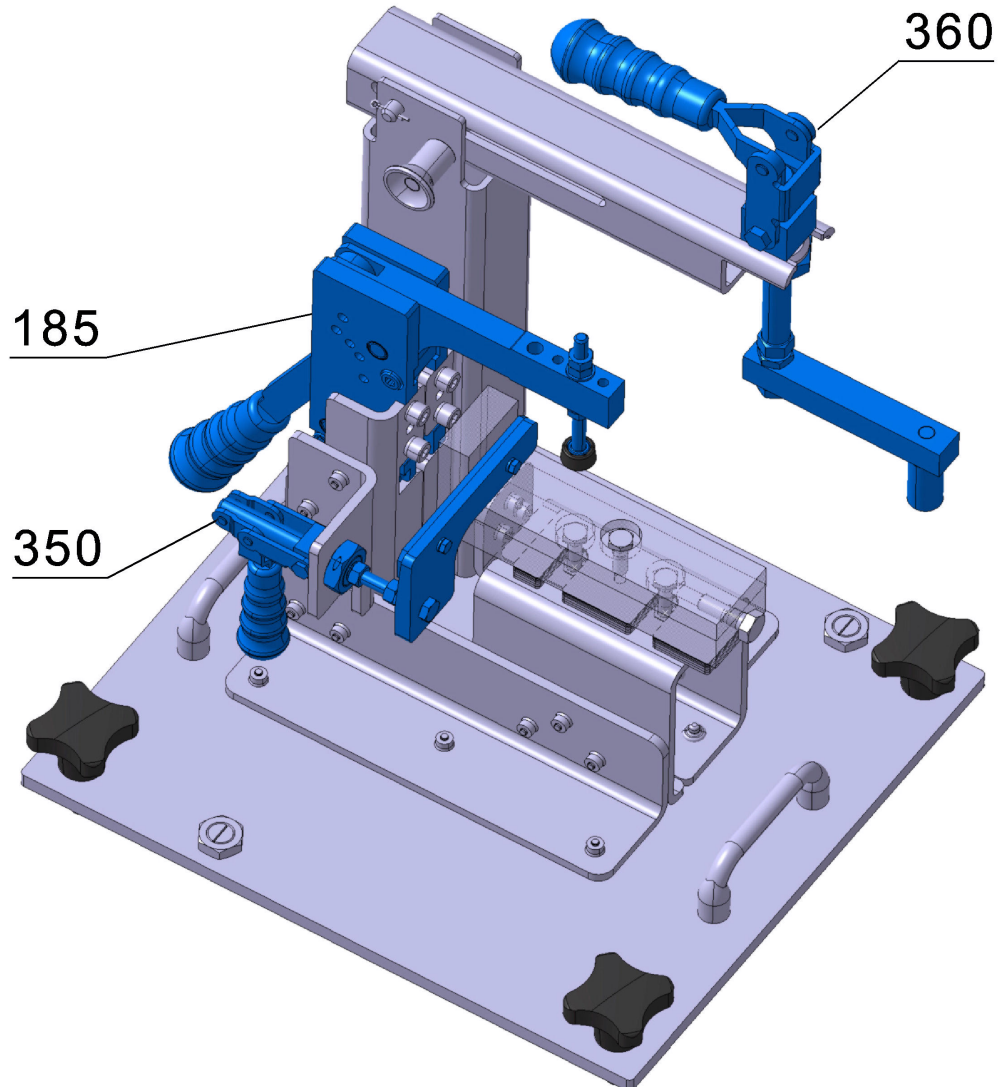
Pro rohová hnízda jsou voleny tři typy upínek. Upínky typ 185 zajišťují polohu profilů ve vertikálním směru, upínky typu 350 přitahují profil ve směru horizontálním. Upínky typu 350 také přitahují tvarový profil pro přitažení překlápaných plechů. Přehled upínek viz Tab. 1 a umístění v sestavě na Obr. 6.3.



Obr. 6.3 Rohové upínací hnízdo – mechanické upínky

### 6.2.2 Středové upínací hnízdo

Pro středové hnízdo jsou voleny tři typy upínek. Upínky 185, stejné jako pro rohová upínací hnízda, zaručují polohu profilů ve vertikálním směru. V horizontálním směru jsou opět použity upínky 350. Pro přichycení tvarových profilů jsou použity upínky 360. Přehled viz Tab. 1 a umístění v sestavě na Obr. 6.4.

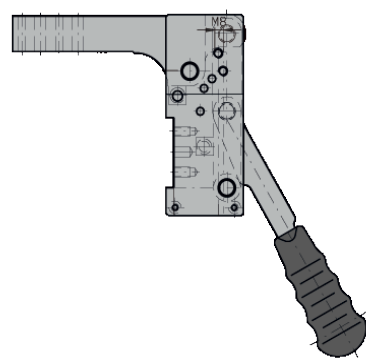
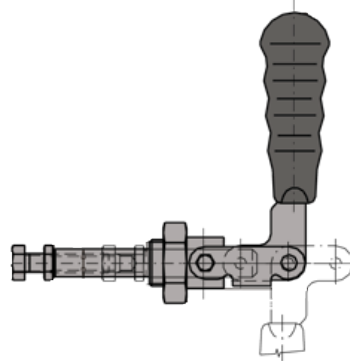
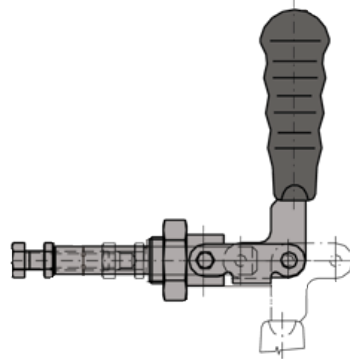


Obr. 6.4 Středové upínací hnízdo – mechanické upínky

### 6.2.3 Přehled použitých upínek

V Tab. 1 je přehled použitých mechanických upínek pro upínací hnízda. Uvedené počty jsou pro všechna hnízda, tj. 4 rohová a 2 středová.

Tab. 1 Přehled mechanických upínek pro hnízda přípravku

Výrobce	Typ	Náhled	Upínací síla [kN]	Váha [kg]	Množství [ks]
JC-Metal s.r.o.	185		16	3,1	6
JC-Metal s.r.o.	350		2,5	0,33	10
JC-Metal s.r.o.	360		4	1,2	2

## 6.3 Návrh hnízda s využitím pneumatických upínek

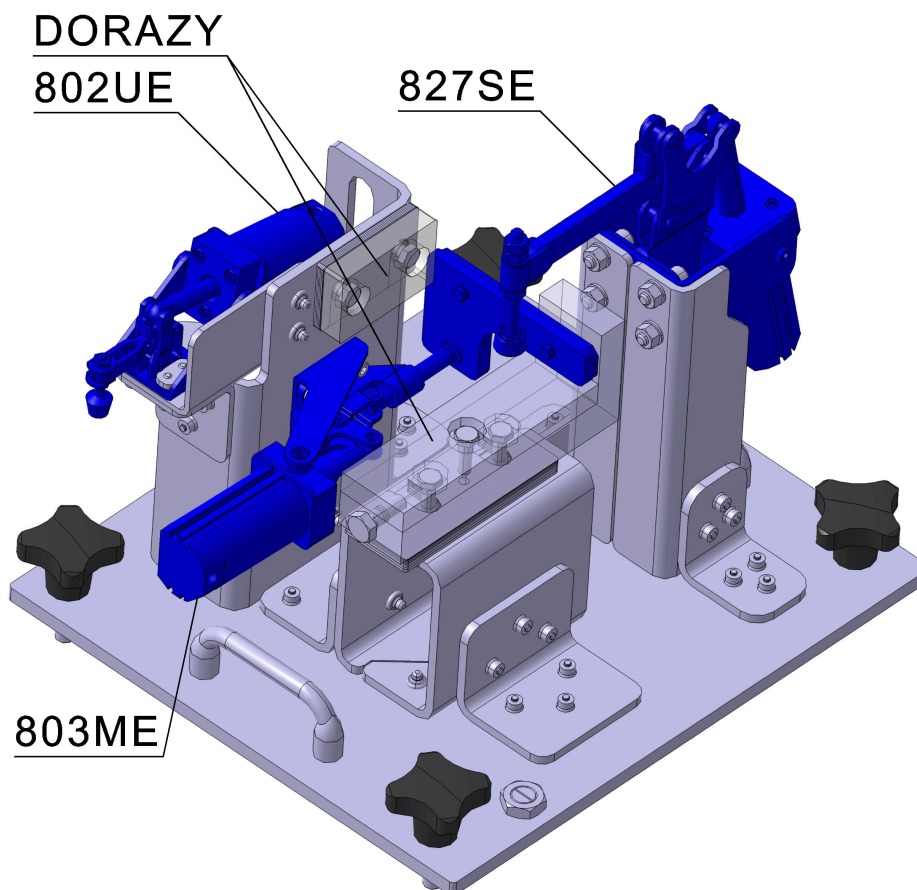
Mechanické upínky jsou vybrány z katalogu firmy DESTACO. [2] Systém návrhu je stejný jako u mechanických hnízd – rohová a středová upínací hnízda jsou symetrická. Připojení ke stlačenému vzduchu je pro všechny typy pneumatických upínek shodné – G-1/8“. To je palcový závit se stejným průměrem pro spojování trubek s tlakovým médiem, dle normy ISO 7.

### 6.3.1 Rohové upínací hnízdo

Pro rohové upínací hnízdo jsou voleny tři druhy upínek. Upínky nahrazující mechanickou upínku 185 pro přitlačení profilu jsou 827SE. Jedná se o rozměrově velmi podobný upínač. Upínače 803ME nahrazují mechanické upínky 350 sloužící pro přitlačení profilů ke stranovým dorazům. Zde bylo potřeba změnit prostorovou zástavbu a upínku umístit z opačné strany. Princip přitlačování profilu zůstal zachován.

Pro upnutí přitlačného profilu je využito upínek 802UE, kde byl prodloužen přitlačný profil. To umožnilo umístění upínky do polohy, ve které bude obsluze při manipulaci překážet nejméně.

Přehled upínek je shrnut v Tab. 2 a umístění v sestavě na Obr. 6.5.



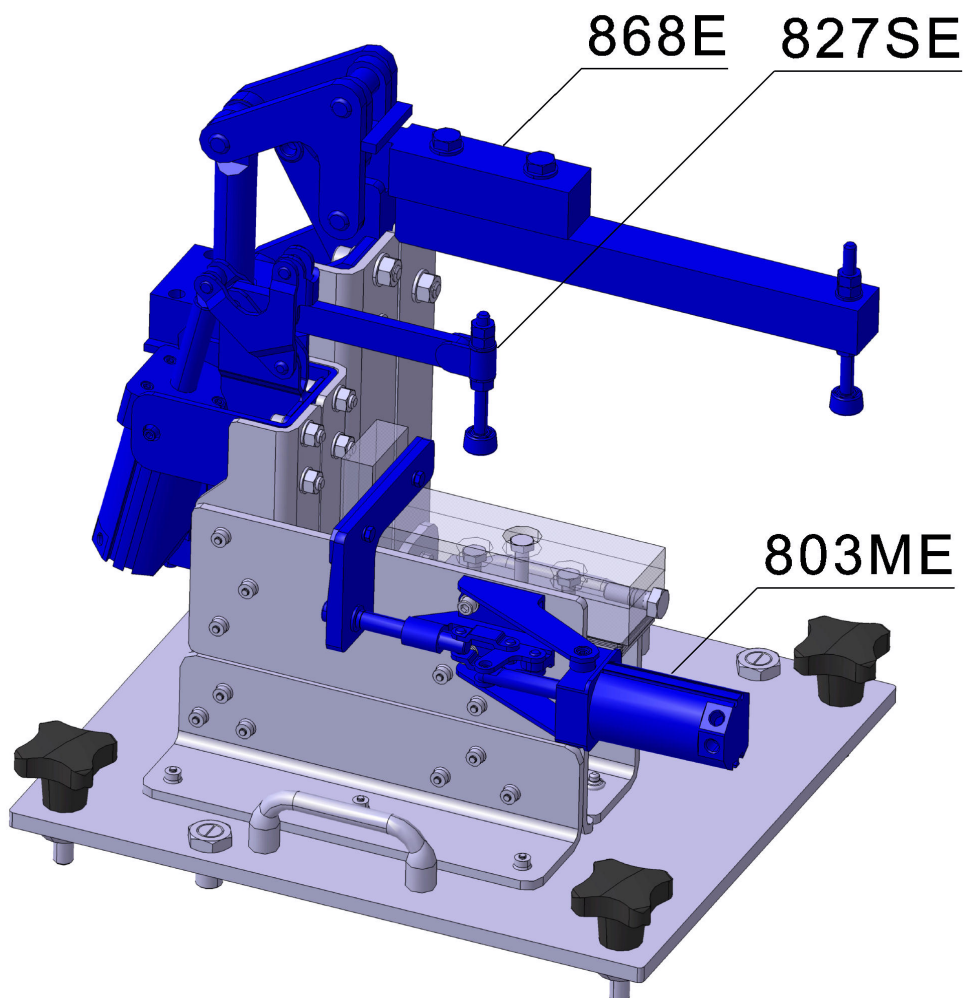
Obr. 6.5 Rohové upínací hnízdo – pneumatické upínky

### 6.3.2 Středové upínací hnízdo

Pro středové upínací hnízdo jsou voleny tři druhy upínek. Mechanická upínka 185 je nahrazena stejně jako u rohového hnízda upínkou 827SE. Stejně tak upínka 350 je nahrazena upínkou 803ME, kde také došlo ke změně prostorové orientace upínky.

Pro přitlačení tvarového profilu je využito upínky 868E, která má prodloužené rameno na celkovou délku 257,5 mm profilem 30x30 mm. To bylo nutné z důvodu dosažení správné přitlačné pozice. Pro zjištění dostatečné tuhosti prodloužení při maximální přitlačné síle, kterou umí upínač vyvolat, byl vypočítán průhyb ramene (viz Příloha 3).

Přehled upínek je shrnut v Tab. 2 a umístění v sestavě Obr. 6.6.

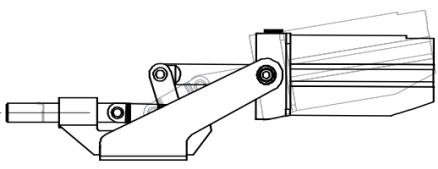
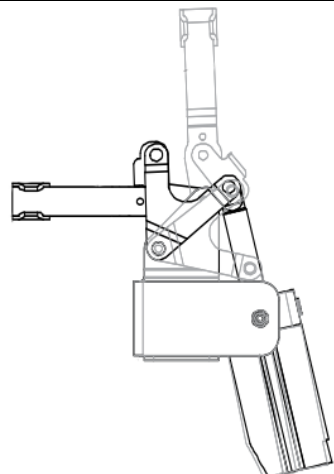
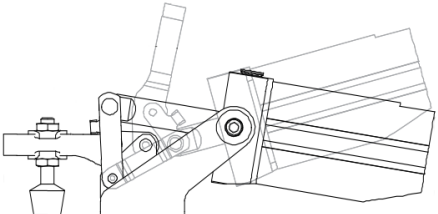
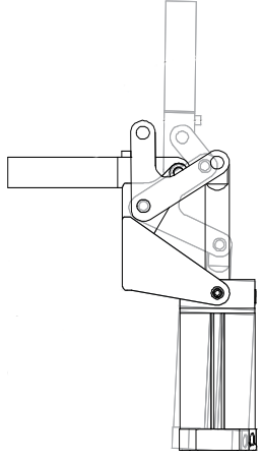


Obr. 6.6 Středové upínací hnízdo – pneumatické upínky

### 6.3.3 Přehled použitých upínek

V Tab. 2 je přehled pneumatických upínek. Uvedené množství je pro všechna hnízda, tj. 4 rohová a 2 středová.

Tab. 2 Přehled pneumatických upínek pro hnízda přípravku

Výrobce	Typ	Náhled	Upínací síla [kN]	Váha [kg]	Množství [ks]
DESTACO	803 ME		2,7	0,84	6
DESTACO	827 SE		5,5	2,14	6
DESTACO	802 UE		0,89	0,73	4
DESTACO	868 E		16	7,71	2



## 6.4 Cenové porovnání mechanických a pneumatických hnízd

Porovnání ceny mechanických a pneumatických upínacích hnízd je směrodatné pro zákazníka. Pro něj je důležité, aby cena byla co nejnižší, ale zároveň, aby se mu investované peníze co nejrychleji vrátily. Mezi položky započítané do ceny patří zejména práce konstruktérů a materiál společně s upínkami. Výroba jako taková je počítána bez montáže a kompletace. V ceně materiálu za 1 kg je započítáno nařezání a vypálení potřebných dílů z polotovarů a jejich povrchové úpravy. Montáž se bude provádět ve spolupráci se zákazníkem, a proto není kalkulována. Vytvářené návodky (nejsou součástí bakalářské práce) budou sloužit k jasnému a zřetelnému pochopení montáže a funkčnosti.

Pro každé hnízdo je kalkulace zpracována zvlášť. Je počítáno s konstrukčním návrhem jednoho z hnízd a dále s tvorbou zrcadlových dílů, na které bude potřeba menší dotace hodin pro konstrukci. Detailně je kalkulace zpracována v Příloze 2.

Shrnutí celkové ceny přípravku s mechanickými či pneumatickými upínkami je v Tab. 3. Veškeré ceny jsou uvedeny v českých korunách.

Tab. 3 Kalkulace upínacích hnízd pro svařovací přípravek

Hnízdo		Cena za			Počet ks	Celková cena	Cena všech hnízd
		konstrukci	konstrukci zrcadlového dílu	materiál a upínky			
Mechanické	Rohové	32400	12600	12156,35	4	118825,38	187879,17
	Středové	32400	12600	12026,90	2	69053,79	
Pneumatické	Rohové	39600	16200	22386,47	4	177745,90	300799,12
	Středové	39600	16200	33626,61	2	123053,22	

Z kalkulace je patrné, že přípravek s pneumatickými upínkami je o více než 100 000 Kč (tj. o  $\frac{1}{3}$ ) dražší než přípravek plně manuální s mechanickými upínkami.

## 6.5 Časová náročnost upínání do přípravku

Založení vstupních dílů (dvou profilů a dvou kusů trapézového plechu), svařování a vyjmutí je pro mechanická a pneumatická upínací hnízda shodné. Tyto díly musí být založeny vždy, a to společně s podpurnými součástmi, jako jsou tvarové profily.

Veškeré zakládání dílů je počítáno jako manuální. Vyjmutí je provedeno jeřábem, kterým je hala vybavena. Společně se svařováním tyto operace zaberou vždy stejný

čas, proto nejsou započítány do kalkulace rozdílu uspořené času. Rozdílná je doba, po kterou jsou upínky uzavírány. Největší časová diference je při vyjímání již hotového svařence, kdy všechny pneumatické upínky mohou uvolnit svařenec ve stejnou dobu.

Pro mechanická hnízda, která jsou všechna opatřena třemi upínkami, je počítán totožný čas pro uchycení. Čas pro uvolnění svařence je zkrácen o dobu potřebnou k ustavení dílů do správné polohy. Dělník však nejprve musí upnout profily, až následně trapézové plechy. To znamená, že je nezbytné, aby přípravek obešel z každé strany minimálně dvakrát. Je také nutné, aby dělník zkontroloval správnost upnutí.

Pneumatická upínací hnízda jsou rozdělena na tři samostatné okruhy. První okruh je pro upínání profilů, druhý okruh je pro upínání trapézových plechů. Třetí okruh je pro uvolnění všech upínek dohromady. Správnost upnutí u pneumatických hnízd může být kontrolována pomocí senzorů instalovaných přímo na upínkách.

Tab. 4 Hrubé srovnání časové náročnosti upnutí a uvolnění svařence

Operace	Upnutí			Uvolnění	Celkový čas
	profil (2x upínka)	hřeben (1x upínka)			
<b>MECHANICKÉ UPÍNACÍ HNÍZDO</b>					
1 hnízdo	4	3		5	96
6 hnízd	24	18		30	
pohyb dělníka	8	8		8	
<b>PNEUMATICKÉ UPÍNACÍ HNÍZDO</b>					
1 hnízdo	2	2		1	5
6 hnízd	2	2		1	

Všechny časy jsou uvedeny v sekundách.

V Tab. 4 je uveden hrubý odhad časové náročnosti jednotlivých úkonů upnutí a uvolnění svařence, za předpokladu rozměrů upínacího stolu 2x2 m. Maximální rozměry svařence jsou počítány do maximálních rozměrů stolu. Je zřejmé, že pneumatická upínací hnízda operaci provedou přibližně za  $\frac{1}{19}$  času upínání pomocí mechanických hnízd. To se projeví vyšší produktivitou a zkrácením času pro výrobu jednoho svařence.

## 7 Závěr

V první části práce jsou shrnuty základní principy a metody pro upínání obrobků a nástrojů, statických i rotujících. Dále navazuje upínání více součástí, které prochází stavebnice a upínky, mechanické společně s pneumatickými. V neposlední řadě jsou také zmíněny způsoby tzv. alternativních upínačů, které využívají magnetické pole či jiné moderní způsoby.

Výsledkem návrhu úpravy upínacího přípravku pro svařování trapézových plechů jsou dvě upínací hnízda, která budou v symetrických modifikacích použita pro konečný přípravek.

První návrh počítá s mechanickými, a tedy pouze manuálně ovládanými hnízdy, která jsou mnohonásobně pomalejší pro upnutí a uvolnění svařovaných dílů. První velkou výhodou tohoto řešení je o více než třetinu nižší cena, druhou výhodou je jednoduchost celkové koncepce i použitých mechanických upínek.

Druhý návrh využívá pneumatické upínky, které umožní skoro dvacetkrát rychlejší proces upnutí a uvolnění svařovaných dílů. Jejich nevýhodou je vyšší cena a zejména složitá koncepce. Tyto hnízda, na rozdíl od mechanických upínek, musejí být připojena k rozvodu stlačeného vzduchu. Pro každé hnízdo je potřeba tří přívodů. První pro upínky přitlačující profily, druhý pro upínky přitlačující tvarový profil. Pro vyjmutí je nutný třetí přívod, který půjde do všech upínacích hnízd zároveň.

Pro zákazníka je důležité vyčíslit si dle svých kalkulací, zda je pro něj výhodnější zaplatit vyšší cenu za poloautomatizovaný přípravek a ušetřit tím čas a námahu obsluze, či zaplatit méně peněz a vyrábět svařence pomaleji. Vzhledem k zadaným požadavkům, zejména urychlení výroby, by bylo lepší volit přípravek poloautomatizovaný, který výrobu urychlí více než přípravek manuální.

## Použitá literatura

- [1] P. Janata, *Angličtina ve strojírenství*, 1. vyd. Praha: SNTL, 1981.
- [2] „DESTACO Upínací technika | dsczech.cz”. [Online]. Dostupné z: <https://dsczech.cz/>. [Viděno: 17-lis-2016].
- [3] P. K. H. solutions [www.vaseresení.cz, „Upínací nářadí / Rychloupínky / Svěrky / Svařovací stavebnice / JC Metal / Vsetín”, *JC Metal - Upínací nářadí*. [Online]. Dostupné z: <https://www.jcmetal.cz>. [Viděno: 26-lis-2016].
- [4] „Pracoviště Strojírenská - VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou”. [Online]. Dostupné z: <http://sstzr.cz/index.php>. [Viděno: 11-pro-2016].
- [5] J. Mádl a J. Barcal, *Základy technologie II*, Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005.
- [6] J. Mádl, Ed., *Technologie obrábění. 3. díl*, Vyd. 2., Přepřac. Praha: ČVUT, 2007.
- [7] „TT | Technický týdeník”. [Online]. Dostupné z: <http://www.technickytydenik.cz/>. [Viděno: 26-lis-2016].
- [8] „GP SYSTEM (SINGAPORE) PTE LTD”. [Online]. Dostupné z: <http://www.gpsystem.com/>. [Viděno: 11-pro-2016].
- [9] „ELUC”. [Online]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz>. [Viděno: 19-lis-2016].
- [10] „Svářečky, svářečka, svářecí technika, inventory,co2”. [Online]. Dostupné z: <http://www.svarecky-obchod.cz/>. [Viděno: 11-pro-2016].
- [11] „Hoffmann Group | Quality tools at its high”. [Online]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot>. [Viděno: 15-pro-2016].
- [12] „Cryogenic machining systems can extend tool life and reduce cycle times”. [Online]. Dostupné z: <https://www.ctemag.com/>. [Viděno: 19-lis-2016].
- [13] „What is a chuck and how does it work?” [Online]. Dostupné z: <https://www.wonkeedonkeetools.co.uk>. [Viděno: 17-lis-2016].
- [14] „ECatalog Pramet Tools s.r.o.” [Online]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com>. [Viděno: 17-lis-2016].
- [15] „Startseite”. [Online]. Dostupné z: <http://www.rszttools.de/startseite/>. [Viděno: 11-pro-2016].
- [16] „Systém Walter Cpto™ k soustružení”. [Online]. Dostupné z: <http://www.walter-tools.com>. [Viděno: 17-lis-2016].

- 
- [17] „Revolverové hlavy pro rychlou výměnu nástrojů pro CNC soustruhy | Ciessetrade, s.r.o." .
- [18] J. Voděra, *Svařovací přípravky pro všeobecné strojírenství*. Praha: Stát. nakl. techn. lit, 1963.
- [19] „KIPP". [Online]. Dostupné z: <http://www.kipp.cz>. [Viděno: 26-lis-2016].
- [20] „SCHUNK Grippers". [Online]. Dostupné z: <http://cz.schunk.com>. [Viděno: 20-lis-2016].
- [21] „Domů Heyman". [Online]. Dostupné z: <https://www.heyman.cz/>. [Viděno: 23-pro-2016].

## Použitá označení

$l$ [mm]	délka obrobku
$d$ [mm]	průměr obrobku
$F_U$ [N]	upínací síla vakuových upínek
$S_U$ [mm <sup>2</sup> ]	upínací plocha vakuových upínek
$p$ [MPa]	podtlak vakuových upínek
$R_e$ [N/mm <sup>2</sup> ]	minimální mez kluzu
$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	minimální pevnost v tahu
$dx$	formát výkresové dokumentace, používaný zejména pro dodání výrobcům výpalků
$\tau$ [N/mm <sup>2</sup> ]	smykové napětí
$F$ [N], [kN]	síla
$S$ [mm <sup>2</sup> ]	plocha
$k$ [-]	koeficient bezpečnosti
$J_z$ [mm <sup>4</sup> ]	kvadratický moment průřezu k ose $z$
$E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Youngův modul pružnosti v tahu
$A_{Mj}$ [N*mm <sup>2</sup> ]	plocha pod funkcí ohybového momentu od vnějšího zatížení
$m_{Tj}^{\wedge}$ [mm]	hodnota momentu od jednotkové síly v místě těžiště plochy $A_{Mj}$
$v$ [mm]	posunutí nosníku v daném místě

## Seznam obrázků

Obr. 1.1 Princip mechanické upínky [3] .....	3
Obr. 1.2 Princip pneumatického upínače s vratnou pružinou [4] .....	3
Obr. 1.3 Princip dvojčinného pneumatického upínače [4].....	3
Obr. 2.1 Univerzální sklíčidlo a jeho princip [8].....	6
Obr. 2.2 Lícní deska [9].....	7
Obr. 2.3 Obrobek upnutý mezi hroty [9].....	7
Obr. 2.4 Přehled středících důlků (dle ČSN EN ISO 6411 a ČSN 01 4917).....	7
Obr. 2.5 Rozpínací trn dle ČSN 24 3375 .....	8
Obr. 2.6 T drážka a šroub s T hlavou dle ČSN 02 1030 .....	9
Obr. 2.7 Svěrák s čelistmi pro upínání dvou součástí [11].....	9
Obr. 2.8 Obrobek upnutý pomocí upínek na lože [10] .....	10
Obr. 3.1 Hydraulický upínač pro nástrojové hlavy [7] .....	11
Obr. 3.2 Vnitřní chlazení nástroje [12] .....	12
Obr. 3.3 Vnější chlazení nástroje [12].....	12
Obr. 3.4 Nástrojové sklíčidlo [13].....	12
Obr. 3.5 Kleštinový upínač [7].....	13
Obr. 3.6 Upínače Weldon [7] .....	13
Obr. 3.7 Upínač fungující na principu změny tvaru [7].....	14
Obr. 3.8 Upínač s krátkým kuželem HSK 63 [15] .....	15
Obr. 3.9 Upínače CAPTO [16] .....	15
Obr. 3.10 Nožová hlava pro soustruh [9] .....	16
Obr. 3.11 Otočná hlava s poháněným nástrojem [17] .....	16
Obr. 4.1 Svařovací stavebnice Siegmund [3].....	17
Obr. 4.2 Vertikální mechanická upínka [3].....	18
Obr. 4.3 Horizontální mechanická upínka [3].....	19
Obr. 4.4 Háková mechanická upínka [3].....	19
Obr. 4.5 Přímočará mechanická upínka [3] .....	19
Obr. 4.6 Otočný mechanický upínač [19].....	19
Obr. 4.7 Standardní pneumatický upínač [3] .....	20
Obr. 4.8 Otočný pneumatický upínač [2].....	20
Obr. 4.9 Pneumatický pákový upínač [2] .....	20
Obr. 4.10 Průběh síly pneumatického silového válce [2] .....	21

---

Obr. 5.1 Závislost upínací síly na velikosti vzduchové mezery [7].....	22
Obr. 5.2 Obrobek upnutý na magnetickém upínači [20] .....	23
Obr. 5.3 Vakuový upínač [20] .....	25
Obr. 5.4 Pětiprstá ruka pro roboty [20].....	26
Obr. 6.1 Nákres hotového svařence .....	27
Obr. 6.2 Kamen pro ustavení polohy trapézových plechů .....	27
Obr. 6.3 Rohové upínací hnízdo – mechanické upínky .....	29
Obr. 6.4 Středové upínací hnízdo – mechanické upínky .....	30
Obr. 6.5 Rohové upínací hnízdo – pneumatické upínky .....	32
Obr. 6.6 Středové upínací hnízdo – pneumatické upínky .....	33



---

## Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled mechanických upínek pro hnízda přípravku.....	31
Tab. 2 Přehled pneumatických upínek pro hnízda přípravku.....	34
Tab. 3 Kalkulace upínacích hnízd pro svařovací přípravek .....	35
Tab. 4 Hrubé srovnání časové náročnosti upnutí a uvolnění svařence .....	36



---

## Seznam příloh

Příloha 1 Zakládání polotovarů do přípravku

Příloha 2 Kalkulace nákladů

Příloha 3 Pevnostní výpočty vybraných uzlů

Příloha 4 Výkres sestavy – Středové hnízdo – pneumatika

Příloha 5 Výkres sestavy – Rohové hnízdo – pneumatika

Příloha 6 Výkres vypalovaného dílu