

**České vysoké učení technické v Praze**

---

**Fakulta strojní**

12133 – Ústav strojírenské technologie

## Diplomová práce

Racionalizace technologie výroby přísavek



Vysoká škola: ČVUT v Praze

Fakulta: strojní

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2016/2017

## Zadání Diplomové práce

pro Jana Skupníka

Program: Výrobní a materiálové inženýrství

Název tématu: Racionalizace technologie výroby přísavek

### Pokyny pro vypracování:

1. Úvod
2. Přísavky – funkce, rozdělení, příslušenství
3. Materiály přísavek
4. Analýza stávající technologie
5. Racionalizace technologie výroby a konstrukce nové formy
6. Závěr – technicko-ekonomické zhodnocení

## *Poděkování*

*Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Aleši Hermanovi, Ph.D. za odbornou pomoc při vypracování a vedení mé diplomové práce. Dále pak bych rád poděkoval zaměstnancům společnosti Bilsing Automation s.r.o. za uvedení do dané problematiky a sdílením zkušeností.*

**Abstrakt**

Diplomová práce popisuje aspekty přísavek. V praktické části této práce se řeší zefektivnění výroby přísavek s návrhem nových forem.

**Klíčová slova:**

Přísavky, guma, automatizace

**Abstract**

The diploma thesis describes aspects of suction cups. In practical part is located improvement of suction cups and plan of new mold.

**Key words:**

Suction cup, rubber, automatization

# Obsah

1	Úvod .....	8
1.1	Cíle diplomové práce .....	9
2	Profil firmy.....	9
3	Přísavky.....	11
3.1	Funkce .....	11
3.2	Rozdělení.....	12
3.2.1	Podle způsobu fungování .....	12
3.2.2	Aktivní přísavky rozdělené podle přisávaného povrchu .....	14
3.2.3	Aktivní přísavky rozdělené podle teploty použití.....	16
3.2.4	Aktivní přísavky rozdělené podle geometrie přísavky .....	16
3.3	Důležité parametry při výběru aktivní přísavky .....	17
3.3.1	Jednotka Shore .....	17
3.3.2	Velikost přísavky .....	17
3.3.3	Materiál přísavky .....	17
3.3.4	Geometrie přísavky .....	18
3.4	Příslušenství aktivních přísavek .....	18
3.4.1	Vzduchový ejektor .....	18
3.4.2	Pružinový držák přísavky .....	19
3.4.3	Adaptér pro přísavku.....	20
3.4.4	Trubky a držáky .....	20
3.5	Příklady použití aktivních přísavek.....	20
4	Materiál přísavek.....	25
4.1	Typy materiálů používané na přísavky.....	27

4.1.1	Butadien-akrylonitrilový kaučuk .....	27
4.1.2	Polyuretanový elastomer .....	28
4.1.3	Fluorouhlíkový kaučuk .....	29
4.1.4	Silikonový kaučuk .....	30
4.1.5	Chloroprenový kaučuk.....	31
4.2	Recyklace.....	32
5	Analýza stávající technologie .....	33
5.1	Výrobní časy .....	36
5.2	Popis výrobních operací.....	37
6	Racionalizace technologie výroby a konstrukce nové formy.....	42
6.1	Konstrukce forem.....	46
6.1.1	Horní polovina pro přísavku .....	48
6.1.2	Spodní polovina pro přísavku .....	48
6.1.3	Kolík pro přísavku .....	49
6.1.4	Vložka tvaru pro přísavku .....	50
6.1.5	Rozváděcí deska .....	51
6.1.6	Vtoková vložka .....	52
6.1.7	Ostatní .....	53
6.2	Výroba forem .....	55
6.2.1	Horní polovina pro přísavku .....	55
6.2.2	Dolní polovina pro přísavku .....	56
6.2.3	Kolík pro přísavku .....	57
6.2.4	Vložka tvaru pro přísavku .....	58
6.2.5	Rozváděcí deska .....	59
6.2.6	Vtoková vložka .....	60

6.3	Výsledné výrobní časy .....	61
6.4	Výrobní náklady .....	62
6.5	Kontrola kvality .....	66
7	Závěr .....	69
8	Seznam použitých symbolů a znaků .....	71
9	Citovaná literatura .....	72

# 1 Úvod

Cílem této diplomové práce je nastínění problematiky přísavek a zvýšení efektivity jejich výroby. Vzhledem k tomu, že přísavkám se věnuje minimum publikací, a to jen okrajově, čímž je myšlena i zahraniční literatura, tak určité zde shrnuté poznatky mohou být přínosné pro budoucí rozvětvení tohoto tématu anebo poslouží při výběru správné přísavky na určitou aplikaci.

S rozvojem pryží, kdy byly nejprve objeveny přírodní a následovně syntetické, které se vývojem dále většily, došlo na rozvoj jejich uplatnění, objevů a vynálezů. Pryže po jejich objevu získaly uplatnění při výrobě pneumatik, těsnění, dorazů či právě přísavkám. Historie přísavek se datuje až do roku 1936, kdy byla poprvé patentována v USA Maxem Zaigerem. [1]

Obecná definice praví, že přísavka je technický nástroj využívající podtlaku pro vytvoření spojení s neporézním hladkým povrchem. Aby splňovala svůj účel, tak musí být dosaženo nižšího tlaku pod přísavkou v porovnání s vnějším prostorem. Má mnoho druhů uplatnění, od uchopování předmětů ve strojním, potravinářském či jiném průmyslu, používají je řemeslníci na uchopování skel a lze je najít téměř v každé domácnosti. V podstatě, kdyby náhle zmizely, tak bychom to velmi zřetelně poznali. Značnou roli hrají v průmyslové automatizaci, při jejich absenci by to značně ztížilo uchopování těles a někde i pravděpodobně znemožnilo automatizaci, což by se značně projevilo na zdražení mnoha výrobků.

Teoretická část této práce charakterizuje aspekty přísavek, popisuje druhy a jejich využití s odůvodněním, proč právě daný typ je vhodný na určitou aplikaci. Tyto informace mohou pomoci s výběrem co nejvhodnějšího typu pro danou aplikaci v dnešním světě nepřeborného množství různých druhů přísavek.

V praktické části této práce se řeší navyšování počtu přísavek ve formě, jejíž motivací je zvýšení efektivity výroby. Toto zvýšení efektivity výroby znamená snížení množství potřebného materiálu ve vtoku a zkrácení výrobních časů v poměru na jednotlivé přísavky, které znamená ekonomické i ekologické zefektivnění.

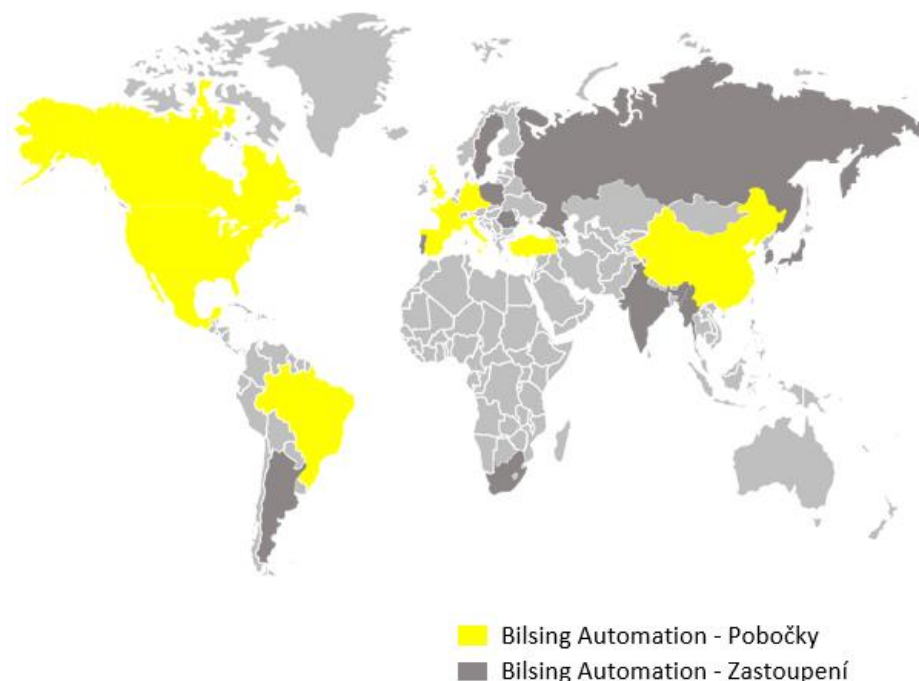


## 1.1 Cíle diplomové práce

- Přiblížit aspekty přísavek
- Zmapovat možnosti využití prostoru ve formě
- Zefektivnit výrobu
- Provést ekonomicko-technologické zhodnocení

## 2 Profil firmy

Společnost Bilsing Automation, pro kterou byla vypracována diplomová se zabývá automatizací v průmyslu, která je dnes při velkovýrobách nezbytná, jelikož snižuje riziko lidské chyby, zefektivňuje procesy a zároveň snižuje náklady. Provádí se zde návrhy konstrukcí částí pro výrobní linky, pevnostní analýzy, 3D simulace výrobních linek, poradenství, výroba a sestavování komponentů. Firma se především zaměřuje na automatizační uchopovací prvky pro manipulaci plastových vstřikovaných výrobků, tvářených a lakovaných plechů. Největším odběratelem této společnosti je automobilový průmysl a téměř v každé automobilce se lze setkat s výrobky od Bilsing Automation. Ku příkladu zákazníkem jsou Ford, Jaguar, Hyundai, Renault, Tesla, koncern Volkswagen atd.



Obr. č. 1 – Působnost společnosti Bilsing Automation

Vzhledem k progresivnímu nárůstu automatizace roste stejně i poptávka, což se odráží i na rostoucím počtu zaměstnanců společnosti Bilsing Automation. K roku 2017 již má 350, z čehož přibližně 65 % je v České Republice, kde se nachází největší pobočka.

Mezi hlavní komponenty, které nabízí Bilsing Automation patří především upínky, držáky, generátory vakua, přísavky, karbonová a hliníková ramena. Vzhledem k tomu, že se nacházejí na koncích manipulátorů či robotů, tak je kladen na jejich hmotnost značný důraz, jelikož vyšší hmotnost znamená potřebu volby výkonnějšího stroje, což v konečném důsledku znamená jeho vyšší cenu.

V praxi existuje pro uspokojení zákazníků i určitá volba mezi levnějším těžším robustnějším výrobkem a jeho dražší lehčí verzí. V určitých případech je však zbytečné volit lehčí verzi, pokud manipulační stroj má dostatečnou výkonovou rezervu.

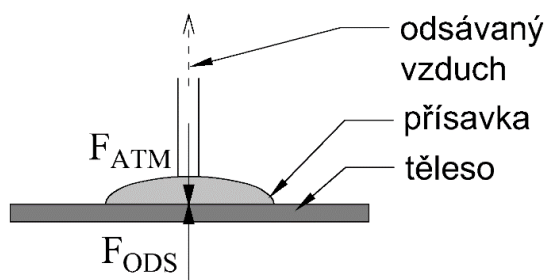


Obr. č. 2 – Produkty Firmy Bilsing Automation v praxi

### 3 Přísavky

#### 3.1 Funkce

Princip fungování přísavky je dán obrázkem a fyzikálním vztahem níže. Na obr. č. 3 se nachází sice jeden z 3 typů přísavek, avšak fungování je stejné, tj. pod přísavkou se musí vytvořit vakuum, a to buď odsátím vzduchu trubičkou anebo přimáčknutím přísavky k podkladu odkud se vyfoukne vzduch po vnějších stranách. Ve fyzikálním vztahu níže  $F_{ATM}$  znázorňuje atmosférickou sílu vzniklou vlivem okolního atmosférického tlaku  $p_{ATM}$  na přisávanou plochu přísavky  $A$ .  $F_{ODS}$  je odsávací síla vytvořená vlivem podtlaku  $p_{ODS}$  uvnitř přísavky na přisávanou plochu  $A$ . Rozdílem těchto sil vzniká sací síla  $F_S$ , kterou zdvihá přísavka dané těleso. Je důležité zdůraznit, že se jedná o teoretický vztah a vypočtená síla  $F_S$  je menší a má závislost na faktorech jako je především drsnost a mastnota povrchu přisávaného tělesa.



Obr. č. 3 – Schématické znázornění fungování přísavky [2]

$$F_S = F_{ODS} - F_{ATM} \quad \text{vzorec 3.1.1 [2]}$$

$$F_S = A \cdot (-p_{ODS} + p_{ATM}) \quad \text{vzorec 3.1.2 [2]}$$

V praxi se u přísavek často zadává hodnota tlaku jako tlak vakua, což znamená o kolik klesl tlak oproti běžnému atmosférickému a bývá uveden v záporných hodnotách. Ve fyzikálním vyjádření je tento tlak vyjádřen takto:

$$p_{vakuum} = p_{ODS} - p_{ATM} \quad \text{vzorec 3.1.3 [2]}$$

Na příklad při zadané hodnotě vakua  $p_{vakuum} = -80$  kPa a průměru přísavky 80 mm by vztah vypadal takto:

$$F_S = -p_{vakuum} \cdot A = -(-8 \cdot 10^4 \text{ Pa}) \cdot \frac{\pi \cdot (0,08 \text{ m})^2}{4} = 402 \text{ N} \quad \text{vzorec 3.1.4 [2]}$$

## 3.2 Rozdělení

### 3.2.1 Podle způsobu fungování

#### a) Pasivní přísavka bez ovládání

Jedná se o nejprimitivnější druh přísavky, kde přisátí k povrchu se provádí stlačením, čímž se vypustí vzduch pod přísavkou a sníží se pod ní tlak. Doba vypouštění vzduchu je přímo úměrná rovinnosti a pórovitosti podkladu. Pro zlepšení těsnosti lze navlhčit přísavku vodou. Nevýhoda je v odstraňování přísavky odtržením hrubou silou, z tohoto důvodu se tento druh používá pro menší rozměry průměrů v řádu několika jednotek až desítek milimetrů a měkčí materiály (hlavně silikony). Hlavní uplatnění se nachází v zavěšování drobných věcí.



Obr. č. 4 - Pasivní přísavka bez ovládání [3]

#### b) Pasivní přísavka s ovládáním

Přisátí je prováděno tak, že přísavka se přiloží k povrchu, a poté otočením páčky dojde k oddálení středu přísavky od podkladu. Rovněž zde je doba vypouštění úměrná pórovitosti

povrchu. Rozměry průměru jsou zde v řádu desítek až stovek milimetrů. Tohoto typu přísavky se především využívá pro přichycení autokamer, GPS navigací, ve sklenářství, atd.



Obr. č. 5 - Pasivní přísavka s ovládáním [4]

#### c) Aktivní přísavka

Tento druh přísavky se oproti předešlým liší především tím, že vakuum není tvořeno přísavkou, ale je přiváděno z vnějšího zdroje. Zdrojem vakua je vývěva nebo ejektor. Na tento typ přísavky jsou často kladeny větší požadavky, a to především co se týče únosnosti, životnosti (počtu přísátí) a v určitých případech teploty. Výhodou externího zdroje vakua je možnost použití pro poréznější a zakřivenější povrchy. Všechn přisávaný vzduch je zespoda přísavky neustále odsáván, tudíž doba přísátí odpovídá době vytváření vakua. Z toho vyplývá, že vakuum činnost přísavky ovládá. Odpojení se následovně provede zastavením vakua anebo navíc vyfouknutím vzduchu. Druhý způsob přináší výhody v rychlosti odpojení a delší životnosti přísavky. Typické využití je v průmyslových aplikacích úchopných efektorů robotů.

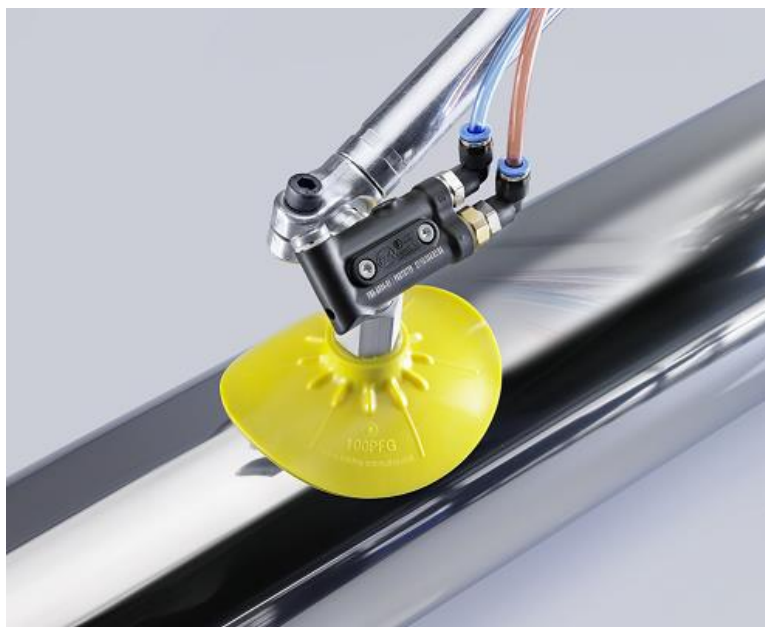


Obr. č. 6 – Aktivní přísavka

### 3.2.2 Aktivní přísavky rozdělené podle přísávaného povrchu

#### a) plochý či mírně vyboulený/zaoblený:

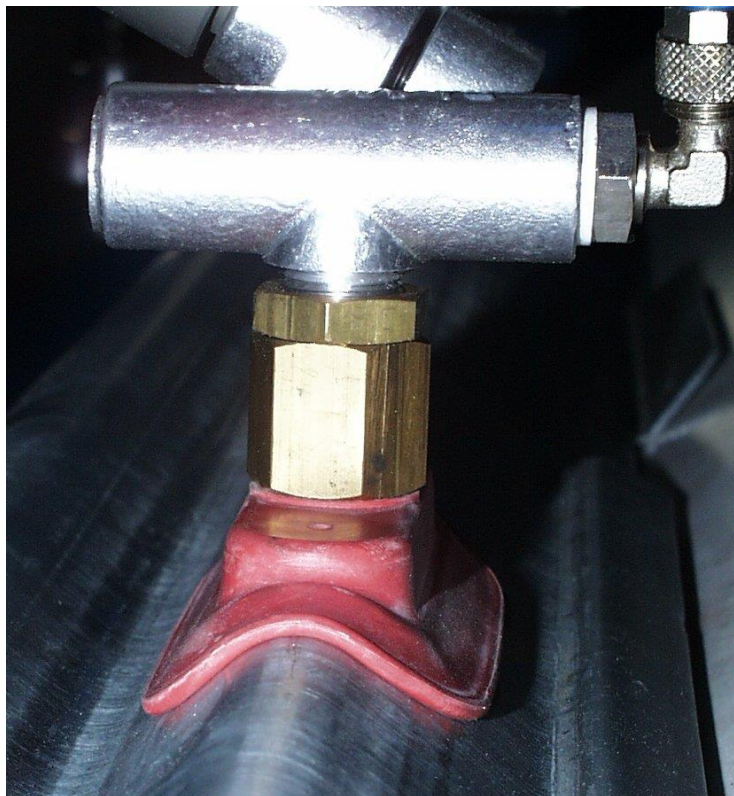
Pro tento případ se vyrábí naprostá většina přísavek, jelikož povrch přísávaných těles převážně má v praxi buď rovinu či mírné zaoblení a tím pádem dovoluje použití této přísavky.



Obr. č. 7 – Rovinná přísavka použita na mírně zaoblený povrch

b) konkávní

Typicky mají oblý tvar a používají se tam, kde je otevřený velký úhel mezi plochami. V tomto případě by běžná přísavka (předešlá) podfukovala v místech kolmo na osu hrany, a tudíž by neměla možnost, jak se přisát.



Obr. č. 8 - Konkávní přísavka v praxi

c) konvexní

Opačný případ oproti předešlému, rovněž tyto přísavky mají oblý tvar a používají se tam, kde je uzavřený malý úhel mezi plochami. V tomto případě by běžná přísavka podfukovala z obou stran v ose hrany, a rovněž by neměla možnost, jak se přisát.

### 3.2.3 Aktivní přísavky rozdělené podle teploty použití

#### a) běžné teploty

U přísavek pro běžné teploty se často uvádí horní mez 100°C, avšak této hodnotě je lepší při používání přísavky delší dobu nevystavovat, jelikož může dojít k rychlému opotřebení. Vyrábí se z materiálu butadien-akrylonitrilový kaučuku anebo polyuretanového elastomeru.

#### b) vyšší teploty

Tyto přísavky vydrží dlouhodobě pracovat i při 200°C. Poměrově však tvoří menší část oproti předešlým přísavkám a jsou také dražší především z důvodu dražších/vzácnějších surovin. Vyrábí se z fluorového kaučuku.

### 3.2.4 Aktivní přísavky rozdělené podle geometrie přísavky

- z pohledu shora

#### a) kruhové

Použití tohoto tvaru přísavky závisí na rozměrovém omezení.

#### b) oválné

Tento tvar se přísavky se oproti předešlému typu se využívá v menší míře než kruhová. V případě, že na přísávaném tělese je tvar vhodnější pro tuto přísavku a tím pádem je možno dosáhnout větší vztahové síly, tak volba připadá na tento typ.

- z pohledu z boku

#### a) s vlnovcem

Typ přísavky s vlnovcem má výhodu ve větší kapacitě objemu podtlaku. V případě vysokých setrvačných sil může dojít k podfouknutí, ale vzhledem k vyšší kapacitě podtlaku se může přísavka znovu rychle přisát. To znamená, že má nižší pravděpodobnost odpadnutí tělesa oproti předešlému typu. Rovněž další výhodou je větší úhlová flexibilita.

#### b) bez vlnovce

Přísavka bez vlnovce má jednoduchý tvar a je mnohem tvrdší. Její výroba je méně komplikovaná vlivem jednoduchosti formy.



## 3.3 Důležité parametry při výběru aktivní přísavky

### 3.3.1 Jednotka Shore

Jedná se o jednotku, která se využívá pro popis tvrdosti nekovových materiálů. Měření tvrdost podle Shore spadá mezi dynamicko-elastickou zkoušku, kde odrazem zkušebního tělíška se zjišťuje výška jeho odskoku od měřené plochy. Jednotky mají značku Sh. [5]

Existují 4 typy Shore, tj. A, B,C,D. Z toho pro přísavky se používá Shore typu A, tzn. jejich tvrdost se označuje v jednotkách ShA. V praktickém využití nižší číslo Sh znamená měkčí materiál, při čemž v praxi měkčí přísavky se používají na měkké materiály jako plasty, aby nedocházelo k jejich poškození během manipulace ve výrobním procesu. Tvrdší přísavky pak na plechy a jiné tvrdé materiály. Zároveň u poddajnosti přísavek hraje roli i jejich robustnost. Lze se setkat s přísavkami s měkčí gumou, které jsou používány v aplikacích jako tvrdší přísavky, musí však tuto měkkost vyrovnat větší robustností. Je možno říct, že v případě aplikací pro přisávání plechů je v dnešní době snaha snížit robustnost přísavek za zvýšení tvrdosti, z důvodu snížení plýtvání gumy (platí to většinou, avšak ne 100 % jelikož v určitých případech mohou být i určité omezující faktory).

U některých přísavek je jednotka Shore napsána přímo na přísavce, anebo někteří výrobci jako například Bilsing Automation s.r.o. tuto vlastnost označují barvou. Pro představu u této společnosti mají Nitrilbutadienové přísavky toto barevné označení Shore:

- černá – 60 ShA
- žlutá – 58 ShA
- červená – 45 ShA
- zelená – 33 ShA

### 3.3.2 Velikost přísavky

Velikost přísavky, resp. přisávané plochy určuje velikost sací síly, avšak limitující je velikost použitelné plochy na přisávaném tělese.

### 3.3.3 Materiál přísavky

Materiál je primárním parametrem při volbě přísavky a předurčuje její použitelnost v daném prostředí, kde rozhodujícími faktory mohou být odolnost vůči oleji, rozpouštědlům až po vysokou teplotu. Materiál rovněž definuje geometrii přísavky, tzn. nelze použít stejnou

formu na dva odlišné materiály, jelikož by vznikaly vady jako trhání přísavek, nemožnost vytažení přísavky z formy bez její destrukce atd. To stejné platí pro výrobní technologii, která předurčuje geometrii formy. Každý typ materiálu přísavky ovlivňuje výrobní časy, cenu suroviny, cenu formy atd., což má zásadní vliv na konečnou cenu přísavky.

### 3.3.4 Geometrie přísavky

Při volbě geometrie přísavky se bere ohled na tvar místa vhodného k přisátí anebo na požadavek na objem vakua.

## 3.4 Příslušenství aktivních přísavek

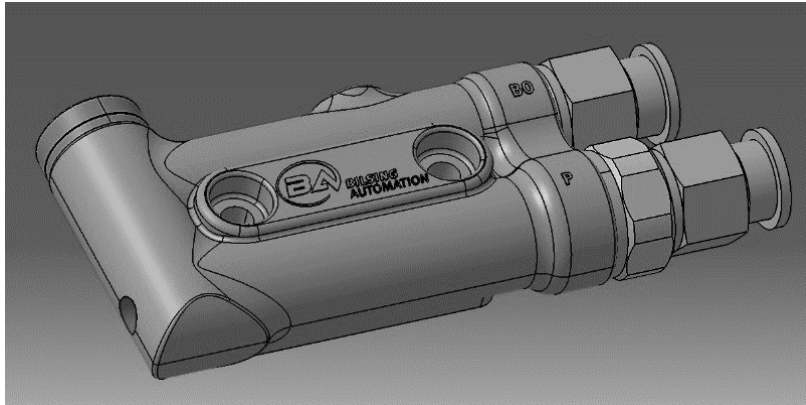
### 3.4.1 Vzduchový ejektor

Funguje na principu Venturiho efektu, kde Venturiho tryskou proudí vzduch, ten strhává vzduch z boční díry, čímž jej odsává a vytváří v boční díře podtlak. Zde oba níže uvedené ejektory mají zabudovaný blow-off ventil, který zajišťuje rychlé odsátí přísavky. Ten je důležitý pro zrychlení procesů, zvýšení životnosti přísavky tím, že se přísavka neodtrhává a zároveň se díky tomu nepoškodí přisávaný výlisek. Mezi důležité aspekty vzduchového ejektoru je maximální stupeň vakua, nízká hluchnost, rychlost dosažení vakua a nízká spotřeba vzduchu, tj. efektivita dosažení vakua. Níže uvedených obrázcích jsou příklady vzduchových ejektorů od firmy Bilsing Automation. Na Obr. č. 9 se nachází starší typ, jehož základním polotovarem je hliníkový odlitek odlévaný formou gravitačního lití a vlastní vzduchové vedení a uložení Venturiho trysky se frézuje.



Obr. č. 9 - Starší typ vzduchového ejektoru

Na obr. č. 10 se nachází nový typ, který je dvakrát lehčí (61 g), menší a má co se týče vakua větší efektivitu oproti původnímu typu. Oproti staršímu typu je konstrukce vyrobena z pevného plastu PA6.



Obr. č. 10 - Nový typ vzduchového ejektoru

### 3.4.2 Pružinový držák přísavky

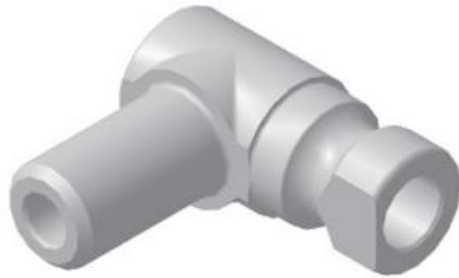
Má široké spektrum využití, při čemž hlavní je v případě, kdy je za potřebí přidržení dílu na vyhazovačích, pokud by jinak po vyjetí z něj vypadl a dále se často využívá u starých strojů, kde není zaručená přesnost otevření formy a polohování robota. Celková délka této součásti se ve většině případů pohybuje kolem 500 mm a zdvihová délka v rozmezí 50 až 250 mm. Příklad držáku přísavky je na obr. č. 11.



Obr. č. 11 - Pružinový držák přísavky

### 3.4.3 Adaptér pro přísavku

Používají jej některé automobilky s centrálním vyvíječem vakua, tj. s vývěvou. Na obr. č. 12 je příklad jednoho z mnoha typů konstrukcí adaptéru pro přísavku. Z jedné strany se přišroubuje přísavka a z druhé strany se připojí vstup vakua formou hadičky.



Obr. č. 12 - Adaptér pro přísavku

### 3.4.4 Trubky a držáky

Trubky a držáky tyčí jsou z hliníkové slitiny a je u nich kladen důraz na co nejmenší hmotnost ve srovnání s pevností.



Obr. č. 13 - Tyče a držáky

## 3.5 Příklady použití aktivních přísavek

Použití je spousta a od toho se odvíjí i velký rozsah druhů přísavek. Ať jde o materiál, velikost, tvar až po jejich příslušenství. Hlavní věcí spojující aktivní přísavky je automatizace, zvyšující efektivnost průmyslu. Pravděpodobně nejčastěji si lidé spojují aktivní přísavky s automobilovým průmyslem, kde se používají k přemísťování plechů u lisů - obr. č. 14,

dále při montáži lakovaných dílů aut - obr. č. 15, nebo při vakuovém tváření plastových dílů - obr. č. 16. [6]



Obr. č. 14 - Přemísťování plechů při lisování [6]



Obr. č. 15 - Montáž lakovaných dílů aut [6]

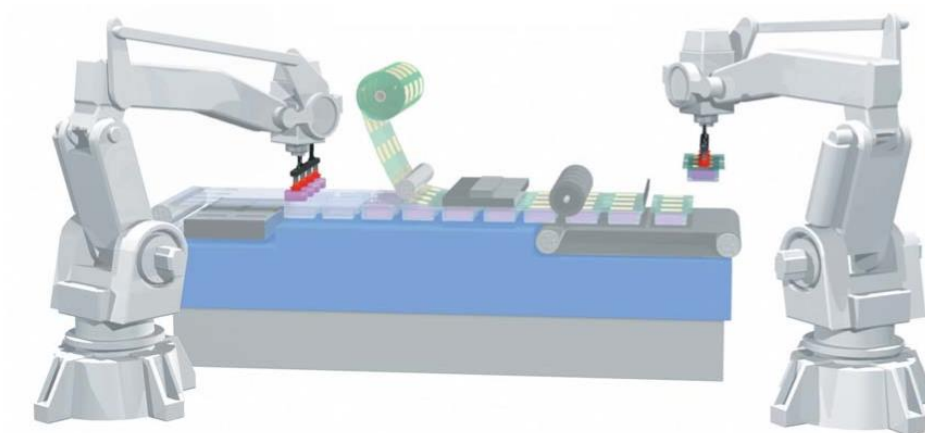


Obr. č. 16 - Vakuové lisování plastových dílů [6]

Neméně podstatným průmyslem z hlediska množství použití aktivních přísavek je potravinářský průmysl, kde nacházejí uplatnění při otevírání sáčků - obr. č. 17, balení do blistrů - obr. č. 18 nebo přenášení vajíček - obr. č. 19.



Obr. č. 17 – Otevírání sáčku [6]



Obr. č. 18 – Balení do blistrů [6]

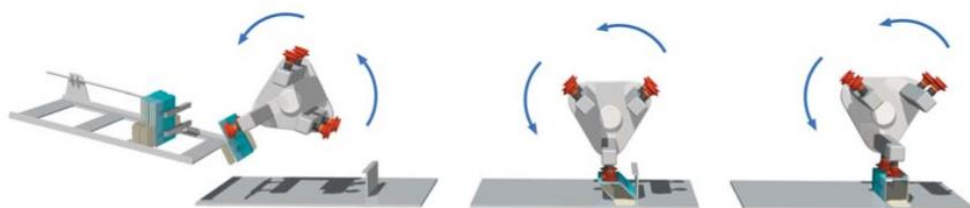


Obr. č. 19 – Přenášení vajíček [7]

Ostatní druhy průmyslů využívají aktivní přísavky také při paletizaci obr. č. - 20, manipulaci s kartony - obr. č. 21 atd.



Obr. č. 20 - Paletizace [6]



Obr. č. 21 - Manipulace s kartony [6]



## 4 Materiál přísavek

Přísavky se vyrábí z elastomerů, což je surovina typická neobvyklými fyzikálními vlastnostmi jako vysoká elasticita v kombinaci s nepatrnou tvrdostí. Elastický stav je chápán jako schopnost hmoty vracet se po uvolnění síly působící deformaci tahem, tlakem nebo krutem rychle do původního geometrického stavu. Látky vykazující elastické vlastnosti při normální teplotě jsou označovány jako elastomery (nespadají zde plasty, které vykazují elastický stav za zvýšených teplot). Přestože již existuje plynulý přechod mezi elastomery a plasty, lze mezi nimi určit rozhraní dané mechanickými vlastnostmi. U elastomerů je zdůrazňován vysoký podíl (100 až 1 000 %) rychle a reverzibilně relaxujícího protažení při nízkém modulu pružnosti (řádově 1 MPa), jež je doplněn požadavkem na vysokou ohebnost, odolnost vůči stárnutí během působení kyslíku a světla a odolnost proti oděru.

Na výrobu přísavek se používá termoplastický elastomer nebo syntetický kaučuk. Historie syntetického kaučuku sahá až do roku 1860, kdy Granvilu Wiliamsovi se podařilo z produktů destilace přírodního kaučuku izolovat čistou látku, jež nazval izopren. Ten se o 19 let později podařilo francouzskému chemikovi Bouchardatovi přeměnit zpět na kaučuk a tím dal základ pro výrobu polyizoprenu, který jako jediný by tehdy bylo možno nazvat umělým kaučukem. Jeho výrobu si nechali patentovat Angličané Strong a Mathews v roce 1910 a společně s nimi i německá firma Bayer.

Avšak i předtím bylo dokonáno velkého pokroku ruským chemikem I.L. Kondakovem v roce 1900, který zjistil, že kaučukový produkt dokáže poskytnout nejen izopren, ale i dimethylbutadien zahřívání se sodíkem nebo hydroxidem draselným.

Poté během první světové války v Německu v důsledku blokády dovozu přírodního kaučuku byla započata výroba polydimethylbutadienu – prvního syntetického kaučuku. Tento kaučuk sice nebyl vhodný k výrobě pneumatik, ale zato naprosto postačoval k výrobě ebonitových skříní do ponorek. Ve třicátých letech byla pak Němci zvládnuta průmyslová výroba butadienového, butadien-styrenového a butadien-akrylonitrilového kaučuku. O něco později došlo i k prudkému rozvoji syntetického kaučuku v USA. [8]

V dnešní době existuje již mnoho druhů kaučuků a jejich vzájemné směsi, dále směsi s plasty, plniva aj. Pro přiblížení charakteristik dnešních kaučuků (bez směsi) se nachází níže tabulka č. 1. Z této tabulky lze poznat podle vlastností vhodnost daného typu kaučuku

pro přísavku, při čemž u přísavek asi nejdůležitějším parametrem je odolnost proti otěru a oleji, dále o něco méně ale i přes to důležitými parametry je pevnost v tahu, teplotní použitelnost a cena. U aktivních přísavek převládají materiály nitrilového a polyuretanového elastomeru. O hodně méně pak fluorový typ, jež se využívá pro vysoké teploty. Z tabulky lze vyčíst, že pro teplotně by byl potencionálně výhodný i silikonový kaučuk na aktivní přísavky, avšak ten nelze použít na plechy, které budou následovně lakovány. Je to z toho důvodu, že byť minimální množství silikonu, které zanechá přísavka na plechů způsobí značné vady při lakování. [9] [10]

typ kaučuku	pevnost v tahu [MPa]		odolnost proti		teplotní použitelnost [°C]		cenová relace (SBR=1)
	neplněná pryž	plněná pryž	oleji	oděru	dlouhodobě	krátkodobě	
<b><i>základní typy</i></b>							
přírodní kaučuk (NR)	28	30	špatná	dobrá	-60 až 70	100	1,2
polyisoprenový (IR)	26	28	špatná	dobrá	-60 až 70	100	1,2
butadien-styrenový (SBR)	3	25	špatná	velmi dobrá	-45 až 100	120	1
polybutadienový (BR)	9	18	špatná	výborná	-90 až 100	120	1,1
ethylenpropylenový (EPR)	12	25	špatná	dobrá	-35 až 120	150	1,3
butylkaučuk (IIR)	18	21	špatná	odpovídající	-40 až 125	150	1,1
<b><i>olejovzdorné typy</i></b>							
polychloroprenový (CR)	24	25	dobrá	dobrá	-35 až 110	120	1,7
nitrilový (NBR)	4	25	výborná	velmi dobrá	-40 až 110	130	2,5
polyuretanový (U)	35	41	výborná	výborná	-40 až 80	100	6,5
polysulfidový (T)	2	8	výborná	špatná	-40 až 70	100	3,2
<b><i>tepluvzdorné typy</i></b>							
akrylátový (ABR)	3	12	dobrá	odpovídající	-10 až 150	170	5,8
chlorsulfonový (PE, HY)	12	18	dobrá	dobrá	-35 až 120	150	2,2
fluorový (FC)	15	20	velmi dobrá	dobrá	-40 až 200	300	50
silikonový (SI)	3	8	dobrá	špatná	-150 až 200	250	17

Tab. č. 1 – Přehled vlastností nejvýznamnějších pryží [9]

## 4.1 Typy materiálů používané na přísavky

### 4.1.1 Butadien-akrylonitrilový kaučuk

Říká se jim také zkráceně nitrilkaučuky a jedná se o statistické kopolymery butadienu a akrylonitrilu, které se vyrábějí emulzní polymerací. V dnešní době převažují studené typy polymerované při teplotách kolem 5°C.

Kopolymery butadienu s akrylonitrilem lze rozdělit do 3 skupin:

- a) s vysokým obsahem akrylonitrilu (40 až 50%)
- b) se středním obsahem akrylonitrilu (30 až 35%)
- c) s nízkým obsahem akrylonitrilu (18 až 26%)

Množství akrylonitrilu ovlivňuje především olejovzdornost. Platí, že čím je vyšší podíl akrylonitrilu tím je větší olejovzdornost, odolnost vůči vyšší teplotě a nerozpustnost vůči plynům. Avšak má to i zápor v poklesu mrazuvzdornosti.

Nitrilkaučukové pryže nejsou vhodné pro výrobky přicházející do styku s ketony jako například aceton anebo s chlorovanými uhlovodíky, jelikož v těchto rozpouštědlech snadno bobtnají. Výhoda nitrilkaučuků tkví především v jejich odolnosti vůči olejům, benzínu, brzdovým kapalinám apod. Používají se hlavně na výrobu hadic, těsnění, přísavek, membrán atd. [8]



Obr. č. 22 - Přísavka z nitrilkaučuku

#### 4.1.2 Polyuretanový elastomer

Polyuretanové elastomery jsou segmentové blokové polymery, kde měkké segmenty dávají ohebnost společně s tažností a tvrdé segmenty zajišťují tvarovou paměť tvrdost aj. Tvrdé bloky se vytvářejí díky silné fyzikální interakci, hlavně díky vodíkovým můstkům, vysoce polárních močovinných či uretanových vazeb, které byly vytvořeny reakcí izokyanátu s diaminem nebo diolem. Měkké bloky jsou nejčastěji polyetherového typu anebo méně často polyesterového typu. Polyetherový typ vykazuje vysokou odolnost proti hydrolyze a vysokou odrazovou pružnost. Naopak polyesterový typ zase dává vyšší odolnost proti vzniku a růstu trhlin, vyšší odolnost proti otěru a zlepšenou odolnost při rozpouštědélům i olejům. Výhodou polyuretanových elastomerů je jejich vynikající elasticita a perfektní odolnost proti opotřebení, která předčí i ostatní pryže. Svou oblibu si tento elastomer také našel díky dobré barvitelnosti a velké kvalitě povrchu. Nevýhodou těchto pryží je horší odolnost vůči určitým chemikáliím jako např. silným kyselinám či zásadám a některým rozpouštědélům, tj. toluenu a acetonu. Navíc při vyšších teplotách tzn. nad 100°C se vlastnosti polyuretanových elastomerů zhoršují, především pak ještě v kombinaci, když jsou ve styku s vodou nebo vodní párou. Používají se především pro výrobu membrán, těsnění, pohonných řemenů a podešví. [10] [9]



Obr. č. 23 - Polyuretanová přísavka

#### 4.1.3 Fluorouhlíkový kaučuk

Bývají často zkráceně nazývané jako fluorové kaučuky. Jsou to teplovzdorné kaučuky a vyrábějí se emulzní radikálovou kopolymerací iniciovanou organickými nebo anorganickými peroxidy jako např. peroxidisíranem draselným při teplotě 100°C a tlaku 2 MPa až 10 MPa. Vulkanizace těchto kaučuků se provádí diaminy či dithioly za přítomnosti oxidů kovů, nejčastěji oxidem hořečnatým, který dává této pryži největší teplovzdornost. Fluorové pryže mají ze všech pryží největší odolnost k vysoké teplotě, jsou schopné dlouhodobě odolávat teplotám do 200°C až 230°C. Jsou elastické již od -25°C. Navíc mají největší odolnost vůči olejům a velmi agresivním chemikáliím, jak aromatického charakteru, tak i silným kyselinám a mírně zásaditým roztokům. Koncentrované kyselině sírové odolává tento kaučuk bez patrných změn více než 100 hodin, a to při teplotě kolem 70°C. Podobnou vlastnost má i vůči jiným kyselinám. Vulkanizáty fluorouhlíkových pryží mají rovněž velkou odolnost vůči páře i účinku oxidačních látek od kyslíku přes ozón až ke koncentrované kyselině dusičné. Značnou nevýhodou tohoto druhu pryže je vysoká cena, dlouhá doba pro vulkanizaci a nízká tažnost i pevnost v tahu. [8] [9]



Obr. č. 24 - Přísavka z fluorového kaučuku

#### 4.1.4 Silikonový kaučuk

Jedná se o teplovzdorné kaučuky, které se vyrábějí hydrolýzou dichlorsilanů a jejich samovolnou polykondenzací. Specifickou charakteristikou těchto kaučuků je malá závislost fyzikálních vlastností na teplotě v širokém rozmezí. Používají se běžně v rozmezí  $-60^{\circ}\text{C}$  až  $180^{\circ}\text{C}$ . Toto chování je způsobeno velmi malou mezimolekulární soudržností silikonové pryže, avšak vede to při běžných teplotách k relativně horším fyzikálním vlastnostem vulkanizátů ve srovnání s uhlovodíkovými kaučuky. Z tohoto důvodu silikonové pryže nalézají uplatnění především při teplotách nad  $150^{\circ}\text{C}$ . Navíc do  $180^{\circ}\text{C}$  se speciální silikonové pryže vyznačují dlouhodobou odolností v suchém prostředí. Za zvýšených teplot ve vlhkém prostředí a především v páře podléhají degradaci způsobeného hydrolýzou základního řetězce. Mají částečnou odolnost vůči bobtnání v olejích. Uplatnění nacházejí v kabelářském průmyslu k izolaci tepelně namáhaných vodičů, pro tepelně namáhané součásti ve strojírenství, v chemickém, farmaceutickém a potravinářském průmyslu. Mají výbornou snášenlivost s lidským organismem a z tohoto důvodu v lékařství silikonová pryž našla využití jako kontaktní čočky nebo implantáty. [8] [9] [11]



Obr. č. 25 - Silikonová přísavka [12]

#### 4.1.5 Chloroprenový kaučuk

Polychlorpren neboli chloroprenová pryž se dělí na 2 typy. Rozlišujeme typ G, který je modifikovaný sírou a tetramethylthiuramdisulfidem a typ W, jež se modifikuje thioly. Oba tyto typy pryže nepotřebují nutně k vulkanizaci síru, i když stejně jako přírodní kaučuk jsou sírou také vulkanizovatelné. Vlastnostmi, kterými vynikají chloroprenové pryže je velká elasticita, zvýšená odolnosti proti povětrnostnímu stárnutí a proti olejům a řadě chemikálií. Rovněž má i dobrou odolnost proti hoření. [8] [10]



Obr. č. 26 - Chloroprenová přísavka [13]

## 4.2 Recyklace

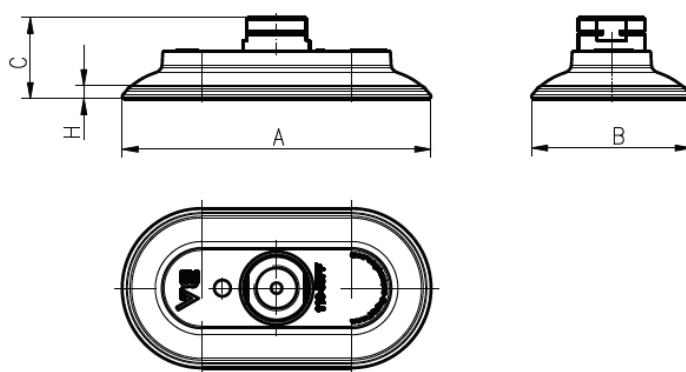
Recyklovat výše uvedené materiály přísavek lze podle toho, o jaký druh se jedná, tj. zda se jedná o elastomery termoplastické či nikoli. U běžných elastomerů vytvrzení probíhá vulkanizací a po vychladnutí je již nelze znova upravovat. Opětovným zahřátím by pouze degradovaly. Tento fakt předurčuje způsob recyklace jejich namletím a následovným použitím jako plniva pro nějaký pružný výrobek. Při přidání pojidla k tomuto namletému plnivu se naskýtá příležitost vyžití pro výrobky jako pružné podložky, dorazy či běžecká trať. V případě termoplastických elastomerů je výhoda ve znovupoužití materiálu, jelikož zahřátím lze materiál opětovně zpracovat. Tímto se nabízí možnost využití materiálu z vtoků opětovně na výrobu stejného výrobku. Samozřejmě tento materiál musí být ve stejné nebo podobné formě jako granulovaný nakupovaný materiál, takže před opětovným využitím je nezbytné jej namlít. Rovněž se nabízí i druhá možnost recyklace termoplastických elastomerů, a to stejná jako u běžných elastomerů tzn. namlít na malé kousky a využít je jako pojivo u podložek atd.

V praxi jsou aktivní přísavky nejčastěji složeny z hliníkové vložky a pružné části, kterou je butadien-akrylonitrilový nebo z polyuretanový elastomer. Butadien-akrylonitrilový elastomer lze oddělit od hliníkové vložky dvojím způsobem. První je zahřátím na teplotu 220°C a druhý namočením do toluenu, díky čemuž guma nabobtná a lze snadno odstranit od vložky. Druhý způsob z hlediska ekologičnosti, zdravotní závadnosti i ekonomičnosti je dosti diskutabilní. V případě polyuretanového elastomeru lze recyklaci provést tak, že se přísavka ořeže v místě, kde se nachází hliníková vložka a poté vložit do acetonu, díky čemuž materiál nabobtná a lze snadno oddělit od hliníkové vložky. Důležitým aspektem recyklace materiálu aktivních přísavek je to, že automobilový průmysl zakazuje znovupoužití recyklované gumy na výrobu přísavek. Jedinou možností tedy je prodej společnostem zabývajících se odkupem těchto materiálů.



## 5 Analýza stávající technologie

Zadání na vylepšení forem bylo dáno pro oválné přísavky z výše uvedeného typu gumy NBR, a tyto přísavky nesou firemní označení 60-30PF, 80-40PF a 110-55PF. Tato čísla v názvu označují spodní rozměry dosedací geometrie v milimetrech, což lze vidět na obr. č. 27, kde například u přísavky 110-55PF znamená rozměr A = 110 mm a rozměr B = 55 mm.



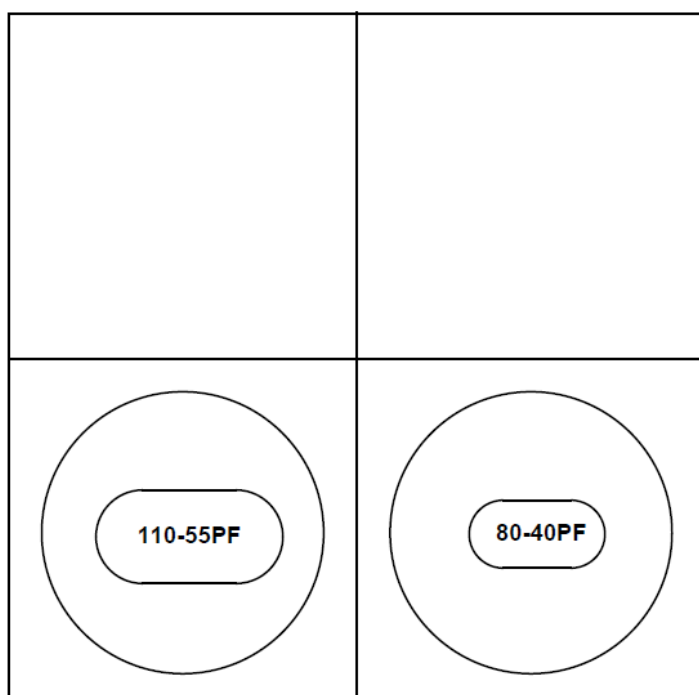
Obr. č. 27 - Schéma oválné přísavky

Ve skutečném stavu tyto přísavky vypadají tak jak je to na obr. č. 28. Mají žlutou barvu, což znamená, že mají tvrdost 58 ShA, která je nyní k roku 2017 nejčastější barvou přísavek a zároveň byla na odlišení od konkurence zvolena jako hlavní reklamní barva firmy Bilsing Automation s.r.o. pro tento produkt.



Obr. č. 28 - Oválné přísavky (vlevo 60-30PF, uprostřed 80-40PF, vpravo 110-55PF)

Zpočátku při začínající výrobě přísavek ve firmě Bilsing Automation s.r.o. byla vyráběna v jednom pracovním cyklu pouze jedna přísavka jednoho druhu. Následně byl proces vylepšen na stav, kdy bylo vyráběno po jedné přísavce dvou druhů, což byl stávající stav, tak jak je vyobrazen na obr. č. 29. Tento stávající stav byl způsoben tím, že přísavky jsou spíše doplňkovým sortimentem firmy Bilsing Automation s.r.o. a neméně podstatným důvodem bylo zpočátku obtížné hledání stálějšího poměru prodeje přísavek. To znamená, že při výrobě přísavek, které nebyly tak často požadované, by vznikl jejich uskladněním problém s vázanými finančními prostředky a kapacitními nároky na sklad.



Obr. č. 29 - Příklad stávajícího rozmístění forem

Původní formy na obr. č. 30 byly navíc vyráběny celé v jenom kuse z hliníkové slitiny EN AW 7075, což oproti nástrojové oceli přinášelo větší riziko poškození. Na druhou stranu nutno zdůraznit, že za přibližně 6 let jejich používání nedošlo k žádnému takovému problému.



Obr. č. 30 - Původní formy na přísavky (vlevo 60-30PF, uprostřed 80-40PF, vpravo 110-55PF)

V minulých letech byly prodeje do jisté míry proměnlivé a z toho důvodu se střídal výroba přísavek po dvojicích. Pro představu množství prodaných přísavek je uvedeno na tab. č. 2, kde je uvedeno množství prodejů v kusech za daný rok.

rok	60-30PF	80-40PF	110-55PF
2011	400	600	540
2012	960	1200	850
2013	2700	2900	1100
2014	1200	1400	950
2015	2500	2400	860

Tab. č. 2 – Vývoj prodeje přísavek

## 5.1 Výrobní časy

Výroba přísavek se skládá z několika operací, jež jsou uvedeny níže v tab. č. 3. Z této tabulky lze rovněž vyčíst časy jednotlivých operací. Tyto časy po celkovém sečtení viz suma, odpovídají vyrobeným přísavkám bez vad. Vzhledem k tomu, že v praxi vždy dochází k vadám, tak je potřeba vynásobit celkový čas výroby přísavek koeficientem zmetkovitosti. Pro tento případ koeficient zmetkovitosti vychází na 1,075 a je převrácenou hodnotou zmetkovitosti, která činí 7 %.

	časy výrobních operací [s]		
	60-30PF 80-40PF	80-40PF 110-55PF	60-30PF 110-55PF
současně vyráběná dvojice přísavek			
vložení 2 vložek do formy	10	10	10
uzavření forem	10	10	10
vstřikování gumy do forem	35	37	39
vulkanizace	180	180	180
otevření forem	10	10	10
odstranění vtoků a přebytečné gumy	18	20	21
vyjmutí přísavek	9	11	10
suma	272	278	280
celkový čas po započtení koeficientu zmetkovitosti	292	299	301
	výrobní časy přísavek [s]		
60-30PF	146	x	151
80-40PF	146	149	x
110-55PF	x	149	151

Tab. č. 3 – Výrobní časy přísavek

Následovně vydělením tohoto výsledného času počtem přísavek na výrobní cyklus, v tomto případě dvěma, lze získat výrobní čas přísavky při dané kombinaci forem. Aritmetický průměr těchto výrobních časů činí 149 sekund. Nutno však zdůraznit, že tento výsledný čas se týká pouze gumolisu. Po vyjmutí je potřeba provést dokončovací operace skládající se z kontroly kvality, ostříhání a očištění od přetoků a posypání přísavky mazacím prostředkem, viz tab. č. 4. Během vulkanizace, kdy není potřeba obsluhy u gumolisu, tak se tato obsluha, aby zbytečně nečekala, věnuje společně s ostatními pracovníky dokončovacími operacím. Z důvodu, že dokončovací operace probíhají paralelně

s výrobou v gumolise, nelze dokončovací časy přímo přičíst k celkovým výše zmíněným výrobním časům.

opracování přísavek	časy operací pro danou přísavku [s]		
	60-30PF	80-40PF	110-55PF
ostřihání přetoků	40	70	120
posypání vysoušecím	6	8	10
kontrola kvality přísavek	5	5	5
suma	51	83	135

Tab. č. 4 - Dokončovací operace na přísavkách

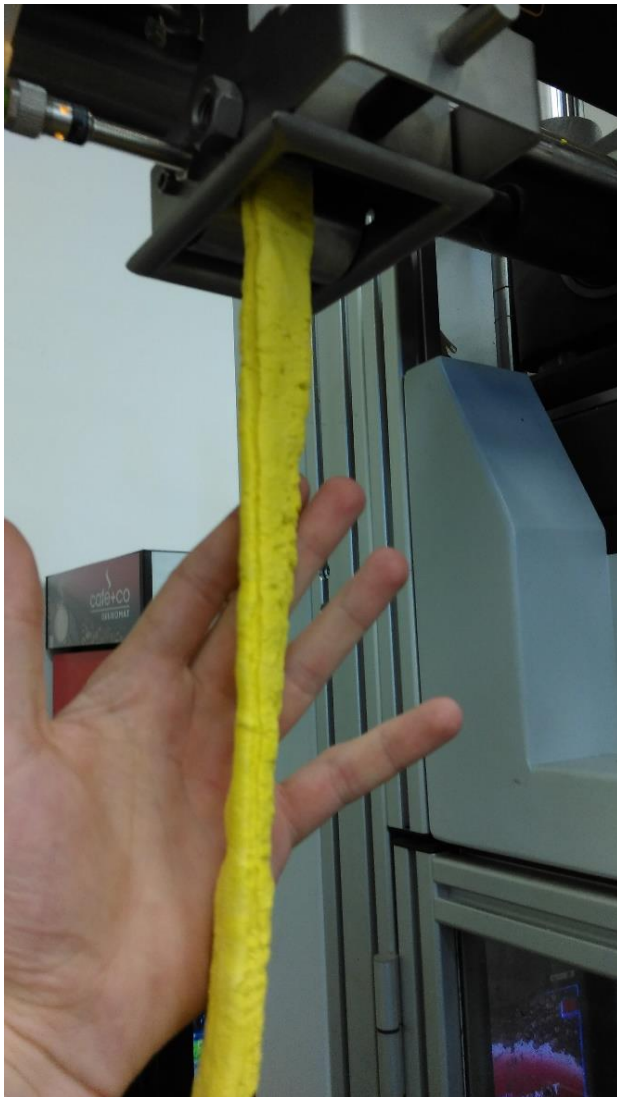
## 5.2 Popis výrobních operací

Výroba probíhá na gumolise Klöckner Desma 6:100 na obr. č. 31. Na gumolis je připojen tlakový vzduch pro pohyb dveří a ovládaní vakua, hydraulický pohon vstřikování gumy, otevírání a zavírání forem je vyvíjeno hydraulickým čerpadlem, dále je zde přivedena voda zajišťující chlazení vstřikovací jednotky a šneku a elektrický proud na ohřev forem a napájení řídicích elektrických systémů. Gumolis má celkem 4 pozice pro formy. Pozice mohou být obsazeny všechny, ale i nemusí. Pokud jsou obsazeny všechny pozice formami, tak lze vyrábět jak na všech, tak i na některých.



Obr. č. 31 - Gumolis

Výchozí surovinou je dlouhý gumový pásek o předem definovaném rozmezí tloušťky a šířky. V případě odchylky od stanoveného rozmezí rozměru by stroj mohl mít problém s vtažením suroviny. Svými mechanickými vlastnostmi se gumový pásek před vulkanizací podobá žvýkačce a dá se natáhnout nebo i přetrhnout. Díky svým mechanickým vlastnostem je potřeba tuto surovinu velkou silou tlačit či lépe řečeno vstříkovat a poté lisovat a z toho důvodu zařízení nazýváme gumolis. Po vulkanizaci má guma už úplně jiné vlastnosti a oproti původnímu stavu ji již téměř nelze přetrhnout, tzn. ručně lze přetrhnout jen malé tloušťky, a to při využití značné síly.



Obr. č. 32 - Surovina pro výrobu přísavek

Prakticky všechny aktivní přísavky musí mít vložku. Jedná se o díl, který není přímo součástí formy, ale na druhou stranu během výrobního cyklu tvoří styk mezi horní a spodní částí formy. Po výrobním cyklu se stává součástí přísavky. Vložka se skládá

ze dvou částí, které jsou k sobě neoddělitelně spojeny a zároveň plní funkci výztuže přísavky. V horní části má vnitřní trubkový G závit umožňující montáž k aparatuře, viz obr. č. 33. Firma Bilsing Automation používá vložky s 2 odlišnými typy závitu a pro snadné rozpoznání mají buď šedý nebo zlatý elox, což naprosto minimalizuje jejich možnou záměnu.



Obr. č. 33 - Vložky pro oblé přísavky (vlevo pro 60-30PF, uprostřed pro 80-40PF, vpravo pro 110-55PF)

Vložky se nasazují na distanční a centrovací kolíky na formě tak, jak je to na obr. č. 34. Po očištění forem a následovném nasazení vložek, může začít výrobní cyklus. Horní a dolní část se formy uzavřou, následuje spuštění automatického programu, skládajícího se z lisování a vulkanizace gumy.



Obr. č. 34 – Nasazená vložka na dolní polovinu formy

Po ukončení vulkanizačního cyklu obsluha stroje pomocí ovládacího panelu otevře horní část formy, kde se nachází rozváděcí deska, pomocí pistole s tlakovým vzduchem podfoukne z vulkanizovanou gumu ve vtocích, čímž ji uvolní a vyhodí ji do krabice s odpadem. Odstranění gumy tlakovým vzduchem je tou nejlepší volbou, jelikož jiné způsoby by byly mnohonásobně obtížnější, časově náročnější a pravděpodobně by docházelo k poškrábání rozváděcí desky.



Obr. č. 35 - Guma ve vtokové soustavě

Vyhozené vtoky pak vypadají tak, jak je to na obr. č. 36.



Obr. č. 36 - Guma z vtokové soustavy



Následně obsluha stroje uzavře pomocí ovládacího panelu horní část formy s rozváděcí deskou a poté otevře dolní část s formami na přísavky. Stlačeným vzduchem foukne shora do přísavky, díky čemuž ji odlepí od spodní části formy, vytáhne ji a položí na stůl. Poté pomocí tlakového vzduchu ve spodních formách odstraní zbytky gumy z přetoků. Jakmile je vše vyčištěné, nasadí se vložka na dolní část formy, uzavře se gumolis a celý cyklus se opakuje.



Obr. č. 37 - Otevřená spodní forma gumolisu

Přísavky, které byly právě vyndány z gumolisu jsou horké, takže než vychladnou za cca 3 minuty se během toho času provádí pouze vizuální kontrola pomocí rukavice odolávající vyšším teplotám. Kontroluje se na přítomnost vzduchových kapes a vlisovaných nečistot v gumě. Po vychladnutí se provádí pečlivé ostřížení přetoku od přísavky. Dráha, po které vede ostřížení je zde na obr. č. 38 fixem vyznačena červeně a vede z vnější strany po celém obvodu. Pracovníci tuto dráhu poznají snadno, jelikož jde o nejtenčí místo mezi hranou přísavky a přetokovou hranou s tloušťkou přibližně 0,25 mm.



Obr. č. 38 - Přísavka vyndaná z formy s naznačenou dráhou k ostřížení

## 6 Racionalizace technologie výroby a konstrukce nové formy

Úkolem je navrhnout 3 formy pro 3 typy přísavek, tak aby jich bylo v rámu co největší množství a zároveň objemy gumy v jednotlivých formách byly srovnatelné, při čemž maximální rozdíl mezi formami může být 2 cm<sup>3</sup>. Tento rozdíl je možno řešit tzv. bumpingem, což je rychlé nadzvednutí a poklesnutí o desetiny mm spodní části formy v řádu desetin sekundy. U všech variant se počítá, že bude použita pouze jedna přísavka 110-55PF, jelikož je ze všech největší a díky svým velkým rozměrům se jich nevléze do formy více. Dalším důvodem je menší poptávka po této největší přísavce, tudíž by bylo zbytečné ji vyrábět ve větším množství.

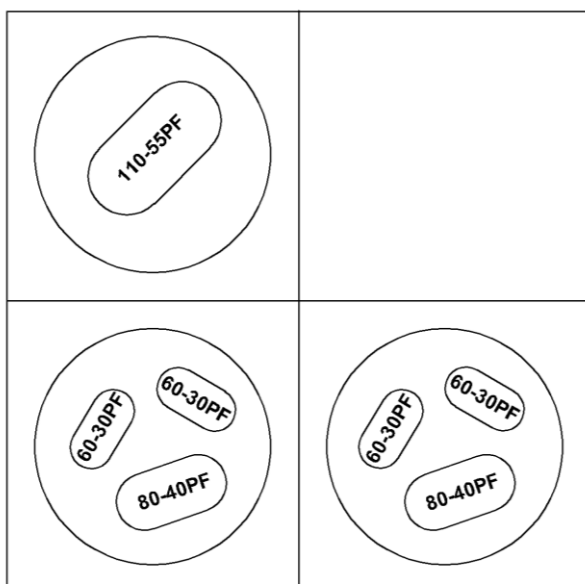
Typ přísavky	objem gumy
60-30PF	7 cm <sup>3</sup>
80-40PF	13 cm <sup>3</sup>
110-55PF	28 cm <sup>3</sup>

## 1. Návrh

**Popis:** V tomto návrhu jsem se snažil poskládat přísavky tak, aby rozdíly objemů mezi formami byly co nejmenší. Z tabulky níže je patrné, že rozdíl objemu je pouze 1 cm<sup>3</sup>, což lze snadno vyřešit pomocí bumpingu.

umístění formy	objem gumy přísavek [cm <sup>3</sup> ]
levá horní	28
levá dolní	27
pravá dolní	27

Tab. č. 5 - Objemy gumy na pozicích



Obr. č. 39 - Pozice přísavek

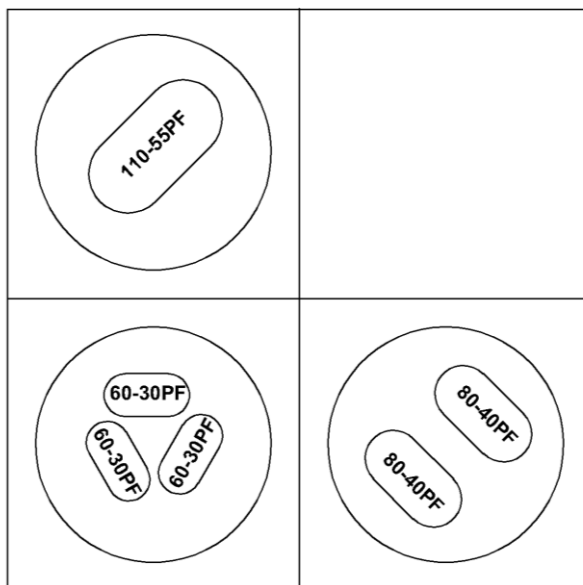
**Zhodnocení:** Tato varianta nebyla zvolena, jelikož u spodních forem není možnost volby výroby pouze jednoho druhu přísavky. Zákazník občas vyžaduje pouze jeden druh přísavek, tudíž na skladě by mohl jeden typ přebývat. Dalším problémem u spodních forem je to, že obsluha gumolisu by mohla při vkládání snadno zaměnit vložku přísavky a mohlo by dojít k poškození forem na lití přísavek.

## 2. Návrh

**Popis:** Tento návrh eliminuje nedostatky předešlého se záměnou vloček. V tabulce níže jsou uvedeny rozdíly v objemech forem. Rozdíl objemů je u levé dolní formy znatelně větší a bude tudíž zapotřebí udělat přetok. U pravé dolní formy je rozdíl akceptovatelný. Na druhou stranu i s přetokem se jedná o úsporu gumy a času oproti nynějšímu stavu formy pouze s jednou přísavkou, kde poměrově na jednu přísavku se ztrácí více gumy ve vtokové soustavě.

umístění formy	objem gumy přísavek [cm <sup>3</sup> ]
levá horní	28
levá dolní	21
pravá dolní	26

Tab. č. 6 - Objemy gumy na pozicích



Obr. č. 40 – Pozice přísavek

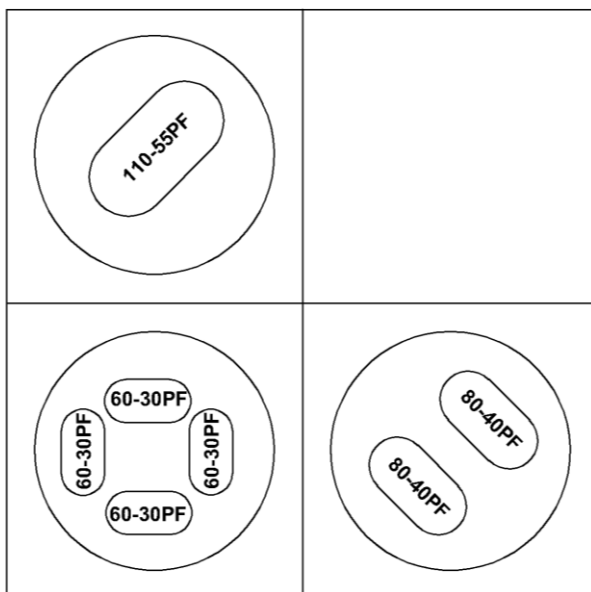
**Zhodnocení:** Problém se záměnou vloček byl vyřešen, a navíc tento návrh poměrem přísavek více odpovídá poměru v prodeji.

### 3. Návrh

**Popis:** Tento návrh se snaží snížit ztrátu gumy a zvýšit efektivitu výroby tím, že se v levé spodní formě přidá jedna přísavka 60-30PF, pokud to bude rozměrově možné.

umístění formy	objem gumy přísavek [cm <sup>3</sup> ]
levá horní	28
levá dolní	28
pravá dolní	26

Tab. č. 7 - Objemy gumy na pozicích

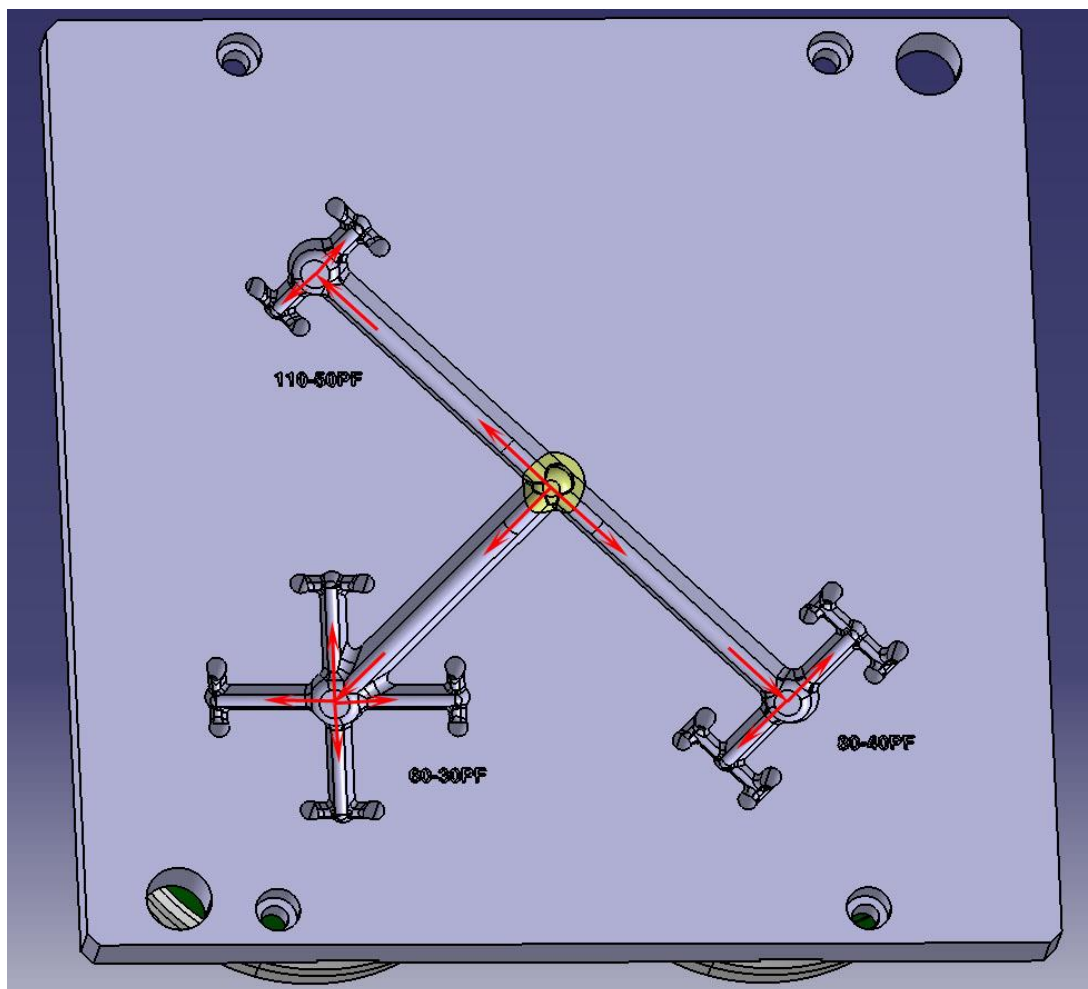


Obr. č. 41 – Pozice přísavek

**Zhodnocení:** U této varianty se podle návrhu povedlo rozměrově umístit 4 přísavky 60-30PF. Tímto se dosáhlo nejvyšší možné využitelnosti gumy, efektivitu výroby a tudíž tato varianta byla zvolena jako konečná.

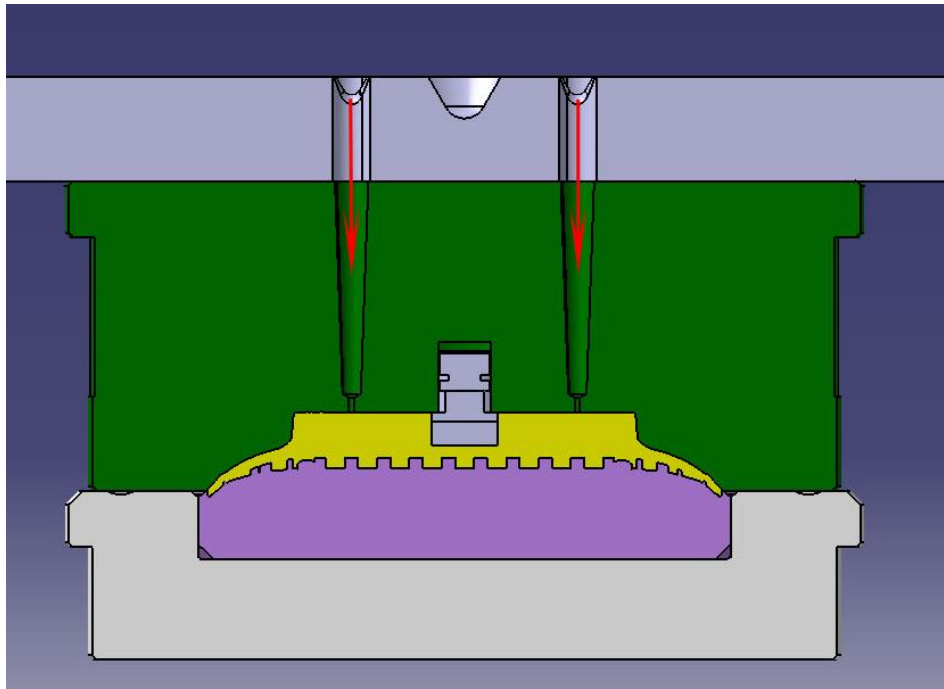
## 6.1 Konstrukce forem

Následující obrázek č. 42 znázorňuje celkovou sestavu forem pro výrobu všech kusů přísavek najednou. Červené šipky ukazují směr toků k formám od středové části kudy ze vstřikovací jednotky je nastříkováána guma.

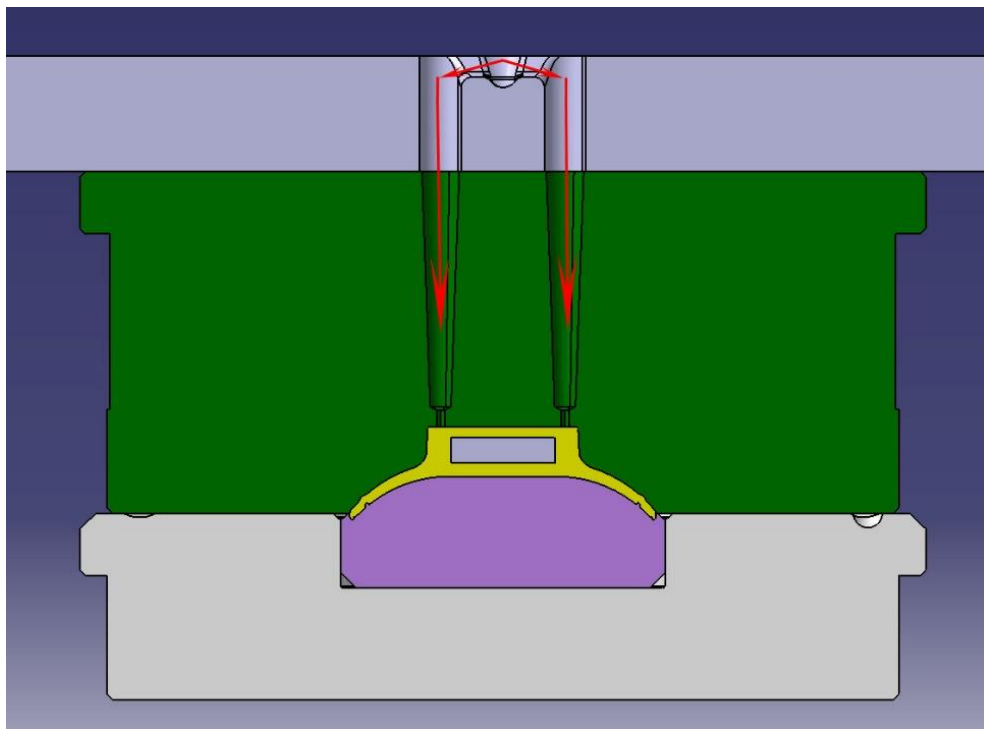


Obr. č. 42 - Sestava forem

Guma je z rozváděcí desky viz 2.1.5 přiváděna vtoky níže do jednotlivých forem, tak jak je to vidět v řezu vtoku největší přísavky 110-55PF na obr. 43 a 44.



Obr. č. 43 – Řez formou přísavky 110-55PF v pohledu z boku

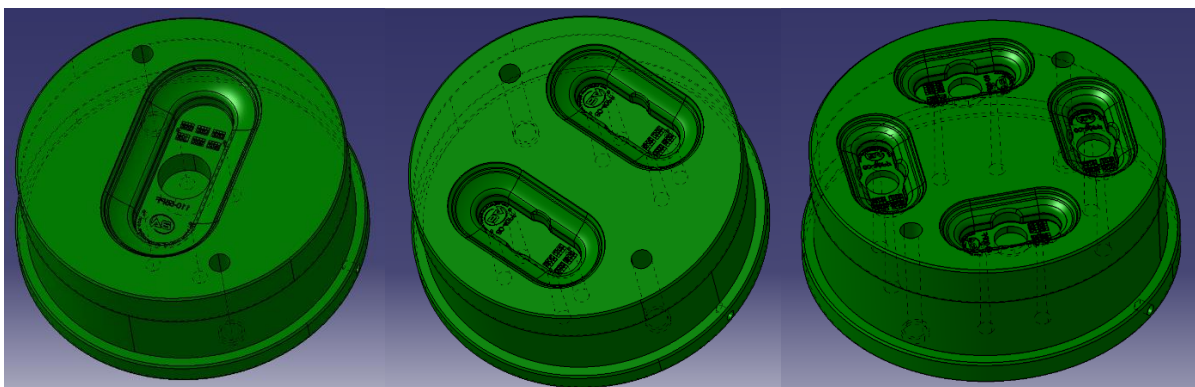


Obr. č. 44 – Řez formou přísavky 110-55PF v pohledu zepředu

### 6.1.1 Horní polovina pro přísavku

*Popis se vztahuje na FM-60-30PF-P001, FM-80-40PF-P001 a FM-110-55PF-P001.*

Horní polovina pro přísavku tvoří horní tvarovou část přísavky. Horní částí se vtoky přivádí guma, při čemž pro nejmenší přísavku 60-30PF, bylo zvoleno jako dostačující pouze 2 vtoky a pro přísavky 80-40PF a 110-55PF jsou již potřeba 4. Vtoky mají celkové zúžení díry 4° až ke koncovému zakončení, kde je větší zkosení a následně válcová díra s výrazně menším průměrem. To zajišťuje snadné odtržení přísavky od vtoku. Do horní poloviny pro přísavku se nachází na největším průměru díra pro kolík, jež slouží k vycentrování této součásti v univerzálním rámu. Rovněž na této součásti se nachází dvě velké díry vedoucí skrz, které jsou určeny pro vodící kolíky.



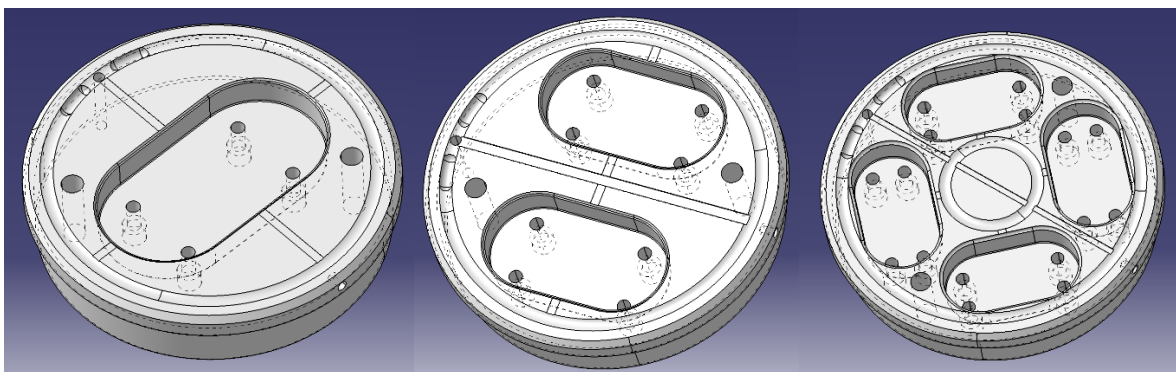
Obr. č. 45 - Horní polovina pro přísavku (vlevo pro 110-55PF, uprostřed pro 80-40PF, vpravo pro 60-30PF)

### 6.1.2 Spodní polovina pro přísavku

*Popis se vztahuje na FM-60-30PF-P002, FM-80-40PF-P002 a FM-110-55PF-P002.*

Spodní polovina pro přísavku (P002) tvoří protikus k horní polovině (P001) a slouží pro uložení vložek s vlastním tvarem přísavky (P004). Na horní straně má vyfrézované kanálky vedoucí od díry k vložkám pro přísavku (P004). Těmito kanálky se po uzavření vysaje vzduch, díky čemuž ve formě vznikne vakuum. Zároveň nejbližší část kanálku u vložky pro přísavku (P004) funguje jako přetok přebytečné gumy. Rovněž jako u předešlého dílu se na boční straně na největším průměru nachází díra pro kolík, jenž zajistí vycentrování v dolní části univerzálního rámu, jenž je upnut v gumolisu.



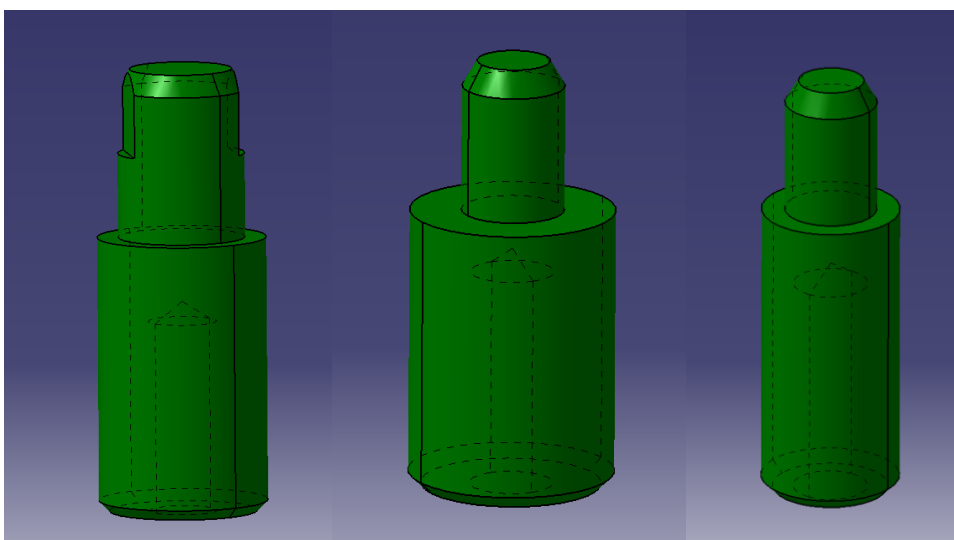


Obr. č. 46 - Dolní polovina pro přísavku (vlevo pro 110-55PF, uprostřed pro 80-40PF, vpravo pro 60-30PF)

### 6.1.3 Kolík pro přísavku

*Popis se vztahuje na FM-60-30PF-P003, FM-80-40PF-P003 a FM-110-55PF-P003.*

Tato vyráběná součást slouží jako zarážka pro vložku a zároveň společně s normalizovaným kolíkem, který se nachází mimo osu přísavky, jej centruje. Kolík pro přísavku se částí s největším průměrem vloží do vložky tvaru (P004), ze spodní strany se k ní zašroubuje, aby se při přišroubování kolík pro přísavku neprotácel, bude na horní straně zajištěn klíčem (FM-110-55PF-P003) anebo kruhovou upínkou (FM-80-40PF-P003 a FM-60-30PF-P003). Pro montáž výhodnější varianta kolíku s drážkou pro klíč nebyla vytvořena pro všechny rozměrového a pevnostního omezení.

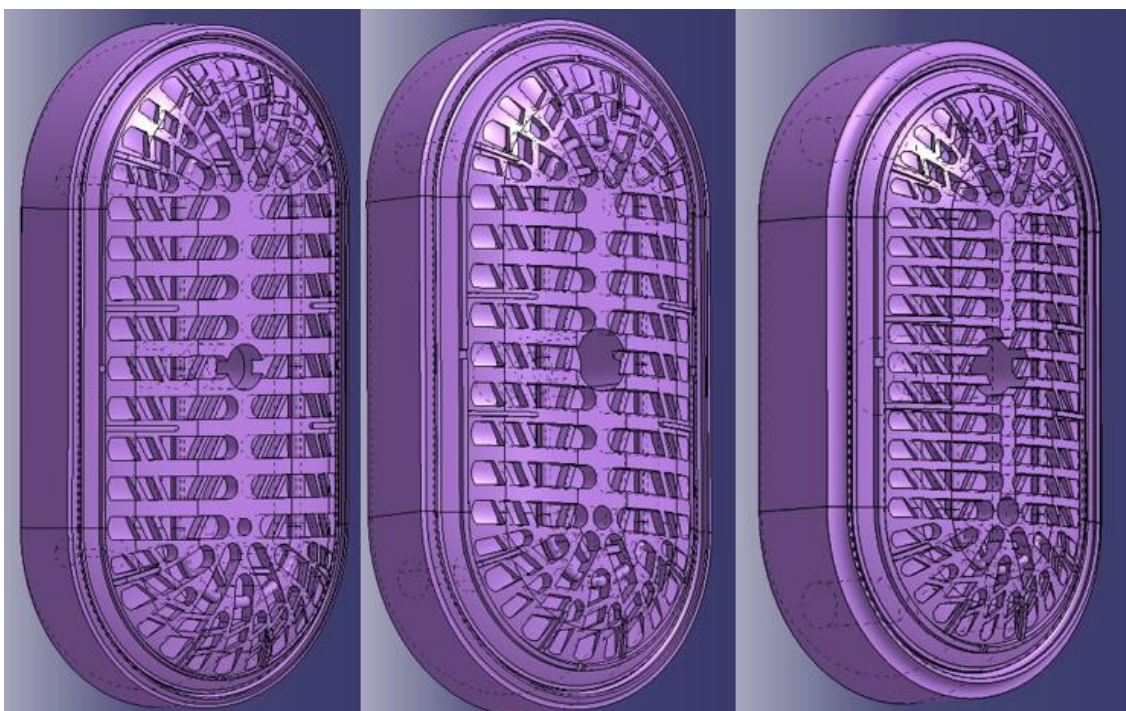


Obr. č. 47 - Kolík pro přísavku (vlevo pro 110-55PF, uprostřed pro 80-40PF, vpravo pro 60-30PF)

#### 6.1.4 Vložka tvaru pro přísavku

*Popis se vztahuje na FM-60-30PF-P004, FM-80-40PF-P004 a FM-110-55PF-P004.*

Tento díl vytváří spodní tvar přísavky. Vložka se vkládá shora do dílu spodní polovina pro přísavku (P002) a upevňuje se k ní čtyřmi IMBUS šrouby. Navíc má k ní na půl rozdělenou společnou přetokovou drážku. Při pracovním cyklu, kdy je z formy vysán vzduch se sníží množství nečistot, bublin a zároveň guma snáze zabíhá do dutin. Nachází se zde díra pro kolík, který bude zajišťovat vycentrování vložky, viz obr. č. 46.

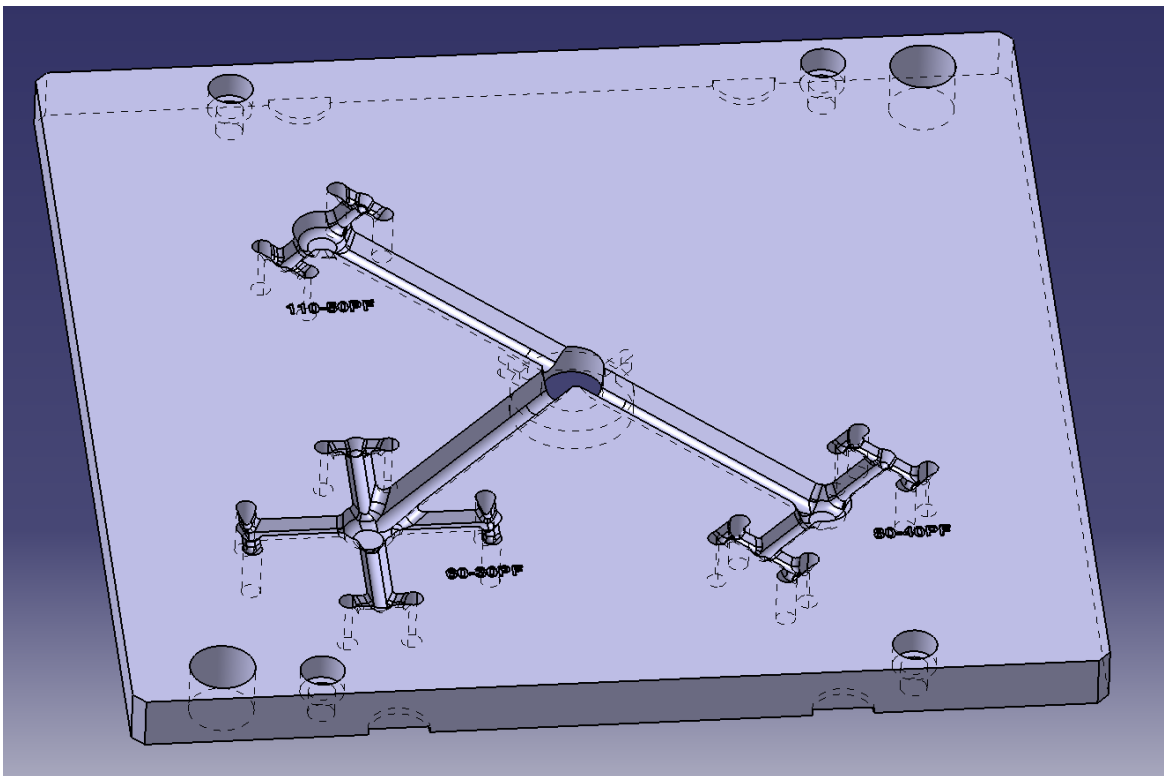


Obr. č. 48 - Vložka tvaru pro přísavku (vlevo pro 110-55PF, uprostřed pro 80-40PF, vpravo pro 60-30PF)

### 6.1.5 Rozváděcí deska

Popis se vztahuje na FM-Forma-5-P010.

Rozváděcí deska má rozvětvenou soustavu vtokových kanálků pro jednotlivé přísavky. Tyto kanálky mají hloubku 18, 12 a 6 snižující se postupně při každém následujícím rozvětvení. Kanálky mají v průřezu úhel 60° z důvodu snazší vyjímatelnosti gumy po každém procesu. Pro snadnou demontáž rozváděcí desky z rámu gumolisu, byly vytvořeny na této desce drážky, do kterých se při demontáži vsune šroubovák a pákovým pohybem se překonají adhezní síly mezi rozváděcí deskou a horním rámem formy gumolisu. Pro snazší identifikaci správného uložení forem daných typů přísavek budou na rozváděcí desce vygravírována laserem jejich identifikace správného uložení.



Obr. č. 49 – Rozváděcí deska

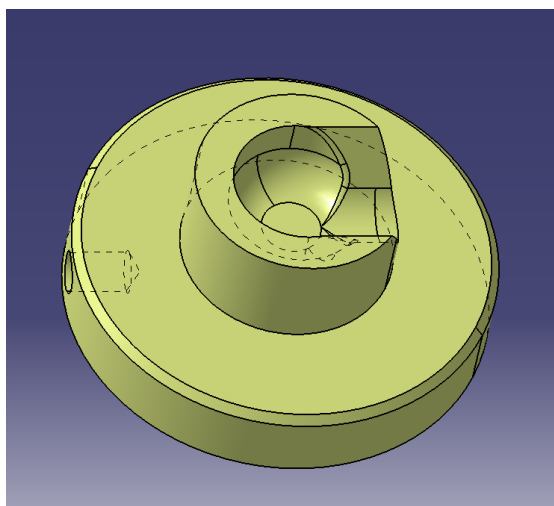
### 6.1.6 Vtoková vložka

Popis se vztahuje na FM-Forma-5-P011, FM-Forma-5-P012 a FM-Forma-5-P013.

Vtoková vložka umožňuje vyrábět přísavky v několika režimech, tj. pouze jednotlivé typy, po dvou typech anebo všechny dohromady. Funguje tak, že vložením příslušné vložky do rozváděcí desky se volí daný režim.

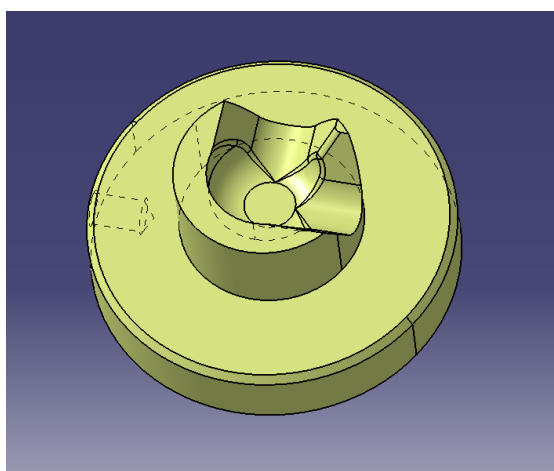
Rozdělení režimů:

- a) Jednotlivý režim: V režimu jednotlivých typů lze vyrábět 60-30PF nebo 80-40PF (v závislosti na natočení vtokové vložky). Používá se vložka s jedním kanálkem (FZ-Forma-5-P013).



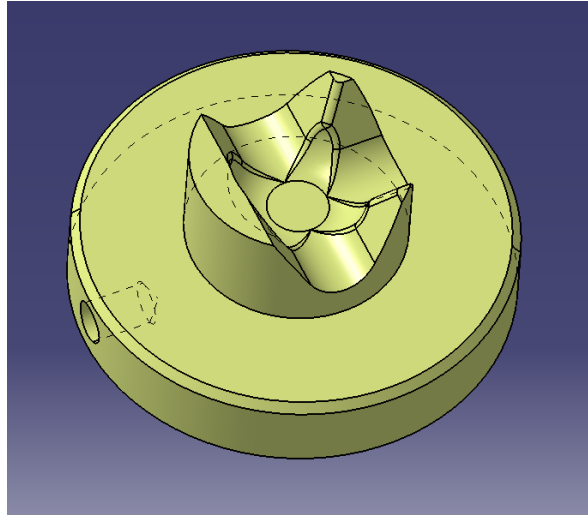
Obr. č. 50 - Vtoková vložka s jedním kanálkem

- b) Dvojitý režim: Dvojitým režimem lze vyrábět pouze 60-30PF s 80-40PF. K tomuto účelu slouží vložka se dvěma kanálky (FZ-Forma-5-P012).



Obr. č. 51 - Vtoková vložka s dvěma kanálky

- c) Trojitý režim: Tento režim slouží k výrobě všech tří typů přísavek, tj. 60-30PF, 80-40PF a 110-55PF. Přísavka 110-55PF lze vyrábět pouze v tomto režimu, jelikož je z těchto přísavek nejméně žádaná. Na tento režim se využívá vložka se třemi kanálky (FZ-Forma-5-P011).

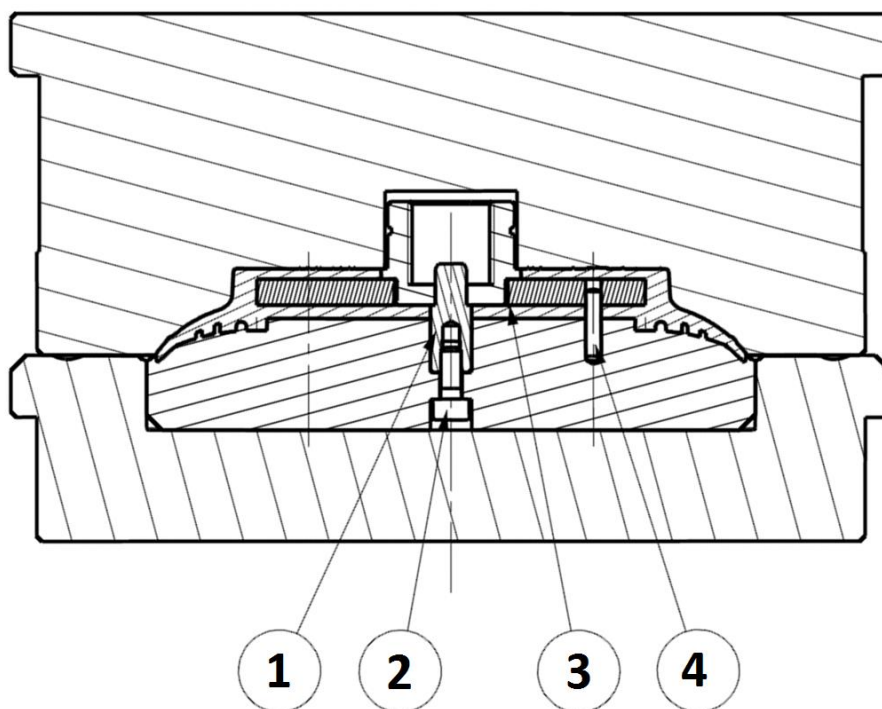


Obr. č. 52 - Vtoková vložka se třemi kanálky

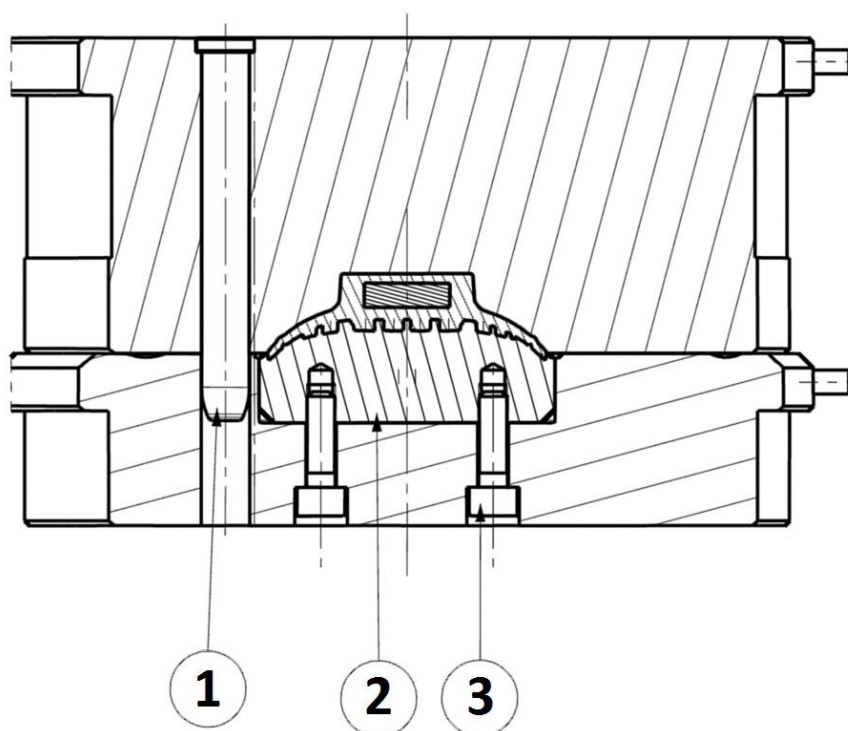
#### 6.1.7 Ostatní

Ostatní částí formy tvoří nakupované součásti. Jsou to:

- Kolíky: rozdělují se zde na 4 druhy použití (nepatří sem výše uvedený kolík pro přísavku (P003), který je vyráběný). První tři druhy jsou normalizované, první je kolík do vtokové vložky, druhý je do vložky tvaru (P004), třetí je pro horní i dolní poloviny (P001, P002) a čtvrtý, jež je nenormalizovaný, slouží jako vodící kolík a lisuje se do horní poloviny (P001).
- Šrouby: nachází se zde 2 typy šroubů. První spojuje vložku (P004) a kolík (P003), druhý větší šroub spojuje vložku (P004) se spodní polovinou (P002).



Obr. č. 53 - Podélný řez formou 110-55PF (1-kolík pro přísavku (P003), 2-IMBUS šroub, 3-vložka tvořící výztuž přísavky, 4-kolík pro vycentrování vložky)



Obr. č. 54 - Lomený řez formou 110-55PF (1-vodící kolík, 2-vložka tvaru pro přísavku (P004), 3-IMBUS šroub)

## 6.2 Výroba forem

Při výrobě forem byla důležitým aspektem volba vhodného materiálu, který by měl vydržet dané došedací tlaky a teploty vulkanizace, ale i výrobní technologie. Na druhou stranu byl potřeba brát ohled i na ekonomickou stránku věci. Níže vypsány součásti mají uvedený zvolený materiál s odůvodněním volby a výrobní procesy, které jsou posloupně řazeny od začátku do konce výroby součásti. Některé výrobní procesy byly provedeny mimo firmu, což bylo kalení, popouštění, elektroerozivní hloubení i řezání atd.

### 6.2.1 Horní polovina pro přísavku

Materiál: ČSN 41 9552

Místo výroby: Bilsing Automation + externí firma v kooperaci

Ocel ČSN 41 9552 byla zvolena na základě zkušeností ve firmě pro dané použití a vzhledem k tomu, že je určena pro tepelné i pevnostní zatěžování. Naopak například při volbě oceli ČSN 41 9520, která není určena pro tepelné zatěžování, by docházelo k tvorbě prasklin.

#### Výrobní postup:

- 1) dělení materiálu pásovou pilou
- 2) hrubování soustružením
- 3) hrubování frézováním, jehož součástí je vyvrtání startovacích děr pro kolíky
- 4) hrubování vtoků s přídavkem
- 5) kalení
- 6) dvojnásobné popouštění
- 7) broušení nakulato i naplocho
- 8) elektroerozivní řezání kolíkových děr
- 9) kalibrace vtokových kuželů pomocí elektroerozivního obrábění
- 10) frézování načisto geometrie přísavek
- 11) vypálení laserem datumového pole, webových stránek a loga firmy



Obr. č. 54 – Horní polovina pro přísavku

### 6.2.2 Dolní polovina pro přísavku

Materiál: ČSN 41 9552

Místo výroby: Bilsing Automation + externí firma v kooperaci

Ocel je stejná jako v předchozím bodě ze stejných důvodů.

#### Výrobní postup:

- 1) dělení materiálu pásovou pilou
- 2) hrubování soustružením
- 3) hrubování frézováním, jehož součástí je vyvrtání startovacích děr pro kolíky
- 4) kalení
- 5) dvojnásobné popouštění
- 6) broušení nakulato i naplocho
- 7) elektroerozivní řezání kolíkových děr
- 8) frézování načisto





Obr. č. 55 – Dolní polovina pro přísavku

### 6.2.3 Kolík pro přísavku

Materiál: ČSN 41 5142

Místo výroby: Bilsing Automation + externí firma v kooperaci

Na tento materiál byly kladeny požadavky na pevnost, avšak nemusí být co nejvyšší možná, jelikož se počítá s občasnou výměnou, tj. jednou za půl roku. Navíc tato ocel byla zvolena pro

#### Výrobní postup:

- 1) dělení materiálu pásovou pilou
- 2) soustružení, jehož součástí je i vyvrtání díry a vnitřního závitu
- 3) broušení



Obr. č. 56 – Kolík pro přísavku

#### 6.2.4 Vložka tvaru pro přísavku

Materiál: EN AW 7075

Místo výroby: Bilsing Automation + externí firma v kooperaci

Vysokopevnostní hliníková slitina EN AW 7075 odolá vyšším tlakům při výrobě přísavek. Navíc tento materiál byl zvolen z důvodu vyšší rychlosti elektroerozivního obrábění, což má značný vliv na cenu součásti. Na elektroerozivní obrábění byly použity měděné elektrody z důvodu vyšší odolnosti oproti uhlíkovým. Na obr. č. 58 lze vidět tyto elektrody, které se dělily na hrubovací a dokončovací.

##### Výrobní postup:

- 1) dělení materiálu pásovou pilou
- 2) hrubování frézováním z obou stran, jehož součástí je vyvrtání děr a závitů
- 3) elektroerozivní hloubení



Obr. č. 57 – Vložka tvaru pro přísavku



Obr. č. 58 – Měděné elektrody na vložku tvaru pro přísavku (nahore – dokončovací, dole – hrubovací)

### 6.2.5 Rozváděcí deska

Materiál: ČSN 41 9083

Místo výroby: Bilsing Automation

Výrobce doporučuje tento teplotně odolný materiál přímo pro danou aplikaci rozváděcí desky. Deska je dodávána od výrobce přímo jako polotovar o stanovených přesných rozměrech 396x396x27. Stačí tedy dofrézovat vtokovou soustavu a díry pro upevnění.

#### Výrobní postup:

- 1) frézování, jehož součástí je vrtání



Obr. č. 59 – Rozváděcí deska

### 6.2.6 Vtoková vložka

Materiál: ČSN 41 5142

Místo výroby: Bilsing Automation

Důvodem volby tohoto druhu materiálu a nikoliv nástrojové oceli jsou nižší nároky jak na tepelnou tak i na pevnostní odolnost.

#### Výrobní postup:

- 1) dělení materiálu pásovou pilou
- 2) soustružení načisto
- 3) frézování načisto, jehož součástí je vyvrtání kolíkové díry



Obr. č. 60 – Vtoková vložka

### 6.3 Výsledné výrobní časy

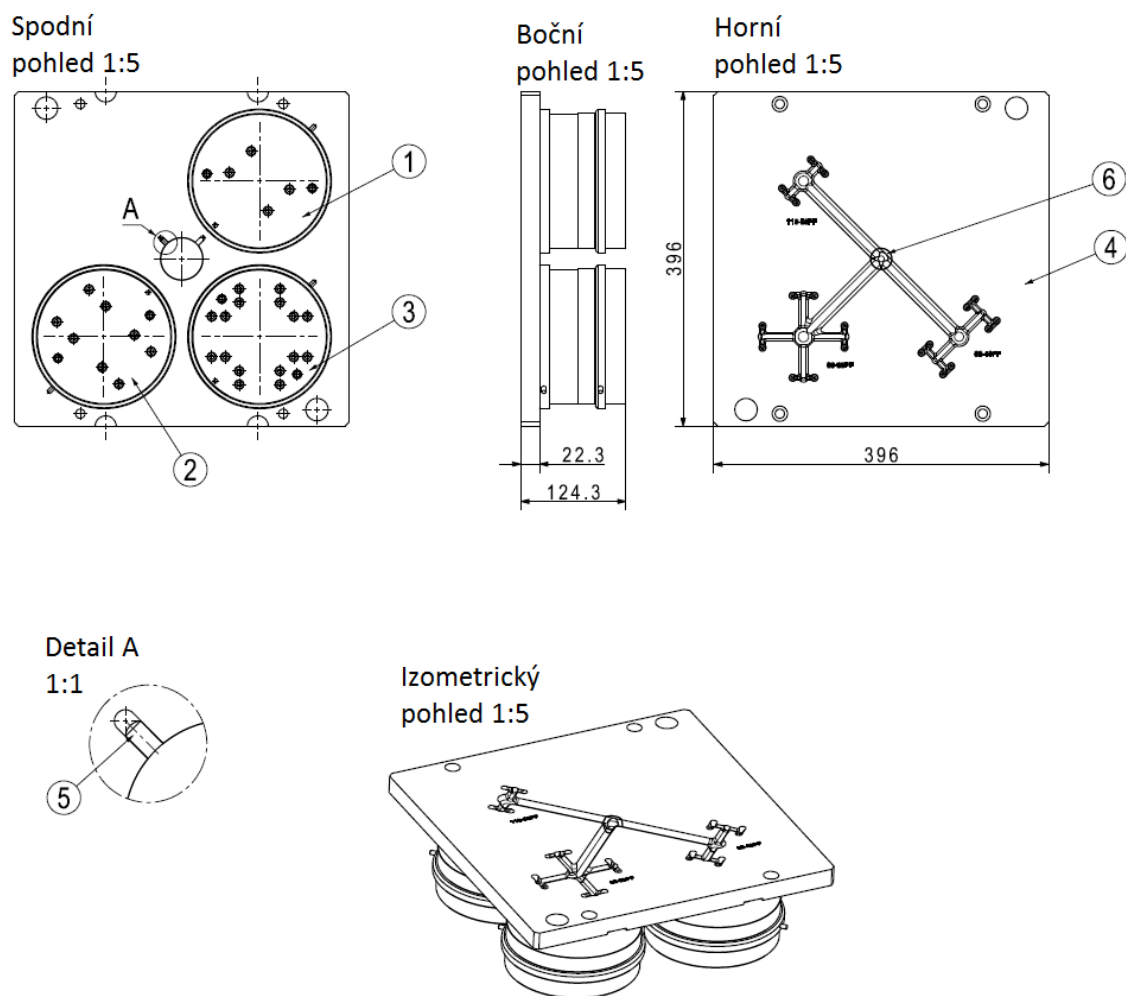
Výrobní časy na přísavky se podařilo snížit více než dvojnásobně viz tab. č. 8. Úspora času vznikla díky rozdělení fixních časů počtem přísavek na daný výrobní cyklus. Jinak řečeno neměnné časy jako zavírání, otevírání a vulkanizace byly stejně dlouhé bez ohledu na počet přísavek a zvýšením počtu kusů bylo dosaženo rozdělení těchto časů, což se projevilo zkrácením času výroby na přísavku. Naopak variabilní časy související s počtem přísavek se zvýšily z důvodu nárůstu pracnosti. Jsou to všechny ostatní časy mimo výše uvedených fixních časů. Logicky tím, že bylo více přísavek, bylo zapotřebí vkládat více vložek do formy, vícero se jich vyndávalo a při větším objemu formy trvalo i gumě vyplnit všechna místa mnohem déle.

	časy výrobních operací [s]		
	60-30PF 80-40PF	60-30PF 110-55PF	60-30PF 80-40PF 110-55PF
současně vyráběná dvojice přísavek			
vložení vložek do formy	30	25	35
uzavření forem	10	10	10
vlisování gumy do forem	38	38	60
vulkanizace	180	180	180
otevření forem	10	10	10
odstranění vtoků a přebytečné gumy	40	30	50
vyjmutí přísavek	26	16	32
suma	334	309	377
celkový čas po započtení koeficientu zmetkovitosti	359	332	405
	výrobní časy přísavek [s]		
60-30PF	60	x	58
80-40PF	60	66	58
110-55PF	x	66	58

Tab. č. 9 – Výrobní časy přísavek

## 6.4 Výrobní náklady

Celková sestava forem se skládá z doplňujících komponentů a 3 podsestav. Doplňujícími komponenty jsou rozváděcí deska, kolík a vtoková vložka. Tato sestava se nachází na obr. č. 61 a má k sobě doplňují tabulku č. 10 s výrobními náklady. Na pozici č. 6 je vtoková vložka rozdělena na variantu a, b, c, což je z důvodu konstrukční odlišnosti a při výrobním procesu se vždy používá jen jedna varianta.

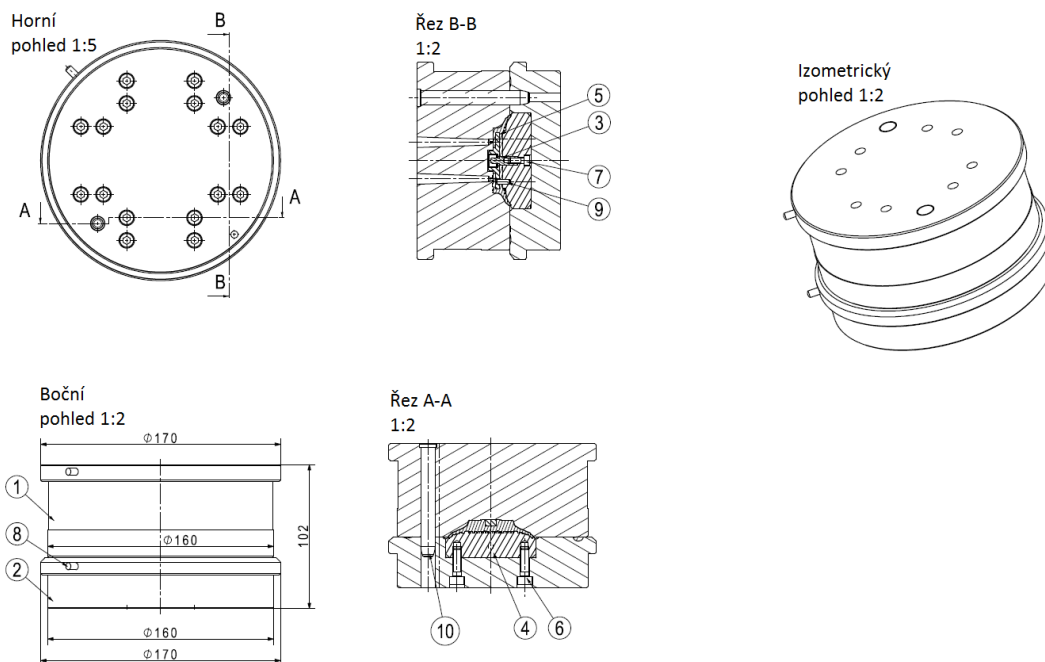


Obr. č. 61 – Celková sestava

Celková sestava					
pozice	označení	název	množství [ks]	cena součásti [Kč]	celková cena [Kč]
1	FSB-110-55PF-A001	Sestava formy	1	79 854,17	79 854
2	FSB-80-40PF-A001	Sestava formy	1	79 701,04	79 701
3	FSB-60-30PF-A001	Sestava formy	1	92 958,79	92 959
4	FZ-Forma-P010	Rozváděcí deska	1	8 404,00	8 404
5	DIN 6325-5x16	Kolík	1	0,80	1
6a	FZ-Forma-P011	Vtoková vložka	1	815,41	815
6b	FZ-Forma-P012	Vtoková vložka	1	728,67	729
6c	FZ-Forma-P013	Vtoková vložka	1	613,32	613
---	---	Montáž	1	4 800,00	4 800
celková cena sestavy [Kč]					267 876

Tab. č. 10 – celková cena sestavy formy pro výrobu všech 3 typů přísavek

Každá podsestava je určena pro výrobu specifického typu přísavky. Na obr. č. 62 se nachází tato podsestava pro výrobu nejmenších přísavek 60-30PF, ostatní formy vypadají analogicky podobně, jen se odlišují v počtu vložek (pozice 4) a ni navazujících součástí jako jsou kolíky (pozice 3 a 8) a šrouby (pozice 7 a 6). Z tabulek č. 11, 12, 13 všech podsestav lze vidět, že pozice 5 nemá žádnou cenu, což je z důvodu pouze naznačení umístění přísavky na obr. č 62.



Obr. č. 63 – Sestava formy pro přísavku 60-30PF

Sestava FSB-60-30PF					
pozice	označení	název	množství [ks]	cena součásti [Kč]	celková cena [Kč]
1	FM-60-30PF-P001	Horní polovina	1	32 187,34	32 187
2	FM-60-30PF-P002	Dolní polovina	1	13 071,41	13 071
3	FM-60-30PF-P003	Kolík	4	232,12	928
4	FM-60-30PF-P004	Vložka tvaru	4	11 644,58	46 578
5	ZB-60-30PF	Přísavka	4	---	---
6	DIN 912-M6x20-12.9	Šroub	16	0,50	8
7	DIN 912-M4x10-12.9	Šroub	4	0,41	2
8	DIN 6325-3x10	Kolík	4	0,50	2
9	DIN 6325-5x16	Kolík	2	0,80	2
10	Meusburger E1030 10x80	Vodící kolík	2	90,00	180
			celková cena sestavy [Kč]		92 959

Tab. č. 11 – celková cena sestavy formy pro výrobu 60-30PF

Sestava FSB-80-40PF					
pozice	označení	název	množství [ks]	cena součásti [Kč]	celková cena [Kč]
1	FM-80-40PF-P001	Horní polovina	1	27 940,54	27 941
2	FM-80-40PF-P002	Dolní polovina	1	12 981,86	12 982
3	FM-80-40PF-P003	Kolík	2	265,36	531
4	FM-80-40PF-P004	Vložka tvaru	2	19 029,45	38 059
5	ZB-80-40PF	Přísavka	2	---	---
6	DIN 912-M6x20-12.9	Šroub	8	0,50	4
7	DIN 912-M4x10-12.9	Šroub	2	0,41	1
8	DIN 6325-3x14	Kolík	2	0,60	1
9	DIN 6325-5x16	Kolík	2	0,80	2
10	Meusburger E1030 10x80	Vodící kolík	2	90,70	181
			celková cena sestavy [Kč]		79 701

Tab. č. 12 – celková cena sestavy formy pro výrobu 80-40PF



Sestava FSB-110-55PF					
pozice	označení	název	množství [ks]	cena součásti [Kč]	celková cena [Kč]
1	FM-110-55PF-P001	Horní polovina	1	25 818,56	25 819
2	FM-110-55PF-P002	Dolní polovina	1	12 529,36	12 529
3	FM-110-55PF-P003	Kolík	1	325,57	326
4	FM-110-55PF-P004	Vložka tvaru	1	40 994,67	40 995
5	ZB-110-55PF	Přísavka	1	---	---
6	DIN 912-M6x20-12.9	Šroub	4	0,50	2
7	DIN 912-M4x10-12.9	Šroub	1	0,41	0
8	DIN 6325-3x14	Kolík	1	0,60	1
9	DIN 6325-5x16	Kolík	2	0,80	2
10	Meusburger E1030 10x80	Vodící kolík	2	90,70	181
			celková cena sestavy [Kč]		79 854

Tab. č. 13 – celková cena sestavy formy pro výrobu 110-55PF

Z cen podsestav lze vidět, že vložka tvoří značnou část celkové ceny sestavy, a to především pokud je jich více. Tyto vyšší náklady jsou způsobeny specifickou finančně náročnou výrobní technologií, tj. elektroerozivní hloubení.

Celkově výrobní náklady nových vícenásobných forem jsou 267 876 Kč, což je o 71 523 Kč více oproti původním celohliníkovým jednonásobným formám, které stály 196 353 Kč. Tato zvýšená cena však snížila průměrnou dobu výroby přísavky ze 149 až na 58 sekund. To znamená zkrácení o 88 sekund neboli o 60 %. Z toho lze dle následujícího vzorce 6.4.1 vypočítat úsporu nákladu na stroj ( $H_s$ ) tak, že vynásobíme náklady na stroj  $N_s$  procenty označující zkrácení času, tj.  $p_t=60\%=0,6$ .

$$H_s = N_s \cdot p_t = 615 \text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1} \cdot 0,6 = 370 \text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1} \quad \text{vzorec 6.4.1}$$

Uspořilo se nejenom díky využití stroje, ale i na množství gumy ve vtokové soustavě. Nynější sedminásobný režim výroby, který bude v budoucnu používán v naprosté většině případů, vykazuje oproti původnímu dvojnásobnému celkovou úsporu gumy 132 gramů ( $m_u$ ) v poměru na 7 přísavek. Vzhledem k ceně suroviny 90 Kč/kg ( $N_g$ ) se jedná o nezanedbatelnou úsporu. Ukazatelem této úspory je hodinová úspora nákladů na gumu ( $H_g$ ) a lze ji snadno spočítat ze vzorce 6.4.2. V tomto vzorci se vynásobením úspory gumy na cyklus ( $m_u$ ) cenou gumy ( $N_g$ ) zjistí uspořené náklady na jeden cyklus, ten je poté potřeba vydělit dobou výrobního cyklu 405 sekund ( $t_c$ ) a převést na hodiny celkovým vynásobením 3600.

$$H_g = \frac{N_g \cdot m_u \cdot 3600}{t_c} = \frac{90K\check{c} \cdot kg^{-1} \cdot 0,132kg \cdot 3600}{405s} = 106 K\check{c} \cdot hod^{-1} \quad \text{vzorec 6.4.2}$$

Tyto zjištěné úspory je vhodné sečíst, díky čemuž se zjistí celkové hodinové úspory, tak jak to je ve vzorci 6.4.3.

$$H_c = H_s + H_g = 370 K\check{c} \cdot hod^{-1} + 106 K\check{c} \cdot hod^{-1} = 476 K\check{c} \cdot hod^{-1} \quad \text{vzorec 6.4.3}$$

Vydělením rozdílu výrobních nákladů forem 71 523 Kč ( $N_r$ ) celkovými hodinovými úsporami nákladů ( $H_c$ ) tak, jak je to ve vzorci 6.4.4 možné vypočíst čas, po kterém se začne vyplácet nová sestava oproti původní.

$$t_v = \frac{N_r}{H_c} = \frac{71523K\check{c}}{476K\check{c} \cdot hod^{-1}} = 150 hod. \quad \text{vzorec 6.4.4}$$

Tento časový údaj lze převést na množství vyrobených přísavek ( $P_v$ ), dle vzorce 6.4.5. Při předpokladu výroby v režimu 7 kusů ( $p_c$ ) na pracovní cyklus a délce tohoto pracovního cyklu 405 sekund ( $t_c$ ) a převedení  $t_v$  z hodin na sekundy, bude rovnice vypadat takto:

$$P_v = \frac{p_c \cdot t_v \cdot 3600}{t_c} = \frac{7ks \cdot 150s \cdot 3600}{405s} = 9333ks \quad \text{vzorec 6.4.5}$$

Vzhledem k tomu, že v budoucích letech je díky růstu průmyslu a prodejmům dán ve firmě předpoklad na minimální celkový odběr všech 3 typů přísavek 5500 ks/rok ( $C_r$ ). Tudíž je možné spočíst přibližnou návratnost nákladů ( $t_n$ ), která se spočte následujícího vzorce 6.4.6.

$$t_n = \frac{P_v}{C_r} = \frac{9333ks}{5500ks \cdot rok^{-1}} = 1,7 roku \quad \text{vzorec 6.4.6}$$

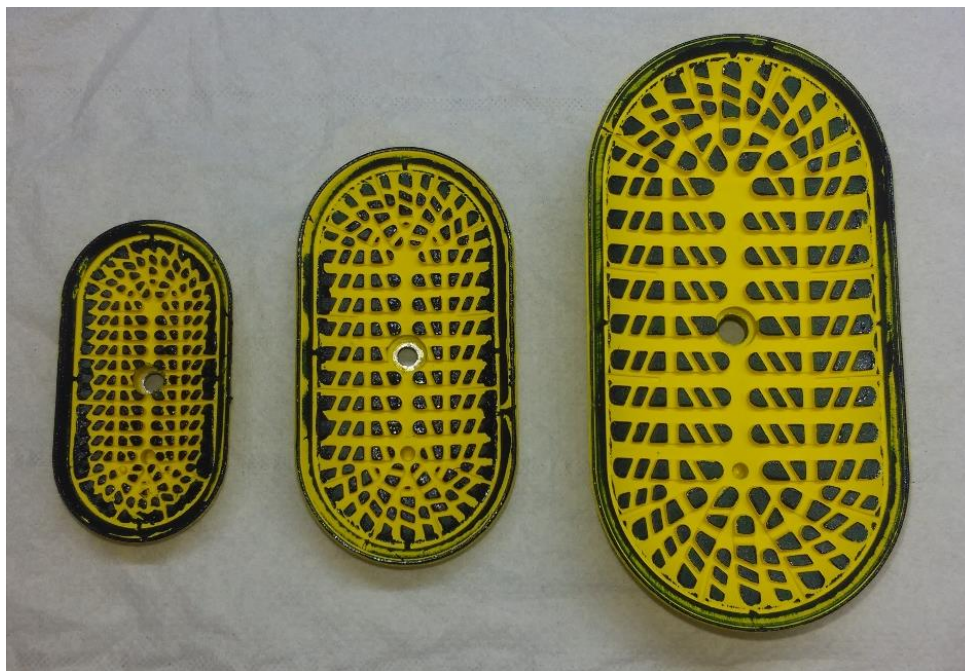
Návratnost nákladů vychází 1,7 roku, při čemž je předpoklad určité odchylky  $\pm 20$  %. Životnost této sestavy forem několikanásobně překračuje časový údaj návratnosti nákladů.

## 6.5 Kontrola kvality

Provádí se vizuální kontrola na dosednutí přísavky po celých dosedacích plochách, a také na přítomnost gumy v celém objemu. Přísavky vyrobené ve formách navržených touto diplomovou prací byly rovněž otestovány, z čehož vzešly všechny obrázky v této kapitole.

U první varianty zkoušky je potřeba barvivo, štětec, rozpouštědlo barviva, ubrousek, plexisklo a přípojka na podtlak. Nejprve je potřeba štětcem rozetřít barvivo po plexiskle,

následně připojit přísavku na podtlak 70 kPa, kolmo přiložit přísavku k obarvenému plexisklu, aby se přisála, avšak nehýbat s ní na stranu, jelikož by barvivo mohlo obarvit vnitřní plochy, které nejsou dosedací. Po správně provedeném dosednutí je nutné podtlak vypnout a opatrně odejmout přísavku od plexiskla. Obarvené dosedací plochy u všech testovaných druhů lze vidět níže na obr. č. 63.



Obr. č. 63 - Přísavky s obarvenými dosedacími plochami

Je zde vidět, že všechny dosedací plochy jsou obarvené, což je správně, ale barva se nachází i na místech, kde by být neměla. Z toho důvodu je vhodné plexisklo od barvy očistit, mít připojené přísavky na podtlak 70 kPa a opět je kolmo přisát na plexisklo, po tomto je znovu opatrně po vypnutí podtlaku odejmout. Výsledek pak vypadal stejně pro všechny 3 druhy přísavek jako zde na obr. č. 64, kde se nachází obtisk 110-55PF.



Obr. č. 64 – Obtisk přísavky 110-55PF

Druhý test spočívá v destrukčním oddělení gummy od vložky. Pomoci si lze nožem, šroubovákem či kleštěmi. Především pak při použití kleští a plochého šroubováku se snadno projeví slabší místa, kde je méně materiálu a jsou tam vzduchové kapsy. Na obr. č. 65 lze vidět ukázkou zkoušky 110-55PF. V testu nebyla objevena žádná tato vada u všech 3 druhů přísavek.



Obr. č. 65 - Testování 110-55PF na výskyt slabších míst a vzduchových kapes

Všechny přísavky byly testovány oběma druhy testů jeden krát každý den během 3 dní. Výsledky byly naprosto identické a zcela vyhovující.

## 7 Závěr

Všechny zadané cíle se podařilo naplnit a oproti původním představám navíc překročit. Nové formy oproti původním mají mnoho vylepšení, které autor předpokládá, že budou předlohou pro budoucí navrhování dalších forem. Vylepšeními došlo k zefektivnění výroby, což přispívá ke zvýšení konkurenceschopnosti firmy. Mimo to došlo ke zlepšení využitelnosti gumolisu, který patří k drahým výrobním zařízením společnosti Bilsing Automation. Vzhledem k tomu, že celkem jich má tři, přičemž ostatní dvě, pro které není určena forma mají kapacity plně využívané většími přísavkami, kde z rozměrového důvodu není možné vylepšení a vyrábí se pouze po jedné nebo po dvou, tak toto autorovo vylepšení v porovnání s celkovou výrobou výrazné.

Oproti původním formám byl změněn způsob označování datumu výroby. Původní způsob označování datumu, byl prováděn pomocí výměnného číselníku, který byl vkládací shoda do horní poloviny formy přísavek. Takto bylo možné označit rok a měsíc výroby. Měsíc se vyznačilo pootočením šipky uprostřed číselníku a rok výměnou prostřední části číselníku, kde byla šipka. Tento způsob nebyl zcela vhodný pro gumolis, jelikož prostřední část ciferníku s šipkou se často již po několikanásobné změně měsíce zasekla vlivem tepelné roztažnosti. Navíc bylo velmi obtížné prostřední část s rokem vyndat (závit M2) a byla docela často potřeba i výměna. Na místo toho nový způsob zahrnuje vygravírování datumového pole rovněž na horní část poloviny formy, kde jsou tabulky s rokem a pod každým se nachází čtyři buňky na označení kvartálu. Každý kvartál se označí vyražením důlčíku do příslušné buňky. Na tomto novém způsobu autor nepředpokládá, že by se mohla vyskytnout závada. Vyzkoušeno v automobilovém průmyslu, kde se tak označují velké díly např. palubní desky.

Dalším vylepšením forem je změna materiálu z původní hliníkové slitiny EN AW 7075 horní a dolní poloviny formy na teplotně odolnou nástrojovou ocel ČSN 41 9552. Původní dolní polovina formy a spodní tvarová část přísavky byla jednou součástí, což bylo sice jednodušší na výrobu, ale na druhou stranu by v případě poškození bylo potřeba vyrobit znovu celý díl. Na místo toho u nové varianty pro horní a dolní polovinu formy byly použity odolnější materiál určený pro tuto aplikaci. Navíc do dolní poloviny formy se vkládá vložka spodního tvaru přísavky. V případě poškození této vložky, ji lze snadno vyndat a nahradit novou. Pokud by autor následoval dřívější způsob, tak při poškození jednoho spodního tvaru přísavky

na spodní formě bylo potřeba znovu vyrobit celou spodní polovinu formy, což by bylo z finančních důvodů nepřijatelné. Vložky spodního tvaru přísavky, jsou vyrobeny z hliníkové slitiny EN AW 7075, o čemž bylo rozhodnuto ve firmě z důvodu dvakrát až třikrát nižší ceny oproti variantě z odolnější nástrojové oceli ČSN 41 9552.

Jelikož spodní poloviny formy přísavek 60-30PF a 80-40PF jsou vícenásobné, tak se předpokládá jejich vyšší životnost oproti původnímu stavu forem s jednou přísavkou. V případě čtyřnásobné formy 60-30PF se předpokládá čtyřnásobná a u 80-40PF dvojnásobná životnost pro vložku oproti původnímu stavu. Při převedení na čas se tedy předpokládá životnost vložky pro 60-30PF 16 let, pro 80-40PF 8 let a pro 110-55PF 6 let. Použití horní poloviny formy je ohraničeno datumovým polem, které je zde vypáleno laserem a činí 4 roky pro 60-30PF i 80-40PF. Pro 110-55PF je datumové pole na 6 let.

Formy jsou již od března roku 2017 používány ve výrobě, a už od počátku se započalo s nastavením na souběžnou výrobu dohromady 7 přísavek místo dřívějších 2. Předpokládá se maximální využívání tohoto nejproduktivnějšího nastavení, při čemž přibližná návratnost vůči původní variantě jednonásobných forem je 1,7 roku, a poté před další výměnou bude výroba výše zmíněných 3 druhů přísavek na gumolise až o  $476 \text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1}$  levnější oproti původnímu stavu. V roce 2021 bude již neaktuální datumové pole na horní polovině pro 60-30PF a 80-40PF a z toho důvodu bude nezbytná oprava spočívající v převažení tohoto datumového pole, přefrézování, vyleštění a vypálení nového datumového pole laserem. O 2 roky později bude následovat to stejné i u formy pro 110-55PF. Na druhou stranu díky levnější výrobě o bude návratnost se zvýšeným ziskem zajištěna.

Závěrem by autor chtěl podotknout, že je rád za svěřením velkého praktického úkolu, s ním spojené zodpovědnosti za správné vytvoření forem a poskytnutí možnosti vytvoření praktické diplomové práce, kde se v praxi blíže seznámil s automatizací, problematikou gumolisů a měl možnost zefektivnit výrobu, což nejenom splnil, ale i vylepšil. Především zvýšení efektivity výroby pokládá autor za nejdůležitější aspekt diplomové práce, jelikož díky tomu došlo ke zlepšení ekonomické stránky věci, která je jednoduše prokazatelná, ale zlepšila se i ekologická stránka věci, která je neméně důležitá. Důležitá je ve smyslu snížení spotřeby elektrické energie na přísavku, ale i v poměru množství vyrobených přísavek za celou dobu životnosti stroje.

## 8 Seznam použitých symbolů a znaků

<u>symbol</u>	<u>popis</u>	<u>jednotka</u>
A	plocha	[m <sup>2</sup> ]
C <sub>r</sub>	roční odběr přísavek	[ks·rok <sup>-1</sup> ]
F	síla	[N]
H	tvrdost	[ShA]
H <sub>c</sub>	celkové hodinové úspory	[Kč·hod <sup>-1</sup> ]
H <sub>g</sub>	hodinová úspora nákladů na gumu	[Kč·hod <sup>-1</sup> ]
H <sub>s</sub>	úspora nákladů na stroj	[Kč·hod <sup>-1</sup> ]
L	délka	[mm]
m <sub>u</sub>	úspora gumy na výrobní cyklus	[kg]
N <sub>g</sub>	náklady na gumu	[Kč·kg <sup>-1</sup> ]
N <sub>r</sub>	rozdíl nákladů na formy	[Kč]
N <sub>s</sub>	hodinové náklady na stroj	[Kč·hod <sup>-1</sup> ]
p	tlak	[MPa], [kPa] [Pa]
p <sub>c</sub>	výrobní režim	[ks]
p <sub>t</sub>	zkrácení výrobního času	[-], [%]
P <sub>v</sub>	počet vyrobených přísavek	[ks]
T	teplota	[°C]
t <sub>c</sub>	čas výrobního cyklu	[s]
t <sub>n</sub>	návratnost nákladů	[rok]
t <sub>v</sub>	čas návratnosti nákladů	[hod]

## 9 Citovaná literatura

- [1] Max ZAIGER, *Suction cup*. USA. Vynálezce: Max ZAIGER, Přihl. 19. červen 1936, Číslo patentu US2055397 A. UNITED STATES PATENT OFFICE
- [2] MALONEY, Timothy J. *Electrónica industrial moderna*, 2006.
- [3] *Clear plastic suction cups with hooks* [online]. [cit. 2017-25-01]. Dostupné z: <http://www.homedepot.com/p/OOK-1-lb-1-1-8-in-Clear-Plastic-Suction-Cups-with-Hooks-4-Pack-54402/100212757>
- [4] *Mount review* [online]. [cit. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.pocketgpsworld.com/hrmounts.php>
- [5] *Tvrđost* [online]. [cit. 2017-15-01]. Dostupné z: <http://www.merenitvrdosti.cz/tvrdost.html>
- [6] *PIAB přísavky brožura* [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: [http://www.vakuumtechnik.cz/download/piab/PIAB\\_prisavky\\_brozura\\_CZ.pdf](http://www.vakuumtechnik.cz/download/piab/PIAB_prisavky_brozura_CZ.pdf)
- [7] *Vacuum suction cups* [online]. [cit. 2017-11-01]. Dostupné z: [http://anver.com/press-release/eggs\\_round-objects/](http://anver.com/press-release/eggs_round-objects/)
- [8] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery výroba, vlastnosti*. Praha, 2006.
- [9] MLEZIVA, J. *Polymery struktura, vlastnosti a použití*. Praha, 1993.
- [10] *Gumárenská technologie* [online]. [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/kaucuky.pdf>
- [11] *Silicones in coatings* [online]. [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: <https://www.dowcorning.com/content/publishedlit/Chapter7.pdf>
- [12] *Silicone suction cups* [online]. [cit. 2017-10-01]. Dostupné z: <http://www.vacmotionorders.com/30sibesisucu.html>
- [13] *Pneumatic suction cups* [online]. [cit. 2017-25-01]. Dostupné z: <http://uk.rs-online.com/web/p/pneumatic-suction-cups/7036223/>