



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

NÁVRH PŘÍPRAVKU PRO USTAVENÍ DÍLŮ VSTŘIKOVACÍ FORMY

DESIGN OF THE JIG FOR AN INJECTION MOLD PARTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ONDŘEJ MACHÁČEK

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

ING. FRANTIŠEK PROKEŠ

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Macháček
který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Návrh přípravku pro ustavení dílů vstřikovací formy

v anglickém jazyce:

Design of the jig for an injection mold parts

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh přípravku pro sestavení kruhových segmentů před broušením s těmito parametry: Přípravek musí zabezpečit ustavení a vystředění dílů vstřikovací formy s přesností 0,01mm.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci):

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
4. Vymezení cílů práce
5. Návrh metodického přístupu k řešení
6. Návrh variant řešení a výběr optimální varianty
7. Konstrukční řešení
8. Závěr (Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)

Forma práce: Průvodní zpráva, 3D návrh variant, výkresová dokumentace.

Typ práce: konstrukční

Účel práce: pro potřeby průmyslu

Seznam odborné literatury:

normy ČSN, ISO

SHIGLEY, J. E, MISCHKE, Ch. R, BUDYNAS, R. G. KONSTRUOVÁNÍ STROJNÍCH
SOUČÁSTÍ. VUTIUM, 2008. 1300 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. František Prokeš

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.
V Brně, dne 23.11.2011

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu Děkan fakulty

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je návrh přípravku pro ustavování dílů vstřikovacích forem. Konkrétně je užit pro výrobu plastových klecí valivých ložisek vyráběných společností INA LANŠKROUN s.r.o. Řešení vychází z přípravku používaného v současné době a snaží se jej vylepšit. Hlavním výstupem bakalářské práce je kompletní výkresová dokumentace.

Klíčová slova: středící přípravek, klec valivého ložiska, upínání válcových součástí

ABSTRACT

The basic aim of this bachelor's thesis is design of jig for alignment position of an injection mold parts. Specifically it is used for production of plastic bearing cages, manufactured by INA LANŠKROUN Inc. The solution is based on the jig used today and tries to improve it. The essential outcome is complete design documentation.

Key words: centring jig, roller bearing cage, clamping of cylindrical parts

Bibliografická citace:

MACHÁČEK, O. *Návrh přípravku pro ustavení dílu vstřikovací formy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. František Prokeš.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Návrh přípravku pro středění dílů vstříkovacích forem* vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Františka Prokeše a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Františku Prokešovi za odbornou pomoc, podnětné připomínky a trpělivost. Dále společnosti INA Lanškroun s.r.o. za možnost zrealizovat tento projekt. Především pak vedoucímu konstrukčního oddělení Ing. Pavlovi Dolečkovi za připomínky při výběru optimální varianty a nástrojaři Jiřímu Halekalovi za poskytnutí cenných informací o práci se středícími přípravky.

OBSAH

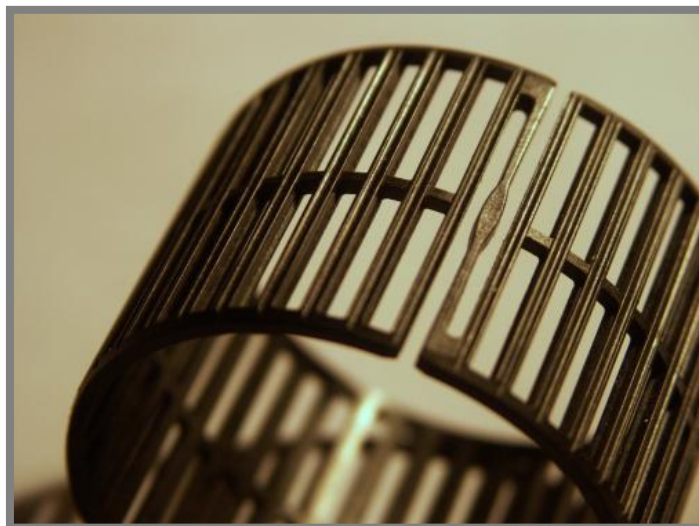
ÚVOD	13
1 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ	14
1.1 Přípravky	14
1.1.1 Rozdělení přípravků	14
1.1.2 Obráběcí přípravky	14
1.2 Středění a upínání rotačních součástí	16
1.2.1 Prizma	16
1.2.2 Sklíčidla a kleštiny	17
1.2.3 Luneta	17
1.2.4 Ostatní druhy upínání	18
1.3 Výroba klecí pro valivá ložiska	19
1.3.1 Broušící přípravek	20
1.3.2 Středící přípravek	21
2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU,	22
3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE	23
4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ	24
5 NÁVRH VARIANT A VÝBĚR OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ	25
5.1 Varianta 1 – Radiální ložiska nad deskou	25
5.1.1 Deska	26
5.1.2 Pevná podpora	26
5.1.3 Pohyblivá podpora	27
5.1.4 Zhodnocení	27
5.2 Varianta 2 - Axiální ložisko nad deskou	28
5.2.1 Pevná podpora	29
5.2.2 Točna a příslušenství	29
5.2.3 Zhodnocení	30
5.3 Varianta 3 – Axiálně-radiální ložisko v desce	30
5.3.1 Deska se zapuštěnou točnou	31
5.3.2 Pevná podpora	32
5.3.3 Pohyblivá podpora	32
5.3.4 Zhodnocení	33
5.4 Varianta 4 – Dvě axiální a jedno radiální ložisko v desce	33
5.4.1 Deska s točnou a ložisky	34
5.4.2 Pevná podpora	35
5.4.3 Pohyblivá podpora	35
5.4.4 Zhodnocení	36
5.5 Výběr optimálního řešení	37
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	38
6.1 Deska s točnou a ložisky	38
6.2 Pevná podpora	39
6.3 Pohyblivá podpora	40
7 ZÁVĚR	42
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	43
9 SEZNAM OBRÁZKŮ	44
10 SEZNAM PŘÍLOH	45

ÚVOD

Ložiska zajišťují otočné uložení čepů a hřídelí. Zachycují se v nich axiální nebo radiální síly a přenáší je na ostatní části mechanismu nebo stroje. Snižují tření mezi pohybujícími se součástmi a tím zvyšují účinnost celého stroje. V kluzném ložisku se snižuje tření díky mazivu, které od sebe oddělí třecí plochy. Mazivo může být buď součástí materiálu ložiska, nebo je dodáváno z okolí. Kluzná ložiska se vyrábí z různých materiálů, např. z bronzu, spékaných kovů, šedé litiny, plastů atd. Třecí plochy však můžeme oddělit také přidáním tělesa. Takové těleso pak nazýváme valivým elementem a tvoří základ valivých ložisek.

Valivá ložiska jsou strojní součásti, skládají se obecně ze dvou kroužků. Mezi kroužky se téměř bez skluzu odvalují elementy, které přenášejí zatížení. Mohou to být kuličky, válečky, soudečky apod. Valivé elementy jsou mazány, aby nedocházelo k nadměrnému opotřebení ložiska. K zajištění vzájemné polohy a rovnoměrnému rozmístění elementů v ložisku, používáme klece.

Klece zamezují styku valivých těles, a pokud je ložisko rozebíratelné, usnadňují montáž. Pro lepší ulpívání maziva bývají klece opatřeny žlábkami po obvodu. Ty výrazně přispívají ke složitosti tvaru (viz Obr. 1).



Obr. 1 Klec valivého ložiska s mazacími žlábkami

Valivá ložiska bývají vyráběna ve velkých sériích. Proto je snaha jejich výrobu co nejvíce zefektivnit, například využitím jednoúčelových strojů a automatů. Před rozběhem každé ze sérií je takový stroj třeba seřídít. I tyto práce je výhodné zkracovat a zjednodušovat, klesají tak náklady na výrobu. Využívají se k tomu speciální nástroje a přípravky. Tato práce se zabývá inovací přípravku používaného při výrobě klecí valivých ložisek.

1 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

1.1 Přípravky

Přípravky se používají pro usnadnění výroby, k zajištění větší produktivity a bezpečnosti práce. Snižují námahu dělníka a zároveň nároky na jeho kvalifikaci či zručnost. Při návrhu jsou důležitými faktory: účelnost, spolehlivost, jednoduchost, funkčnost a cena.

1.1.1 Rozdělení přípravků

Přípravky dělíme podle:

A) použití

- 1) universální - slouží k upnutí stejného druhu součástí, liší se pouze velikostí (sklíčidla, svěráky, kleština apod.)
- 2) skupinové - přípravek nebo jeho podstatná část, např. těleso nebo upínací mechanismus, je určen pro vymezenou skupinu upínaných součástí
- 3) stavebnicové - sestavené z typizovaných dílů
- 4) speciální - používané pouze pro jednu součást při určité operaci

B) určení

- 1) obráběcí - zabezpečení vzájemné polohy obrobku a nástroje
- 2) montážní - jednoznačné ustavení součástí při montáži
- 3) kontrolní - kontrola rozměrů
- 4) ostatní pomocná zařízení - (vrtací hlavy, nakládací a polohovací zařízení apod.)

C) zdroje upínací síly

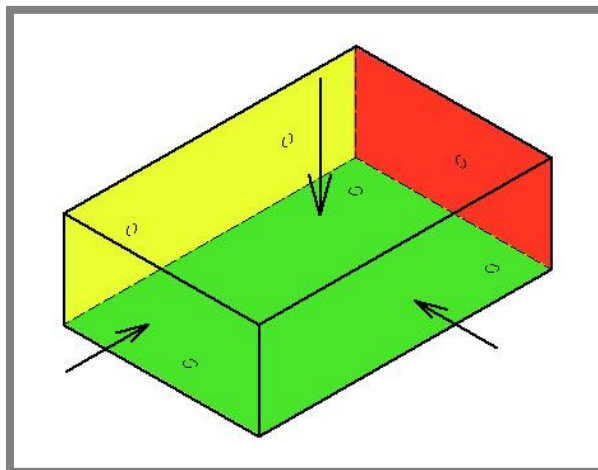
- 1) přípravky s ručním upínáním
- 2) přípravky s mechanickým upínáním
 - pneumatické
 - hydraulické
 - elektromagnetické
 - magnetické
 - kombinované

1.1.2 Obráběcí přípravky

Před obráběním je třeba jednoznačně zaručit vzájemnou polohu nástroje a obrobku. Poloha tělesa je obecně zaručena opřením o 6 bodů. Obrobek tak zbavíme postupně všech stupňů volnosti, které měl před upnutím. Není-li možnost zaručit rozměrovou nebo geometrickou přesnost, musí se opěrné body navrhnout stavitelné.

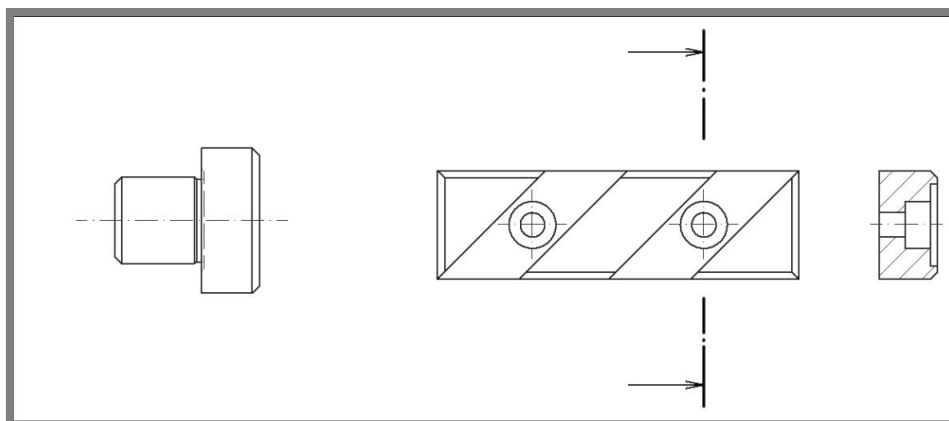
Rovinné obrobky upínáme pomocí třech ploch:

- 1) základní
 - odebírá 3 stupně volnosti
 - zvýrazněná zeleně (viz Obr. 1-1)
- 2) směrová
 - odebírá 2 stupně volnosti
 - zvýrazněná žlutě (viz Obr. 1-1)
- 3) dorazová
 - odebírá 1 stupeň volnosti
 - zvýrazněná červeně (viz Obr. 1-1)



Obr. 1-1 Ustavované těleso s opěrnými body [5]

Šipky na Obr. 1-1 představují zatěžující síly. Jednotlivé stupně volnosti odebráme pomocí opěr, ty mohou být buď pevné, nebo přestavitelné. Pevné podpory jsou určeny k jednoznačnému a stálému ustavení obrobku v přípravku. Jejich pracovní plochy se musí vyznačovat velkou tvrdostí a odolností proti opotřebení, proto se velmi často kalí. Jako pevné opěry se nejčastěji využívají čepy, opěrné lišty (viz Obr. 1-2), nebo opěry speciálních tvarů, podle toho, jaká součást má být upnuta.



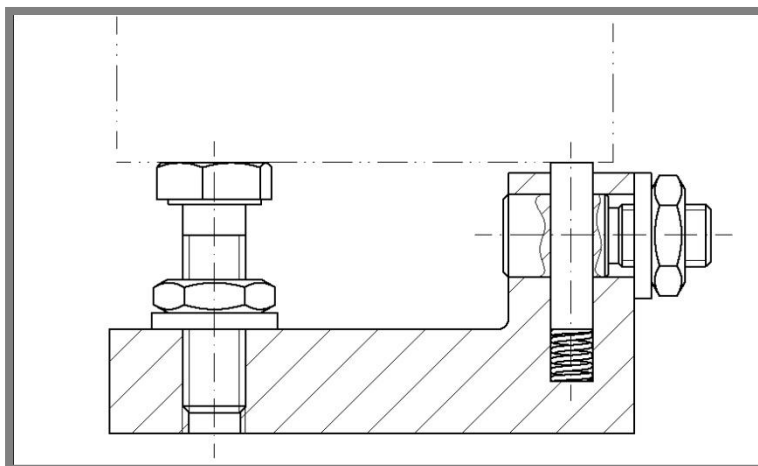
Obr. 1-2 Pevné opěry, vlevo čep, vpravo lišta [5]

Pokud potřebujeme upnout obrobek, který neobsahuje rovinnou plochu, využijeme opěr speciálních tvarů. Jedná se např. o opěry prizmatické (viz kap. 1.2.1), kuželové, atd. Nejpoužívanější kuželová opěra je hrot normalizovaný podle ČSN 24 3310 až 24 3322. Úhel hrotu bývá zpravidla 60°. Hroty se opírají o součást pomocí středících důlků dle ČSN 01 4915. Tato norma udává tvar i rozměr důlku.

Výhodou pro ustavení obrobku je, obsahuje-li přesný otvor. Za něj jsme schopni obrobek upnout do přípravku pomocí válcových trnů, středících vložek nebo nákrůžků (viz kap. 1.2.4).

Opěry přestavitelné se využívají především u skupinových přípravků, které umožňují upnutí obrobků různých rozměrů, ale podobných tvarů. Jedno z konstrukčních řešení přestavitelné opěry je znázorněno na Obr. 1-3 vlevo.

Je-li obrobek málo tuhý a hrozí-li nebezpečí deformace vlivem řezných sil, využívá se tzv. samostačitelných opěr. Protože obrobek je již jednoznačně ustaven v prostoru. Tyto pomocné podpory musí být pohyblivé, aby jejich opěrná plocha splynula s plochou obrobku. Na Obr. 1-3 vpravo je vyobrazeno jedno z konstrukčních řešení samostačitelné opěry.



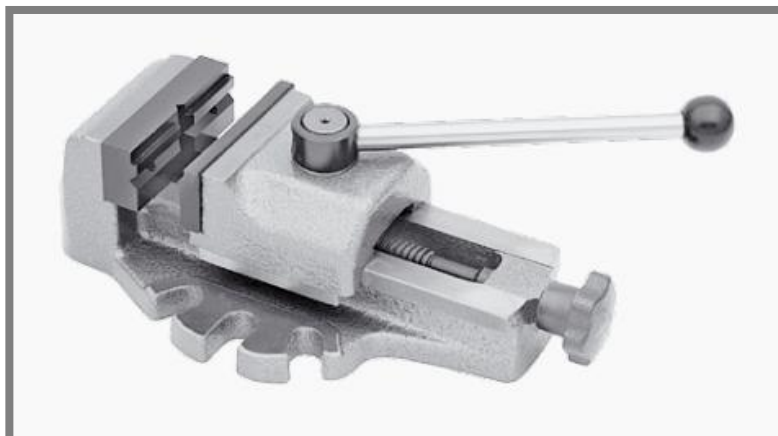
Obr. 1-3 Stavitelná opěra vlevo, samostačitelná vpravo [5]

1.2 Středění a upínání rotačních součástí

Při středění kruhových dílů je třeba nastavit alespoň 3 opěrné body tak, aby byly všechny stejně daleko od námi požadovaného bodu, který bude reprezentovat střed upnuté součásti, a tato vzdálenost přesně odpovídala jejímu poloměru. Musíme navíc zajistit, aby opěrné body byly pevně vázány v prostoru. Z fyzikálního hlediska musíme splnit silovou rovnováhu. Zaručit, aby se součet zatěžujících sil rovnal součtu reakcí od podpor. Reálná upínací zařízení nepoužívají jako podpory body. Oporu upínané součásti mohou zaručovat rovinné plochy (prizmatický svěrák), čelisti (sklíčidlo), palce (palcový mechanismus), atd.

1.2.1 Prizma

Polohu kruhových součástí lze zajistit různými způsoby, například použitím prizmatu. Jedná se nejčastěji o 4 rovinné plochy, které mezi sebou svírají úhly 90° , ale obecně může být svíraný úhel i počet ploch libovolný. Vždy však alespoň 3. V praxi se s tímto systémem můžeme setkat u svěráku s prizmatickými čelistmi (viz Obr. 1-4).



Obr. 1-4 Svěrák s jednou prizmatickou čelistí [7]

1.2.2 Sklíčidla a kleštiny

Pro upínání do sklíčidel je také užito rovinných ploch jako podpor - nazýváme je čelisti. Díky mechanismu sklíčidla se čelisti pohybují současně a souměrně. Sklíčidla se využívají při upínání obrobků, např. universální sklíčidla soustruhu (viz Obr. 1-5 vlevo), ale také při upínání nástroje, např. vrtáku.

Kleštinové upínače (viz Obr. 1-6 vpravo) mají kuželovou vložku opatřenou zářezy po obvodu, která je pomocí převlečné matice stahována do kuželové dutiny. Zářezy umožní malou deformaci, čímž dojde k upnutí tělesa. Kleštiny mají na rozdíl od sklíčidel velmi malý rozsah upnutí - bývá to 0,5 až 1mm na průměru. Proto se využívají především pro upínání nástrojů. Tato nevýhoda je ale vyvážena vysokou přesností, které jsme při upínání pomocí kleštin schopni dosáhnout.



Obr. 1-5 Čtyřčelistové sklíčidlo vlevo, kleštinový upínač vpravo [7]

1.2.3 Luneta

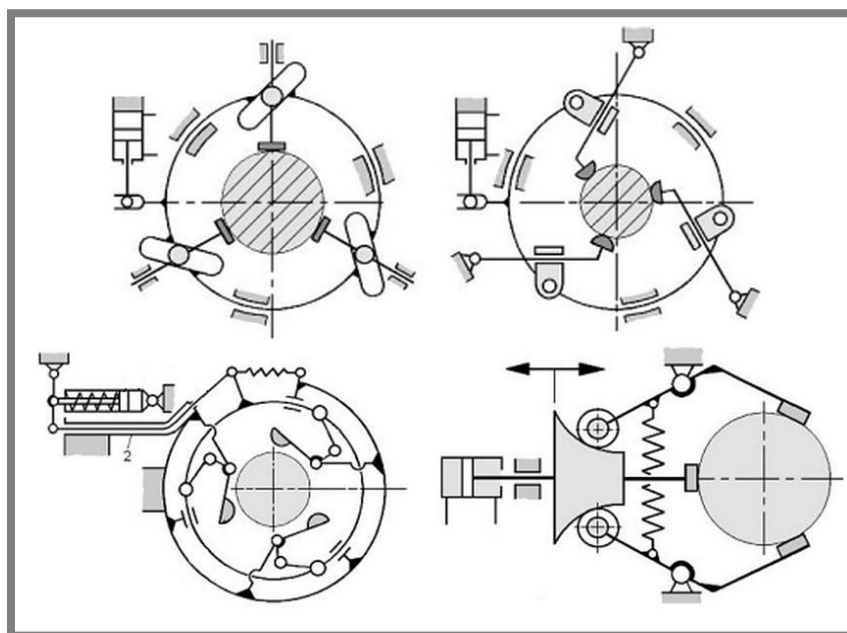
Ne vždy je vhodné ustavovat rotační součásti tak, aby byly nehybné. V určitých případech požadujeme, aby jejich střed měl stálou, přesně definovatelnou polohu, ale díl se mohl otáčet kolem své geometrické osy. V takových případech používáme pro podporu rotační součásti lunety. Lunety ustavují součást pomocí pohyblivých hrotů, nazývaných též palce, které bývají kulovitě zakončeny. Palce mohou být i otočné (viz Obr. 1-6), dojde tak k nahrazení tření odvalováním. Lunety se používají například při soustružení nebo broušení dlouhých válcovitých obrobků.



Obr. 1-6 Luneta pro soustružení dřeva [7]

1.2.4 Ostatní druhy upínání

Lidská ruka je pro uchopování kulatých věcí relativně vhodný nástroj. Díky ekonomice a efektivitě je ale snaha zautomatizovat spoustu lidských činností. Napodobit lidskou ruku by však bylo velmi náročné a nákladné. K těmto účelům byly vyvinuty takzvané třípalcové upínače. Palce se mohou pohybovat najednou a souměrně, jako u sklíčidla, nebo každý samostatně a to po přímkách směřujících do středu nebo po zcela obecných křivkách. Bývají poháněny pneumaticky či hydraulicky. Přenos sil od pohonu k pohyblivým částem upínače zaručuje zpravidla pákový mechanismus. (viz Obr. 1-7).



Obr. 1-7 Vybrané třípalcové upínače [9]

Ve třech variantách (viz Obr. 1-7) jsou palce svázány s prstencem. Pokud jím otočíme, dojde k vzájemnému posuvu opěrných bodů. U varianty vpravo dole jsou vzájemně spojeny pouze dva palce a třetí se pohybuje nezávisle. Tento upínač je vhodný pro boční úchop.

Hydraulické třípalcové upínací zařízení vyrábí např. společnost PTM. Jejich řešení umožňuje rotaci upnuté součásti, protože opěrné body jsou opatřeny malými rolnami s gumovým povlakem. Povlak pohlcuje případné odchylky kruhovitosti upínané součásti. Každá z roln je se základním tělesem spojena hydraulicky poháněnou pákou. Průměr součásti, která je právě upnuta, ovlivňuje výchylku páky. Rozsah těchto výchylek je možné vymezit dorazy, které tato konstrukce obsahuje. Navíc umožňuje upínání za vnější i vnitřní válcovou plochu (viz Obr. 1-8).



Obr. 1-8 Třípalcový středící upínač společnosti PTM [8]

Upínáním dílů za vnitřní válcové plochy se zabývá také společnost Halder. Nabízí několik trnů a upínacích elementů (viz Obr. 1-9). Zatímco trny pracují na principu kleštiny, upínací elementy mají důmyslnější systém. Skládají se ze dvou kuželů. Tvarem tedy připomínají řemenici. V klínové drážce jsou kuličky, nebo jiné prvky, vzájemně spojeny pružinou. Jeden z kuželů je pevný, druhý stavitelný pomocí šroubu. Dotažením tohoto šroubu dojde k přiblížení obou kuželů, kuličky se oddálí směrem k většímu průměru a dojde k dotažení součásti.

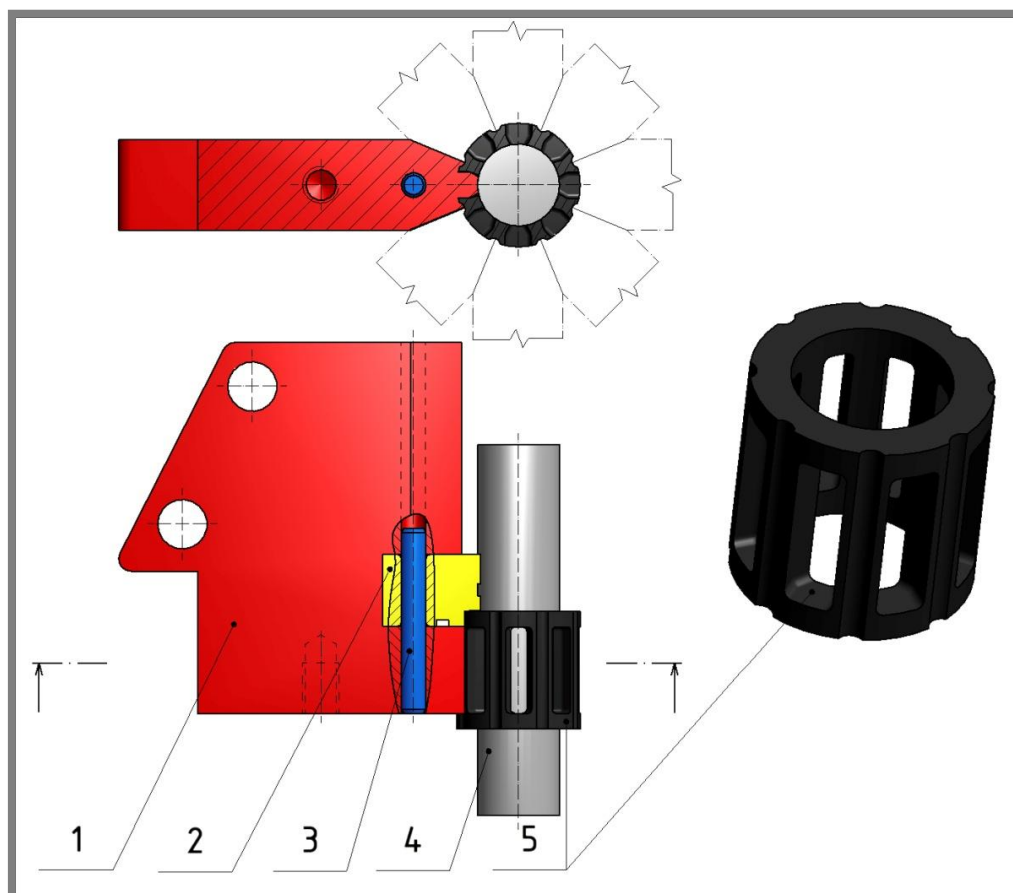


Obr. 1-9 Trn a upínací element s kuličkami, oba od společnosti Halder [10]

1.3 Výroba klecí pro valivá ložiska

1.3

Společnost INA Lanškroun se mimo jiné zabývá výrobou plastových klecí valivých ložisek (viz Obr. 1). Klece jsou vyráběny v různých velikostech a provedení v automatických vstřikovacích lisech. Na Obr. 1-10 je znázorněna nejmenší klec (s vnitřním průměrem 6,65 mm), která se v současné době vyrábí (poz. 5).



Obr. 1-10 Části vstřikovací formy a klec v ní vyráběná

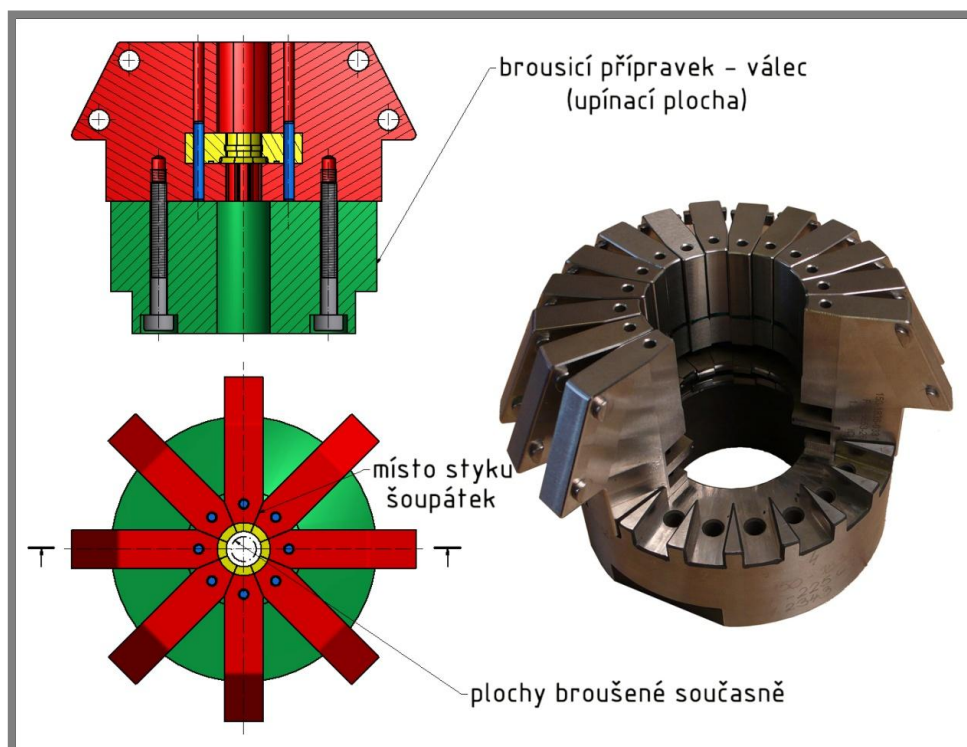
Do šoupátka (poz.1) je zalisovaná vložka (poz. 2), která je ustavena a zajištěna kolíkem (poz. 3). Šoupátko i vložka mají na svých čelech vybroušen radius, kterým přesně dosedají na trn (poz. 4). Šoupátek i vložek je po obvodu trnu tolik, kolik je třeba vyrobít kapes v kleci - kapsy slouží pro uložení valivých elementů. Polohy zbývajících 7 šoupátek potřebné pro výrobu této klece jsou zobrazeny čerchovaně. Všechny 8 správně ustavených šoupátek spolu s trnem vytvoří dutinu, do které je vstříknut roztavený plast. Spodní část dutiny je těsněna pevnou částí formy, která na Obr. 1-10 není zobrazena. Po vychladnutí plastu jsou šoupátka odsunuta od trnu pomocí mechanismu formy. A klec lze vyjmout pomocí vyhazovače.

Důležitou vlastností každé vícedílné formy pro vstřikování plastů je těsnost mezi jednotlivými součástmi. V tomto případě je zaručena pečlivým ustavením šoupátek i vložek a také tím, že jsou broušeny současně v broušícím přípravku.

1.3.1 Broušící přípravek

Broušící přípravek, nazývaný v dalším textu také válec, se používá na počátku každé výrobní série klecí. Jedná se o válcovou součást s drážkami na horní straně (viz Obr. 1-11), do nichž se naskládají šoupátka s nalisovanými vložkami, přesně se ustaví (pomocí středícího přípravku, kap. 1.3.2) a poté obrousí všechna jejich čela současně. Před broušením jsou jednotlivá šoupátka označena a spojena s válcem pomocí šroubů M3. Poté se odšroubují z přípravku a ustaví do formy. Díky označení nemůže dojít k jejich záměně a zůstane tak zachována jejich vzájemná pozice.

Válec se používá pouze pro broušení, proto je vhodné vyrábět ho co nejlevněji. Nevyskytují se na něm žádné broušené plochy, a proto nelze počítat s velkou přesností. Tomu je potřeba uzpůsobit návrh středícího přípravku. Další skutečnost, která ovlivňuje návrh středícího přípravku je, že válec je do brusky upnut za vnější průměr.



Obr. 1-11 Broušící přípravek s šoupátky

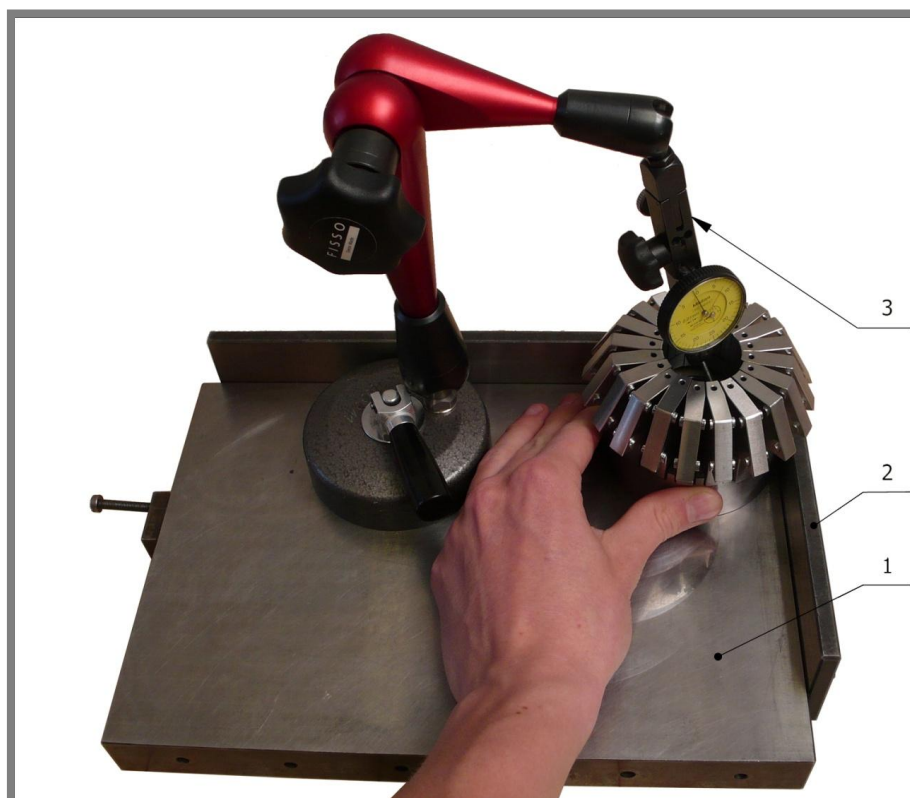
1.3.2 Středící přípravek

Středící přípravek zajišťuje přesnou polohu válce a současně umožňuje jeho rotaci. Nástrojař provádějící středění otáčí s brousicím přípravkem a poklepem ustavuje šoupátka do požadované polohy. Šoupátka se mohou pohybovat v drážkách v rámci vřete šroubového spoje M3, protože šroub se dotáhne až po vystředění. To nastane v okamžiku, kdy se všechna šoupátka dotýkají v místech zkosení a jejich čela tvoří kružnici souosou s válcem. Požadovaná přesnost ustavení šoupátek je 0,01mm. Kontrola je prováděna úchylkoměrem (viz Obr. 1-12 poz. 3).

Dříve se jako středící přípravek používalo universální sklíčidlo soustruhu. Do něho byl válec upnut za stejnou upínací plochu, která je využita při broušení. Otáčení vřeten způsobovalo, že hrot úchylkoměru se vždy při pootočení o určitý úhel opřel o vedlejší šoupátko. Pokud jejich čela netvořila část souosé kružnice, ručička úchylkoměru se vychýlila. Nástrojař poklepem ustavil šoupátko tak, aby plynule navazovalo na sousední. Tímto způsobem pokračoval, dokud nezajistil požadovanou přesnost po celém obvodu.

Většinou však nestačila pouze jedna otáčka, protože vlivem otřesů a gravitace se mohl pohnout i jiný díl, než ten, který nástrojař právě ustavoval. Jednalo-li se o přípravu dílů formy pro budoucí klec s velkým počtem kapes, např. padesát, mohlo toto ustavování trvat i celou směnu. Otáčení vřetenem soustruhu je poměrně obtížné. Navíc při středění je tento stroj neproduktivní.

O něco málo efektivnější je využití přípravku tvořeného z broušené desky (viz Obr. 1-12 poz. 1) a příložek (poz. 2). Princip měření polohy a ustavování šoupátek je zachován z metody využívající universální sklíčidlo. Válec není v přípravku nijak upnut, proto jej musí nástrojař rukou přitlačovat k příložkám, aby zaručil jeho stálou polohu. Vlivem tření mezi válcem a přípravkem je velmi obtížné s válcem otáčet a zajistit tak posun hrotu úchylkoměru. Nástrojaři navíc stěžuje práci nutnost neustále přitlačovat válec, středění tak musí zvládnout pouze jednou rukou.



Obr. 1-12 Středící přípravek používaný v současné době

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU, JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

Před broušením je třeba ustavit díly vstřikovací formy do broušícího přípravku s přesností 0,01mm. Díly vstřikovací formy mají tvar kruhových segmentů a jejich čela při správné montáži tvoří válcovou plochu. Tato plocha musí být souosá s vnější válcovou plochou broušícího přípravku, za který je upnut v brusce. Při středění musí být broušící přípravek pevně ustaven ve vodorovné poloze a zároveň musí být umožněna jeho snadná rotace. Upnutí musí mít dostatečnou tuhost, aby nedocházelo k nepřesnostem během středění.

Ve výše zmiňované firmě se broušící přípravky vyrábí v pěti různých velikostech. Průměr upínací plochy se pohybuje v rozmezí 50-160 mm. Stejně tak rozměr kružnice, kterou tvoří segmenty – šoupátka, se liší podle toho, jaká klec má být vyráběna. Způsob středění je nutno navrhnout tak, aby byl univerzální pro všechny rozměry válců i klecí.

Současně používaný přípravek nedosahuje vysoké efektivity. Práce s ním je zdoluhavá a náročná. Především kvůli faktu, že válec není v přípravku ustaven. Ale také nesnadnou rotací, při níž často dochází k nešetrnému pootočení a tím k posunu některého ze šoupátek.

3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je navrhnout přípravek pro středění dílů vstřikovacích forem, tak aby splňoval tyto požadavky:

- Konstrukce musí být univerzální pro všechny možné rozměrové kombinace brousicích přípravků a dílů vstřikovací formy.
- Nový přípravek musí snížit účinky tření, zajistit válcí stálou polohu, ale zároveň umožnit jeho rotaci.
- Na jeho povrchu musí být dostatečně velká, souvislá plocha, aby bylo možné upnout úchytkoměr s gumovou přísavkou o průměru 90 mm (viz Obr. 1-13 poz. 3).
- Přípravek musí být mobilní a jeho hmotnost nesmí převyšovat 20 kg.
- Práce s ním musí být bezpečná a jednoduchá.
- Především je třeba zajistit tuhost celé soustavy, aby při poklepávání na šoupátka nedocházelo k posuvu brousicího přípravku.
- Funkční plochy je nutné tepelně zpracovat, aby nedocházelo k jejich opotřebení.

4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

K řešení problému bude využito znalostí získaných studiem na Střední průmyslové škole v Rychnově nad Kněžnou a bakalářským studiem Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně. Konstrukce přípravku bude vycházet ze současné varianty. Řešení cílů práce bude konzultováno s vedoucím konstrukčního oddělení společnosti INA, ale také s nástrojařem, který bude přípravek obsluhovat.

Provedení výkresové dokumentace musí zohledňovat podmínky a možnosti specifické pro firmu, kde se bude přípravek vyrábět. V přílohách se nacházejí všechny výrobní výkresy a také 3D modely jednotlivých variant.

K 3D modelování i tvorbě výkresové dokumentace bude využito studentské verze programu Autodesk Inventor 2011.

5 NÁVRH VARIANT A VÝBĚR OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ

5

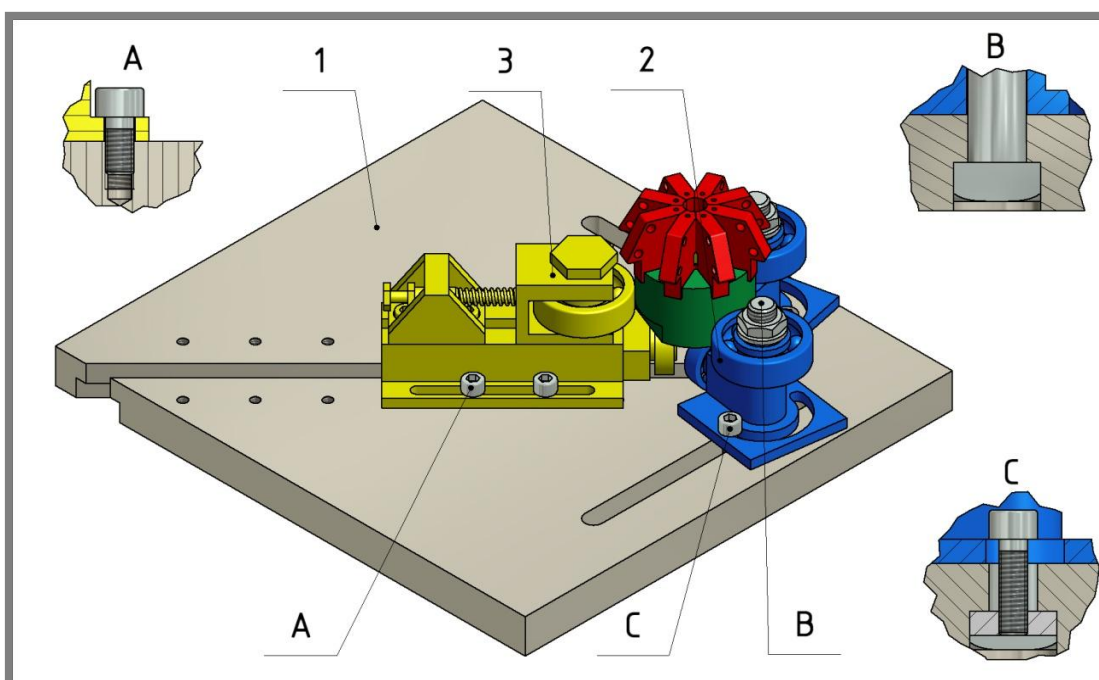
Rotační pohyb válce lze usnadnit tím, že tření bude nahrazeno odvalováním. Proto jsou ve všech variantách užita jako podpory valivá ložiska. Vyznačují se velkou tvrdostí, minimálními vůlemi, nízkou cenou a snadným uchycením k desce, proto jsou pro tento účel vhodná.

Stálou přítlačnou sílu bude zajišťovat pružina vhodných rozměrů a tuhosti. Ta bude spojena s jedním z ložisek. Stlačení pružiny bude možno upravovat pomocí stavěcího šroubu.

5.1 Varianta 1 – Radiální ložiska nad deskou

5.1

V první variantě je užito radiálních ložisek normalizovaných dle ČSN 02 4630. Aby byla možná jejich rotace, musí být všechna umístěna nad základní deskou (viz Obr 5-1 poz.1). Ložiska zajišťující polohu válce ve vodorovné rovině mají osy rovnoběžné s osou válce. Naopak ložiska, která mají za úkol držet válec v konstantní výšce, mají osy kolmé na osu válce.

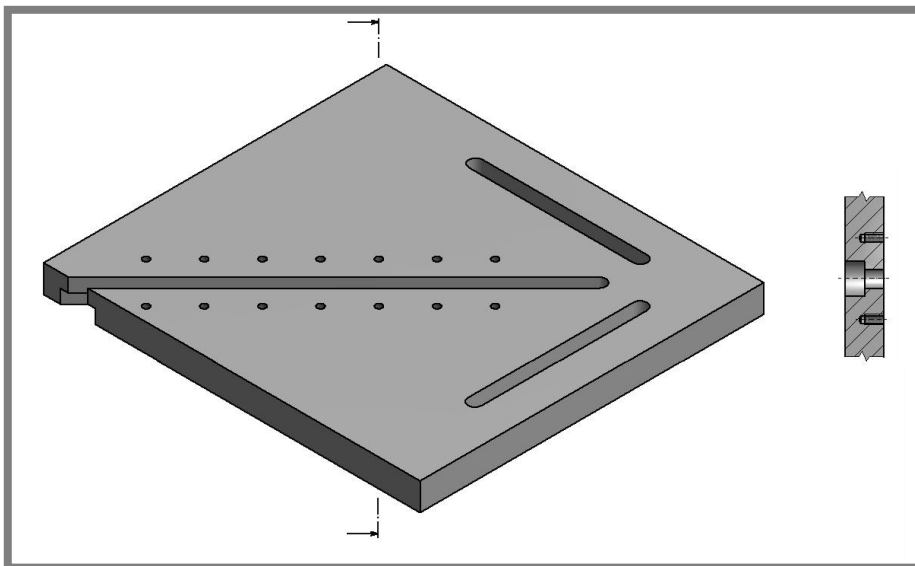


Obr. 5-1 Varianta 1 – Radiální ložiska nad deskou

Pozice pevných podpor je možné měnit podle toho, jaký přípravek bude upnut. Pro malé rozměry přípravků je vhodné umístit pevné podpory blízko sebe, naopak pro větší přípravky dále od sebe. Pevná podpora je s deskou spojena pomocí šroubu a matice M 12 (poz. B). Spoj je zajištěn pružnou podložkou. Hlava šroubu je umístěna v T drážce desky (viz Obr. 5 - detail B). Dále je podpora proti rotaci zajištěna šroubem M6 (poz. C) a čtvercové matice, která je také umístěna v drážce desky (detail C). Pohyblivá podpora je s deskou spojena pomocí čtyř šroubů M6 (detail A)

5.1.1 Deska

V desce jsou vyrobeny dvě drážky svírající úhel 90° , do nichž jsou upnuty pevné opěry. Třetí drážka prochází osou tohoto úhlu. V ní je vedena pohyblivá opěra. Drážky mají v průřezu tvar písmene T a odpovídají normě ČSN 02 1030. Sedm párů otvorů se závitem M6 má mezi sebou rozteč 20 mm. Tím je umožněno nastavit pohyblivou podporu do libovolné pozice v daném rozsahu.

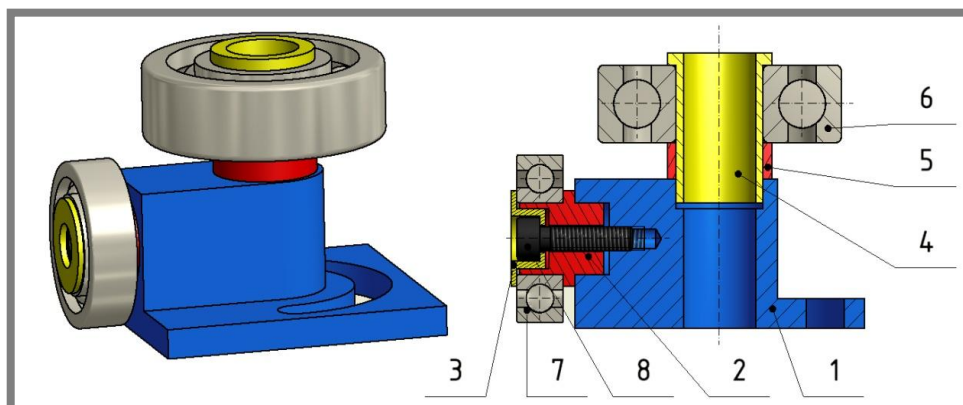


Obr. 5-2 Varianta 1 - Deska

5.1.2 Pevná podpora

Pevné podpory jsou v této variantě dvě. Před dotažením upínacích šroubů každé z nich je třeba nastavit podpory do takové pozice, aby se osa ložiska podpírající válec protínala s jeho osou. Minimalizuje se tak tření v místě styku válce a ložiska. V základním tělese (viz Obr. 5-3 poz.1) jsou dva navzájem kolmé otvory, do nichž jsou nalisovány čepy nesoucí ložiska (poz. 2, poz. 4).

Také ložiska jsou na čepích uložena s přesahem. Aby při dotažení šroubu B (viz Obr. 5-1) nedošlo k sevření vnějšího kroužku ložiska 6302 (viz Obr. 5-3 poz.6) je mezi jeho vnitřní kroužek a základní tělo vložen rozpěrný kroužek (viz Obr. 5-3 poz. 5). Stejnou funkci zajišťuje pro ložisko 6001 (poz. 7) osazení na čepu (poz. 2). Ložisko 6001 je zajištěno šroubem M4 (poz. 8). Aby bylo možné obě podpory přiblížit co nejdříve k sobě, je použita speciální podložka (poz. 3), v níž je zapuštěna hlava šroubu.

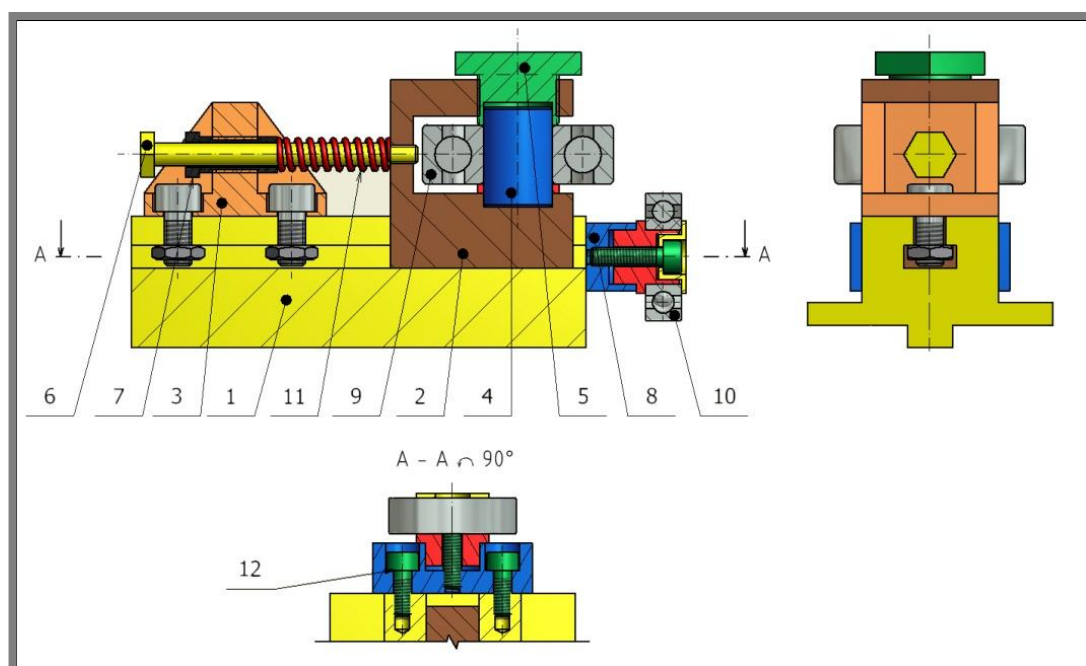


Obr. 5-3 Varianta 1- Pevná podpora

5.1.3 Pohyblivá podpora

Z celé této podsestavy se vůči desce může pohybovat pouze domek (viz Obr. 5-4 poz. 2) a součásti s ním spojené. Tento pohyb zaručuje upnutí středícího přípravku. Domek je veden pomocí T drážky v základním těle pohyblivé podpory (poz. 1). Upínací sílu zajišťuje pružina (poz. 11), která je vedena pomocí tyče (poz. 6). Přítlak pružiny lze nastavit stavěcím šroubem (poz. 7) umístěným v dorazu (poz.3)

V pohyblivé podpoře je užito stejné dvojice ložisek, jako u podpory pevné. Také uložení ložiska 6001 (poz. 10) je zachováno. Ale kvůli drážce v základním tělese, je přidán mezikus (poz. 8). Ten je k tělesu přišroubován dvěma šrouby M4 (poz. 12). Ložisko 6302 (poz. 9) je nalisováno na čepu (poz. 4) a axiálně zajištěno kotvicím šroubem (poz. 5).



Obr. 5-4 Varianta 1 - Pohyblivá podpora

5.1.4 Zhodnocení

První varianta se vyznačuje použitím radiálních ložisek k ustavení polohy brousícího přípravku jak ve svislé, tak ve vodorovné rovině. Použití trojice ložisek zajišťující válci polohu ve svislé rovině není výhodné. A to ze třech důvodů:

1) obtížné ustavení

Pokud nebudou pevné podpory natočeny do ideálních pozic (vysvětleno v kap. 5.1.2), bude při rotaci válce docházet ke tření mezi ložisky a jeho podstavou. A nebyl by tak dostatečně splněn základní cíl práce – snížení účinků tření.

2) nedostatečná tuhost a stabilita

Pro středění šoupátek je třeba poklepem měnit jejich polohu. Při tomto ději vznikají rázové síly. Ty jsou v této variantě přenášeny pouze bodovým stykem ložisek s podstavou válce. V místech styku by došlo k otlacení brousícího přípravku. Navíc tři opěrné body nezaručí potřebnou stabilitu.

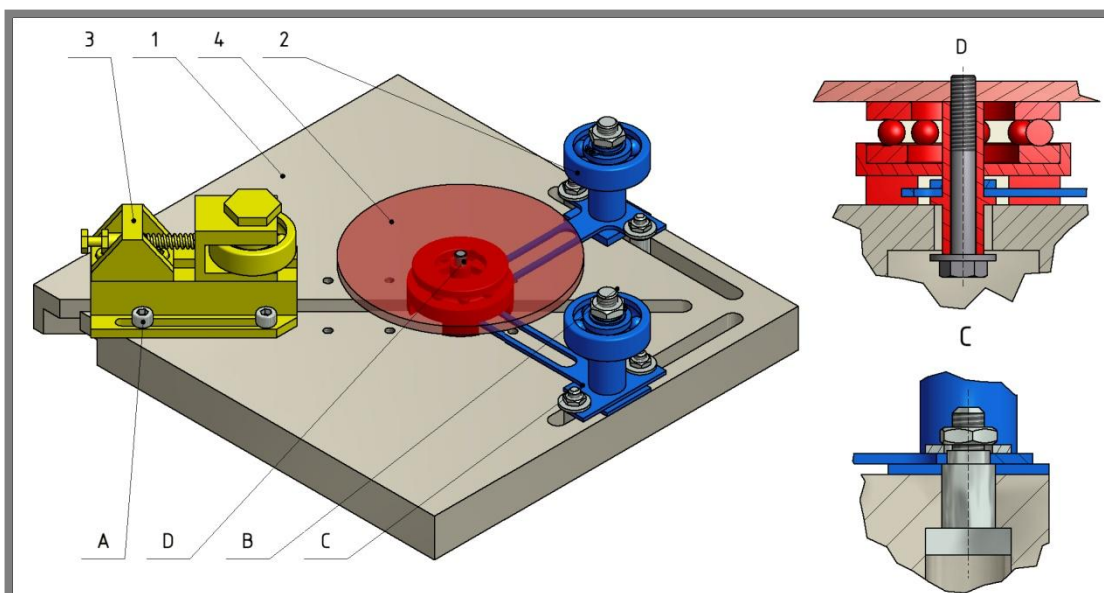
3) „kolébání“ válce během rotace

Konstantní výšku středů všech ložisek nelze zaručit, kvůli výrobním nepřesnostem. Následkem je nerovnoběžnost podstavy válce s deskou. V tom případě by válec nevykonával rotační, ale sférický pohyb, což by negativně ovlivnilo přesnost středění.

Tyto problémy je v následujících variantách třeba odstranit.

5.2 Varianta 2 - Axiální ložisko nad deskou

Toto řešení má s předcházející variantou totožnou desku (viz Obr. 5-5 poz. 1). Z pohyblivé podpory (poz. 3) bylo odstraněno radiální ložisko nesoucí válec, jinak je také zachována. Rozdíl oproti variantě 1, jak již z názvu vyplývá, spočívá v náhradě tří radiálních ložisek, která zajišťovala polohu válce ve svislé rovině, za jedno ložisko axiální.



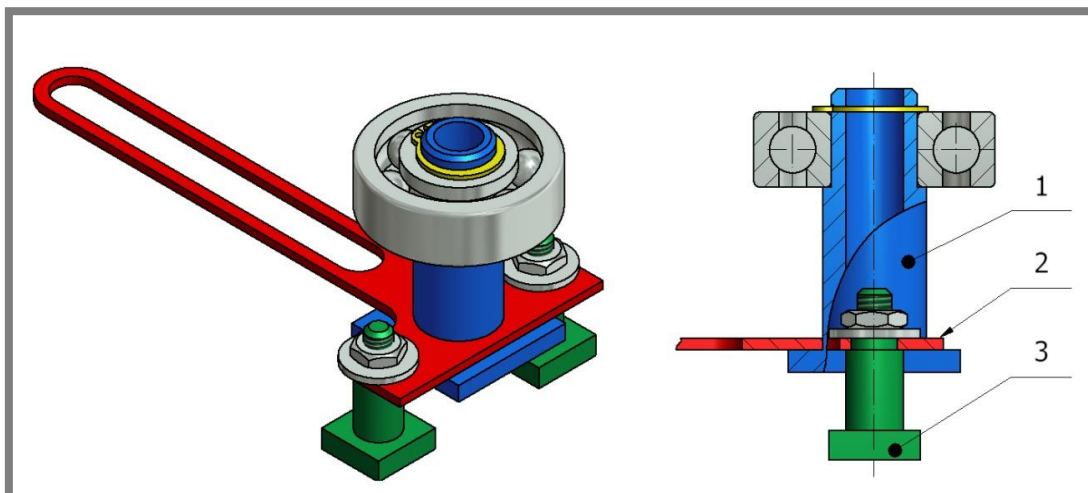
Obr. 5-5 Varianta 2 – Axiální ložisko nad deskou

Vzhledem k tomu, že přípravek není určen pouze pro jednu velikost válce a pevné podpory (poz. 2) se mohou pohybovat pouze v navzájem kolmých drážkách, každý válec bude mít při upnutí střed v jiném místě. Axiální ložisko proto musí být pohyblivé a nejlépe svázané nějakou kinematickou vazbou tak, aby bylo vždy pod středem válce. Vnější průměr kroužku tohoto ložiska není dostatečně velký pro větší válce. Proto v této variantě vznikla nová podsestava: točna a příslušenství (poz.4), (viz kap. 5.2.2).

Pevná podpora je s deskou spojena pomocí šroubu M 12 (poz. B, shodný s předchozí variantou) a dvou osazených šroubů se závitem M6 (poz. C). Jejich dřík je v drážce uložen s minimální vůlí a zajišťuje tak natočení pevné podpory (viz Obr. 5-5 detail C). Kinematická vazba zaručující současný pohyb pevných podpor (poz. 2) a točny (poz. 4) se skládá ze součástí obou podskupin (viz Obr. 5-5 detail D).

5.2.1 Pevná podpora

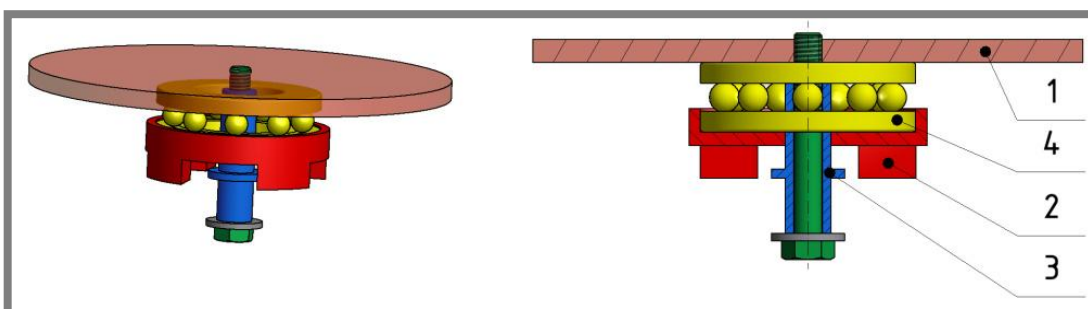
Čep (viz Obr. 5-6 poz. 1) má čtvercovou podstavu a v jejím středu je průchozí otvor pro šroub M12. Ložisko je v této variantě axiálně zajištěno pojistným kroužkem. Táhl (poz. 2) zajišťuje vazbu s točnou. Obsahuje otvory, do nichž jsou zalisovány šrouby (poz. 3). Protože jsou tyto šrouby vedeny drážkou desky, táhla budou vždy kolmé k drážce.



Obr. 5-6 Varianta 2 – Pevná podpora

5.2.2 Točna a příslušenství

Střed (viz Obr. 5-7 poz. 3) je jedna ze součástí zajišťujících vazbu mezi pevnými podporami a točnou. Jsou na něm nasazena táhla, zajišťuje také vedení točny v desce (viz Obr. 5-5 detail D). Se středem jsou šroubem M6 spojeny všechny zbývající součásti této podsestavy. Aby šroub mohl být dotažen a zároveň celá skupina neztratila svou pohyblivost, je celková délka středu větší než součet délek součástí tímto šroubem spojených.



Obr. 5-7 Varianta 2 – Točna a její příslušenství

Točna (viz Obr. 5-7 poz. 1) nese při středění brousicí přípravek. Do závitů v jejím středu je zašroubován šroub M6, který zajišťuje axiální ložisko (poz. 4) uložené v misce (poz. 2). Ve spodní části misky jsou vyfrézovány dvě na sebe kolmé drážky, které umožňují průchod táhlům. Zbylý materiál podstavy se dotýká desky.

5.2.3 Zhodnocení

Největší přednost druhé varianty je ve vazbě točny a pevných podpor. Je tak svázán pohyb obou těchto podsestav. Vazba však způsobuje i nevýhody:

1) Nedostatečná tuhost

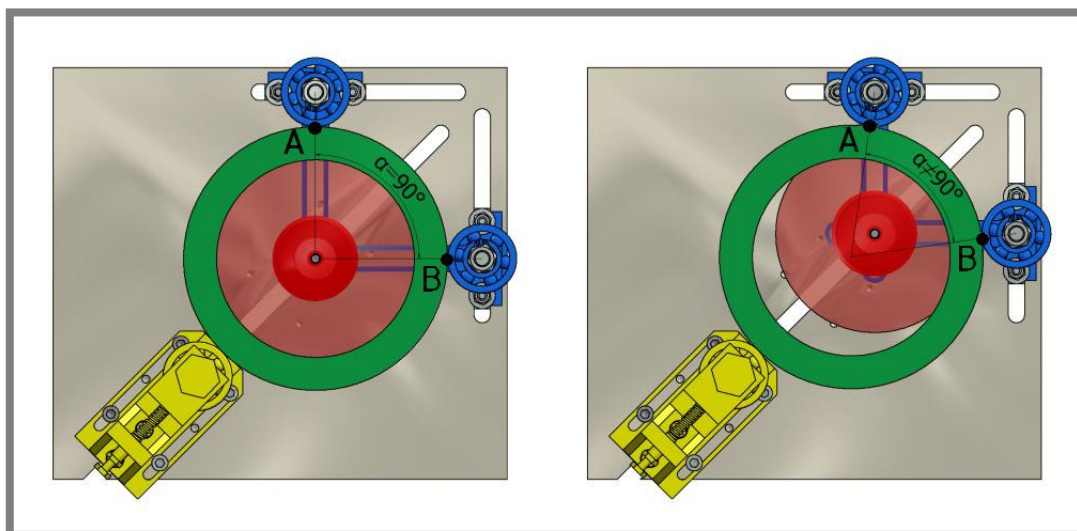
Výška pevných podpor je dána nutností umístit axiální ložisko i mechanismus zaručující jeho pohyb nad desku. Velká výška čepů pevných podpor má za následek snížení tuhosti. Kvůli rozměru nejmenšího z upínaných přípravků není možné použít větší axiální ložisko. Pro větší přípravky je ale nevyhovující, protože točna by se při zatížení prohýbala.

2) Realizace pohybu

Žádná z navzájem pohyblivých ploch není mazána a kvůli přesnosti ustavení by vůle nemohly být dostatečně velké. Proto by mohlo být obtížné najít kompromis mezi pohyblivostí a přesností, které by kinematická vazba dosahovala.

3) Nedořešené středění

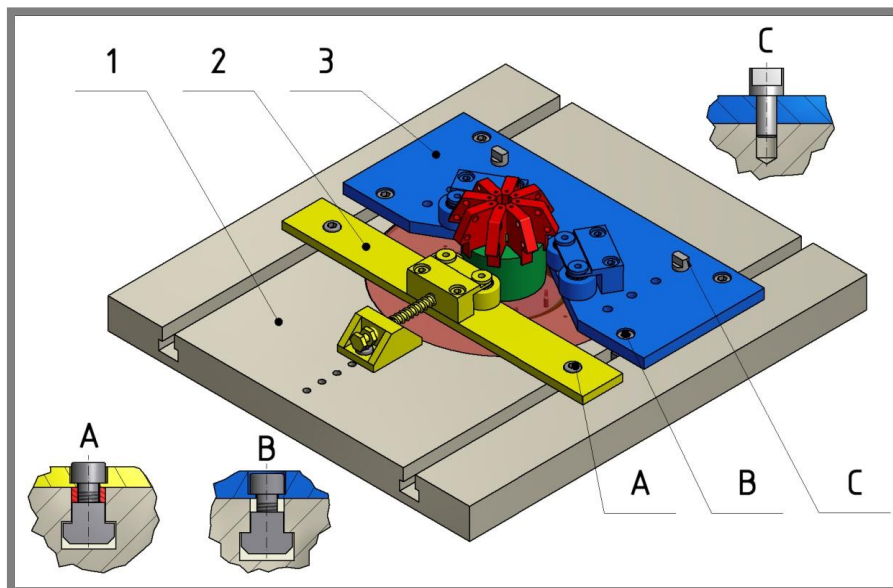
S pevnými podporami není svázán třetí člen ustavující přípravek - pohyblivá podpora. Aby byl středící přípravek (na Obr. 5-8 nahrazen zeleným prstencem) souosý s točnou, bylo by třeba zaručit, aby místa dotyku ložisek pevných podpor s válcem (body A, B) byl vždy pod úhlem $\alpha = 90^\circ$. To by prodloužilo přípravné práce před samotným středěním.



Obr. 5-8 Varianta 2 – Nedořešené středění

5.3 Varianta 3 – Axiálně-radiální ložisko v desce

Po konzultaci druhé varianty vznikl požadavek zapustit točnu do desky a snížit tak celkovou výšku středícího přípravku. Třetí varianta se vyznačuje tím, že tíhu válce i zatížení vznikající při středění nese jediná součást – axiálně-radiální ložisko, zapuštěné v desce (viz kap. 5.3.1).



Obr. 5-9 Varianta 3 – Axiálně-radiální ložisko v desce

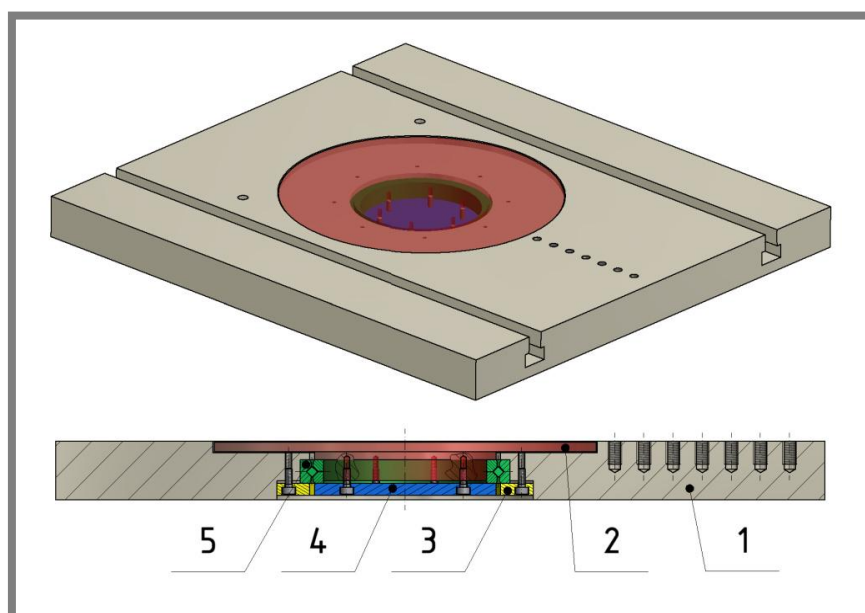
Podpory (poz. 2 a 3) jsou vedeny pomocí dvou drážek v desce (poz. 1), v nichž jsou také ukotveny díky šroubům M6 a maticím pro T drážky (viz Obr. 5-8 detail B). Aby nedošlo k fixaci pohyblivé podpory (poz. 2) k desce, je mezi šroub M6 a maticí pro T drážku vložena speciální podložka (viz Obr. 5-8 detail A).

Kolík (poz. C) zaručuje přesnou pozici pevné podpory (poz. 3). Pro každou z velikostí válce je v podpoře otvor, do něhož je kolík zasunut (viz Obr. 5-9 detail C). Pevná podpora obsahuje čtyři ložiska. Funkční jsou při upínání pouze dvě.

5.3.1 Deska se zapuštěnou točnou

5.3.1

V desce jsou zhotoveny dvě vzájemně rovnoběžné T drážky, pro vedení podpor, kruhová zhloubení pro zapuštění točny a sedm otvorů se závitem M6, pro ukotvení pohyblivé podpory. Axiálně-radiální ložisko (viz Obr. 5-10 poz. 5) je zalisováno v desce. Jeho vnější kroužek je zajištěn víčkem tvaru mezikruží (poz. 3), které je přišroubováno k desce pomocí šroubů M3. Vnitřní kroužek ložiska je zajištěn kruhovým víčkem (poz. 4), k točně přišroubováno také pomocí šroubů M3.

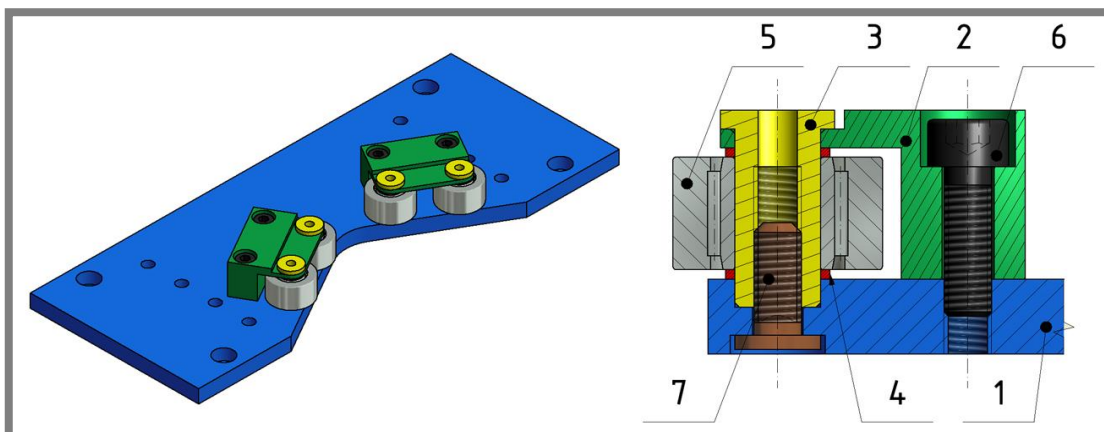


Obr. 5-10 Varianta 3 – Deska se zapuštěnou točnou

5.3.2 Pevná podpora

Základní součástí pevné podpory je čelist (viz Obr. 5-11 poz. 1). Nese domky pro ložiska (poz. 2) a umožňuje jejich spojení s deskou. Domek je k čelisti přišroubován pomocí dvou šroubů M5 (poz. 6). Do něho je zalisován čep (poz. 3), který zasahuje i do čelisti. Čep je v této poloze zajištěn šroubem M5x12 dle BN1206, který má extrémně nízkou hlavu opatřenou vnitřním šestihranem.

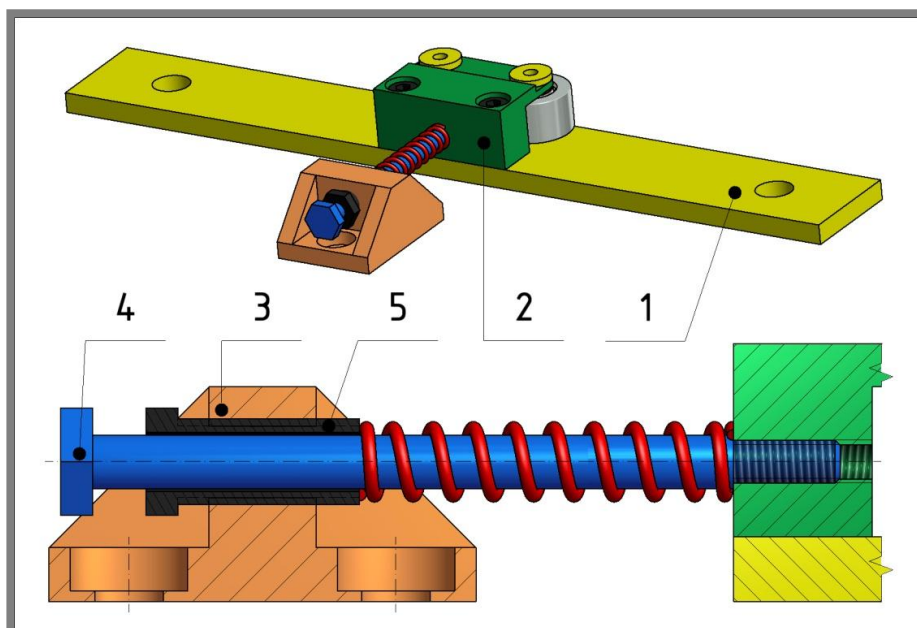
Opěrné ložisko NAO 9x22x12 dle katalogu společnosti INA [11] (poz. 5) je uloženo na čepu, a aby nedošlo k jeho sevření, je z obou stran podloženo kroužky (poz. 4).



Obr. 5-11 Varianta 3 – Pevná podpora

5.3.3 Pohyblivá podpora

Ložiska jsou uložena pomocí stejných součástí jako u podpory pevné. Celá tato skupina je přišroubována k vedení (viz Obr. 5-12 poz. 1). Do domku (poz. 2) pohyblivé podpory je na zadní straně třeba vyvrtat průchozí otvor se závitem M4. Do něj je zašroubována tyč (poz. 3) jejíž pomocí je vedena pružina. Stlačování pružiny zajišťuje stavěcí šroub (poz. 4) vedený v dorazu (poz. 3). Doraz je přišroubován k desce.



Obr. 5-12 Varianta 3 – Pohyblivá podpora

5.3.4 Zhodnocení

Třetí návrh konstrukce přípravku pro středění dílů vstříkovacích forem má oproti předcházejícím variantám několik výhod:

1) Tužší upnutí opěrných ložisek

Každé z ložisek je nalisováno na čepu, který je ustaven na obou svých koncích a navíc axiálně zajištěna šroubem.

2) Nižší výška

Díky zapuštění točny do desky se výrazně zmenšila výška celého a přípravku i výška všech podpor.

3) Podobnost podpor

Ložiska jsou v obou podporách upnuta pomocí stejných součástí, tím dojde k usnadnění výroby.

Uložení axiálně-radiálního ložiska v desce však s sebou přináší i potíže:

1) Nízká tuhost točny

Ložisko nesoucí točnu nemohlo mít větší vnější rozměr než $\varnothing 90$, protože by vzrostla jeho šířka, tím i šířka desky. Byla by tak překročena maximální přípustná hmotnost přípravku. A vlivem malého průměru, na němž je točna podepřena, vzniká nebezpečí jejího průhybu a tím zanesení chyby do procesu středění.

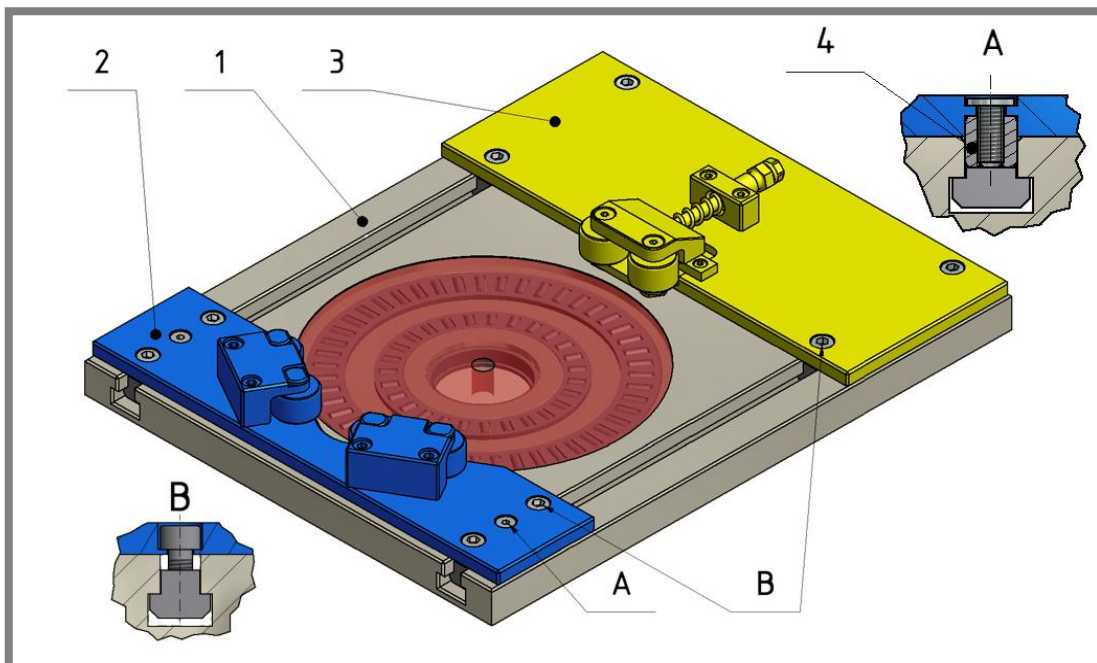
2) Omezený počet poloh pevné podpory

Poloha pevné podpory ustavené kolíkem by přesně odpovídala požadované poloze pouze pro omezený počet válců s různými rozměry. Přípravek by nebyl universální.

5.4 Varianta 4 – Dvě axiální a jedno radiální ložisko v desce

Tato varianta vychází z předchozí. Upraveny byly všechny tři hlavní části. Účelem těchto úprav bylo zajistit větší tuhost točny, snížit hmotnost přípravku a v neposlední řadě zajistit bezpečnost při práci s přípravkem. To znamená minimalizovat počet výstupků, o které by se mohl pracovník poranit.

Je zde použit jiný způsob středění pevné podpory než v předchozí variantě. Přesnou polohu zajišťují středící kameny, které jsou vedeny pomocí broušených ploch T drážek v desce (viz Obr. 5-13 poz. 4). Čelist s deskou znovu spojují čtyři šrouby M6 a matice pro T drážku (detail B). Pozice pevné podpory už není nastavitelná skokově pomocí kolíku, ale je možné docílit jakékoli polohy. Pro nalezení správné polohy pevné podpory je nejprve nutné změřit upínaný válec. Pokud je tento rozměr menší než 130 mm, nastavíme jedno z vnitřních ložisek pevné podpory tak, aby bylo od středu točny vzdáleno o polovinu rozměru válce. Pro průměr větší než 130 mm použijeme jedno z vnějších ložisek podpory. K nastavení přesné vzdálenosti reprezentující poloměr válce použijeme koncové měrky, nazývané též Johanssonovy. Střed točny nalezneme díky broušené díře.



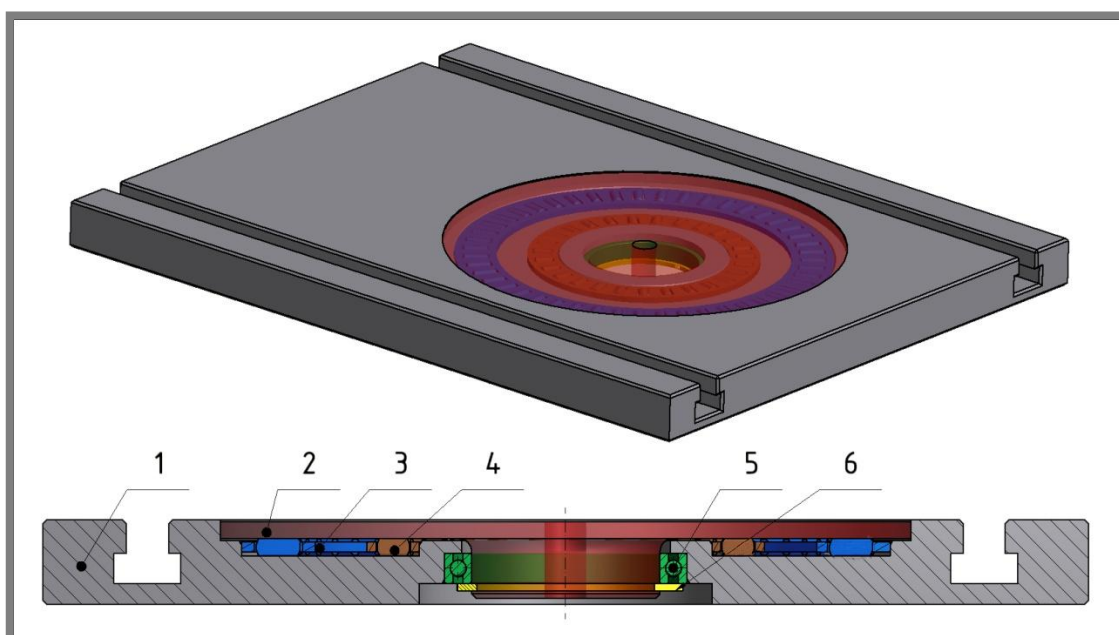
Obr. 5-13 Varianta 4 – Dvě axiální a jedno radiální ložisko v desce

5.4.1 Deska s točnou a ložisky

Výška desky byla zredukována na 20 mm a všechny hrany, se kterými může dělník přijít do styku během práce s přípravkem sraženy $1 \times 45^\circ$. Ke snížení hmotnosti přispěla také menší šířka desky. Nyní odpovídá šířce pevné i pohyblivé podpory.

Do desky je zapuštěna točna (viz Obr. 5-14 poz. 2) současně se třemi ložisky. Dvě z nich jsou axiální (poz. 3 a 4), ty brání průhybu točny a jedno radiální (poz. 4), které umožňuje rotaci při zachování stálé polohy osy točny. Obě axiální ložiska mají stejný průměr válečku, liší se však jejich vnější průměry.

Pojistný kroužek (poz. 6) má v tomto konstrukčním řešení dvě funkce. Zajišťuje radiální ložisko a zároveň i točnu. Aby byla možná jeho montáž, je ve spodní části desky vytvořeno zahlbounění o průměru 70 mm.

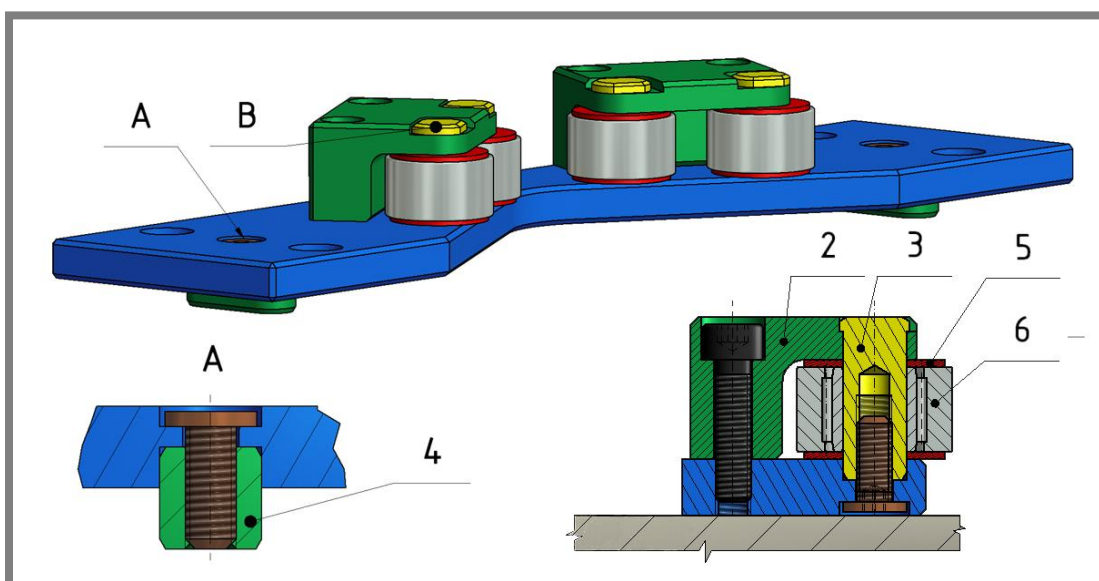


Obr. 5-14 Varianta 4 – Deska s točnou a ložisky

5.4.2 Pevná podpora

Systém upnutí ložisek je stejný jako ve variantě 3, ale byl upraven domek (viz Obr. 5-15 poz. 2). Vybrání pro hlavu čepu už není po celé šířce ale pouze tam, kde je to nutné. Zvýší se tak tuhost domku. Hlava čepu (poz. 3) obsahuje dvě rovnoběžné plochy, které se opírají o domek a při dotahování nedochází k protáčení. Konstrukce ložiska (poz. 6.) nezaručuje polohu vnějšího kroužku vůči vnitřnímu. Proto byl zvětšen vnější průměr kroužku (poz. 5) tak, aby jej podpíral. Kroužek navíc slouží jako kryt ložiska a brání tak vniknutí nečistot do ložiska. Je však nutné zajistit vůli mezi ložiskem a kroužkem, aby nedošlo k sevření vnějšího kroužku (viz kap. 6.2).

Ve spodní části čelisti je vyfrézována neprůchozí drážka, ve které je ustaven středící kámen (poz. 4). S čelistí je spojen šroubem M5x12.



Obr. 5-15 Varianta 4 – Pevná podpora se středícími kameny

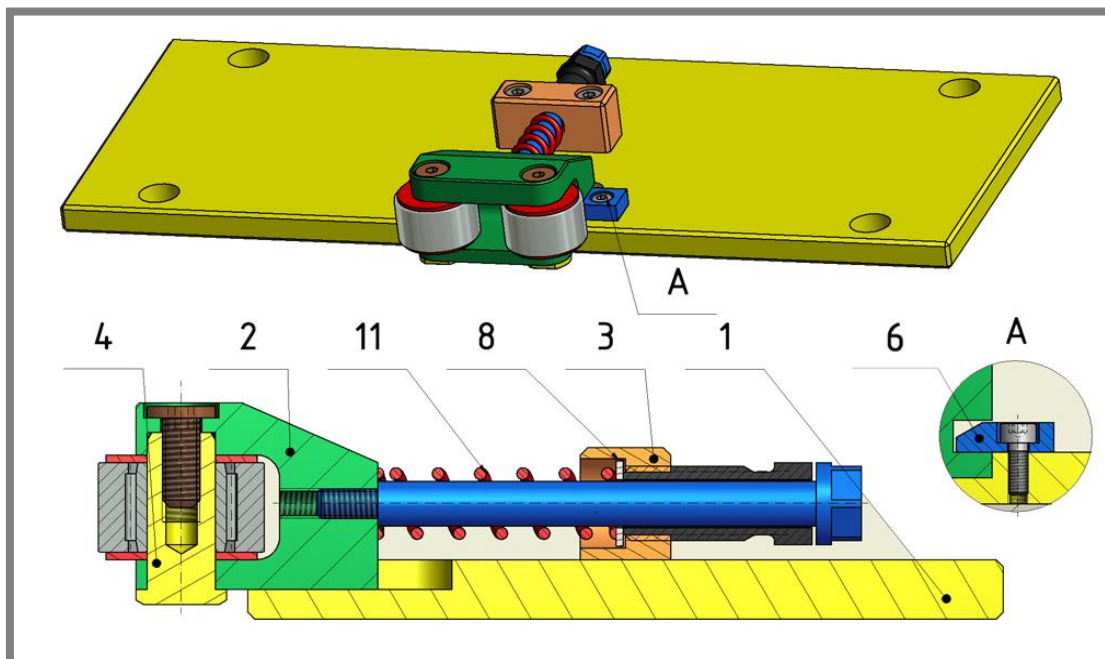
5.4.3 Pohyblivá podpora

Vedení pohyblivé podpory (viz Obr 5-16 poz. 1) je větší než v předcházející variantě z důvodu upnutí dříve zmiňovaného úchylkoměru. Zvětšením se pochopitelně zvýší i hmotnost a přestává být výhodné při upínání pohybovat celou podporou. Navíc by se musela zvětšit i deska aby bylo možno uchytit doraz. Proto bylo třeba zajistit stavitelnost hnízda (poz. 2) vůči vedení.

Ve vedení je zhotovena drážka odpovídající šířce hnízda. V ní se hnízdo může pohybovat. Ve svislém směru je zajištěno upínkami (poz. 6) přišroubovanými k desce šrouby M3 (detail A). Ložiska jsou upnuta stejnými součástmi jako v pevné podpoře, avšak hlava čepu (poz. 4) je ve spodní části hnízda. Tato změna nastala z důvodu zeslabení spodní strany hnízda. Zahloubení pro čep by bylo příliš krátké.

Pružina je stejně jako v předcházející variantě stlačována stavčím šroubem. Aby nedocházelo k deformaci čela šroubu, byla mezi něj a pružinu vložena kalená podložka (poz. 8).

Doraz (poz. 3) je spojen s vedením dvěma šrouby M6. Ve svém středu má závitový otvor M10, ve kterém je veden stavěcí šroub. Aby nemusel být stavěcí šroub příliš dlouhý, je tento otvor osazen a délka závitu zkrácena na 6 mm.



Obr. 5-16 Varianta 4 – Pohyblivá podpora

5.4.4 Zhodnocení

Poslední z variant neobsahuje žádný mechanismus, který by zaručoval správnou polohu pevné podpory. Tato skutečnost sice prodlouží dobu přípravy před upnutím brousícího přípravku, na druhou stranu ale řeší problém s jeho nepřesným rozměrem, za který je upínán. Došlo i k dalším změnám, které s sebou nesou několik výhod tohoto konstrukčního řešení:

1) Redukce hmotnosti pohyblivých součástí

Změnou pohyblivé podpory se zmenšila výsledná hmotnost součástí, které se skutečně hýbou. Navíc zde byl oproti předcházejícím variantám zahrnut požadavek na vymezení prostoru pro upnutí úchylkoměru.

2) Zvýšení tuhosti

Došlo také ke zvýšení tuhosti obou podpor, ale především točny. Kvůli nutnosti dosahovat velkých přesností při středění dílů vstřikovacích forem je tuhost podpor velmi důležitým faktorem.

3) Zmenšení desky

Základní deska této varianty je užší i nižší, což vedlo ke snížení její hmotnosti. Celý středící přípravek má hmotnost 14,1 kg.

4) Splnění dalších cílů práce

Jedná se o bezpečnost při práci – došlo ke sražení hran. A také zvětšení vedení pohyblivé podpory, aby bylo možné upnout zmíněný úchylkoměr.

5.5 Výběr optimálního řešení

Jednotlivé varianty vznikaly v pořadí, jak jsou uvedeny v této práci. Po návrhu každé z nich následovala konzultace v zadávající společnosti a vymezení nových cílů práce. Jako optimální řešení byla vybrána varianta 4, vypracována kompletní výkresová dokumentace a následně vyroben nový přípravek pro středění dílů vstříkovacích forem (viz. Obr. 5-17).



Obr. 5-17 Fotografie nového středícího přípravku s upnutým úchylkoměrem

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Konstrukční řešení bylo ovlivněno několika důležitými faktory. Jedná se o přípravek, který bude užíván pro snazší ustavení přesné polohy dílů vstřikovacích forem. Je tedy třeba zajistit, aby veškeré vůle a nepřesnosti výroby byly co nejmenší. Dále je třeba si uvědomit, že vyrábět se bude pouze jeden kus. Není tedy na místě využívat speciální polotovary, ani odlitky nebo výkovky. I přes to, že ekonomické hledisko je zde až druhořadé za funkčnost.

Při montáži jednoho kusu lze požadovat větší pečlivost montážních dělníků než při sériové výrobě. Přesnost funkce přípravku bude ovlivněna přesností montáže. Pokud by vlivem řetězce předepsaných tolerancí vznikla někde příliš velká vůle nebo naopak přesah, je možné sestavu rozebrat a jeden z dílů upravit tak, aby se nepřesnost výroby minimalizovala.

6.1 Deska s točnou a ložisky

Deska (viz příloha: 2-3A10-01) je základním tělesem celého přípravku a jsou s ní svázány všechny zbylé díly, ať už pevně nebo posuvně. Deska je kalena na HRC 52±2 a funkční plochy jsou broušeny ($\sqrt{Ra\ 0,8}$ viz Obr. 6-1):

1) Zahloubení pro axiální ložiska

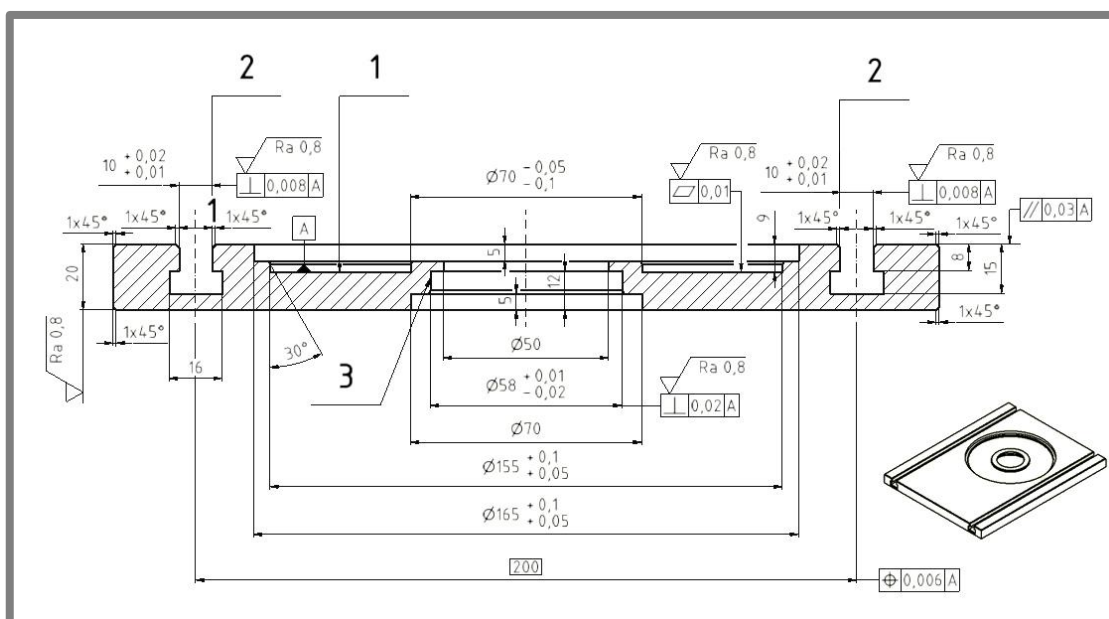
Po této ploše jsou vedena axiální ložiska, proto je zvolena jako základna. Maximální odchylka od rovinnosti je předepsána 0,01mm.

2) Drážky pro středící kameny

Šířka drážek je $10^{+0,02}_{+0,01}$ a maximální odchylka od kolmosti k základně A je 0,008mm.

3) Zahloubení pro radiální ložisko

Pro uložení radiálního ložiska bylo užito soustavy tolerancí a uložení. Konkrétně se jedná o $\varnothing 58$ K7. Na výkrese je však toleranční pole předepsáno pomocí odpovídajících mezních úchylek ($\varnothing 58^{+0,01}_{-0,02}$).



Obr. 6-1 Vybrané funkční rozměry a tolerance desky

Aby při dotažení obou šroubů nedošlo k sevření vnějšího kroužku ložiska (viz Obr. 6-4 poz. 20). Je třeba zaručit vůli $v = 0,1 - 0,2\text{mm}$. Bylo využito kompenzačního členu (poz. 13), jehož rozměr může být upraven během montáže. Pro výpočet vůle byl sestaven rozměrový obvod (viz Obr. 6-4 vlevo) kde B1 je zvětšovací člen, B2, B3 i v jsou členy zmenšovací a B4 je člen kompenzační. Rozměry jednotlivých členů jsou:

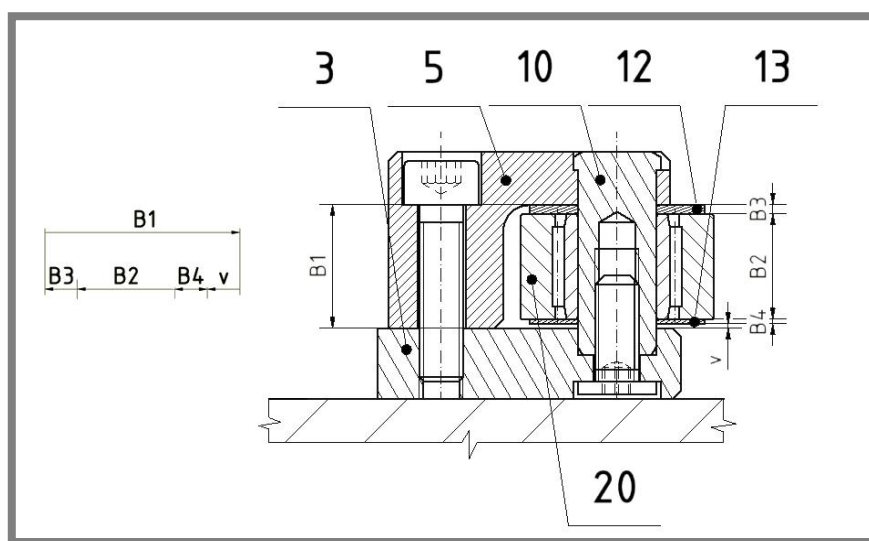
$$B1 = 14^{+0,1}_0 \quad B2 = 12^{-0}_{-0,01} \quad B3 = 1^{+0,1}_{-0,1} \quad v = 0^{+0,2}_{+0,1}$$

$$B4_{max} = B1_{max} - B2_{min} - B3_{min} - v_{min}$$

$$B4_{max} = 14,1 - 11,99 - 0,9 - 0,1 = 1,2\text{mm}$$

$$B4_{min} = B1_{min} - B2_{max} - B3_{max} - v_{max}$$

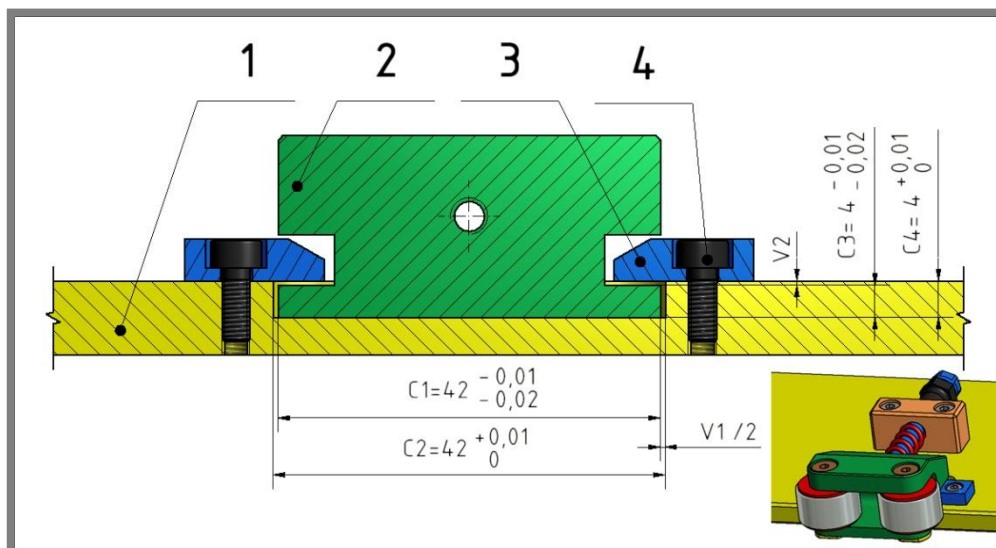
$$B4_{min} = 14 - 12 - 1,1 - 0,2 = 0,7\text{mm}$$



Obr. 6-4 Rozměrový obvod

6.3 Pohyblivá podpora

Pohyb probíhá mezi hnízdem (viz Obr. 6-5 poz. 2) a vedením (poz. 1), proto je třeba mezi těmito součástmi zaručit vůli, ač minimální (viz Obr. 6-5 v1).



Obr. 6-5 Vůle mezi hnízdem a vedením

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Vůle však musí být taky mezi upínkou (poz. 3) a hnízdem, (viz Obr. 6-5 v2). Obě vůle jsou zabezpečeny tolerancemi na příslušných výkresech a zobrazených také na Obr. 6-5 (C1-C4). Z obrázku je patrné, že se velikost obou vůlí může pohybovat do 0,01 do 0,03 mm. Stykové plochy budou broušeny.

Pružina s označením 60/1/3 zaručuje přítlačnou sílu a je vybraná z katalogu společnosti HENNLICH [13]. Pro tuto aplikaci je síla 100N dostatečná, ale je možné ji měnit dle potřeby nástrojaře od 0 do 200N. Vypočteno bude potřebné stlačení pružiny a počet otáček stavěcího šroubu potřebných pro upnutí silou 100N.

Vybrané parametry pružiny 60/1/3:

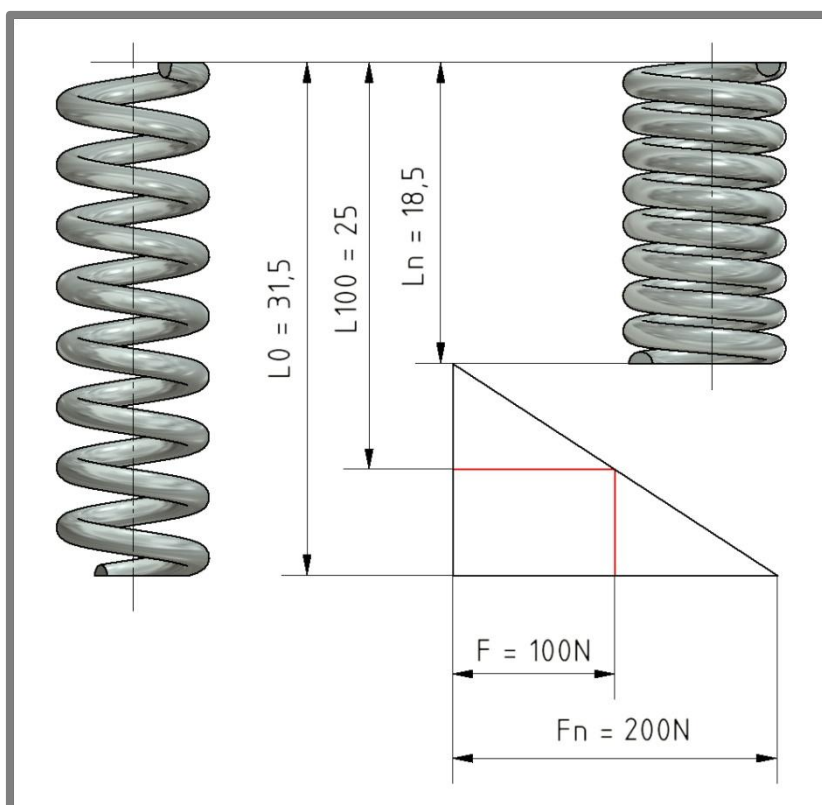
Průměr drátu:	$d = 1,6$	mm
Vnější průměr:	$D = 9,6$	mm
Délka bez zatížení:	$L_0 = 31,5$	mm
Délka při max. zatížení:	$L_n = 18,5$	mm
Maximální síla:	$F_n = 200$	N
Stoupání stavěcího šroubu	$p = 1,5$	mm

Výpočet délky pružiny při přítlačné síle $F=100\text{N}$:

$$L_{100} = L_n - \frac{(L_n - L_0) \cdot F}{F_n} = 31,5 - \frac{(31,5 - 18,5) \cdot 100}{200} = 25\text{mm}$$

Výpočet počtu otáček stavěcího šroubu k vyvození síly F :

$$n = \frac{L_n - L_{100}}{p} = \frac{31,5 - 25}{1,5} = 4,33$$



Obr. 6-6 Charakteristika pružina 60/1/3

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout přípravek pro středění dílů vstřikovacích forem. V úvodu byly popsány plastové klece valivých ložisek – součásti, pro jejichž výrobu je tento přípravek určen. Základní funkcí přípravku je seřízení funkčních ploch vstřikovací formy pro výrobu zmíněných součástí. Seřizování probíhá v brousicím přípravku, který je upnut pomocí válcové plochy. Upínání součástí byla věnována kapitola zabývající se současným stavem poznání. Návrh vycházel ze středícího přípravku používaného v současné době.

V průběhu řešení práce došlo k postupnému odstranění problémů spojených s tímto přípravkem a vzniklo tak několik variant. Poslední z nich – čtvrtá varianta byla zpracována detailněji v kapitole 6. Podle výkresové dokumentace (viz přílohy) byl nový přípravek vyroben.

Návrh splňuje všechny hlavní cíle. Snižuje účinky tření při rotaci. Přípravek je použitelný nejen pro všechny velikostní varianty brousicích přípravků, ale navíc eliminuje i možné nepřesnosti při výrobě válců, díky pružině a plynulé stavitelnosti obou podpor. Plocha pro upnutí úchytkoměru se nachází na vedení pohyblivé podpory. Celkovou hmotnost se podařilo zredukovat na 14,1kg, tedy výrazně pod požadovanou hodnotu.

Hlavním cílem bylo zjednodušení práce pro nástrojaře. Při práci s původním přípravkem trvalo středění jednoho šoupátka 6 minut. Měření prokázalo, že průměrný čas strávený při středění šoupátek pomocí nového přípravku je 4,5 minuty. Došlo tedy k snížení doby potřebné pro středění o 25%. Průměrně obsahuje brousicí přípravek 28 šoupátek a ročně je zapotřebí vystředit přibližně 60 přípravků. Cena hodiny práce nástrojaře je 24,28 EUR, to znamená roční úsporu 1020 EUR. Celková cena výroby přípravku byla spočtena podle sazeb jednotlivých výrobních operací a po přičtení ceny materiálu a normalizovaných dílů celkově činí 4027 EUR. Návratnost investice do výroby je necelé 4 roky. Životnost přípravku tuto dobu výrazně překračuje.

Pro další vylepšení přípravku a úsporu času by bylo vhodné středění zautomatizovat a minimalizovat tak nepřesnosti vznikající poklepem na šoupátka. Avšak pořizovací cena takového přípravku by byla velmi vysoká a při počtu šoupátek, které se ročně středí, by nebyla příliš ekonomicky výhodná.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SHIGLEY, J. E., MISCHKE, CH. R., BUDYNAS, R.G. *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTIUM, 2010, 1200 s. ISBN 978-80-214-2629-0
- [2] SVOBODA, P., BRANDEJS J., DVOŘÁČEK J., PROKEŠ F. *Základy konstruování*. 3. upravené a doplněné vydání. Brno: CERM, 2009, 234 s. ISBN 978-80-7204-633-1.
- [3] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ F. *Výběry z norem: pro konstrukční cvičení*. 3. upravené a doplněné vydání. Brno: CERM, 2009, 224 s. ISBN 978-80-7204-636-2.
- [4] MÁDL, J., BARCAL J. *Základy technologie II*. dotisk prvního vydání. Praha: ČVUT, 2005. 55 s. ISBN 80-01-02610-8.
- [5] CHLADIL, J. *Přípravky a nástroje: část – Obrábění / 3.vyd.* Brno: VUT Brno, 1992. 155s. ISBN 80-214-0408-6
- [6] Ložiska SKF, INA, ZKL. [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://iloziska.cz/kulickova-loziska>
- [7] Soustruhy - příslušenství. BOW - obráběcí a tvářecí nástroje [online]. © 2005 - 2011 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkty/soustruhy-prislusenstvi/>
- [8] Three pivot finger gripper. P.T.M Produktion [online]. © 2006 [cit. 2012-02-18]. Dostupné z: http://www.ptm-produktion.de/media/content/DSG-Prospekt-E_08-k.pdf
- [9] MONKMAN, S., HESSE, R. STEINMANN A. *Robot grippers* [online]. 2004 [cit. 2012-02-18]. ISBN 978-3-527-40619-7. Dostupné z: http://books.google.cz/books?id=prZ1MiKjdhgC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- [10] Clamping Elements according to DIN. Halder - Workholding, Standart parts [online]. Copyright © 2007 - 2012 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: <http://www.halder.de/produkte/artgroup.asp?k=1&g=2&intAS=4&s=cz&menu=296&submenu=products>
- [11] Nadellager Zylinderrollenlager: Katalog 307. 1. überarbeiteter nachdruck. Nürnberg, 2000, 332 s.
- [12] Šroub M 5 x 12 BN 1206. Briol - velkoobchod se spojovacím materiálem [online]. 2008 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://eshop.briol.cz/cz/kategorie/spojovaci-material-ocel/srouby/srouby-metricke/srouby-s-hlavou-imbus/bn-1206-imbus-s-extremne-nizkou-hlavou/c29063>
- [13] Tlačné pružiny z oceli. Hennlich Industrietechnik [online]. © 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.hennlich.cz/produkty/pruziny-tlacne-pruziny-162/tlacne-pruziny-z-pruzinove-oceli.html>
- [14] Přípravky a nástroje. *Fakulta strojního inženýrství v Brně* [online]. (c) 2007 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/PripravkyNastroje.pdf>

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Klec valivého ložiska s mazacími žlábkami	13
Obr. 1-1 Ustavované těleso s opěrnými body [5]	15
Obr. 1-2 Pevné opěry, vlevo čep, vpravo lišta [5]	15
Obr. 1-3 Stavitelná opěra vlevo, samostlačitelná vpravo [5]	16
Obr. 1-4 Svěrák s jednou prizmatickou čelistí [7]	16
Obr. 1-5 Čtyřčelist'ové sklíčidlo vlevo, kleštinový upínač vpravo [7]	17
Obr. 1-6 Luneta pro soustružení dřeva [7]	17
Obr. 1-7 Vybrané třípalcové upínače [9]	18
Obr. 1-8 Třípalcový středící upínač společnosti PTM [8]	18
Obr. 1-9 Trn a upínací element s kuličkami, oba od společnosti Halder [10]	19
Obr. 1-10 Části vstřikovací formy a klec v ní vyráběná	19
Obr. 1-11 Brousíací přípravek s šoupátkem	20
Obr. 1-12 Středící přípravek používaný v současné době	21
Obr. 5-1 Varianta 1 – Radiální ložiska nad deskou	25
Obr. 5-2 Varianta 1 - Deska	26
Obr. 5-3 Varianta 1- Pevná podpora	26
Obr. 5-4 Varianta 1 - Pohyblivá podpora	27
Obr. 5-5 Varianta 2 – Axiální ložisko nad deskou	28
Obr. 5-6 Varianta 2 – Pevná podpora	29
Obr. 5-7 Varianta 2 – Točna a její příslušenství	29
Obr. 5-8 Varianta 2 – Nedořešené středění	30
Obr. 5-9 Varianta 3 – Axiálně-radiální ložisko v desce	31
Obr. 5-10 Varianta 3 – Deska se zapuštěnou točnou	31
Obr. 5-11 Varianta 3 – Pevná podpora	32
Obr. 5-12 Varianta 3 – Pohyblivá podpora	32
Obr. 5-13 Varianta 4 – Dvě axiální a jedno radiální ložisko v desce	34
Obr. 5-14 Varianta 4 – Deska s točnou a ložisky	34
Obr. 5-15 Varianta 4 – Pevná podpora se středícími kameny	35
Obr. 5-16 Varianta 4 – Pohyblivá podpora	36
Obr. 5-17 Fotografie nového středícího přípravku s upnutým úchylkoměrem	37
Obr. 6-1 Vybrané funkční rozměry a tolerance desky	38
Obr. 6-2 Spojení desky a pevné podpory	39
Obr. 6-3 Vybrané funkční rozměry a tolerance čelisti	39
Obr. 6-4 Rozměrový obvod	40
Obr. 6-5 Vůle mezi hnízdem a vedením	40
Obr. 6-6 Charakteristika pružina 60/1/3	41

10 SEZNAM PŘÍLOH

1. Středící přípravek pro díly vstřikovací formy + Seznam položek	2-3A10-00
2. Deska	2-3A10-01
3. Točna	4-3A10-02
4. Vedení	3-3A10-03
5. Čelist	3-3A10-04
6. Domek	4-3A10-05
7. Hnízdo	3-3A10-06
8. Doraz	4-3A10-07
9. Tyč	4-3A10-08
10. Stavěcí šroub pružiny	4-3A10-09
11. Čep	4-3A10-10
12. Středící kámen	4-3A10-11
13. Kroužek	4-3A10-12
14. Vymezovací kroužek	4-3A10-13
15. Upínka	4-3A10-14
16. Podložka	4-3A10-15
17. CD-ROM obsahující bakalářskou práci v PDF a 3D modely navržených variant	