



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKCE VRTACÍHO PŘÍPRAVKU PRO SÉRIOVOU VÝROBU

DESIGN OF DRILLING FIXTURE FOR SERIAL PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Šlehofer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Adam Šlehoř**
Studijní program: Základy strojního inženýrství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.**
Akademický rok: 2024/25

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukce vrtacího přípravku pro sériovou výrobu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Díky rozvoji technologií a vysoké poptávce narůstá výroba komponentů a jejich sériová výroba z polotovarů. Realizace každé operace obrábění vyžaduje určité konstrukční a technologické uspořádání obrobku pro výrobu. Konstrukce vrtacího přípravku umožní progresivní a levnou sériovou výrobu.

Typ práce: vývojová – konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je návrh systému upínání součástí na obráběcím stroji s ohledem na minimální náklady a prostoje stroje při sériové výrobě.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analyzovat problém a provést bibliografickou rešerši existujících řešení upínání a ustavování pro sériovou výrobu,
- vypracovat koncepční návrhy možných řešení,
- rozpracovat vybraný návrh do podoby výkresové dokumentace.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkres sestavení.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

BAKKER, O.J., T.N. PAPASTATHIS, A.A. POPOV a S.M. RATCHEV. Active fixturing: literature review and future research directions. International Journal of Production Research. 2013, 51(11), 3171-3190. DOI: 10.1080/00207543.2012.695893. ISSN 0020-7543.

ŘASA, J. Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže. Praha: Scientia, 2003. ISBN 978-80-7183-284-3.

HOFFMAN, E.G. Jig and fixture design. 5th ed. Clifton Park, NY: Thomson/Delmar Learning, 2004. ISBN 978-1401811075.

CAMPBELL, P.D. Basic fixture design. New York, N.Y.: Industrial Press, 1994. ISBN 978-0-8311-3052-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem konstrukce vrtacího přípravku určeného k obrobení dvou přesných rovnoběžných otvorů do odlitku páky. Přípravek musí umožnit rychlé a přesné upnutí tvarové součásti ke stolu obráběcího stroje a musí zajistit vedení nástroje. Důraz musí být kladen především na nízkou pořizovací cenu. Byly navrženy tři koncepty řešení, ze kterých byl na základě jejich výhod, nevýhod a ceny zvolen ten nejlepší. Byla vypočtena potřebná upínací síla a navržená vhodná vrtačka. Výsledkem je návrh speciálního přípravku s mechanickým pákovým upínačem využívající pro ustavení polohy součásti dvě prizmatické opěrky. Následným provedením pevnostní analýzy bylo zjištěno, zda dojde k deformaci obrobku vlivem upínací síly, nebo k deformaci další částí vlivem sil řezných. Práce také popisuje základní části přípravků, zásady pro jejich konstrukci, běžně dostupné upínače, vrtačky a konstrukce stávajících přípravků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vrtací přípravek, upínač, vrtací pouzdro, prizmatická opěrka, vrtačky

ABSTRACT

This thesis focuses on the design of a drilling jig designed to machine two precise, parallel holes in a lever casting. The jig must enable quick and accurate clamping of the shaped part to the machine tool table and must ensure tool guidance. Emphasis is placed primarily on achieving a low purchase price. Three design concepts were proposed, from which the best one was selected based on its advantages, disadvantages and price. The necessary clamping force was calculated, and a suitable drill was selected. The result is the design of a special jig with a mechanical lever clamp using two prismatic supports to position the part. A subsequent strength analysis was carried out to determine whether deformation of the workpiece occurs due to the clamping force, or deformation of other parts due to cutting forces. The thesis also describes the basic parts of jigs, principles for their construction, commonly available clamps, drills and existing jig designs.

KEYWORDS

Drilling jig, clamp, drill bushing, prismatic support, drill

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠLEHOFR, Adam. Konstrukce vrtacího přípravku pro sériovou výrobu. Online, bakalářská práce. Petr SVOBODA (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2025. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/165189>. [cit. 2025-05-15].

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářská práce panu doc. Ing. Petru Svobodovi, Ph.D. za podnětné připomínky, cenné rady, ochotu a trpělivost při konzultacích.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením pana doc. Ing. Petra Svobody, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
2.1	Přípravky	14
2.2	Hlavní části přípravku	16
2.3	Konstrukční zásady při navrhování přípravku	17
2.3.1	Vliv třísek na výrobu a její přesnost	17
2.4	Ustavení polohy součásti	18
2.4.1	Volba ustavovacích ploch obrobku	19
2.5	Opěrné a ustavovací prvky	19
2.5.1	Prvky pro ustavení za rovinné plochy	19
2.5.2	Prvky pro ustavení za vnější válcové plochy	20
2.5.3	Válcové opěry	21
2.6	Upínací prvky	22
2.6.1	Mechanické upínání	22
2.6.2	Hydraulické upínání	24
2.6.3	Pneumatické upínání	25
2.7	Vrtací pouzdra	27
2.7.1	Tolerance roztečí vrtacích pouzder	28
2.8	Univerzální upínací přípravky	29
2.8.1	Strojní svěráky	29
2.8.2	Vrtací upínače pro rotační součásti	29
2.9	Existující konstrukce speciálních vrtacích přípravků	30
2.10	Vrtačky	32
3	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	35
3.1	Analýza problému	35
3.2	Cíl práce	36
4	KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	37
4.1	Návrh 1	37

4.2	Návrh 2	39
4.3	Návrh 3	40
4.4	Volba konceptu řešení	42
5	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	44
5.1	Materiál obrobku	44
5.2	Volba nástrojů a řezných podmínek	44
5.3	Volba vrtačky	46
5.4	Konstrukční řešení vrtacího přípravku	48
5.4.1	Deformace obrobku vlivem upínací síly	53
5.4.2	Pevnostní kontrola zatížených součástí	54
5.5	Odhad pořizovací ceny	55
6	DISKUZE	57
7	ZÁVĚR	58
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	59
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	64
10	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	65
11	SEZNAM TABULEK	68
12	SEZNAM PŘÍLOH	69

1 ÚVOD

Při obrábění tvarově složitějších součástí by vždy mělo být usilováno o zpřesnění a zrychlení výroby. Ustavování polohy takové součásti vzhledem k nástroji je však bez použití speciální pomůcek velice komplikovaná, a časově náročná operace. Pro zjednodušení, zpřesnění a zrychlení tohoto procesu slouží upínací přípravky. Upínací přípravky umožňují přesné, rychlé a opakovatelné ustavení polohy součásti vůči nástroji, a v případě vrtacích přípravků i jeho vedení.

Přípravky sloužící speciálně pro výrobu jedné součásti nachází své využití především v sériové výrobě, jelikož se větší pořizovací náklady rozdělí mezi velký počet výrobků. V kusové a malosériové výrobě jsou využívány především přípravky univerzální. Nastanou však i případy, kdy je pro obrobění součásti nezbytné využít speciální přípravek. V takovém případě je nutné, aby byl upínací přípravek co nejlevnější, jelikož počet kusů, mezi které se náklady na jeho pořízení rozdělí je logicky menší.

Tato práce se zabývá návrhem vrtacího přípravku pro zhotovení dvou přesných otvorů do výchozího polotovaru. Obráběným polotovarem bude odlitek páky, který bude nutné upnout pomocí dvou vnějších válcových ploch. Hlavním úkolem bude navrhnout systém upínání, který zajistí rychlé, a hlavně přesné upnutí obrobku. Jelikož bude přípravek využíván v malosériové výrobě, je nutné, aby byl co nejlevnější, a to i za cenu prodloužení celkového času výroby. Obsluha navrženého zařízení musí být co nejjednodušší, aby se snížili nároky na kvalifikaci obsluhy a zároveň tak klesla pravděpodobnost chyby zaviněné lidským faktorem.

V první části této práce budou popsány upínací přípravky, jejich rozdělení, využití, hlavní části a zásady pro jejich konstrukci. Dále budou uvedeny dostupné upínače a další důležité části přípravků. Následně budou popsány a zhodnoceny již existující konstrukce vrtacích přípravků. V neposlední řadě budou porovnány dostupné sloupové vrtačky, a jedna bude vybrána pro zhotovení otvorů. Druhé části práce budou prezentovány tři návrhy upínacího přípravku, ze kterých bude zvolen ten nejvhodnější, jehož konstrukce bude posléze detailně popsána a doplněna o výkres sestavy.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Přípravky

Přípravky jsou pomocná zařízení, která jsou účelným doplňkem výrobních strojů. Přípravky jsou zpravidla určeny k jednoznačnému ustavení a upnutí obrobku při jeho obrábění, k vzájemnému ustavení a přidržení dvou i více částí při jejich spojování, k vzájemnému nastavení polohy obrobku a nástroje, a k vedení nástroje při obrábění. Jejich účelem je zlepšení výroby, zkrácení vedlejších časů, zjednodušení obsluhy náročných úkonů, rozšíření možností výrobního zařízení a odstranění namáhavé a zdraví nebezpečné práce [1]. Žádný druh výroby, ať jde o výrobu ruční, nebo strojní kusovou, sériovou nebo hromadnou, se bez přípravků neobejde [2].

Obráběný předmět musí být na stroji upnut tak, aby zachovával neustále vzhledem k nástroji správnou polohu, která se nesmí při práci působením rezných sil měnit. Dále je někdy třeba, aby přípravek vedl nástroj, pokud vedení není součástí obráběcího stroje. Přípravky pomáhají zlepšovat jakost výrobku a zvětšovat pracovní výkon. V některých případech jsou přípravky pro vykonání potřebné operace naprosto nezbytné. Vhodně volené přípravky umožňují často dělníkovi práci na dvou i více strojích. Použití i konstrukce přípravků se řídí druhem výroby. [2].

Při kusové výrobě se součásti obrábějí i montují pomocí běžného výrobního zařízení, popřípadě se použije jen takových pomůcek, které jsou pro žádané operace nezbytné. Práce na univerzálních strojích v kusové výrobě je vždy zdlouhavá a vyžaduje zručné pracovníky, aby se zabránilo vzniku zmetkům často velmi drahých obrobků. K upínání se používá normálních upínacích pomůcek. Ustavení obrobku na stroji ve správné poloze a upnutí je tedy většinou nepohodlné, zdlouhavé a obtížné, a obrobky je nutno při montáži často dodatečně opravovat [2].

Při sériové výrobě je již výhodné navrhnout vhodné speciální přípravky. Speciální upínací přípravky zaručují správné a rychlé ustavení součásti vzhledem k nástroji bez podstatného vlivu dělníka a často odstraňují i proměrování. Tím se podstatně zkrátí vedlejší časy. Přitom lze součást vyrobít s potřebnou přesností, takže se ušetří dodatečná úprava při montáži. [2].

Pro hromadnou výrobu je vhodné použít složitější speciální upínací přípravek. Pro každou operaci nebo pro několik operací na obrobku je použito buď speciálního, nebo normálního obráběcího stroje doplněného speciálním přípravkem umožňujícím dosažení největšího rezného výkonu při nejkratších vedlejších časech [2].

Vrtacích přípravků se používá tam, kde se má vrtat, nebo vrtat a vyhrubovat, popřípadě vrtat, vyhrubovat a vystružovat jedna nebo více děr, jejichž vzájemná poloha a umístění na obrobku se má dodržet s určitou přesností. Při tom se může obrábět jedna díra po druhé nebo všechny najednou. Jeho použitím se zkrátí hlavní časy a zvýší se přesnost. Zkrátí se také vedlejší časy, a to hlavně tím, že umístění otvorů není třeba předem na obrobku rýsovat [2].

Při vrtání musí být obrobek upnut tak, aby byly vhodným způsobem zachyceny řezné síly na něj působící. Mají-li se zachytit velké řezné síly a točivé momenty, musí být přípravek s obrobkem upevněn na stole obráběcího stroje. Stačí-li zachytit malé síly a momenty, opírá se v dané poloze přípravek s obrobkem o opěrné dorazy na stole vrtačky tak, aby byl zachycen kroutící moment. Dělník ho v této poloze přidržuje rukou [2].

Přípravky lze rozdělit podle rozsahu použitelnosti na:

- Univerzální přípravky – slouží k upínání různých druhů, velikostí a tvarů obráběných součástí. Je možné je osadit speciálními doplňky, které rozšíří jejich použitelnost. Nejčastěji používaným univerzálním přípravkem je strojní svěrák, viz. obrázek 1 [2].
- Skupinové přípravky – celý přípravek, nebo jeho část je společná pro celou skupinu obrobků. Skládají se ze stálých a vyměnitelných, nebo seřiditelných součástí [2].
- Stavebnicové přípravky – sestavují se z typizovaných dílů v určitý přípravek [2].
- Speciální přípravek – používají se k upínání jednoho obrobku podle určité operace. Je to jednoúčelové upínací zařízení, v němž lze obrobek upnout lépe, a mnohem výhodněji než v univerzálním přípravku [2].



Obr. 1 - Strojní svěrák, mechanický s klikou [3]

Nebo podle operačního určení na:

- Obráběcí přípravky – slouží k upnutí obrobku v určité poloze vzhledem k nástroji při obrábění. Je-li nutné zároveň vést nástroje, bývá jejich vedení vytvořeno jako součást přípravku [2].
- Montážní přípravky – jsou určeny k přidržení součástí při jejich vzájemném rozebíratelném nebo nerozebíratelném spojování [2].

- Kontrolní přípravky – jsou využívány k překontrolování správnosti rozměrů, popřípadě geometrických tvarů [2].
- Rýsovací přípravky – slouží k rýsování rozměrů na součásti před obráběním [2].

2.2 Hlavní části přípravku

Těleso přípravku

Tělesa můžeme podle tvaru rozdělit na desky, rotační tělesa a skříně. Desky jsou nejčastěji používanými základními tělesy přípravku, ke kterým se upíná obrobek. Rotační tělesa jsou využívána nejčastěji u soustružnických přípravků ve tvaru upínacích trnů nebo kotoučů. Skříně se nejčastěji využívají při konstrukci vrtacích přípravků, pro vrtání otvorů z několika stran, či vrtání do obrobků složitých tvarů. Tělesa se mohou vyrábět jako litá, svařovaná, nebo sešroubovaná [4].

Opěrné a ustavovací prvky

Jsou určeny k jednoznačnému ustavení obrobku v přípravku a k dosažení požadované polohy vzhledem k nástroji. Očekává se od nich opakovatelná přesnost polohy, odolnost proti opotřebení a snadné čištění od třísek. Pro zajištění dostatečné stability obrobku musí být vzdálenost opěrných prvků co největší. Jejich rozmístění by mělo být takové, aby výsledné řezné síly procházely plochou ohraničenou opěrnými prvky [2].

Upínací součásti

Zajišťují polohu obrobku a jeho stálý styk s podpěrami působením upínací síly. Musí na obrobek působit takovou silou, která zabráni nežádoucímu pohybu obrobku. Při volbě upínacího prvku je potřeba brát v úvahu, že řezné síly v průběhu obrábění mění svoji velikost, působiště a směr. Podle způsobu vyvinutí upínací síly rozlišujeme upínací prvky na mechanické, pneumatické, hydraulické a elektromagnetické [1].

Vodící součásti

Vrtací a vyvrtávací přípravky mimo ustavení a upnutí obrobku současně vedou i nástroj, a tím zabezpečí požadovanou přesnost jednotlivých otvorů i jejich vzájemnou polohu a rozteč. Pro přímé vedení vrtacích nástrojů se používá vrtacích pouzder, které jsou buď pevně uloženy ve vodících deskách, nebo tělese přípravku, případně jsou uloženy v pevných vodících pouzdrech [4].

Pomocné součásti přípravků

Do této skupiny patří všechny ostatní součásti přípravků, které napomáhají plnit jejich funkci, usnadňují jejich obsluhu a zvyšují bezpečnost práce. Řadíme sem opěrné prvky těles přípravků, ustavující prvky přípravků, rukojeti, závěsná oka, plochou západku a vyhazovače obrobků [4].

2.3 Konstrukční zásady při navrhování přípravku

Tvar, složitost a provedení přípravku jsou závislé na velikosti série výrobku pro který je přípravek určen. Pro malý počet vyráběných součástí jsou přípravky jednodušší a levnější, pro velké počty obrobků mohou být přípravky dokonalejší [1]. Aby přípravek splnil svou funkci, musí být nejen přesný, ale i hospodárný, což znamená, že úspory dosažené přípravkem musí být větší než jeho pořizovací cena. Počet vyráběných kusů je v kusové a malosériové výrobě celkem malý, proto se pro ně musí konstruovat jednoduché a levné přípravky [2]. Při návrhu přípravku by se měl konstruktér řídit těmito doporučeními:

- obráběná plocha musí být, pokud možno, co nejbližší k upínací ploše stolu [1]
- přípravek musí být dokonale tuhý, aby se působením upínacích a řezných sil nedeformoval [1]
- ovládací prvky musí být dobře přístupné a obsluha jednoduchá a pohodlná [1]
- musí být zajištěno jednoznačné ustavení obrobku [1]
- musí být zajištěn odvod řezné kapaliny i třísek a snadné čištění přípravku [1]
- plochy podléhající opotřebení a velkým tlakům se navrhuje jako vyměnitelné [1]
- je-li nutné přípravek při práci ze stroje snímat, je jeho hmotnost omezena normou na 15 kg a přípravek musí být opatřen vhodnými rukojeťmi [1]
- ustavování, upínání, uvolňování a vyjímání obrobku z přípravku musí být proveditelné v co nejkratším čase [1]
- pro menší série je vhodné uspořádat operace tak, aby se dal použít jeden upínací přípravek pro několik operací [2]
- poloha předmětu v přípravku má být zajištěna pevnými dorazy [2]
- při konstrukci je vhodné použít co nejvíce normalizovaných součástí [2]

2.3.1 Vliv třísek na výrobu a její přesnost

Třísky mohou způsobit různé nedostatky (např. změna polohy přípravku, poškození upínacích součástí) a zavinit tak nepřesnost výroby. Ostré hrany třísek mohou snadno zranit dělníka. Při řešení přípravku je nutno odstranit vliv třísek jejich důsledným odstraňováním

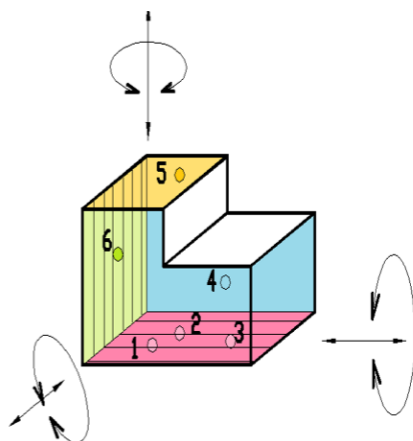
a zabránit jejich hromadění v přípravku. Třísky se odstraňují odplavováním kapalinou, ponořením přípravku do nádoby s kapalinou, odsáváním nebo odfukováním stlačeným vzduchem, ručním čištěním štětcem nebo háčkem atd. [2].

Odstranění třísek lze zajistit:

- uspořádáním přípravku tak, aby z něho třísky padaly, pokud možno vlastní hmotností, nebo vyletovaly odstředivou silou [2]
- dírami ve stěnách přípravku, je-li to výhodné pro odchod třísek [2]
- odstraněním obtížně přístupných vnitřních hran, koutů nebo výdutí [2]
- vyvýšením ustavovacích ploch (opěrných) nad okolní plochy, na nichž menší množství třísek nemá vliv na dobré a přesné upnutí obrobku [2]

2.4 Ustavení polohy součásti

Předmět má v prostoru šest stupňů volnosti, což znamená, že se může posouvat ve směrech os x , y , z , a současně se může kolem těchto os i otáčet. K ustavení takového obrobku a vymezení polohy v prostoru je třeba celkem šest bodů, což znamená, že každý z těchto bodů vymezuje jeden stupeň volnosti [1], jak je znázorněno na obrázku 2. Podpěrné body jsou prakticky nahrazeny speciálními opěrnými prvky. Umístění opěrných prvků musí být takové, aby při reprodukci ustavení obrobku nedocházelo k žádným odchýlkám, a byl tak dán základní předpoklad pro kvalitní výrobu v přípravku [2]. Je však nutné uvažovat, že v důsledku nepřesnosti ustavující základny obrobku, nepřesnosti a opotřebení opěrných ploch obrobku a přípravku, nestabilnosti upínací síly obrobku atd., se poloha obrobku v přípravku mění [4].



Obr. 2 – Schéma stupňů volnosti a opěrných bodů [5]

Při výrobách malé hmotnosti se ručně dotlačí obrobek na opěry, čímž dojde k ustavení, a teprve potom se vyvodí upínací síly, které by měly směřovat proti opěrným prvkům. U výroby součástí velké hmotnosti je dotlačení do opěr vyvozeno ustavujícími silami, které jsou pouze tak velké, aby bylo dosaženo dosednutí součásti na opěry, a poté jsou vyvinuty síly upínací, které budou vždy větší než síly sloužící k ustavení součásti [2].

2.4.1 Volba ustavovacích ploch obrobku

Poloha obrobku v přípravku se ustavuje pomocí ustavovacích ploch. Tyto plochy musí být dostatečně rozměrné a dovolit, aby opěrné body ustavovacích prvků přípravku, o které se obrobek opírá, byly od sebe co nejvíce vzdáleny a zajistily tak jeho dostatečnou stabilitu [1]. U některých součástí je nutno vytvořit pomocné ustavovací plochy, které nemají pro funkci hotové součásti žádný význam [2].

V jednotlivých operacích se ustavovací plochy nemusí vždy shodovat, dokonce i jednotlivé operace mohou být provedeny na dvě i více ustavení. Ustavovacích ploch by mělo být co nejméně, pokud možno pro více operací jedna společná, protože ustavení obrobku je přímo podmíněno vzájemnou vazbou dovolených úchylek jednotlivých rozměrů a jeho celkové přesnosti. Ustavovací plochy mohou být buď hrubé, neobrobené plochy, což je zpravidla v první operaci, nebo čisté, obrobené plochy [1].

2.5 Opěrné a ustavovací prvky

Jsou určeny k jednoznačnému ustavení obrobku v přípravku a k dosažení požadované polohy vzhledem k nástroji. Očekává se od nich opakovaná přesnost polohy a odolnost proti opotřebení. Pro zajištění dostatečné stability obrobku musí být vzájemná vzdálenost opěrných prvků, s ohledem na tuhost obrobku, co největší. Ke spolehlivému dosednutí obrobku musí být dosedací plochy opěrných prvků co nejmenší, což má za následek jejich velké namáhání, proto jsou tyto plochy tepelně zušlechtěny nebo cementovány a kaleny [1].

2.5.1 Prvky pro ustavení za rovinné plochy

Opěrky s válcovou a šestihrannou hlavou

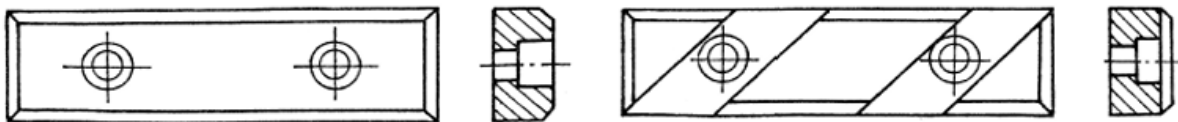
Nejčastěji se dodávají ve dvou provedeních. Opěrky se zaoblenou hlavou se využívají pro ustavení obrobků s neobrobenou základnou a opěrky s rovnou hlavou používané pro součásti s obrobenou základnou [1]. U některých prodejců bývají označovány jako ustavovací nožky. Mohou být realizovány buď jako opěrky disponující závitovým koncem, nebo jako opěrné čepy s válcovou stopkou znázorněné na obrázku 3.



Obr. 3 – Opěrný čep s válcovou hlavou (vlevo) [6] a s šestihřannou hlavou (vpravo) [7]

Opěrné lišty

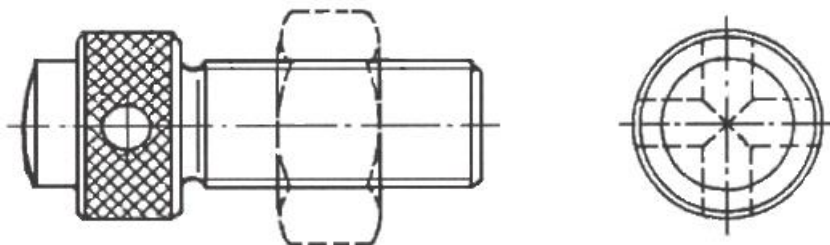
Používají se k opření těžkých a rozměrných obrobků. Ustavovací plocha obrobku musí být čistě obrobena. Opěrné lišty jsou k tělesu přípravku připevněny pomocí dvou i více zapuštěných šroubů nebo jsou přivařeny. Dosedací plocha je opatřena drážkami pro snadné odstranění drobných nečistot při ustavování obrobku a pro odvod třísek [1].



Obr. 4 – Opěrná lišta [1]

Stavitelné opěrky

Používají se u přípravků určených k ustavení více tvarově shodných obrobků s různými rozměry. Jejich využití je vhodné zejména v malosériové výrobě [1].



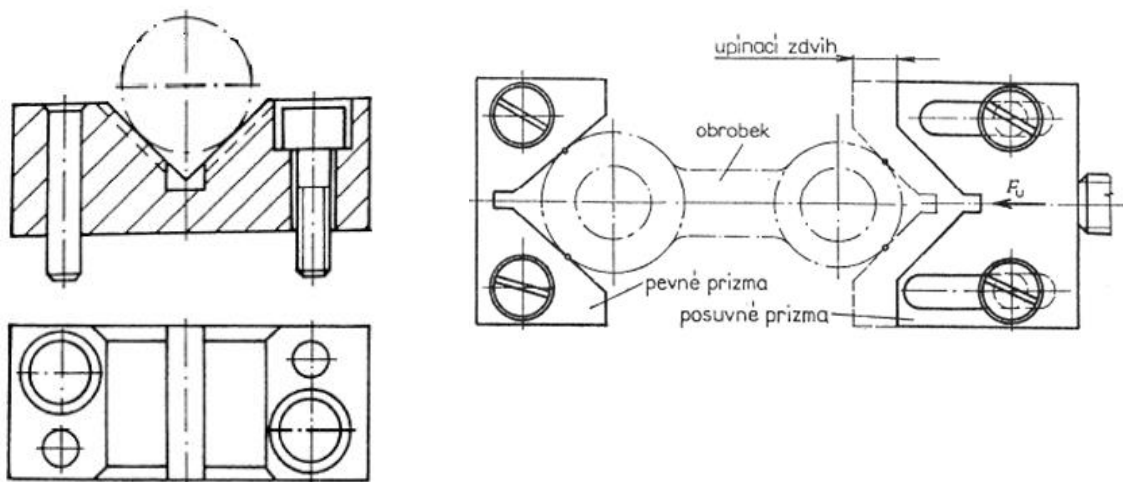
– Obr. 5 – Stavitelná opěrka ([1], upraveno)

2.5.2 Prvky pro ustavení za vnější válcové plochy

Prizmatické opěrky

Prizmatické opěrky jsou svým tvarem určeny k ustavení obrobků s válcovou plochou. Úhel rozevření opěrných ploch může být v rozsahu 60° až 120° , nejčastěji se používá úhel 90° . Prizma určuje polohu obrobku výškově a stranově a vymezuje čtyři stupně volnosti. Prizmatická opěrka se proto v tělese přípravku jistí dvěma kolíky a zpravidla připevňuje dvěma šrouby. Prizma pro ustavení obrobků za neobrobenou válcovou plochu (odliteků a

výkovků) se upraví zkosením dosedacích ploch pod úhlem větším, než jsou úkoso odlitků nebo výkovků. Obrábí-li se horní plocha obrobku, použije se prizma nižší, než je výška obrobku. V případech, kdy se obrobek s většími tolerancemi ustavuje do dvou protilehlých prizmat, je výhodné jedno prizma konstruovat jako stavitelné [1].



Obr. 6 – Schéma prizmatu (vlevo) ([8], upraveno) a schéma upnutí pomocí dvou prizmat (vpravo) [8]

2.5.3 Válcové opěry

Jsou určeny k ustavení obrobků za jednu nebo dvě vnitřní válcové plochy. Mohou to být rotační i nerotační obrobky, ve tvaru desek nebo skříní [1].

Čepy

Jsou určeny k ustavení za jednu nebo dvě přesné díry. Do tělesa přípravku jsou buď zalisovány mírným tlakem, nebo zasunuty a pojištěny maticí v případech, kde se předpokládá častější výměna čepu kvůli zvýšenému opotřebení. Pro snadnější nasouvání obrobku se u krátkých čepů srážejí hrany pod úhlem 30° [1].



Obr. 7 – Středící čep válcový (vlevo) [9] a středící čep zploštělý (vpravo) [10]

2.6 Upínací prvky

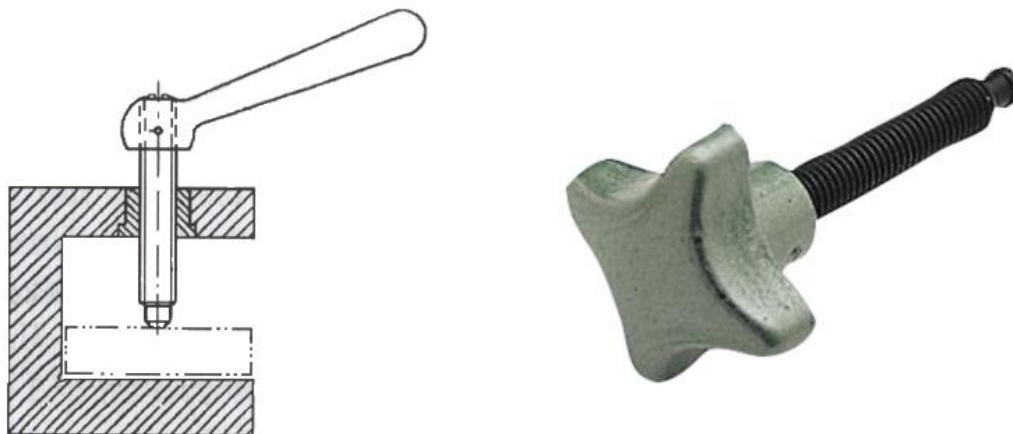
Po vhodném ustavení obrobku je nutné jeho polohu a stálý styk s podpěrami zajistit vhodným upínacím zařízením. Upínací prvek musí působit na obrobek takovými silami, tj. velikostí a směrem, které zabrání nežádoucímu pohybu obrobku. Při volbě upínacího prvku je nutné brát v úvahu, že řezné síly v průběhu obrábění mění svoji velikost, působiště a často i směr [1].

Vzhledem k různorodosti tvarů, rozměrů a tuhostí obrobků, ale i počtu vyráběných kusů, se k upínání obrobků v přípravcích používá celá řada upínacích prvků. Liší se navzájem konstrukcí, velikostí upínacích sil, užitečným zdvihem a způsobem ovládání. Podle způsobu vyvození upínací síly rozlišujeme upínací prvky na mechanické, pneumatické, hydraulické, pneumaticko-hydraulické a elektromagnetické [1].

2.6.1 Mechanické upínání

Šroub a matice

Šroub je velmi často používaným upínacím prvkem. Upínací silou na obrobek působí buď přímo, nebo prostřednictvím dalších částí. Výhodou je jednoduchost a možnost vyvinout značné upínací síly při nízké pořizovací ceně. Nevýhodou jsou poměrně dlouhé upínací časy, které však lze zkrátit použitím rychloupínacích šroubů a matic [1].



Obr. 8 – Šroubový upínač (vlevo) ([1], upraveno) a upínací šroub s tvarovou maticí (vpravo) [11]

Výstředníky a vačky

Výstředník ředíme mezi rychloupínací prvky. Jeho upínací plocha je kruhového tvaru, s výstředně uloženým bodem, kolem něhož se upínací plocha otáčí. Výstředník musí být samosvorný v upnuté poloze. Nevýhodou je poměrně malý pracovní zdvih. Výhodou je snadná a levná výroba [1].

Vačka patří rovněž mezi rychloupínací prvky. Vačky mohou být radiální, velmi podobné výstředníku, nebo axiální, ve tvaru šroubové plochy. Mají větší zdvih než výstředníky, ale jsou výrobně dražší. Samosvorné jsou po celém rozsahu stoupání [1]. Upínáče využívající tyto principy se na trhu označují jako excentrické upínáče. Upínací síla může být vyvinuta buď působením přímo na obrobek, nebo se na obrobek přenáší přes další člen.



Obr. 9 – Excentrický upínač (vlevo) [12] a excentrický upínač s koncovým upínáním (vpravo) [13]

Pákové rychloupínáče

Rychloupínáče na principu kolenových pák mají tu přednost, že umožní široké a rychlé otevření upínáče a volné vkládání i vyjímání obrobků. Vysoký převodový upínací poměr vytváří velkou upínací sílu při malé vynaložené síle obsluhy. Samosvornost upnuté polohy zabraňuje otevření upínáče působením obráběcích sil. Dodává se ve třech provedeních. Upínač horizontální, vertikální a upínač s posuvnou tyčí [14].



Obr. 10 – Pákový upínač vodorovný (vlevo) [15] a ojniový upínač (vpravo) [16]

Upínací prvek ACTIMA

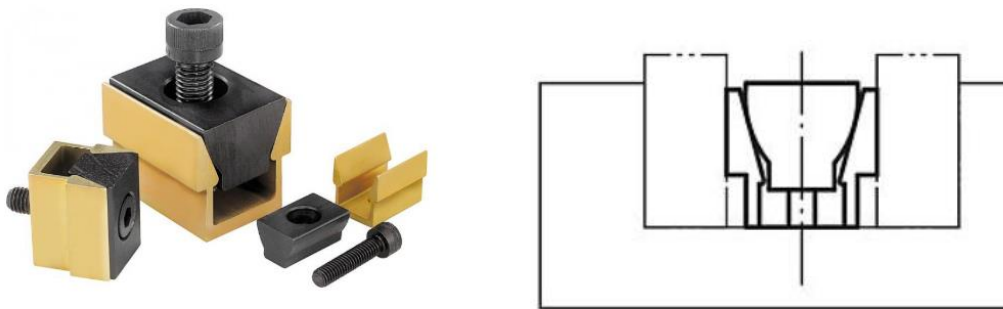
Základem konstrukce je křivkový mechanismus přeměňující rotační pohyb páky na přímočarý pohyb upínacího členu. Pohyb upínáče je rozdělen na přestavovací zdvih (10 mm) a upínací zdvih (2 mm). V rámci úseku upínání je prvek v každé poloze samosvorný. Upínací prvek ACTIMA je možné použít pro každou horizontální i vertikální polohu. Upínací silou může působit na obrobek přímo, nebo pomocí pákového mechanismu. Všechny silně namáhané díly křivkového systému jsou dodatečně kalené [17].



Obr. 11 – Upínač ACTIMA (vlevo) a schéma jeho použití (vpravo) [17].

Klínové upínače

Vzhledem k jednoduchému tvaru se klíny snadno vyrábí a mají malé rozměry [1]. Pomocí klínového upínače je možné upnout dva obrobky současně, podobně jako na obrázku 12. Dvojitý klínový upínač se nejlépe hodí k upínání oblých nebo pravouhlných dílů. Díky malým konstrukčním rozměrům je možné provádět s úsporou místa vícenásobné upnutí [18]. Vyrábí se také v provedení s přídatkem na opracování, po jehož obrobení je možné upnout i tvarově složitější obrobky.



Obr. 12 – Klínový upínač (vlevo) a schéma jeho použití (vpravo) ([18], upraveno)

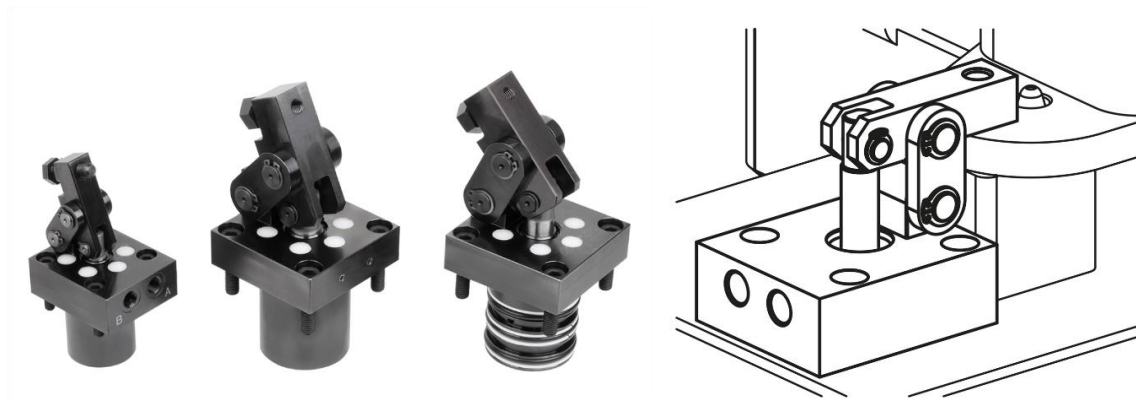
2.6.2 Hydraulické upínání

Hydraulické upínání nabízí oproti ručnímu upínání větší rychlost upínání, čímž zkracuje vedlejší časy na pouhou pětinu až desetinu. Dále poskytuje snadnější upínání obrobku ve více bodech a umožňuje automatizaci upínání, či uvolnění obrobku a regulaci upínacích sil. Poskytuje značné síly při malých rozměrech, a v případě otlacení obrobku se upínací prvky dotahují. Vyžaduje zdroj tlaku, který je u hydraulických zařízení buď součástí pracovního stroje nebo jako samostatný zdroj [1].

Ve srovnání s pneumatickými mají hydraulické upínací prvky menší rozměry, dosahují větší upínací síly a upnutí je tužší a spolehlivější. Zároveň mají však složitější konstrukci, vyšší cenu a náročnost na těsnost [1].

Pákový hydraulický upínač

Pomocí pístu se síla přenáší na upínací páku pákového upínače. Díky dvojčinnému způsobu funkce pákových upínačů je doba otevření a zavření jasně definována. Pákové upínače lze optimálně použít tehdy, když je vzhledem k upínací situaci nutné neupnutý obrobek volně vyjmout směrem nahoru. Díky lineárnímu pohybu upínací páky při otevírání nebo zavírání pákového upínače je vhodný zejména pro upínání v situacích, kdy není možný boční pohyb upínacího prvku [19].



Obr. 13– Hydraulický pákový upínač (vlevo) a schéma jeho využití (vpravo) [19]

Šroubovací hydraulické jednočinné válce

Vyznačují se kompaktní konstrukcí a mohou být umístěny ve velmi malých vzdálenostech od sebe. Šroubovací válce lze díky omezení vnitřního zdvihu provozovat bez protisměrné upínací plochy. Píst se vrací do výchozí polohy pomocí integrované pružiny. Lze je zatížit v napnutém i nenapnutém stavu [20].



Obr. 14 – Šroubovací hydraulické jednočinné válce [20]

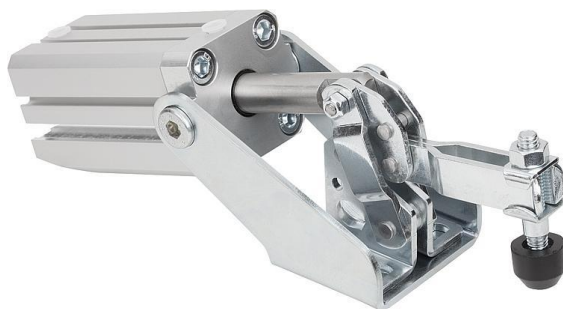
2.6.3 Pneumatické upínání

Pneumatické upínání je velmi rozšířené ve středních a velkých provozech, kde se vyplácí provozovat kompresorovou stanicí. Stlačený vzduch se rozvádí na jednotlivá

pracoviště potrubím. Upínače jsou opatřeny zpětným ventilem, který má zabránit uvolnění obrobku při náhlém poklesu tlaku v potrubí [1]. Díky strojnímu nebo ručnímu řízení lze z různých míst ovládat upínače buď jednotlivě, nebo skupinově [21].

Pákový pneumatický upínač

Díky využití systému s lomenou pákou tvoří upínač ideální silové a pohybové podmínky, a zůstává uzavřený i při výpadku vzduchu. Má malou spotřebu vzduchu díky velkému koncovému převodu. Odklápěním upínacího ramene se docílí velké upínací dráhy [21].



Obr. 15 – Pákový pneumatický upínač [21]

Otočný pneumatický upínač s blokovým tělesem

Pneumatické otočné upínače nachází své využití v případech, ve kterých stačí nízké upínací síly, nebo když musí být upínací bod volný pro vložení a vyjmutí obrobku. Celkový zdvih otočného upínače se skládá z otočného zdvihu a upínacího zdvihu. Na začátku upínání provede upínací rameno otočný zdvih, a až po tomto pohybu následuje lineární zdvih upínací [22].



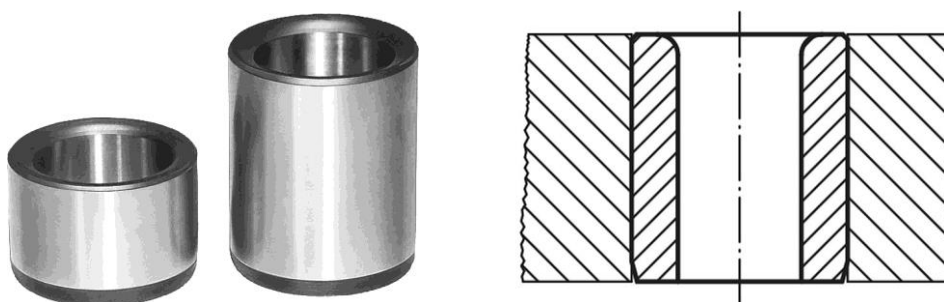
Obr. 16 – Otočný pneumatický upínač [22]

2.7 Vrtací pouzdra

Nejpoužívanějším prostředkem k vedení nástroje a charakteristickou součástí vrtacích přípravků jsou vrtací pouzdra. Jedná se o normalizované součásti. Jejich povrch musí být tvrdý, protože jsou vystavena značnému opotřebení ze strany břitů nástroje a odcházejících třísek. Pouzdra do vnějšího průměru 20 mm (rozměr bez nákrůžku) se vyrábějí z nelegované nástrojové oceli a kalí. Větší pouzdra se vyrábějí z cementační oceli, nauhličují se a až poté se kalí. Vrtací pouzdra se podle ČSN dělí na hladká pevná vrtací pouzdra, hladká pevná vodící pouzdra (hladká nebo s nákrůžkem) a nástrčná vrtací pouzdra [1]. Někdy je třeba použít pouzdra speciální konstrukce, která umožní provést složitější vrtací operace. Použití těchto pouzder umožní např. vrtání otvoru, který je na dně zhloubení, vrtání otvoru na oblé stěně nebo vrtání otvorů malých roztečí [2].

Pevná vrtací pouzdra (hladká nebo s nákrůžkem)

Používají se převážně k vedení vrtáků a vyvrtávacích tyčí. Jsou zalisovaná do vrtací šablony, nebo do tělesa přípravku. Do vnějšího průměru 14 mm se používají i jako vodící pouzdra [1].



Obr. 17 – Pevná vrtací pouzdra hladká (vlevo) a schéma jejich uložení (vpravo) [23]

Pevná vodící pouzdra (hladká nebo s nákrůžkem)

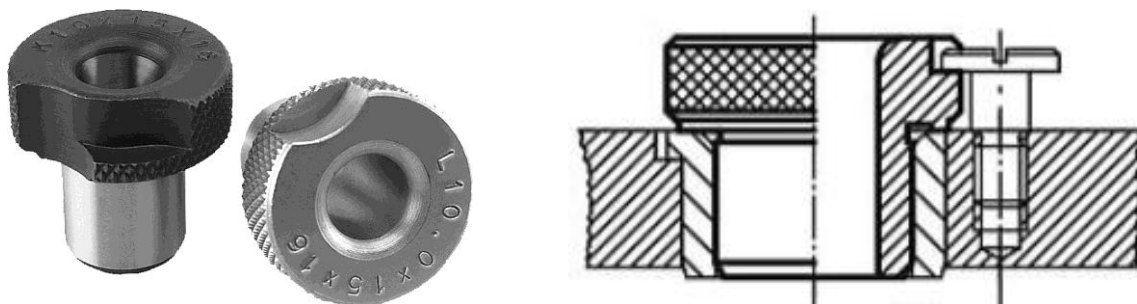
Jsou zalisovaná do tělesa přípravku. Slouží k uložení nástrčných vrtacích pouzder, a umožňují jejich snadnou a rychlou výměnu. Některé mohou obsahovat pojišťovací výstupek se sklonem 10°, sloužící k zabezpečení polohy nástrčný pouzder [1].



Obr. 18 – Pevné vodící pouzdro [24]

Nástrčná vrtací pouzdra

Jsou uložena ve vodících pouzdrech. Do průměru 6 mm obráběné díry jsou nástrčná vrtací pouzdra bez pojištění. Pro průměr nad 6 mm jsou pouzdra opatřena pojistným výstředníkovým nákrůžkem, nebo otvorem pro zajištění pomocí kolíku. Jsou určena k vedení vrtáku, výhrubníku a výstružníku při obrábění děr s tolerancí ve stupni přesnosti IT6, 7 a 8. Nástrčná pouzdra se často zajišťují šroubem s válcovou hlavou [1].



Obr. 19 – Nástrčná vrtací pouzdra (vlevo) a schéma jejich uložení (vpravo) ([25], upraveno)

Deska a vrtací šablony

Desky, ve kterých jsou zasazena pouzdra mohou být buď pevné, které tvoří jednu ze stran vrtacího přípravku, nebo mohou být spojené s tělesem přípravku pomocí šroubů a kolíků, či mohou být řešeny jako víko, umožňující vkládání obrobku. Nejpřesnější je přípravek s pevnou deskou, nebo deskou pevně spojenou pomocí šroubů a kolíků [1]. Při použití více vřetenových hlav, kdy se vrtají všechny díry, a kdy se nepřemísťuje vrták z otvoru do otvoru, bývá vrtací deska spojena s vrtací hlavou, nebo hlavou vrtačky. Když se hlava přiblíží k obrobku, přitlačí se deska na jeho povrch, čímž současně může i obrobek upnout [2].

Vodící šablony jsou desky se vsazenými vrtacími pouzdry, které se upevňují přímo na obrobek [1]. Použití vrtacích šablon předpokládá dostatečně těžký obrobek, uložený na stole vrtačky nebo na upínací desce otočné vrtačky. Používají se k vrtání děr do rozměrných částí. Šablona je na obrobku ustavena dorazy nebo dvěma středícími čepy [2].

2.7.1 Tolerance roztečí vrtacích pouzder

Aby bylo možné ve vrtacím přípravku obrobek s předepsanou tolerancí roztečí děr musí být tolerance roztečí vrtacích pouzder na přípravku, s ohledem na všechny vůle (mezi nástrojem a vrtacím pouzdrem, vrtacím a vodícím pouzdrem, případně vůle v ustavení obrobku) a nepřesnosti, nutně menší než na obrobku. Toleranci roztečí vrtacích pouzder v přípravku lze stanovit výpočtem z maximálně možných úchylek, výpočtem ze středních úchylek, popřípadě odhadem z praktických zkušeností. Kromě vůlí ovlivňuje nepřesnost ještě výstřednost pouzder [2].

2.8 Univerzální upínací přípravky

Univerzální upínací zařízení jsou určena k upínání široké škály tvarově a technologicky podobných součástí různých velikostí. Nejrozšířenějším univerzálním upínacím zařízením jsou strojní svěráky [2].

2.8.1 Strojní svěráky

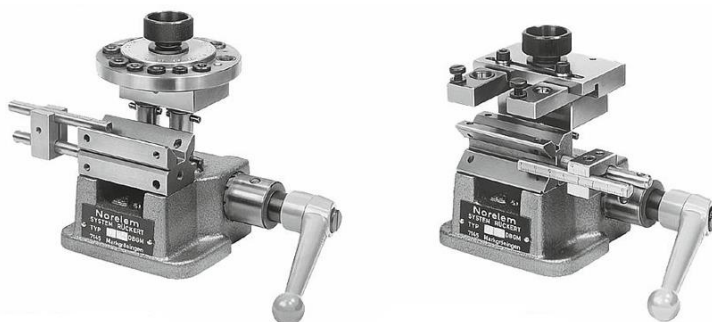
Slouží k upínání obrobků menších rozměrů na frézkách, vrtačkách a na jiných strojích. Obrobek se upíná sevřením čelistí svěráku, ke kterému dochází působením šroubu s ruční klikou, výstředníku s pákou, tlakového vzduchu nebo hydrauliky. S ohledem na rozsah použitelnosti se vyrábějí také svěráky otočné a sklopné, které umožní ustavení obrobků pod určitým úhlem vzhledem k nástroji [1].



Obr. 20 – Sklopný dvouosý svěrák [26]

2.8.2 Vrtací upínače pro rotační součásti

Slouží k vrtání příčných otvorů do válcových částí obrobků. Místo běžné upínací desky se používá prizmatický kozlík s posuvným dorazem a milimetrovou stupnicí s noniem. Skládá se ze třech normalizovaných částí, takže lze všechny díly dodatečně dodat i jednotlivě. Je tak možná zaměnitelnost mezi provedeními A a B. Jako základní prvek se používá vrtací upínač DIN 6348. Při použití nástrčných vrtacích pouzder je možné vrtat, zahlubovat, vystružovat a řezat závity při jednom upnutí. Provedení A využívá indexový vrtací kotouč, zatím co provedení B držáky vrtacích pouzder [27].



Obr. 21 – Vrtací upínač pro rotační součásti provedení A (vlevo) a B (vpravo) ([27], upraveno)

2.9 Existující konstrukce speciálních vrtacích přípravků

K obrobení tvarově složitých součástí většinou nelze použít universální upínací přípravky a je nutno navrhnout přípravek speciální. Pomocí speciálního přípravku je posléze ve většině případů možné obrábět pouze jeden konkrétní polotovár, popřípadě polotovár podobného tvaru a rozměrů. Proto existuje bezpočet různých konstrukcí přípravků.

Přípravek pro vrtání do rovinné plochy vidlice

Přípravek zobrazený na obrázku 22 slouží pro zhotovení 4 otvorů do rovinné plochy tvarového obrobku. Obrobek je v přípravku uložen pomocí výškově stavitelného prizmatu připojeného k základně. Pro vedení nástroje je přípravek vybaven čtyřmi nástrčnými vrtacími pouzdry, která jsou proti pohybu zajištěna šrouby. Deska nesoucí pouzdra je otočná kolem čepu, a její odklopení umožní manipulaci s obrobkem. Poloha desky v uzavřeném stavu se zajistí utažením matice na šroubu rotujícím kolem čepu. Utažení matice taktéž vyvine sílu pro upnutí součásti. Pomocí tohoto přípravku je možné upnout pouze jeden typ polotovarů, které se mohou lišit nanejvýš výškou. Jelikož je možné do přípravku upnout pouze jednu součást a zároveň je pro upnutí nutné manuálně utáhnout matici, což je časově náročnější, tak je použitelný pouze v malosériové výrobě.

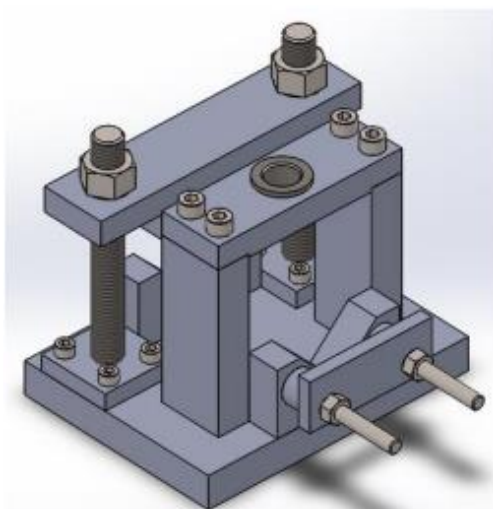


Obr. 22 – Přípravek pro vrtání do rovinné plochy [28]

Přípravek pro vrtání do válcové plochy

Model přípravku znázorněný na obrázku 23 slouží pro zhotovení jednoho příčného otvoru do válcové části obrobku, přičemž poloha otvoru je vztažena k čelní ploše součásti. Poloha obrobku je v přípravku ustavena pomocí třech prizmatických opěrek a nastavitelného dorazu. Síla pro upnutí obrobku je vyvozena utažením matic, které přitlačí stavitelné prizma k obrobku. Stavitelné prizma je připojeno k desce, která se vertikálně pohybuje po závitových tyčích připevněných k základní desce. Vrtací pouzdro je v tomto případě uloženo do nepohyblivé desky. Výhodou tohoto řešení spočívá v možnosti nastavit vzdálenost vrtaného otvoru od čela součásti pomocí pohyblivého dorazu a zároveň umožní upnutí

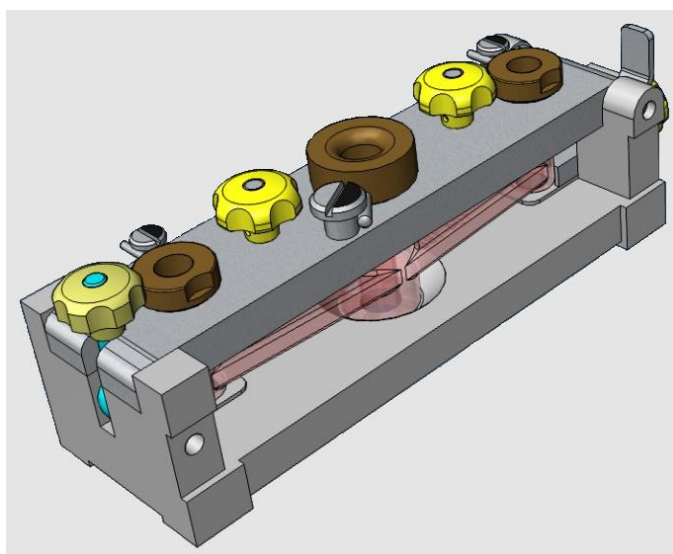
součástí rozdílných průměrů. Nevýhodou tohoto řešení pak může představovat delší upínací čas a možnost vzniku nedokonalého upnutí při nestejném utažení šroubů.



Obr. 23 – Přípravek pro vrtání do válcové plochy [29]

Přípravek pro vrtání otvorů do páky

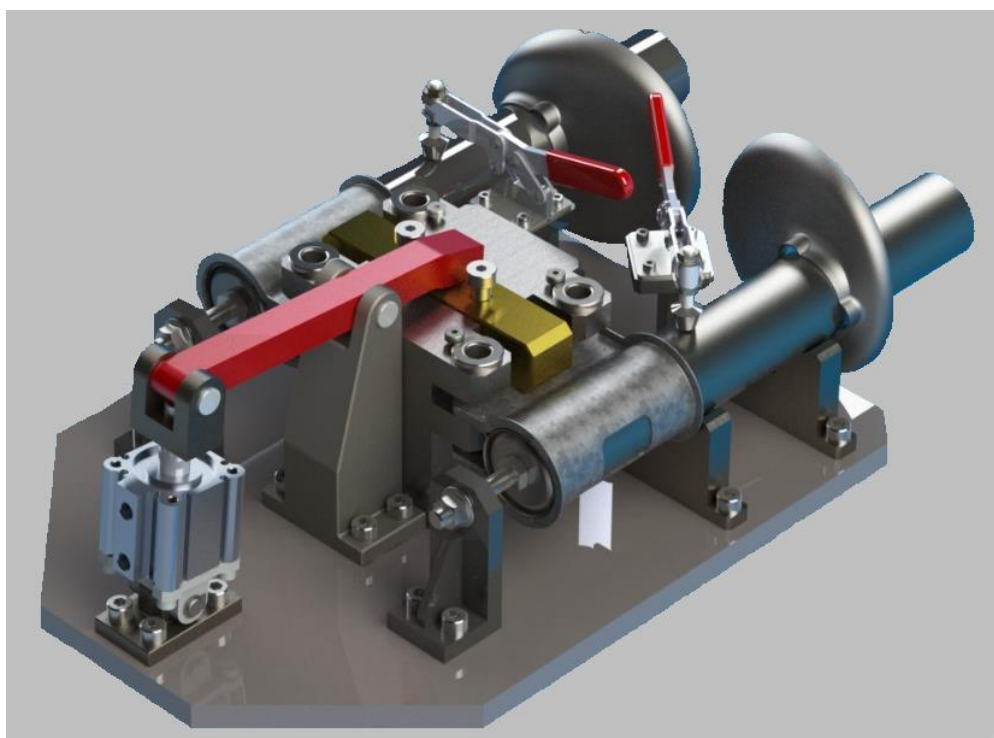
Tento konkrétní přípravek slouží pro obrábění otvorů do rovinné plochy páky. Páka je v přípravku ustavena pomocí dvou prizmatických opěrek a dosedacích ploch v oblasti otvorů. Upnutí je realizováno pomocí třech šroubových upínek, z nichž jsou dvě součástí odklápěcího víka a jedna je připojena ke stavitelnému prizmatu, což bohužel není z obrázku 24 zcela patrné. Na víku se dále nachází tři nástrčná vrtací pouzdra, která jsou uložena do pouzder vodících, a proti nežádoucímu pohybu jsou zajištěna pomocí čepů a šroubů. Víko je v uzavřené poloze zajištěno tvarovou maticí na otočném šroubu. Ze všech uvedených řešení je tato konstrukce nejvhodnější předloha pro navrhovaný přípravek. Nevýhodou může být delší upínací čas, jelikož je nutné manuálně utáhnout čtyři matice. Zároveň je přípravek vhodný pro obrábění jednoho typu polotovarů, které se mohou jen minimálně rozměrově lišit.



Obr. 24 – Přípravek pro vrtání otvorů do páky ([30], upraveno)

Přípravek pro vrtání montážních otvorů do tlumičů Macpherson

Jedná se o přípravek umožňující vrtání montážních otvorů do rovinné části obrobku. Na rozdíl od předchozích konstrukcí tato umožňuje upnout a obrábět dva polotovary najednou. Každý obrobek je v toto případě ustaven pomocí dvou prizmatických opěrek a stavitelného dorazu. Konstrukce je vybavena celkem třemi upínači. Pneumatický válec přes páku vytváří upínací sílu na plochou část obou obrobku, která je tak přitlačena k dosedací ploše pod vrtacími pouzdry. Pákové upínky zajistí dosednutí obrobků do prizmat. Výhodou tohoto řešení představuje možnost upnout dva polotovary zároveň. Nevýhodou je, že konstrukce vyžaduje externí přívod stačeného vzduchu. Složitost konstrukce a počet dílců se promítne do pořizovací ceny, a vzhledem k faktu, že pro provoz je nutný přívod stačeného vzduchu, tak bude hospodárné použít tento přípravek pro větší výrobní série.



Obr. 25 – Přípravek pro vrtání montážních otvorů do tlumičů Macpherson ([31], upraveno)

2.10 Vrtačky

Převodová sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 CT

Jedná se o převodovou sloupovou vrtačku vybavenou křížovým stolem pro frézování a vrtání. Vrtačka vyniká masivním, litinovým provedením s broušenými převodovými koly běžícími v olejové lázni a velkým křížovým stolem. Vedením stolu je realizováno pomocí klínových lišt. Disponuje výškově přestavitelnou vrtací hlavou, levým i pravým chodem, možností naklopit vrtací hlavou a závitovacím cyklem. Poskytuje velký rozsah otáček od 95

do 3200 ot/min. Výkon motoru dosahuje 1500 W. Maximální průměr vrtáku při vrtání do oceli je 32 mm. Rozměry pracovního stolu jsou 730x210 mm s T-drážkami velikosti 14. Maximální vrtací hloubka dosahuje 160 mm [32].



Obr. 26 – Vrtačka OPTIdrill DH 40 CT [32]

Sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 BV

Jde o sloupovou vrtačku s plynulým nastavením otáček pomocí mechanického variátoru. Je osazená přesně obrobeným pracovním stolem s T-drážkami, který lze otočit o 360° okolo sloupu a následně použít základnu stroje jako pracovní plochu pro upnutí vysokých obrobků. Disponuje redukční převodovkou, která zajišťuje vyšší krouticí moment. Otáčky se dají měnit i za chodu stroje. Motor poskytuje výkon do 2200 W při otáčkách v rozmezí 150 až 2000 ot/min. Maximální průměr vrtáku při vrtání do oceli je 40 mm. Velikost pracovního stolu je 420x400 mm při maximální vrtací hloubce 160 mm [33].



Obr. 27 – Sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 BV [33]

Sloupová vrtačka Bernardo GB 50 SK s křížovým stolem

Moderní sloupová vrtačka s mechanickou převodovkou. Přesně opracovaná základna s T-drážkami umožní upnutí a obrábění vysokých a těžkých obrobků, které nelze upnout na křížový stůl. Je vybavena integrovaným čerpadlem chladicí kapaliny. Umožňuje nastavit

dvanáct rychlostí otáček vřetene. Disponuje strojním posuvem vřetene, závitovacím zařízením a křížovým stolem. Díky křížovému stolu je možné používat tuto vrtačku pro řadu dalších aplikací, jako je třeba frézování drážek nebo tvarové frézování. Automatický vyrážecí nástrojů zajistí snadnou výměnu nástroje. Motoru poskytuje výkon do 2800 W při otáčkách v rozmezí 52 až 2050 ot/min. Maximální průměr vrtáku při vrtání do oceli je 50 mm. Velikost pracovního stolu je 800x280 mm při maximální vrtací hloubce 240 mm [34].



Obr. 28 – Vrtačka Bernardo GB 50 SK s křížovým stolem [34]

Sloupová vrtačka Bernardo GB 40 SN s úhlovým stolem

Díky robustní konstrukci a vysokému výkonu může být tato vrtačka s převodovkou a dvoustupňovým motorem použita pro opravny i průmyslovou výrobu. Standardně dodávaný naklápěcí vrtací stůl nabízí univerzální upínací možnosti, které rozšiřují oblast použití stroje. Stůl je otočný ve vodorovné rovině kolem sloupu s možností náklonu o 45° na obě strany. Nabízí regulaci otáček v osmnácti stupních rozsahu pro optimální výkon. Motor dodává výkon do 2200 W při otáčkách v rozmezí 50 až 1450 ot/min. Maximální průměr vrtáku při vrtání do litiny je 45 mm. Velikost pracovního číni 560x520 mm ve vodorovném směru a 560x250 mm ve svislém směru, při maximální vrtací hloubce 195 mm [35].



Obr. 29 – Sloupová vrtačka Bernardo GB 40 SN s úhlovým stolem [35]

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Na obrobku se mají zhotovit dva přesné, průchozí otvory s rovnoběžnými osami. Oba otvory by tedy mělo být možné zhotovit na jedno upnutí. Ustavování obrobku vůči nástroji bez použití přípravku by však bylo velice komplikované, a hlavně časově náročné, jelikož pro polohu otvorů a jejich vzájemnou vzdálenost je vyžadovaná zvýšená přesnost. Hlavním úkolem tedy bude zajistit systém upínání obrobku ve tvaru páky, který zajistí spolehlivé a přesné upnutí a taktéž vedení nástroje. V průběhu rešerše nebylo nalezeno žádné konstrukční řešení, které by bylo vhodné pro obrobení dané součásti, a to ani kdyby byly upraveny některé jeho části. Proto bude nutné navrhnout řešení vlastní.

Nabízelo by se tedy použití univerzálního upínacího přípravku. Jenže kvůli tvaru obráběné součásti bude nejspíše nutné k jejímu upnutí využít prizmata a zároveň bude nutné, aby byl přípravek vybaven vrtacími pouzdry pro zajištění vedení nástroje. Těmito atributy žádný dostupný univerzální přípravek, bez provedení markantních změn v jeho konstrukci a doplnění o další díly, které by zároveň navýšili jeho cenu, nedisponuje. Nejlepším řešením tedy bude navrhnout konstrukci jednoúčelového přípravku určeného speciálně pro obrobení této součásti.

Úkolem samotného obráběcího procesu bude zhotovit dvě přesné kruhové díry na obráběné součásti. Pro zajištění požadované tvarové a rozměrové přesnosti děr bude nutné otvory vystružit, což musí přípravek taktéž umožnit. Vstupním polotovarem pro tuto operaci bude odlitek páky. Na odlitku budou před vložením do přípravku provedeny všechny potřebné úkony vycházející ze způsobu výroby, tj. odstranění vtokové soustavy atd. Dále budou patřičně obrobena čelní plocha přilehlá oběma otvorům, jelikož bude při obrábění využita pro ustavení polohy součásti. Oba otvory budou na polotovaru předlité.

Kusová sazba výroby činí 5000 kusů za rok, jedná se tedy o menší sérii. Bude tedy přijatelné navrhnout přípravek pro upnutí a obrábění jediného obrobku. Zároveň postačí mechanický upínací prvek. Jelikož je u obráběných otvorů vyžadována zvýšená přesnost, konkrétně tolerance velikosti průměru otvoru H7 s přidanou tolerancí válcovitosti a zvýšená přesnost rozteče děr s tolerancí $\pm 0,1$ mm je nutné, aby přípravek zajistil přesné, tuhé a opakovatelné upnutí součásti, i za cenu mírného navýšení upínacího času. Zároveň se však musí jednat o co nejlevnější konstrukci, jelikož se její pořizovací cena bude muset splatit z menšího počtu součástí. Konstrukce přípravku musí zajistit co nejjednodušší a nejrychlejší vkládání, ustavování, upínání a vyjímání součásti čímž sníží časovou náročnost procesu. Dále musí být zajištěn odvod třísek, aby nedocházelo k jejich hromadění uvnitř přípravku.

3.2 Cíl práce

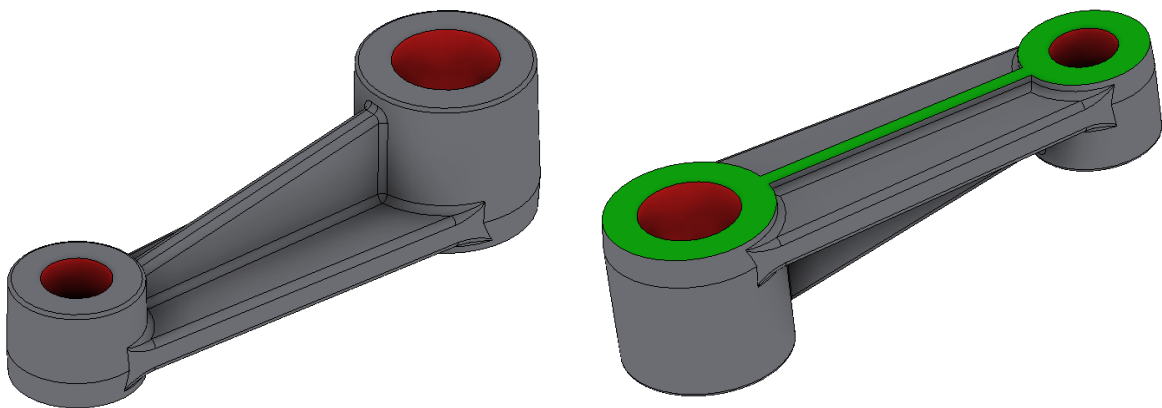
Hlavním cílem práce je návrh systému upínání součásti na obráběcím stroji s ohledem na minimální pořizovací náklady a prostoje stroje při sériové výrobě. Velikost výrobní série čítá 5000 kusů ročně. Přípravek musí umožnit provedení všech potřebných operací pro zhotovení dvou přesných rovnoběžných otvorů z polotovaru, ve kterém jsou tyto otvory předlité. Výrobní výkres součásti je přiložen v příloze 1.

Dílčí cíle práce:

- analyzovat problém a provést bibliografickou rešerši existujících řešení upínání a ustavování pro sériovou výrobu
- vypracovat koncepční návrhy možných řešení
- rozpracovat vybraný návrh do podoby výkresové dokumentace

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkres sestavení.

Obráběná součást



Obr. 30 – Polotovar páky s vyznačenými plochami

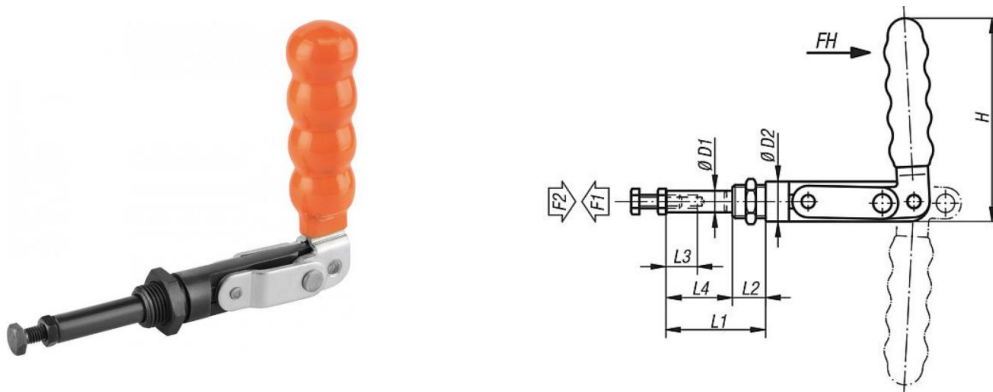
Úkolem je navrhnout upínací přípravek pro obrobení červeně vyznačených děr na jedno upnutí, přičemž zeleně označená plocha je již obrobená, a bude použita jako ustavovací. Dalším úkolem bude zvolit vhodný obráběcí stroj, pomocí pevnostní analýzy určit, zda dojde k deformaci součásti vlivem upínací síly a provést odhad pořizovací ceny.

4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

V této kapitole budou popsány tři koncepty upínacího přípravku, ze kterých bude následně vybrán ten nejvhodnější, který bude detailně popsán v další kapitole. Pro každé řešení se uvažuje zhotovení součásti na jedno upnutí při dodržení shodného postupu výroby skládajícího se z vrtání, vyhrubování a vystružování, v tomto pořadí. Jednotlivá řešení se od sebe budou lišit konstrukcí a volbou komponentu pro vytvoření upínací síly. Všechny budou naopak obsahovat shodná vrtací pouzdra a prizmatické opěrky. Všechna řešení budou využívat stejné ustavovací plochy a bude se obrábět vždy za stejné strany. Přiložené modely slouží pouze pro znázornění funkce, nikoliv jako plnohodnotné modely přípravku a neobsahují spojovací součásti

4.1 Návrh 1

Zdrojem upínací síly je v tomto případě rychloupínač s posuvnou tyčí bez konzoly, konkrétně dohledatelný pod objednávacím kódem K0086.0350 (1), znázorněný na obrázku 31. Upínací síla je vyvozena otočením držadla. Upínač je k přípravku připojen skrze průchozí otvor ve stěně a je pojištěný maticí. Stěna s upínačem je k základní desce připojena čtyřmi šrouby a její poloha je pojištěna dvěma kolíky. Úhel rozevření držadla činí 185° . Maximální zdvih je 25 mm. Maximální vyvozená upínací síla je přibližně 1500 N, při maximální možné přídržné síle 3500 N [36]. Přídržná síla je síla, pomocí které působí uzavřené upínací rameno proti silám vznikajícím při opracování obrobku, které také vydrží, aniž by došlo k deformaci [37].

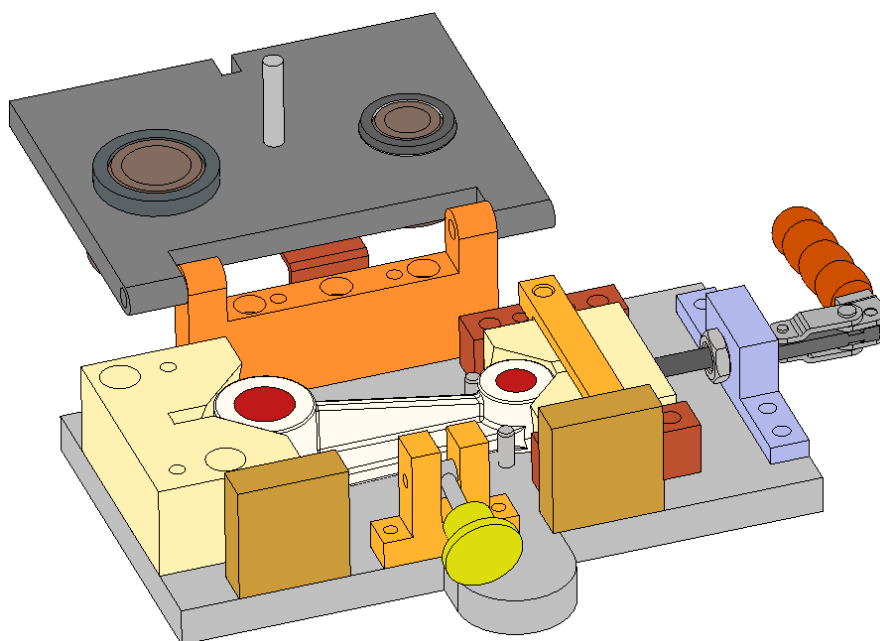


Obr. 31– Rychloupínač s posuvnou tyčí bez konzoly [36]

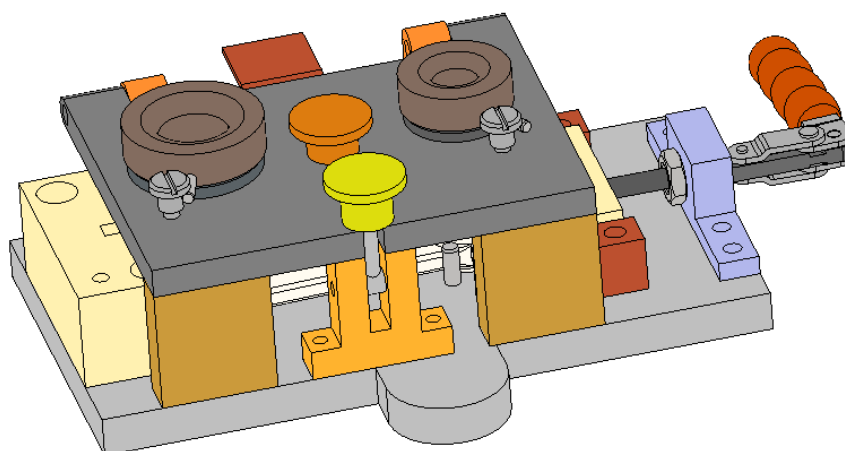
Všechny části přípravku jsou připojeny k základní desce, a to pomocí šroubů s válcovou hlavou a jejich vzájemná poloha je zajištěna kolíky, tak jak je zobrazeno na obrázcích 32 a 33. V základní desce jsou obrobena dva otvory v oblasti pod obráběnými dírami, které slouží pro obvod třísky a umožní realizaci obrábění. Dále deska obsahuje

dosedací plochy pro obrobek. V neposlední řadě deska obsahuje dva kolíky, které zamezí chybnému vložení součásti. Víko je realizováno jako odklápěcí a rotuje kolem dvou čepů uložených ve stěně. K této stěně je dále připojena opěrka sloužící pro zajištění víka v otevřeném stavu. Víko nese dvě vodící pouzdra, ve kterých jsou nasunuta dvě nástrčná pouzdra, která jsou zajištěna šroubem a kolíkem. Ve víku je dále umístěn upínací šroub, který působí proti případnému vertikálnímu pohybu obrobku. V uzavřeném stavu víko dosedá na dvě podpěry a vidlice. Ve vidlice je otočný šroub s tvarovou maticí sloužící k upevnění víka v uzavřené poloze. Vidlice i podpěry jsou k základní desce připojeny šrouby.

Pozice obrobku je v přípravku zajištěna pomocí dvou prizmatických opěrek. Obě prizmata leží na základní desce. Pevná opěrka je k desce připojena dvěma šrouby a její poloha je zajištěna dvěma kolíky. Stavitelná opěrka se pohybuje vlivem mechanického upínače. Její poloha je zajištěna pomocí bočního vedení. Proti vertikálnímu vychýlení je pojištěna dílcem, který je připevněn k horní ploše vedení.



Obr. 32 – Návrh 1 v otevřené poloze



Obr. 33 – Návrh 1 v uzavřené poloze

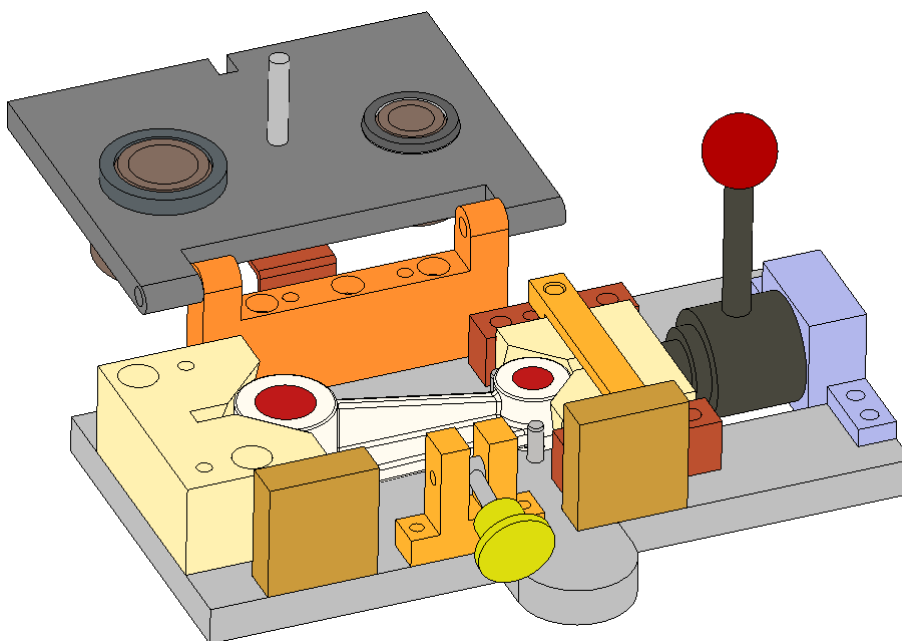
4.2 Návrh 2

Zdrojem upínací síly je v tomto případě mechanický upínací prvek ACTIMA, konkrétně dohledatelný pod objednávacím kódem K0020.30. Upínací síla je vyvozena otočením páky. Rozsah natočení páky mezi krajními polohami je 90° , přičemž v první části pohybu dochází k přestavení a v druhé k samotnému upnutí. Maximální délka přestavení je 10 mm při maximální délce upnutí 2 mm. V celém úseku upínání je prvek samosvorný. Maximální možná upínací síla je přibližně 4,9 kN [17]. Upínač je připevněn ke stěně přípravku pomocí šesti šroubů. Stěna s upínačem zapadá do otvoru v základní desce a je k ní připojena čtyřmi šrouby. Vzájemná poloha stěny a základní desky je zajištěna pomocí dvou kolíků.

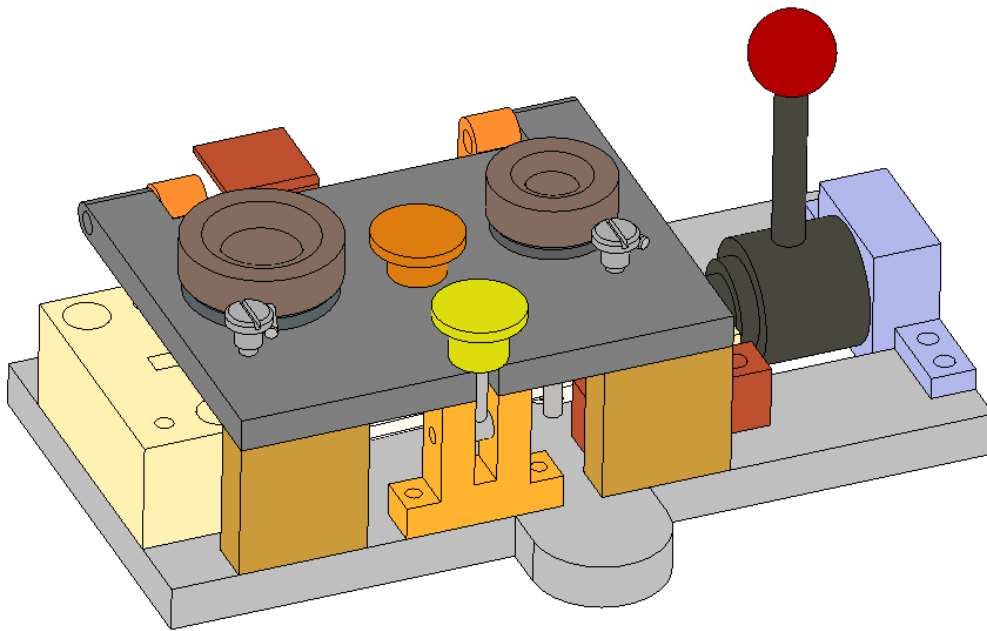


Obr. 34 – Upínací prvek ACTIMA [17]

Většina konstrukce zůstává stejná jako v předchozím návrhu. Odlišný je hlavně upínací prvek a konstrukce stěny pro jeho upnutí, jak je znázorněno na obrázcích 35 a 36. Upínač je ke stěně připojen šesti šrouby, které jsou do ní zapuštěny. Základní deska je v tomto návrhu delší a obsahuje navíc otvor, který umožní upevnění upínače v požadované výšce vůči prizmatu. Do otvoru zapadá část upínače a část stěny pro jeho upevnění, ve které jsou uloženy připojovací šrouby.



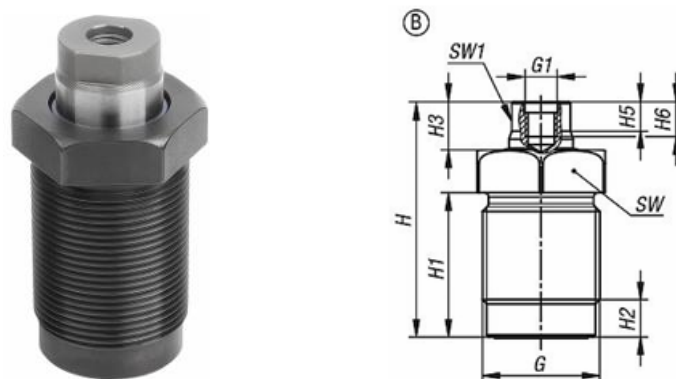
Obr. 35 – Návrh 2 v otevřené poloze



Obr. 36 – Návrh 2 v uzavřené poloze

4.3 Návrh 3

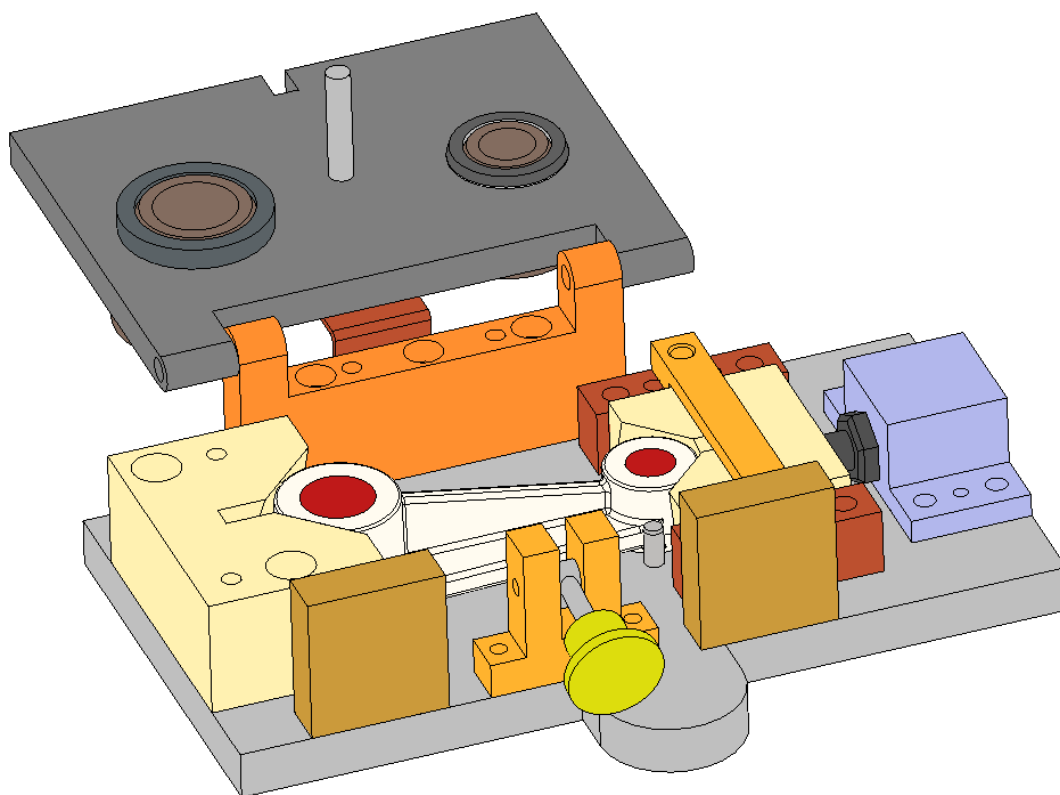
Zdrojem upínací síly je hydraulický, šroubovací, jednočinný válec s návratem pomocí pružiny K1861 B, konkrétně dohledatelný pod objednávacím kódem K1861.1612230811. Válec je opatřený vnějším závitem, pomocí kterého je uložen do bloku, přes který je válec připojený na hydraulický aparát. Poskytuje zdvih 12 mm, při maximální upínací síle 8 kN [20]. Válec je našroubovaný pomocí vnějšího závitu do stěny, přes kterou je do něho přiváděna hydraulická kapalina. Stěna s válcem zapadá do otvoru v základní desce a je k ní připojena čtyřmi šrouby. Poloha stěny je zajištěna pomocí dvou kolíků.



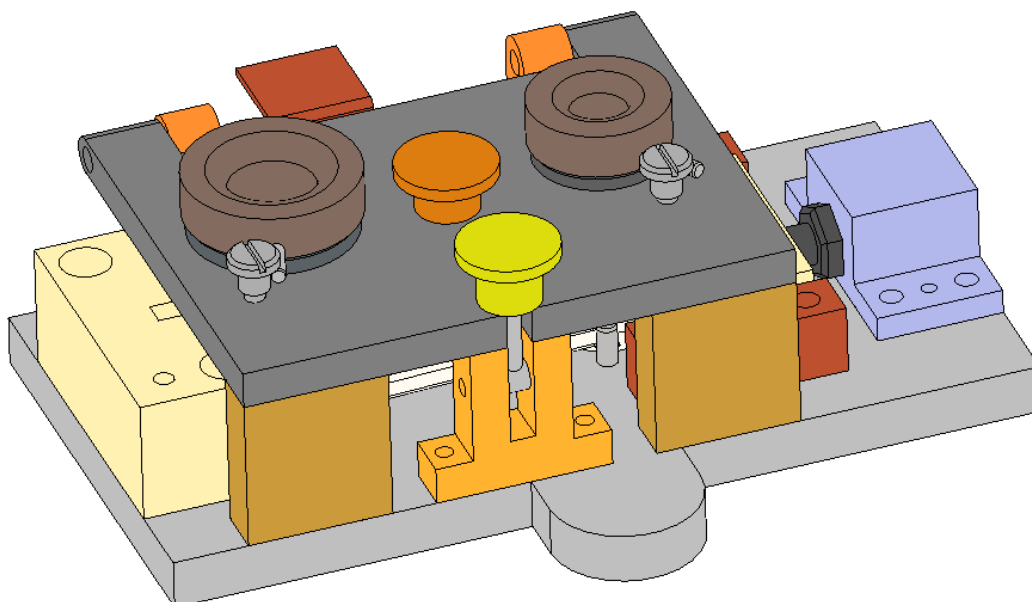
Obr. 37 – Šroubovací válec, hydraulický, jednočinný, s návratem pomocí pružiny [20].

Většina konstrukce zůstává stejná jako v předchozích návrzích. Odlišný je hlavně upínací prvek a konstrukce stěny pro jeho upnutí, jak je znázorněno na obrázcích 38 a 39.

Válec je do stěny zašroubovaný pomocí vnějšího závitu. Do stěny bude následně z druhé strany našroubovaný adaptér pro připojení hydraulického aparátu. V základní desce je v tomto návrhu vyrobený otvor, do kterého zapadne část stěny nesoucí upínač, a který umožní upevnit upínač v požadované výšce vůči prizmatu.



Obr. 38 – Návrh 3 v otevřené poloze



Obr. 39 – Návrh 3 v uzavřené poloze

4.4 Volba konceptu řešení

Princip fungování přípravků a většina konstrukce je stejná pro všechny tři návrhy. Hlavním rozdílem jsou rozměry a konstrukce upínacího prvku a konstrukce přilehlé stěny. Proto bude nevhodnější návrh zvolen podle výhod a nevýhod jednotlivých upínačů a jejich ceny.

Tab. 1 – Ceny upínacích členů [36;17;20].

	Cena [Kč]	Upínací síla [kN]
Návrh 1	1 266,80	1,5
Návrh 2	5 149,80	4,9
Návrh 3	1 835,90	8,0

Tab. 2 – Výhody a nevýhody jednotlivých návrhů [36;17;20].

	Výhody	Nevýhody
Návrh 1	<ul style="list-style-type: none"> • Nejnižší cena • Nejdelší dráha přestavení • Výška upínače nepřesahuje výšku přípravku • Vhodné pro velikost výrobní série • Jednoduché ovládání • Nejjednodušší konstrukce stěny nesoucí upínač • Pro funkci nevyžaduje další komponenty 	<ul style="list-style-type: none"> • Nejmenší upínací síla • Pro upnutí je nutné manuálně vyvinout sílu
Návrh 2	<ul style="list-style-type: none"> • Vhodné pro velikost výrobní série • Jednoduché ovládání • Samosvorné ve všech polohách upínacího rozsahu • Pro funkci nevyžaduje další komponenty 	<ul style="list-style-type: none"> • Nejvyšší cena • Páka při pohybu zasahuje vysoko nad přípravek • Pro upnutí je nutné manuálně vyvinout sílu • Složitější konstrukce stěny pro připojení upínače
Návrh 3	<ul style="list-style-type: none"> • Nejvyšší upínací síla • Upnutí bez potřeby vyvinout manuálně sílu • Nejmenší rozměry upínacího prvku • Výška upínače nepřesahuje výšku přípravku 	<ul style="list-style-type: none"> • Pro funkci vyžaduje hydraulický aparát, jehož pořízení by výrazně zvýšilo cenu • Vhodné pro větší výrobní série

Na základě porovnání výhod a nevýhod jednotlivých návrhů v tabulce 2 byl jako nejvhodnější zvolen návrh 1. Jedním z hlavních důvodů pro tuto volbu byla jednoznačně cena upínače, která je výrazně nižší než u dalších dvou možností (k ceně upínače v návrhu 3 je nutné připočítat cenu dalších potřebných komponent hydraulického obvodu). Použitý upínač disponuje jednoduchou konstrukcí, snadnou ovladatelností a dostatečně velkou přídržnou silou. Zároveň poskytuje největší zdvih, což může ulehčit vkládání a vyjímání obrobku, popřípadě odstraňování třísek. Další výhodou představuje prostor, ve kterém se vyskytuje páka upínače při všech částech obráběcího procesu. Jelikož nijak nezasahuje do prostoru nad přípravkem, tak nehrozí její poškození, či poškození části obráběcího stroje jejich vzájemnou kolizí. Navíc stěna přípravku nesoucí upínač nebude mít tak komplikovanou konstrukci, jako v dalších návrzích.

Proti použití návrhu 2 hraje hlavně cena samotného upínače a fakt, že v upnuté poloze by páka zasahovala vysoko nad přípravek, a mohlo by dojít k její kolizi se strojem.

Problémem návrhu 3 je taktéž jeho cena a fakt, že pro provoz upínače jsou nutné další komponenty. Použití hydraulického upínače by nejspíš našlo své opodstatnění v případě, že by se jednalo o větší sérii výrobků, ale v tomto případě bude použití manuálního upínače dostačující

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

V této kapitole bude podrobně popsána konstrukce zvoleného návrhu a jeho dílů. Aby však bylo možné zvolit vhodné řešení, je nejprve nutné vypočítat řezné síly vznikající při obrábění. V závislosti na velikosti těchto sil je nutné zvolit upínač, který poskytne dostatečně velkou přídržnou sílu, aby nedošlo k uvolnění součásti v důsledku působení řezné síly. Následně bude nutné stanovit výkon vrtačky potřebný pro zhotovení otvorů, jelikož výkon bude jedním z hlavních parametrů, na základě kterých, bude zvolena vhodná vrtačka.

5.1 Materiál obrobku

Vstupní polotovar pro obrábění bude realizován jako odlitek. Materiál odlitku je šedá litina s označením podle ČSN 42 2420. Jedná se o šedou, dobře obrobitelnou litinu s lupínkovým grafitem. Tato litina je vhodná pro odlitky o tloušťce stěny do 40 mm. Nejčastěji využívaná pro strojní součásti, součásti motorů, turbín, pístových strojů, válce motorů a kompresorů [38]. Mechanické vlastnosti litiny jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3 – Mechanické vlastnosti litiny ČSN 42 2420 [38].

Označení	Smluvní mez kluzu	Mez pevnosti	Tvrдость
Podle ČSN	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	HB
42 2420	200	380	max. 220

5.2 Volba nástrojů a řezných podmínek

Cílem je zhotovit dva průchozí otvory do základní součásti. Oba otvory budou obrobeny na přesnost H7 s drsností povrchu $R_a = 0,8$. Pro zhotovení otvorů v požadované přesnosti bude nutné otvory nejprve vyvrtat, vyhrubovat, a následně vystružit. Jelikož je polotovar ze šedé, dobře obrobitelné litiny, tak budou použity nástroje z rychlořezné oceli HSS. Při obrábění bude použita řezná kapalina, konkrétně emulze vrtacího oleje.

Otvor Ø24 H7

Na polotovaru bude předlitý otvor o průměru 20 mm. Po ustavení v přípravku bude otvor vrtaný, následně vyhrubovaný a nakonec vystružený. Průměry nástrojů a řezné

podmínky zvoleny podle strojnických tabulek pro nástroje z rychlořezné oceli. Volím nástroje:

- Vrták 22,5 ČSN 22 1140 [39].
- Výhrubník 23,7 ČSN 22 1482 [40].
- Výstružník 24H7 ČSN 22 1431 [41].

Tab. 4 – Řezné podmínky pro výrobu otvoru 24H7 [38].

	Posuv f (mm/ot)	Otáčky n (min ⁻¹)	Řezná rychlost v _c (m/min)	Řezná síla F _C (N)	Potřebný výkon P (kW)
Vrták 22,5	0,32	270	19,09	760,0	0,12
Výhrubník 23,7	0,48	280	20,85	364,8	0,06
Výstružník 24H7	0,72	83	6,26	288,9	0,02

Výpočet řezné rychlosti – výpočet je shodný pro vrták, výhrubník i výstružník [42].

$$v_{C11} = \frac{\pi * D_{11} * n_{11}}{10^3} = \frac{\pi * 22,5 * 270}{10^3} = 19,09 \text{ m/min} \quad (1)$$

Výpočet řezné síly vznikající působením vrtáku [42]

$$F_{C11} = k_{C11} * A_{D11} = k_{C11} * \frac{(D_1 - D_n)}{2} * \frac{f_{11}}{p_b} = 3800 * \frac{(22,5 - 20)}{2} * \frac{0,32}{2} = 760,0 \text{ N} \quad (2)$$

Výpočet řezné síly vznikající působením výhrubníku [42]

$$F_{C12} = k_{C12} * A_{D12} = k_{C12} * \frac{(D_2 - D_1)}{2} * \frac{f_{12}}{p_b} = 3800 * \frac{(23,7 - 22,5)}{2} * \frac{0,48}{3} = 364,8 \text{ N} \quad (3)$$

Výpočet řezné síly vznikající působením výstružníku [42]

$$F_{C13} = k_{C13} * A_{D13} = k_{C13} * \frac{(D_3 - D_2)}{2} * \frac{f_{13}}{p_b} = 20\,000 * \frac{(24,021 - 23,7)}{2} * \frac{0,72}{8} = 288,9 \text{ N} \quad (4)$$

Výpočet potřebného výkonu obráběcího stroje – výpočet je shodný pro vrták, výhrubník i výstružník [42].

$$P_{11} = \frac{F_{C11} * v_{C11}}{2 * 60 * 10^3} = \frac{760 * 19,09}{2 * 60 * 10^3} = 0,12 \text{ kW} \quad (5)$$

Velikost měrné řezné síly k_c byla určena z diagramu [43]. Z důvodu kvality diagramu a lidské chyby mohou být hodnoty nepřesné. Vypočtené hodnoty řezné síly a potřebného výkonu jsou tím pádem považované za orientační. Hodnoty k_c pro vrtání a vyhrubování uvažují totožné.

Otvor Ø36 H7

Na polotovaru bude předlitý otvor o průměru 30 mm. Po ustavení v přípravku bude otvor vrtaný, následně vyhrubovaný a nakonec vystružený. Průměry nástrojů a řezné podmínky zvoleny podle strojnických tabulek pro nástroje z rychlořezné oceli. Volím nástroje:

- Vrták 34 ČSN 22 1140 [39].
- Výhrubník 35,6 ČSN 22 1482 [40].
- Výstružník 36H7 ČSN 22 1431 [41].

Tab. 5 – Řezné podmínky pro výrobu otvoru 36H7 [38].

	Posuv f (mm/ot)	Otáčky n (min^{-1})	Řezná rychlost v_c (m/min)	Řezná síla F_C (N)	Potřebný výkon P (kW)
Vrták 34	0,47	150	16,02	1739,0	0,23
Výhrubník 35,6	0,60	170	19,01	608,0	0,10
Výstružník 36H7	0,96	54	6,11	404,2	0,02

Řezná rychlost, řezná síla i potřebný výkon pro zhotovení otvoru 36H7 byly vypočteny stejným způsobem, jako pro otvor 24H7.

Řezná síla F_C bude přenášena z nástroje na obrobek a bude způsobovat pohyb obrobku v rovině kolmé k ose rotace nástroje. Pohybu obrobku v tomto směru budou zabraňovat prizmatické opěrky. Síla, kterou bude upínací zařízení působit na pohyblivou opěrku musí být dostatečně velká, aby bylo zajištěno spolehlivé a neměnné upnutí obrobku, a nedošlo k jeho uvolnění působením řezné síly.

5.3 Volba vrtačky

Z důvodu velikosti výrobní série a po zhodnocení náročnosti výrobního procesu se jako dostačující obráběcí stroj jeví sloupová vrtačka. Volba konkrétní stroje bude záviset především na potřebném výkonu pro provedení jednotlivých operací. Nejvyšší vypočtená hodnota potřebného výkonu činí přibližně 0,23 kW. Tato hodnota je však přibližná. Při volbě

vrtačky budu tedy uvažovat potřebný výkon 0,5 kW. Toto navýšení by mělo vykompenzovat možné nedokonalosti výpočtu. Výběr bude proveden z pěti strojů uvedených níže.

- 1) Převodová sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 CT
- 2) Sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 BV
- 3) Sloupová vrtačka Bernardo GB 50 SK s křížovým stolem
- 4) Sloupová vrtačka Bernardo GB 40 SN s úhlovým stolem
- 5) Stolní vrtačka Bernardo GB 35 TV Vario

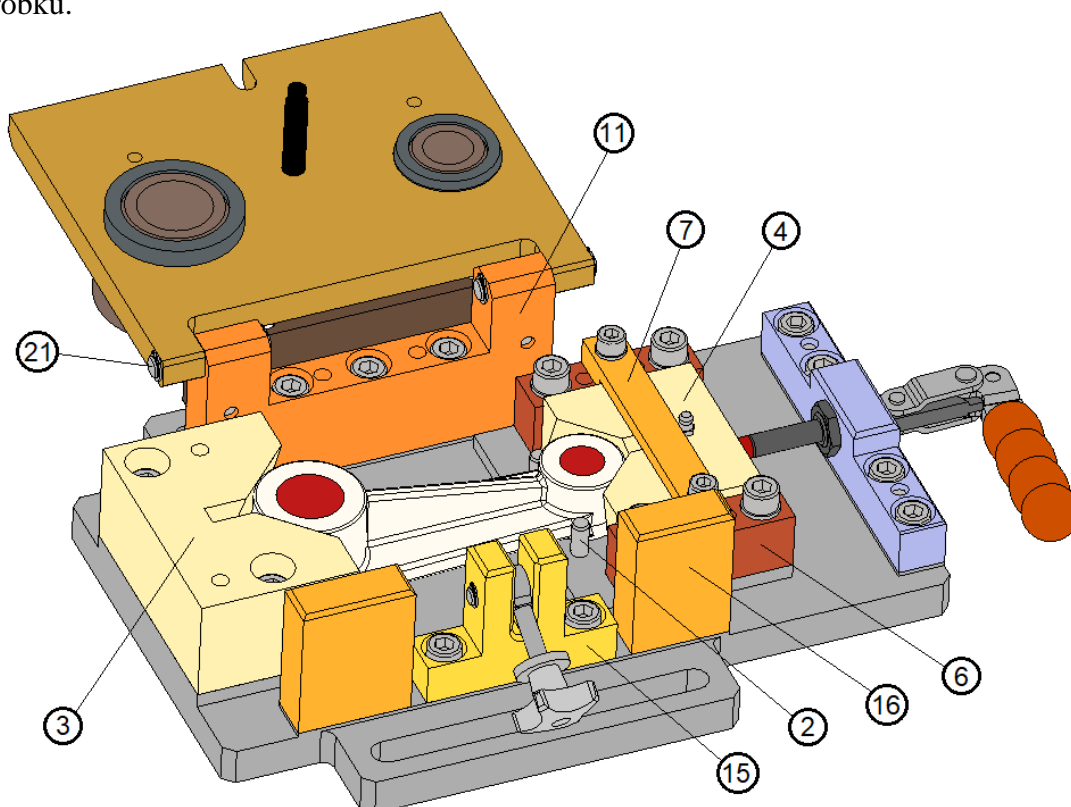
Tab. 6 – Technické parametry vrtaček [32;33;34;35;44].

	Příkon [W]	Maximální průměr vrtáku [mm]	Otáčky [min ⁻¹]	Cena [Kč]
OPTIdrill DH 40 CT	1500	32	95-3200	95 577,90
OPTIdrill DH 40 BV	2200	40	150-2000	133 088,00
Bernardo GB 50 SK	2800	60	52-2050	237 460,08
Bernardo GB 40 SN	2200	45	50-1450	168 940,20
Bernardo GB 35 TV	1500	40	65-3250	142 513,80

Na základě porovnání parametrů jednotlivých vrtaček v tabulce 6 bude pro obrábění použita sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 BV, jelikož dosahuje požadovaného výkonu, a při obrábění litiny umožňuje použití vrtáku do průměru 40 mm. Zároveň se jedná o jednu z cenově nejdostupnějších vrtaček poskytující dané parametry. Z hlediska ulehčení výroby by však bylo vhodnější zvolit vrtačku s křížovým stolem, který umožní pohyb přípravku vůči nástroji bez nutnosti povolovat upínací šrouby a posouvat celým přípravkem. Zároveň je však nutné podotknout, že pořizovat vrtačku speciálně kvůli výrobě této součásti by se vzhledem k velikosti výrobní série určitě nevyplatilo.

5.4 Konstrukční řešení vrtacího přípravku

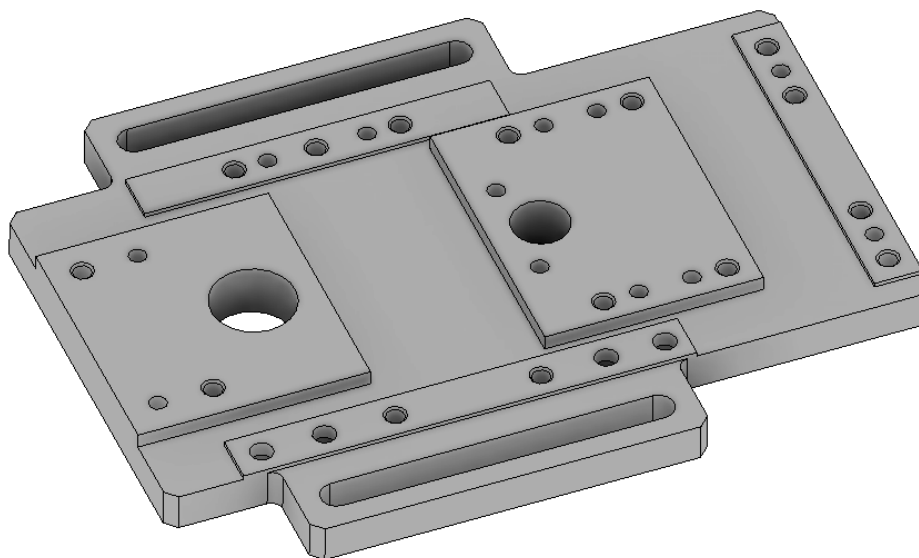
Na základě porovnání výhod a nevýhod jednotlivých návrhů v kapitole 4.4 byl zvolen návrh 1. V této kapitole bude tedy tento návrh a jeho jednotlivé komponenty podrobně popsány. Na obrázku 47 je přípravek zavřený, tedy ve stavu, ve kterém bude probíhat obrábění. Obrázek 40 naopak znázorňuje přípravek otevřený, například při výměně obrobku.



Obr. 40 – Vrtací přípravek otevřený

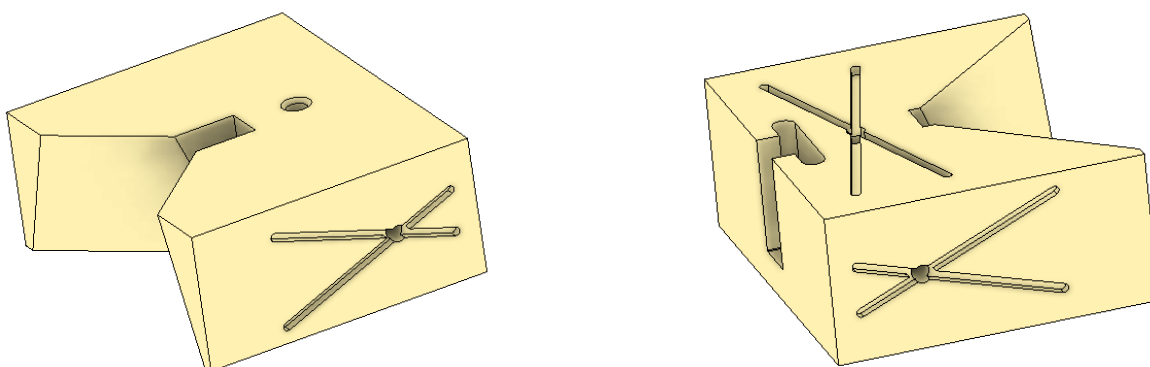
Většina hlavních částí přípravku je připojena k základní desce (1). Na základní desce jsou přené vodorovné plochy sloužící pro ustavení polohy obrobku. Tyto plochy jsou vyvýšené oproti zbytku desky, což by mělo částečně usnadnit odstranění třísek a řezné kapaliny z těchto ploch. Odvod třísek ulehčí taktéž otvory pod vrtanými dírami, které zároveň umožní i zhotovení těchto děr. Drážky po stranách desky slouží pro upnutí ke stolu vrtačky. Jelikož jsou drážky na stole zvolené vrtačky do kříže, nelze použít pouze otvor. Veškeré díly jsou k základní desce připojeny pomocí šroubů s vnitřním šestihranem podle normy ČSN 02 1143 B, a jejich poloha je určena dvěma válcovými kolíky podle ISO 2338 m6. Kolíky volím z měkčího materiálu než ostatní součásti, aby případně nastala deformace na kolíku, a ne na dílech, které spojuje. Všechny dále použité a zmíněné šrouby a kolíky vychází ze stejné normy. Deska je taktéž opatřena dvěma kolíky pro zajištění správné orientace obrobku při ukládání do přípravku (2). Ustavovacích plochy pro další součásti jsou vyvýšeny oproti zbytku desky kvůli odlišným nárokům na tvarovou a rozměrovou přesnost.

Deska a všechny další obráběné součásti, jsou vyrobeny z oceli 11 500, pokud u nich není uvedeno jinak.



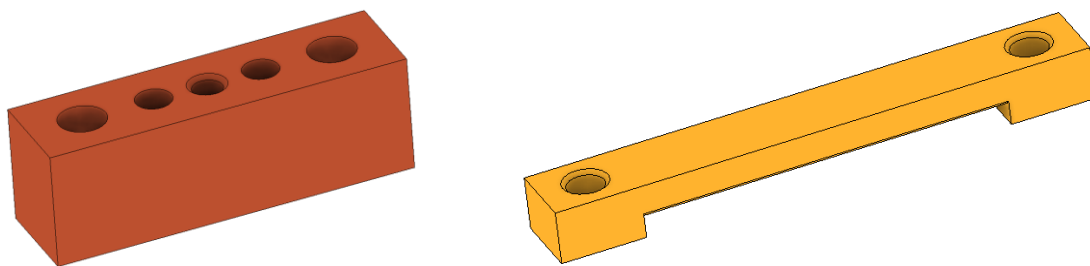
Obr. 41 – Základní deska

Pro ustavení součásti proti pohybu v rovině rovnoběžné se stolem, a k jejímu upnutí jsou použita dvě prizmata, přičemž jedno je realizováno jako pevné (3), druhé jako stavitelné (4). Pevné prizma je k desce upevněno dvěma šrouby, a jeho poloha je vymezena dvěma kolíky. Součástí pohyblivého prizmatu je soustava kanálů a drážek (obrázek 42), sloužících k mazání ploch, které jsou v kontaktu se základní deskou a vodícími lištami. Úhel rozevření prizmatu činí 90° . Jelikož bude součást ustavena za neobrobenou válcovou plochu je nutné zkosit opěrné plochy na prizmatu. Úhel zkosení činí 15° . Mazivo je do soustavy přivedeno přes maznici podle normy ČSN 02 7421 (5). Obě prizmata budou vyrobeny z materiálu 12 050, a budou povrchově kalená.



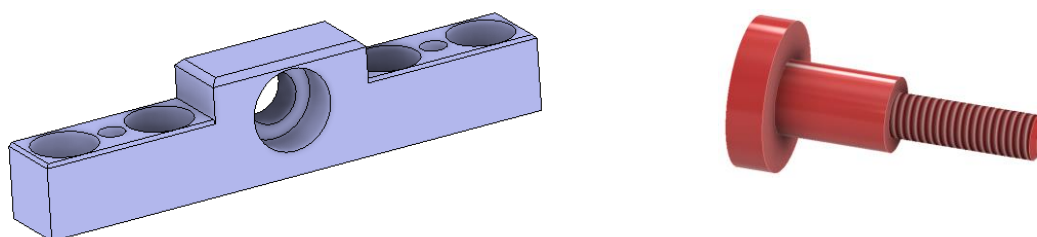
Obr. 42 – stavitelné prizma a mazací kanály

Pro vedení stavitelného prizmatu, a k zajištění jeho polohy při působení řezné síly v horizontálním směru jsou určeny dvě vodící lišty (6). Každá lišta je k základní desce připojena dvěma šrouby a její poloha je vymezena dvěma kolíky. Proti vertikálnímu pohybu je prizma pojištěno dílcem (7), který je připojen k vodící liště pomocí dvou šroubů.



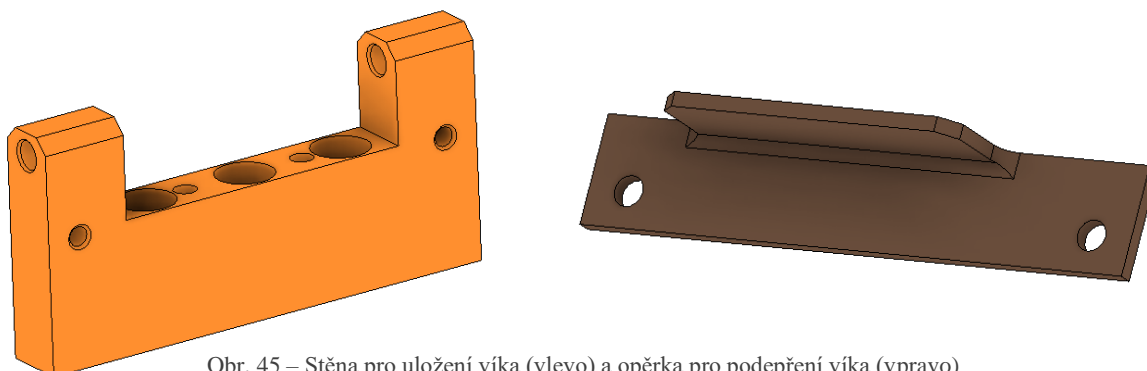
Obr. 43 – Vedení stavitelného prizmatu (vlevo), dílec pro zamezení vertikálního pohybu (vpravo)

K vyvození upínací síly slouží rychloupínač s posuvnou tyčí bez konzoly od firmy Kipp, dohledatelný pod objednávacím číslem K0086.0350 (8). Upínač je s pohyblivým prizmatem spojen pomocí mezikusu (9), který je zašroubovaný do vnitřního závitu v tyči upínače a zapadá do drážky v prizmatu. Toto řešení umožňuje pohyb prizmatu k obrobku i od něj pouze působením upínače. Zároveň v případě nutnosti umožní „prodloužit tyč upínače“ vložením podložek mezi konec tyče a mezikus. Upínač je k základní desce připojen prostřednictvím stěny (10), do které je uložen pomocí vnějšího závitu M16. Stěna je v oblasti upínače ztenčená, jelikož závit nemá dostatečnou délku, aby prošel stěnou plné šířky. K základní desce je stěna připojena pomocí čtyř šroubů a její poloha je zajištěna dvěma kolíky. Horní hrany stěny jsou sražené, aby nedošlo k poranění obsluhy při manipulaci s pákou upínače.



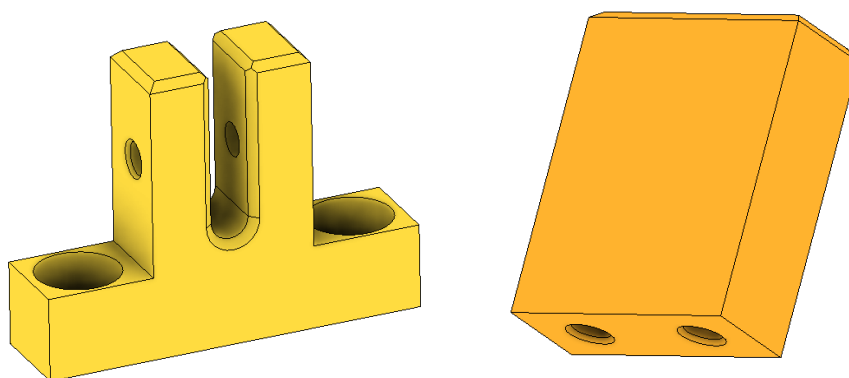
Obr. 44 – Stěna pro uložení upínače (vlevo), mezikus pro připojení upínače (vpravo)

Dalším dílem připojeným k základní desce je stěna pro uložení víka (11). Víko je ke stěně připojeno dvěma čepy. Čepy jsou proti vysunutí z obou stran zajištěny pojistnými kroužky. Ke stěně je dále pomocí dvou šroubů připevněna opěrka sloužící k podepření víka v otevřené pozici (12). Opěrka je vyrobena z hliníkové slitiny EN 6060. Stěna je k základně připevněna pomocí třech šroubů a její poloha je zajištěna dvěma kolíky.

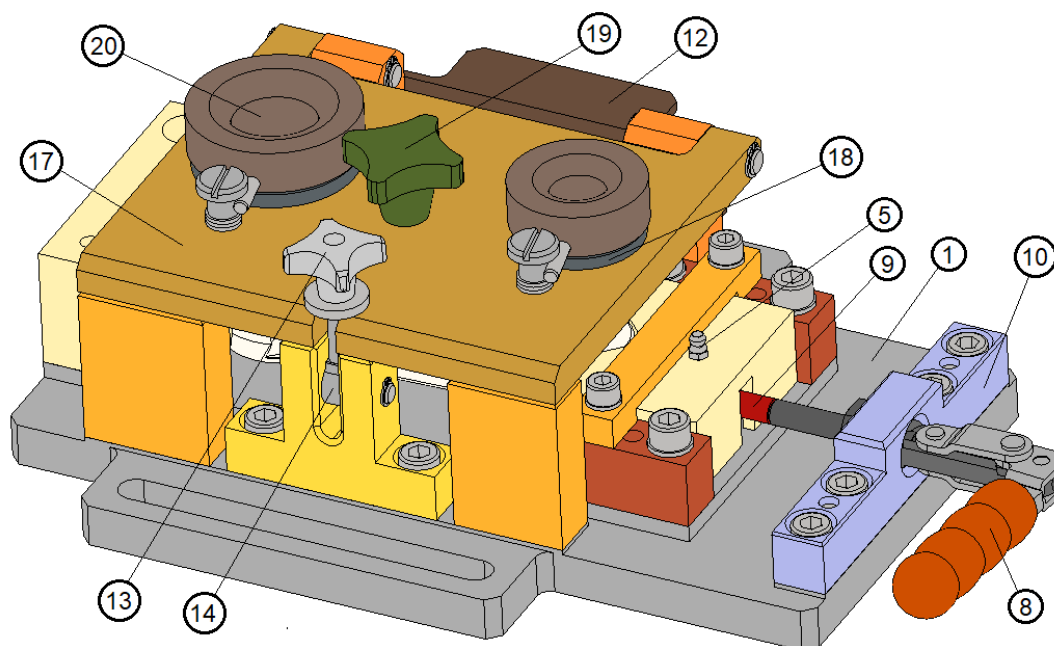


Obr. 45 – Stěna pro uložení víka (vlevo) a opěrka pro podepření víka (vpravo)

K pojištění víka v uzavřené pozici dojde utažením křížové matice (13) na šroubu M8 s okem podle normy DIN 444 B s dlouhým závitem (14), který je uložený ve vidlici pomocí čepu. Čep je proti vysunutí zajištěný pojistnými kroužky. K utažení je použita křížová ovládací matice dle DIN 6335 pro velikost závitu M8, která je doplněna o podložku. Při dotažení matice je víko přitlačeno k horní ploše vidlice (15). Vidlice je k základní desce připojena dvěma šrouby. Aby byla deska rovnoměrně podepřena a nedocházelo k jejímu průhybu při vrtání je přípravek opatřen dvěma podpěrami (16), které jsou přišroubovány k základně každá dvěma šrouby, jejichž hlava je zapuštěná do spodní plochy základní desky.

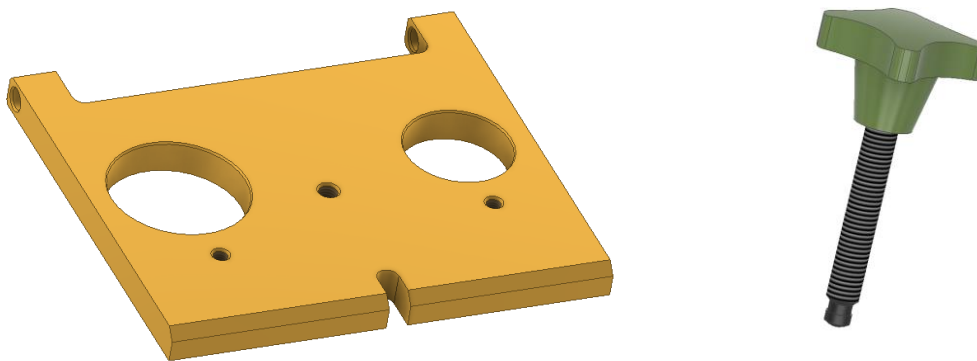


Obr. 46 – Vidlice pro uložení šroubu s okem (vlevo) a podpěrka (vpravo)



Obr. 47 – Vrtací přípravek uzavřený

Víko (17) je pomocí čepů otočně připojeno ke stěně. Do horní plochy víka jsou nalisovaná dvě vodící pouzdra (18). Pro menší otvor pouzdro podle DIN 172 - B35 - 25 A, a pro otvor větší pouzdro DIN 172 - B48 - 30 A. Ve víku je dále uložen upínací šroub (19), který slouží pro zajištění obrobku proti vertikálnímu pohybu, když je víko v zavřené poloze. Pohyb obrobku vzhůru může být vyvolán například vytahováním nástroje. Upínací šroub má závit M10.



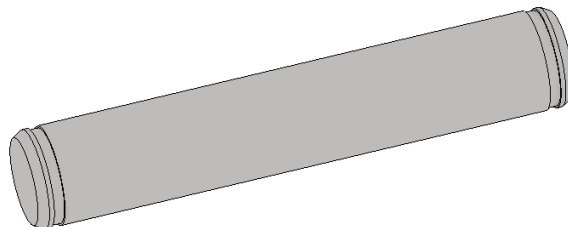
Obr. 48 – Víko (vlevo) a upínací šroub s tvarovou maticí (vpravo) [10]

Ve vodících pouzdech jsou uložena dvě nástrčná pouzdra (20). Pro menší otvor pouzdro podle normy DIN 173 – Ø22,5 F7x35x25, a pro větší otvor pouzdro DIN 173 – Ø34 F7x48x30. Nástrčná pouzdra jsou vložena do pouzder vodících, a proti nežádoucímu pohybu jsou pojištěny pomocí kolíků, které se po vložení zapřou o šrouby s plochou hlavou, které jsou přesně k tomuto využití určeny. Požadovaného nastavení šroubů se dosáhne jejich podložení podložkami pro závit M8. Nástrčná pouzdra se dodávají v sadě s kolíky. Při obrábění je nejprve otvor předvrtán s využitím nástrčného pouzdra. Poté se pouzdro vyjme a následuje vyhrubování a vystružování už bez použití vodícího pouzdra. Po dokončení prvního otvoru se přípravek posune, a stejný postup se zopakuje pro druhý otvor.



Obr. 49 – Nástrčné vrtací pouzdro (vlevo) [45] a vodící pouzdro (vpravo) [24]

Všechny tři čepy (21) použité v konstrukci budou vyrobeny z materiálu 11 373, aby případně došlo k zdeformování čepů, a ne otvorů v přilehlých součástech, které jsou složitější a draží na výrobu. Proti vysunutí jsou čepy zajištěny pojistnými kroužky podle normy ČSN 02 2930.

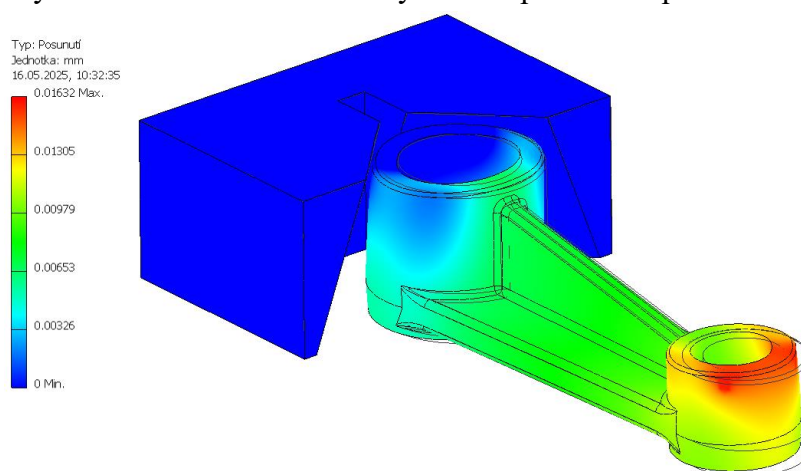


Obr. 50 – Čep pro uložení víka

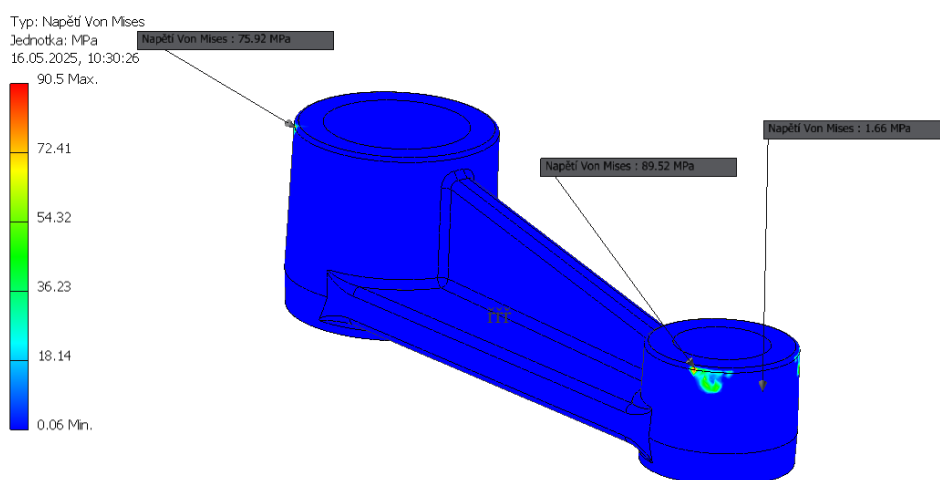
Velikost výrobní série je pouze 5000 kusů za rok neboli 20 kusů za den, uvažujeme-li 250 pracovních dnů za rok. Produktivita výroby tím pádem nebude tolik záviset na délce hlavního času, který se v tomto konkrétním případě stejně moc zkrátit nedá, ale hlavně na délce časů vedlejších. Počítat časovou náročnost proto ztrácí význam, jelikož délku těchto vedlejších časů nelze nijak zjistit.

5.4.1 Deformace obrobku vlivem upínací síly

Upínač působí na obrobek upínací silou zhruba 1500 N. Při upnutí dojde k deformaci obrobku vlivem této síly. Vlivem deformace při upnutí se změní osová vzdálenost obou otvorů. Přesáhne-li posunutí díry vlivem upnutí zadanou toleranci stanovenou pro osovou vzdálenost otvorů, nebude možné tento upínač použít. Požadovaná tolerance osové vzdálenost činí $\pm 0,1$ mm. Abych mohl stanovit deformaci součásti je nutné provést pevnostní analýzu obrobku. Pevnostní analýza bude provedena pomocí Inventoru.



Obr. 51 – Deformace obrobku při působení upínací síly



Obr. 52 – Napětí dle Von Misesse při působení upínací síly

Z výsledků pevnostní analýzy je patrné, že největší posunutí vzniklé vlivem upínací síly je přibližně 0,01632 mm, což vyhovuje toleranci, a proto lze zvolený upínač použít.

Velikost deformace znázorněná na obrázku 51 je pouze ilustrační. Dále bylo při pevnostní analýze zjištěno maximální tlakové napětí působící v místě dotyku. Napětí podle očekávání dosahuje maximální velikosti v místě kontaktu obrobku s prizmatem, kde by se teoreticky materiály měly kvůli zkosení prizmatu dotýkat pouze v jednom bodě. Díky tomu dochází při zmenšování velikosti prvků výpočtové sítě k rapidnímu růstu napětí v tomto bodě, jak je patrné na obrázku 52. V praxi tak pravděpodobně dojde k minimálnímu otláčení obrobku v těchto dvou bodech, i když maximální hodnota napětí na povrchu obrobku bude podle simulace dosahovat 90,5 MPa, což je menší hodnota než smluvní mez kluzu, která je přibližně 200 MPa. To v praxi znamená, že se bude muset čelní plocha otvoru obrobit, až po vrtání, aby případným otláčením materiálu nedošlo k narušení její geometrické přesnosti. Pevnostní analýza byla provedena pro obrobek, ve kterém už jsou dokončený oba otvory, jelikož upínací síla bude na obrobek působit i po dokončení obrábění, než dojde k jeho vyjmutí z přípravku. V tomto stavu je tloušťka stěny nejmenší, a tím pádem se bude nejvíce deformovat.

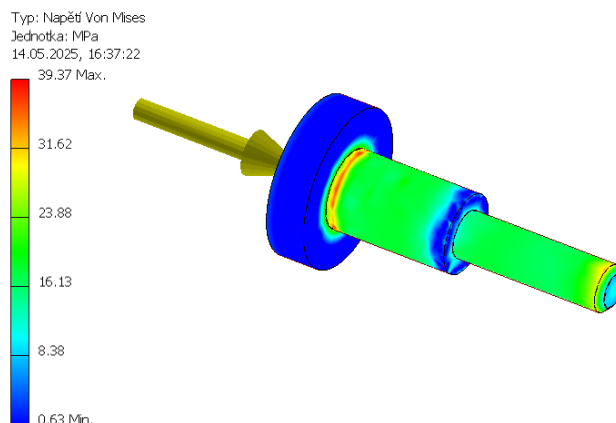
5.4.2 Pevnostní kontrola zatížených součástí

Vlivem upínací síly či řezné síly budou zatíženy tyto následující součásti přípravku. Pohyblivé i pevné prizma, vedení pohyblivého prizmatu, mezikus pro spojení prizmatu s tyčí upínače, tyč upínače a stěna pro jeho upevnění. Těmito silami budou zatíženy také kolíky vymezující jejich vzájemnou polohu. Základní deska bude taktéž zatížena, a to posuvovou silou vzniklou řezným procesem. Tato síla je však z pravidla menší než řezná, a jestli že řezné síle odolají menší součásti z téhož materiálu, je zbytečné desku kontrolovat. Z předchozí kapitoly také vyplývá, že nedojde k otláčení prizmatu v místě kontaktu s obrobkem. Otláčení ostatních ploch na prizmatech taktéž nehrozí, protože jsou z tvrdšího materiálu než součásti, se kterými se stýkají, a navíc jsou plochy jejich styku s ostatními díly dost velké. Proto není kontrola prizmat nutná.

Tab. 7 – Největší napětí na zatížených částech [38].

Součást	Největší napětí [MPa]	Dovolené hodnoty napětí [MPa]
Vedení prizmatu	22,77	120
Mezikus pro připojení prizmatu	39,37	120
Stěna pro upevnění upínače	14,22	120
Kolík (napětí ve střihu)	35,81	105
Kolík (otlačení v desce)	12,5	120

Hodnoty napětí byly získány z pevnostní analýzy provedené v programu Inventor. Je nutné uvažovat, že se jedná o orientační hodnoty a hodnoty reálné se mohou lehce lišit. Největší napětí vznikne na mezikusu pro připojení prizmatu v místě znázorněném červenou barvou na obrázku 53. Žádné z těchto napětí však nedosahuje takové velikosti, aby došlo k poškození součástí. Dovolené hodnoty volím jako polovinu minimální meze kluzu.



Obr. 53 – Napětí podle Von Misese působící na mezikus pro připojení prizmatu

5.5 Odhad pořizovací ceny

Jedná se bohužel jen o odhad celkové ceny, jelikož cena polotovarů ocelí, ze kterých budou jednotlivé součásti obrobena, je přístupná pouze po poptání. Proto byla cena odhadnuta podle ceny podobných polotovarů. Cenu navýší také vlastní obrábění součástí a povrchové kalení prizmatu. Některé součásti (např. podložky) se prodávají v baleních po více kusech. V odhadu bude uvažována pouze cena potřebného množství kusů. Cena vodícího pouzdra pro větší otvor je taktéž nepřístupná a byla proto odhadnuta z ceny pouzder menších průměrů. Cena položek, před jejichž cenou se v tabulce vyskytuje symbol * je odhadnuta.

Tab. 8 – Odhad ceny vrtacího přípravku

Položka	Počet kusů	Cena [Kč]
Materiál, výroba a tepelná úprava obráběných součástí		*20000,00
Nástrčné pouzdro Ø34 včetně přidržovacího kolíku	1	10 644,40
Nástrčné pouzdro Ø22,5 včetně přidržovacího kolíku	1	7 858,50
Upínač	1	1 266,80
Vodící pouzdro Ø48	1	*1200,00

Vodící pouzdro Ø35	1	745,90
Upínací šroub	1	639,30
Šroub pro zajištění pouzder	2	170,70
Šroub s okem	1	102,70
Křížová matice	1	65,00
Maznice	1	9,69
Kolík	12	8,60
Šroub s válcovou hlavou M10x50	13	4,23
Šroub s válcovou hlavou M10x30	6	3,80
Podložka zesílená 8	1	3,70
Šroub s válcovou hlavou M8x25	4	1,58
Podložka 10 - ČSN 02 1703	19	0,64
Pojistný kroužek 10	4	0,63
Podložka 8 - ČSN 02 1703	10	0,52
Pojistný kroužek 8	2	0,35
Celkem		43 085,28

Jelikož se konstrukce všech třech navrhovaných řešení liší pouze použitým upínačem, tvarem stěny pro připojení upínače a tvarem části základní desky, tak hlavním rozdílem v jejich ceně bude právě pořizovací cena upínače. Z tohoto důvodu se dá předpokládat, že pořizovací cena návrhu 1 bude nejnižší. Bude-li uvažována výrobní série o velikosti 5000 kusů, a bude-li pořizovací cena přípravku 43 085,28 Kč, jak je uvedeno v tabulce 8, tak se cena jednoho kusu pořízením přípravku zvýší přibližně o 8,62 Kč.

6 DISKUZE

Odhad ceny zvoleného konstrukčního řešení, a tím pádem i jeho porovnání s ostatními návrhy není moc vypovídající, jelikož ceny polotovarů, které by výslednou cenu nejspíš značně ovlivnily nejsou bez poptání běžně dostupné. Konstrukce všech třech řešení jsou však skoro totožné, takže lze předpovídat, že cena prvního řešení bude díky nejnižší ceně upínače menší než cena řešení druhého. Cena obou těchto konstrukcí bude ale jistě mnohem nižší než cena řešení třetího, jelikož pro svou funkci nevyžadují pořízení hydraulického aparátu.

Mazání kontaktních ploch pohyblivého prizmatu by bylo možné navrhnout bez vrtaných otvorů a použití maznice. V takovém případě by bylo mazivo plněno manuálně přímo do drážek na prizmatu. Prizma by bylo ovšem nutné cíleně demontovat, nebo mazivo doplňovat při vyjmutí prizmatu kvůli očištění styčných ploch od třísek. Tímto řešením by se konstrukce zlevnila, na druhou stranu použití maznice doplňování maziva ulehčí a uvnitř prizmatu ho bude větší zásoba.

Vrtačka OPTIDrill DH 40 BV byla zvolena pouze jako nejlevnější použitelná varianta. Pořizovat vrtačku speciálně kvůli výrobě této součásti by se s přihlédnutím na velikost výrobní série určitě nevyplatilo, zvláště pokud dílna disponuje jiným strojem schopným obrobit požadované otvory. Výrobu by také ulehčilo, kdyby vrtačka disponovala křížovým stolem, který by umožnit pohybovat s přípravkem vůči nástroji bez uvolňování šroubů upínajících přípravek ke stolu, což stůl této vrtačky neumožňuje.

Velikost měrné řezné síly použitá při výpočtu řezných sil byla odečtena z diagramu, jako nevyšší možná hodnota, což znamená, že reálná řezná síla může být menší a upínač může být tím pádem předdimenzovaný. Je však nepravděpodobné, že by reálná řezná síla byla o tolik menší, aby bylo bezpečné použít upínač nižší řady. Zároveň je tím pádem taky možné, že napětí působící na některé součásti budou reálně dosahovat menších hodnot. Pro řezné nástroje taktéž platí, že byly zvoleny jako nejlevnější možná varianta, a je tedy možné využít nástroje výkonnější.

I když cílem práce bylo navrhnout speciální přípravek pro upínání konkrétní součásti, tak by určitě bylo možné konstrukci upravit v zájmu větší univerzálnosti. Když by bylo pomocí přípravku možné obrobit více druhů součástí, tak by bylo její pořízení z ekonomického hlediska výhodnější. Ve stávající konstrukci lze bohužel obrobit jen zadanou součást, nebo součást, která se bude lišit maximálně výškou.

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo navrhnout vrtací přípravek pro obrábění polotovarů na sloupové vrtačce, s požadavkem, na co nejnižší pořizovací náklady, jednoduchost konstrukce a upínání. Dílčími cíli bylo zpracování bibliografické rešerše stávajících trendů v oblasti upínací techniky a dalších dostupných přípravků, vypracovat koncepční řešení, zvolit vhodnou vrtačku, stanovit cenu vybraného návrhu a následně ho rozpracovat do podoby výkresu sestavení. Hlavní i dílčí cíle práce byly splněny.

Byla provedena bibliografická rešerše, ve které byly stručně charakterizovány přípravky, jejich hlavní části a obecné zásady pro jejich konstrukci. Dále byly prozkoumány komerčně dostupné možnosti ustavovacích a upínacích součástí používaných v přípravcích. Následně byly vyhledány a popsány konstrukční řešení již existujících upínacích přípravků, a to jak univerzálních, tak speciálních. Nakonec bylo uvedeno několik sloupových vrtaček vhodných pro zhotovení daných operací.

Dále byly navrženy tři konstrukční řešení, ze kterých bylo na základě ceny, výhod a nevýhod jednotlivých návrhů zvoleno to nejvhodnější, které bylo následně detailně popsáno, a to včetně odhadu ceny, volby vhodné vrtačky, pevnostní kontroly namáhaných dílů a zhotovení výkresu sestavy.

Navržená konstrukce umožní provedení všech požadovaných operací na jedno upnutí a zajistí požadovanou přesnost a rychlost upnutí. Odhadovaná pořizovací cena přípravku by neměla přesáhnout 43 085,28 Kč, což při velikosti výrobní série činící 5000 kusů zvýší cenu jednoho kusu o 8,62 Kč. Pevnostní analýzou bylo zjištěno, že dojde k malému otláčení upínací plochy na obrobku. Případné nerovnosti vzniklé otláčením budou však v další operaci odstraněny. Pomocí pevnostní analýzy bylo taktéž určeno, že změna osové vzdálenost obráběných otvorů vzniklá vlivem upínací síly bude v toleranci vzdálenost těchto otvorů, a že vlivem řezných sil nedojde k deformaci jiných částí přípravku.

Navazující práce by se měla zabývat výpočtem reálného strojního času nutného pro obrobení jednoho dílce, a způsobem, jak snížit stále poměrně velké vedlejší časy, což by vedlo ke zefektivnění výroby.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] **ŘASA, Jaroslav , HANĚK, Václav a Jindřich KAFKA. 2003.** *Strojírenská technologie 4 : Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel.Zásady montáže.* Praha : Scientia, 2003. str. 505. 80-7183-284-7.
- [2] **CHVÁLA, Břetislav a Josef VOTAVA. 1988.** *Přípravky.* Praha : SNTL;Alfa, 1988. str. 275.
- [3] Strojní svěrák, mechanický s klikou. *NORDET.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.norted.cz/strojni-sverak--mechanicky-s-klikou/>.
- [4] **ZEMČÍK, Oskar . 2003.** *Nástroje a přípravky pro obrábění.* Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2003. str. 193. 80-214-2336-6.
- [5] **sspu. 2012.** 1.1.přípravky_úvod. *SŠPU Opava.* [Online] . [Citace: 17. 5. 2025]. 2012. https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.sspu-opava.cz%2F~roledero%2F%2F1.1.p%25C5%2599%25C3%25ADpravky_%25C3%25BAvod.pptx&wdOrigin=BROWSELINK.
- [6] Opěrné čepy a ustavovací nožky. *MAREK Industrial | Marek.eu.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/operne-polohovaci-a-dorazove-prvky/operne-cepy-a-ustavovaci-nozky/24137/operne-cepy.html>.
- [7] Opěrné čepy a ustavovací nožky. *MAREK Industrial | Marek.eu.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/operne-polohovaci-a-dorazove-prvky/operne-cepy-a-ustavovaci-nozky/24150/ustavovaci-nozky.html>.
- [8] **GEISTOVÁ, M.:. 2013.** Přípravky. <https://spszengrova.cz>. [Online] 3. 5. 2013. [Citace: 18. 5. 2025.] <https://spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/ZAV4-Přípravky-UT.pdf>
- [9] Středící čepy, válcové broušený. *MAREK Industrial | Marek.eu.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/fixacni-prvky-aretacni-cepy-operky-stredici-upinace/uchycovaci-cepy-polohovaci-systemy/24305/stredici-cepy-valcove-brouseny.html>.
- [10] Středící čepy, zploštělé broušený. *MAREK Industrial | Marek.eu.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/fixacni-prvky-aretacni-cepy-operky-stredici-upinace/uchycovaci-cepy-polohovaci-systemy/24307/stredici-cepy-zplostele-brouseny.html>.

- [11] Křížové úchyty se závitovým vřetenem. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/ovladaci-prvky/sveraci-a-upinaci-paky/24740/krizove-uchyty-se-zavitovym-vretenem.html>.
- [12] Upínače excentrické. *HALDER*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.halder.com/cz/PM/Normovane-dily/Upinaci-prvky/Excentricke-upinaci-prostredky/Upinace-excentricke>.
- [13] Excentrický upínač s koncovým upínáním. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/kipp-mechanicke-komponenty/upinaci-naradi/23197/excentricky-upinac-s-koncovym-upinanim.html>.
- [14] Rychloupínače. *BO-IMPORT s.r.o.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.bo-import.cz/rychloupinace-c3367/>.
- [15] Upínka vodorovná s pojistkou a vodorovnou patkou červená vel. 4, AMF, 93112 (6830S). *BO-IMPORT s.r.o.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.bo-import.cz/upinka-vodorovna-s-pojistkou-a-vodorovnou-patkou-cervena-vel-4-amf-93112-6830s-p19837/?cid=3367>.
- [16] Upínka ojnicová s úhlovou patkou nerezová červená vel. 0, AMF, 95265 (6841NI). *BO-IMPORT s.r.o.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.bo-import.cz/upinka-ojnicova-s-uhlovou-patkou-nerezova-cervena-vel-0-amf-95265-6841ni-p407045/?st>.
- [17] Upínací prvky „actima“. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. https://www.marek.eu/kipp-mechanicke-komponenty/upinaci-naradi/23209/upinaci-prvky-actima.html#_technicke-parametry.
- [18] Klínové upínače. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/kipp-mechanicke-komponenty/upinaci-naradi/23226/klinove-upinace.html>.
- [19] Pákové upínače, hydraulické, dvojčinné. *KIPP CZ*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.kipp.cz/cs/vyroby/OVLÁDACÍ-PRVKY/Upinaci-prvky/Otočný-upínač/Pákové-upínače-hydraulické-dvojčinné/p/agid.27148>.
- [20] Šroubovací válce, hydraulické, jednočinné, s návratem pomocí pružiny. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. https://www.marek.eu/kipp-mechanicke-komponenty/upinaci-naradi/37593/sroubovaci-valce-hydraulicke-jednocinne-s-navratem-pomoci-pruziny.html#_technicke-parametry.
- [21] 05331 Pneumatické upínače. *Domů | norelem*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. https://www.norelem.com/xs_db/DOKUMENT_DB/www/NORELEM/DataSheet/cz/05/05331_Datasheet_20024_Pneumatick_up_na_e--cs.pdf.

- [22] 05626 Otočné upínače, pneumatické s blokovacím tělesem. *Domů | norelem*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.norelem.com/cz/cs/Produkty/Přehled-výrobků/Pružný-systém-normalizovaných-dílů/05000-Rychloupínače-Pneumatické-upínače-Příslušenství-upínačů-Upínací-uzávěry-Západkové-uzávěry/Pneumatické-upínače/05626-Otočné-upínače-pneumatické-s-blokovacím-těl>.
- [23] Válcová vrtací pouzdra DIN 179. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/vrtaci-pouzdra-a-pripravky/vrtaci-pouzdra/25045/valcova-vrtaci-pouzdra-din-179.html>.
- [24] Vodící pouzdra DIN 172 . *ELESA+GANTER CZ s.r.o.* [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.elesa-ganter.cz/cs/cze/Strojni-prvky--Vodici-pouzdra--DIN172-ST>.
- [25] Nástrčná vrtací pouzdra DIN 173 část 1. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/vrtaci-pouzdra-a-pripravky/vrtaci-pouzdra/25048/nastrcna-vrtaci-pouzdra-din-173-cast-1.html>.
- [26] Dvouosý otočný svěrák Bernardo PTS 75. *BOUKAL E-shop*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.boukal.cz/dvouosy-otocny-sverak-bernardo-pts-75/2770/produkt>.
- [27] Vrtací upínače pro rotační součásti. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/vrtaci-pouzdra-a-pripravky/vrtaci-pripravky/37387/vrtaci-upinace-pro-rotacni-soucasti.html>.
- [28] Stainless Steel Drilling Jig. *IndiaMART*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.indiamart.com/proddetail/drilling-jig-4308988748.html>.
- [29] **2019.** Desain Drilling Jig Untuk Pencekaman Pipa Diameter 2. *Semnas Mesin 2019*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. 2019. https://www.google.com/search?q=drilling%20jig%20drawing&hl=cs&tbs=ring:CQfeXU6RgQFSYYF3fw0_1LrwsGIAwAIF2AIA4AIA&udm=2&sa=X&ved=0CB4QuIIBahcKEwiYjZba8YGNAXUAAAAAHQAAAAAQLw&biw=1536&bih=651&dpr=1.25#vhid=r70NQ_vnjE_UVM&vssid=mosaic.2085-2762.
- [30] OTHER DRILLING JIG. *grabcad.com*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://grabcad.com/library/other-drilling-jig-1>.
- [31] Drilling jig used for Macpherson strut shock absorbers mounting holes drilling process. *grabcad.com*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. https://grabcad.com/library/drilling-jig-used-for-macpherson-strut-shock-absorbers-mounting-holes-drilling-process-1/details?folder_id=12410493.

- [32] Převodová sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 CT. *BOUKAL E-shop*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.boukal.cz/prevodova-sloupova-vrtacka-optidrill-dh-40-ct/121471/produkt?sekce=produkty>.
- [33] Sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 BV. *Svářečky-obchod.cz*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.svarecky-obchod.cz/stojanove-vrtacky/stojanove-vrtacky-400v/30165-sloupova-vrtacka-optidrill-dh-40-bv.htm>.
- [34] Sloupová vrtačka Bernardo GB 50 SK s křížovým stolem. *BOUKAL E-shop*. [Online] <https://www.boukal.cz/sloupova-vrtacka-bernardo-gb-50-sk-s-krizovym-stolem/417/produkt>.
- [35] Sloupová vrtačka Bernardo GB 40 SN s úhlovým stolem. *BOUKAL E-shop*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.boukal.cz/sloupova-vrtacka-bernardo-gb-40-sn-s-uhlovym-stolem/22083/produkt>.
- [36] Upínače s posuvnou tyčí bez konzoly. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/kipp-mechanicke-komponenty/rychloupinace-pneumaticke-rychloupinace/23161/upinace-s-posuvnou-tyci-bez-konzoly.html>.
- [37] **CZ, KIPP**. Technické informace. *MAREK Industrial | Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025] <https://www.marek.eu/katalog-obrazku/produkt-23161/52341-th-010-schnellspanner-cz.pdf>.
- [38] **LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. 2017. STROJNICKÉ TABULKY Šesté vydání.** Úvaly : Albra - pedagogické nakladatelství, 2017. 978-80-7361-111-8.
- [39] ČSN 221140 - DIN 345 RN. *STIMZET*. [Online]. [Citace: 18. 5. 2025]. https://stimzet.cz/data/csn221140_cz.html.
- [40] ČSN 221482 - DIN 343. *STIMZET*. [Online]. [Citace: 18. 5. 20225]. https://stimzet.cz/data/csn221482_cz.html.
- [41] ČSN 221431 - DIN 208 Form B. *STIMZET*. [Online]. [Citace: 18. 5. 2025]. https://stimzet.cz/data/csn221431c_cz.html.
- [42] **doc. Ing. Josef SEDLÁK, Ph.D.** Technologie vrtání, vyvrtávání, vyhrubování, vystružování a zahlubování. *Fakulta strojního inženýrství*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/851556/mod_resource/content/1/Vrt%C3%A1n%C3%AD%2C%20vyvrt%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD%2C%20vyhrubov%C3%A1n%C3%AD%2C%20vystru%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD_07_doc.%20Sedl%C3%A1k%20-%20studenti.pdf.
- [43] **KOCMAN, Karel . 2011. Technologické procesy obrábění.** Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2011. str. 330. 978-80-7204-722-2.

- [44] Stolní vrtačka Bernardo GB 35 TV Vario (s převodovkou). *BOUKAL E-shop*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.boukal.cz/stolni-vrtacka-bernardo-gb-35-tv-vario-s-prevodovkou/400/produkt>.
- [45] Nástrčná vrtací pouzdra DIN 173. *MAREK Industrial / Marek.eu*. [Online]. [Citace: 17. 5. 2025]. <https://www.marek.eu/norelem-normovane-dily/pruzny-system-normalizovanych-dilu/vrtaci-pouzdra-a-pripravky/vrtaci-pouzdra/25047/nastrcna-vrtaci-pouzdra-din-173.html>.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

f_{ij}	mm/ot	Posuv na otáčku
n_{ij}	min^{-1}	Otáčky
v_{cij}	m/min	Řezná rychlost
D_1	mm	Průměr vrtáku
F_{cij}	N	Řezná síla
k_{cij}	MPa	Měrná řezná síla
A_{Dij}	mm^2	Jmenovitý průřez třísky
D_n	mm	Průměr díry před obrobením
D_2	mm	Průměr výhrubníku
D_3	mm	Průměr výstružníku
p_b	—	Počet břitů nástroje
P_{ij}	kW	Potřebný výkon vrtačky
R_a	μm	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu

10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 - Strojní svěrák, mechanický s klikou [3].....	15
Obr. 2 – Schéma stupňů volnosti a opěrných bodů [5].....	18
Obr. 3 – Opěrný čep s válcovou hlavou (vlevo) [6] a s šestihlannou hlavou (vpravo) [7]	20
Obr. 4 – Opěrná lišta [1]	20
Obr. 5 – Stavitelná opěrka ([1], upraveno)	20
Obr. 6 – Schéma prizmatu (vlevo) ([8], upraveno) a schéma upnutí pomocí dvou prizmat (vpravo) [8].....	21
Obr. 7 – Středící čep válcový (vlevo) [9] a středící čep zploštělý (vpravo) [10].....	21
Obr. 8 – Šroubový upínač (vlevo) ([1], upraveno) a upínací šroub s tvarovou maticí (vpravo) [11]	22
Obr. 9 – Excentrický upínač (vlevo) [12] a excentrický upínač s koncovým upínáním (vpravo) [13]	23
Obr. 10 – Pákový upínač vodorovný (vlevo) [15] a ojnicový upínač (vpravo) [16].....	23
Obr. 11 – Upínač ACTIMA (vlevo) a schéma jeho použití (vpravo) [17].	24
Obr. 12 – Klínový upínač (vlevo) a schéma jeho použití (vpravo) ([18], upraveno)	24
Obr. 13– Hydraulický pákový upínač (vlevo) a schéma jeho využití (vpravo) [19].....	25
Obr. 14 – Šroubovací hydraulické jednočinné válce [20]	25
Obr. 15 – Pákový pneumatický upínač [21]	26
Obr. 16 – Otočný pneumatický upínač [22].....	26
Obr. 17 – Pevná vrtací pouzdra hladká (vlevo) a schéma jejich uložení (vpravo) [23].....	27
Obr. 18 – Pevné vodící pouzdro [24].....	27
Obr. 19 – Nástrčná vrtací pouzdra (vlevo) a schéma jejich uložení (vpravo) ([25], upraveno)	28
Obr. 20 – Sklopný dvouosý svěrák [26].....	29
Obr. 21 – Vrtací upínač pro rotační součásti provedení A (vlevo) a B (vpravo) ([27], upraveno).....	29
Obr. 22 – Přípravek pro vrtání do rovinné plochy [28]	30
Obr. 23 – Přípravek pro vrtání do válcové plochy [29]	31
Obr. 24 – Přípravek pro vrtání otvorů do páky ([30], upraveno)	31

Obr. 25 – Přípravek pro vrtání montážních otvorů do tlumičů Macpherson ([31], upraveno)	32
Obr. 26 – Vrtačka OPTIdrill DH 40 CT [32]	33
Obr. 27 – Sloupová vrtačka OPTIdrill DH 40 BV [33]	33
Obr. 28 – Vrtačka Bernardo GB 50 SK s křížovým stolem [34]	34
Obr. 29 – Sloupová vrtačka Bernardo GB 40 SN s úhlovým stolem [35]	34
Obr. 30 – Polotovár páky s vyznačenými plochami	36
Obr. 31 – Rychloupínač s posuvnou tyčí bez konzoly [36]	37
Obr. 32 – Návrh 1 v otevřené poloze	38
Obr. 33 – Návrh 1 v uzavřené poloze	38
Obr. 34 – Upínací prvek ACTIMA [17]	39
Obr. 35 – Návrh 2 v otevřené poloze	39
Obr. 36 – Návrh 2 v uzavřené poloze	40
Obr. 37 – Šroubovací válec, hydraulický, jednočinný, s návratem pomocí pružiny [20]	40
Obr. 38 – Návrh 3 v otevřené poloze	41
Obr. 39 – Návrh 3 v uzavřené poloze	41
Obr. 40 – Vrtací přípravek otevřený	48
Obr. 41 – Základní deska	49
Obr. 42 – stavitelné prizma a mazací kanály	49
Obr. 43 – Vedení stavitelného prizmatu (vlevo), dílec pro zamezení vertikálního pohybu (vpravo)	50
Obr. 44 – Stěna pro uložení upínače (vlevo), mezikus pro připojení upínače (vpravo)	50
Obr. 45 – Stěna pro uložení víka (vlevo) a opěrka pro podepření víka (vpravo)	50
Obr. 46 – Vidlice pro uložení šroubu s okem (vlevo) a podpěrka (vpravo)	51
Obr. 47 – Vrtací přípravek uzavřený	51
Obr. 48 – Víko (vlevo) a upínací šroub s tvarovou maticí (vpravo) [10]	52
Obr. 49 – Nástrčné vrtací pouzdro (vlevo) [45] a vodící pouzdro (vpravo) [24]	52
Obr. 50 – Čep pro uložení víka	52
Obr. 51 – Deformace obrobku při působení upínací síly	53
Obr. 52 – Napětí dle Von Misese při působení upínací síly	53

Obr. 53 – Napětí podle Von Misesse působící na mezikus pro připojení prizmatu 55

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Ceny upínacích členů [36;17;20].	42
Tab. 2 – Výhody a nevýhody jednotlivých návrhů [36;17;20].	42
Tab. 3 – Mechanické vlastnosti litiny ČSN 42 2420 [38].	44
Tab. 4 – Řezné podmínky pro výrobu otvoru 24H7 [38].	45
Tab. 5 – Řezné podmínky pro výrobu otvoru 36H7 [38].	46
Tab. 6 – Technické parametry vrtaček [32;33;34;35;44].	47
Tab. 7 – Největší napětí na zatížených částech [38].	54
Tab. 8 – Odhad ceny vrtacího přípravku	55

12 SEZNAM PŘÍLOH

Výkresy:

1. Výrobní výkres páky, číslo výkresu: S2-003-04/01
2. Výkres sestavy vrtacího přípravku, číslo výkresu: S7-009-01/00
3. Výkres sestavy vrtacího přípravku – kusovník, číslo výkresu: S7-009-01/01

S7-009-01/02

S7-009-01/03