

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Žaludkovi za odborné vedení, rady a připomínky věnované mé bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Davidu Sámkovi za poskytnutí rad v oblasti programu Autodesk Inventor.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor. Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 7. 06. 2005

.....
podpis

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí sáňkového mikrotomu pro řezání tenkých vzorků různých materiálů určených k následnému mikroskopickému pozorování.

V teoretické části je popsána problematika různých druhů materiálů a technologických postupů s ohledem na konstrukci mikrotomu.

V praktické části je k tvorbě 3D sestavy použit program Autodesk Inventor 8. V tomto systému byla také provedena výkresová dokumentace.

Na závěr je práce doplněna o některé praktické úpravy stávajícího mikrotomu.

Presented bachelor work is dealing with construction of sledge microtome for cutting thin sections of variety materials to microscopy examination.

The problems of variety sorts materials and technological processes which consider construction microtome are described in teoretical part of this bachelor work.

Autodesk Inventor 8 programme is used for creation 3D assembly. Drawing documentation is also enclosed.

Some practical modifications of microtome is completed in final part.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 TEORETICKÁ ČÁST	8
1.1 Mikrotomový nůž (mikrotom) a jeho použití	8
1.1.1 Mikrotomový nůž.....	8
1.1.2 Požadavky na preparát (vzorek).....	8
1.1.3 Použití světelné mikroskopie při zkoumání polymerů.....	8
1.2 Rozdělení ocelí.....	9
1.3 Přehled a použití ocelí.....	10
1.3.1 Tvářené oceli.....	10
1.3.2 Nástrojové oceli.....	15
1.4 Litiny.....	16
1.5 Rozdělení litin a použití.....	16
1.5.1 Bílá litina.....	16
1.5.2 Šedá litina.....	16
1.5.3 Tvárná litina.....	17
1.5.4 Temperovaná litin.....	17
1.6 Tepelné zpracování ocelí.....	17
1.6.1 Žihání.....	18
1.6.2 Žihání bez překrystalizace.....	19
1.6.3 Žihání s překrystalizací.....	19
1.6.4 Kalení.....	20
1.7 Chemicko-tepelné zpracování ocelí	20
1.7.1 Cementování.....	20
1.7.2 Nitridování.....	21
1.7.3 Difuzní borování.....	21
1.8 Metody procesu obrábění	21
1.8.1 Soustružení.....	22
1.8.2 Frézování.....	22
1.8.3 Vrtání.....	22
1.8.4 Vyvrtávání.....	23
1.8.5 Hoblování, obrážení.....	23
1.8.6 Protahování.....	23
1.8.7 Broušení.....	24
1.8.8 Leštění.....	24
2 PRAKTICKÁ ČÁST	25
2.1 Použité systémy	25
2.2 Konstrukce mikrotomu	25
2.2.1 Upínací zařízení nože.....	26
2.2.2 Mikrotomový nůž.....	26
2.2.3 Jezdec nože.....	27
2.2.4 Základna mikrotomu.....	27
2.2.5 Upínací zařízení vzorku.....	28
2.2.6 Jezdec vzorku.....	28
2.2.7 Mikrometrický šroub.....	29

2.3	Návrh změn stávajícího mikrotomu	30
2.3.1	Úprava upínacího zařízení vzorku	30
2.3.2	Zlepšení manipulovatelnosti mikrotomu.....	31
ZÁVĚR		32
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		33
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		34
SEZNAM OBRÁZKŮ		35
SEZNAM TABULEK		36
SEZNAM PŘÍLOH		37

ÚVOD

První plast (dříve „umělá hmota“) byl vyroben roku 1862. Do té doby se používaly ke zhotovování nejrůznějších předmětů přírodní materiály jako dřevo, sklo, keramika, slonovina nebo jantar. Plasty tyto drahé materiály v mnoha případech plně nahradily. Jsou pevné, za tepla dobře tvarovatelné, mají malou hustotu, jsou dobrými izolátory elektrického proudu a tepla, jsou na vzduchu stálé a některé jsou odolné proti účinkům žiravin a jiných chemikálií. Plasty jsou většinou polymery. Tento název je odvozen od řeckého slova poly čili mnoho a slova mer, což znamená část. Mer je tvořen skupinou atomů, která se v makromolekule neboli velké molekule pravidelně opakuje. Makromolekuly obsahují několik set až tisíc atomů.

Studium morfologie polymerů je důležité nejen z hlediska teoretického, ale má i svůj bezprostřední význam praktický, neboť mnohé z užitkových vlastností polymerů závisí ve značné míře právě na jejich morfologii. Nejdůležitější metody jejího hodnocení jsou světelná a elektronová mikroskopie. Kromě studia morfologie, které je hlavní doménou, slouží světelná mikroskopie ke kvantitativnímu hodnocení optických, mechanických a termodynamických vlastností mikroobjektů. Jde zejména o stanovení indexu lomu, dvojlomu (orientace), sledování deformačních a destrukčních procesů, měření botnavosti polymeru, o stanovení rychlosti krystalizace a teploty tání polymeru.[4]

Na vyhodnocení těchto vlastností má největší vliv správná příprava vzorků pro následné optické pozorování. Jednou z metod přípravy vzorků je řezání polymeru na mikrotomovém noži (mikrotomu).

Cílem této diplomové práce je vypracování výkresové dokumentace pro konstrukci sáňkového mikrotomového nože (mikrotomu) používaného v laboratořích Fakulty technologické ve Zlíně. Dále pak návrh vylepšení stávajícího mikrotomu z hlediska jeho použití či kusové výroby (v podmínkách UVI).

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Mikrotomový nůž (mikrotom) a jeho použití

Sáňkový mikrotomový nůž (mikrotom) je zařízení, které se používá k přípravě (řezání) vzorků určených k následnému mikroskopickému pozorování. Nejdůležitější části mikrotomu jsou : nůž, svorka na upevnění řezaného bloku a mikrometrický šroub. Po otočení tohoto šroubu se objekt posune nad rovinu řezu nože, který se lehce pohybuje v trochu naolejovaných sáňkách o určitý počet tisícín milimetru. Objekt (v našem případě polymer) se pevně uchycuje do svorky a nůž se mechanicky (ručně) pohybuje až se odřízne vzorek určité tloušťky. U polymerů je optimální tloušťka vzorku 30 - 40 μm .

1.1.1 Mikrotomový nůž

Kromě mikrometrického šroubu je nejdůležitější součástí mikrotomu. Je vyrobený z kvalitní oceli. Jeho příčný průřez se řídí tvrdostí řezaného materiálu. Průřez může být klínový s rovnými řeznými plochami na řezání tvrdých materiálů. Ostří nože se brousí do tupého úhlu brousícími kameny nebo pomocí brousících prášků. Nůž se nastavuje pod určitým úhlem k rovině řezu.

1.1.2 Požadavky na preparát (vzorek)

Podle účelu a optických vlastností objektu volíme způsob jeho pozorování. Zpravidla však je třeba objekt ještě upravit, aby zobrazovací technika poskytla co nejefektivnější výsledky. Pro transmisní mikroskopii se objekt montuje mezi podložní a krycí skla s cílem dosáhnout rovinného uložení a úplného obklopení imerzním mediem. Jde o kapaliny obvykle většího indexu lomu, nežli má objekt (při nižším se ztrácí rozlišení, při stejném kontrast), které po prosycení někdy ponecháváme zpolymerizovat (dočasný nebo trvalý preparát). V zájmu lepšího rozlišení je třeba preparovat objekt v tenkých vrstvách (řezy slabší než 10 μm) a pro zlepšení viditelnosti zvyšovat kontrast barvením. Pro mikroskopii v dopadajícím světle se povrch objektu někdy upravuje broušením, leštěním a leptáním a velmi často se zvyšuje jeho odrazivost vakuovým napařením stříbra nebo hliníku.[4]

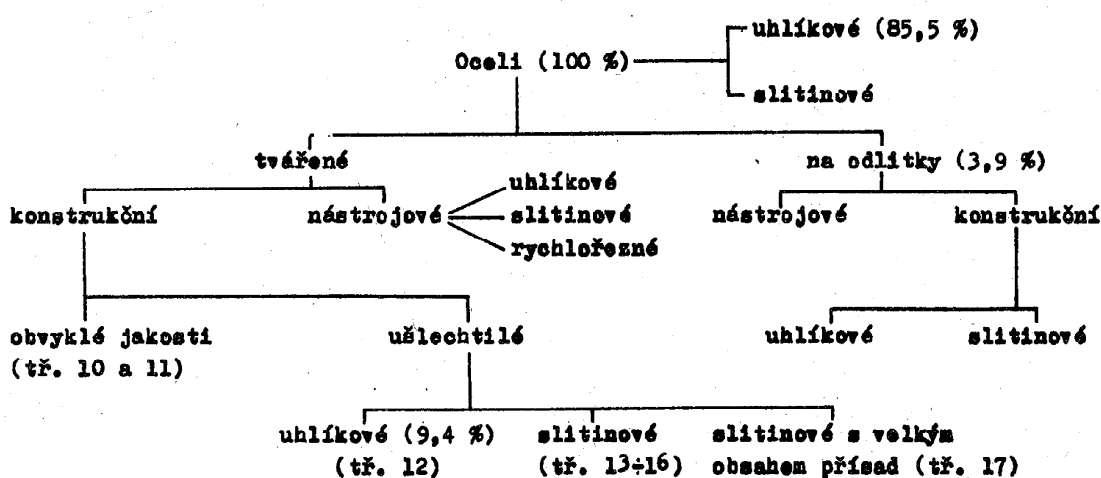
1.1.3 Použití světelné mikroskopie při zkoumání polymerů

Kromě studia morfologie, které je hlavní doménou, slouží světelná mikroskopie ke kvantitativnímu hodnocení optických, mechanických a termodynamických vlastností

mikroobjektů. Jde zejména o stanovení indexu lomu, dvojlohu (orientace), sledování deformačních a destrukčních procesů, měření botnavosti polymeru a permeace nízkomolekulárních kapalin, o stanovení rychlosti krystalizace a teploty tání polymeru. V některých případech je světelná mikroskopie jedinou použitelnou metodou charakterizace samotných mikroobjektů, jindy je měření určité vlastnosti na mikroobjektu vhodnější než na makrovzorku. Je tomu tak například při měření botnavosti, neboť ustavení difuzní rovnováhy je u mikroobjektů mnohem rychlejší (přímo úměrné čtverci velikosti objektu), nebo při studiu termálních procesů, kdy z obdobných důvodů dochází k rychlé výměně tepla s okolím a k potřebnému krátkodobému ustavení požadované teploty vzorku.[4]

1.2 Rozdělení ocelí

Oceli rozdělujeme podle chemického složení na uhlíkové a legované a dále podle způsobu výroby a charakteristického použití, jak je uvedeno přehledně na obr. 1.



Obr. 1. Rozdělení ocelí

Největší význam mají konstrukční oceli, z nichž se vyrábí většina běžných i speciálních součástí strojů a zařízení, pro které jsou rozhodující jejich mechanické vlastnosti, ať ve stavu přírodním nebo tepelně zpracovaném. V menším rozsahu se používají oceli na odlitky. Obě skupiny vyžadují oceli o různém chemickém složení, která určují jejich důležité vlastnosti. Musí však mít také požadované technologické vlastnosti (jako např. obrobitelnost, svařitelnost, tvárnost, oceli na odlitky také slévatelnost), pro speciální účely použití případně odolnost proti korozi, opotřebení nebo pevnost za zvýšených teplot apod.

Proto nelze oceli jednoduše rozdělit na konstrukční a nástrojové, jak uvádí obr. 1. Mnoho konstrukčních součástí s vysokými požadavky odolnosti proti opotřebení je často z nástrojových ocelí a naopak některé druhy nástrojů se zase s výhodou vyrábějí z typických konstrukčních ocelí. Rozhodující tedy není skupina ocelí, ale účel použití, při němž se sleduje nejen splnění požadované funkce, ale také nejnižších výrobních nákladů. Zásadní rozdělení ocelí tvářených na konstrukční a nástrojové je však dobrou orientací v početných druzích a proto dále podle tohoto dělení jsou blíže charakterizovány.[2]

1.3 Přehled a použití ocelí

1.3.1 Tvářené oceli

Tvářené oceli jsou podle chemického složení, případně typického použití, rozděleny do tříd 10 ÷ 19 (s výjimkou třídy 18, v níž jsou zařazeny železné, ocelové a neželezné prášky a slinuté karbidy) , jak je patrné z Tab. I.

Tab.I. Rozdělení tvářených ocelí

Třída ocelí	Druh ocelí podle chemického složení	
10 XXX	Konstrukční uhlíkové oceli obvyklých jakostí (chemické složení se zpravidla neudává a nezaručuje)	Obsah fosforu a síry se nezaručuje v hotovém výrobku; zaručuje se jen v tavebním vzorku ocelí 10 522 a 10 523
11 XXX		Obsah fosforu a síry se v hotovém výrobku, případně v tavebním vzorku, zaručuje, předepsaná vnitřní čistota
12 XXX 13 XXX 14 XXX	Konstrukční oceli ušlechtilé k cementování k zušlechťování k přímému kalení k nitrídování pružinové	Uhlíkové (k cementování, k zušlechťování, pružinové) slitinnové oceli: Mn; Si; Mn-Si oceli: Cr; Mn-Cr; Si-Cr; Cr-Al; Cr-MnSi
15 XXX 16 XXX	Konstrukční oceli ušlechť. k cementování, k zušlechťování, k přímému kalení, k nitrídování, pružinové	oceli: Cr-Mo; Cr-V; Mn-Cr-Mo; Mn-Cr-V; Cr-Mo-V; Cr-Mo-Al oceli: Ni; Cr-Ni; Cr-Ni-Mo; Ni-Cr-W
17 XXX	slitinnové s vysokým obsahem přísadových prvků	oceli: korozi-vzdorné žáruvzdorné
18 XXX	Slinuté prášky ocelové a litinové (uhlíkové a slitinnové). Přídavný materiál pro svařování	
19 XXX	Nástrojové oceli (uhlíkové, slitinnové, slitinnové rychlořezné, slitinnové na lité nástroje).	

Oceli uhlíkové obvyklých vlastností jsou zařazeny ve třídě 10 a 11 a představují asi 80 % objemu výroby všech ocelí.

Oceli tř. 10 obsahují asi 0,1 % uhlíku, ale ČSN nezaručuje jejich chemické složení, ani stupeň vnitřní čistoty, nýbrž jen minimální pevnost v tahu. Jsou většinou dobře svařitelné, obrobitelné i tvárné.

Oceli tř. 11 mají na rozdíl od třídy 10 normou předepsanou vnitřní čistotu omezením max. dovoleného obsahu síry a fosforu (zpravidla do 0,06 % pro každý prvek) .

Oceli pevnostní řady 34, 37, 42 mají nízký obsah uhlíku, jsou vyrobeny z ingotů ukladné oceli a hodí se nejen k cementování a svařování, ale i k tváření zastudena i zatepla.

Oceli pevnostní řady 50, 60 se nehodí ke svařování. Používají se na výrobu jednoduchých normalizovaných součástí (kolíky, klíny, pera, čepy) i složitějších dílců strojů a zařízení. Zvláštním druhem třídy 11 jsou

- **automatové oceli** (ČSN 11107 ÷ 11140) se snadnou obrobitelností a proto se používají na automatech k výrobě šroubů, kolíků a jiných hromadně vyráběných součástí.
- **oceli k hlubokému tažení zastudena** (11300 až 11331) mají max. 0,1 % C a hrubší zrna, které je pro tažení zastudena výhodnější.

Oceli pevnostní řady 70, 80, 90 mají vyšší obsah uhlíku a používají se k výrobě běžných konstrukčních součástí.

Ušlechtilé oceli dalších jakostních tříd 12 ÷ 19 dosahují lepším výběrem surovin, dokonalejším hutnickým pochodem a kontrolou lepších vlastností než oceli třídy 10 nebo 11. Mají normou přesně stanovené chemické složení a taky i max. obsahy škodlivých prvků, které jsou přípustné ve velmi malých množstvích. Proto vykazují i větší vnitřní čistotu. Používají se na všechny nejnáročnější součásti.

Oceli k cementování mají nízký obsah uhlíku (do 0,2 %) a rozdělujeme je na uhlíkové oceli třídy 12 (12010, 12020 s obsahem uhlíku 0,11 % a 0,17 %) a slitinové (14220,

14221), legovaných manganem a chromem. Používají se na náročnější součásti s požadovanou vyšší pevností v jádře.

Oceli k zušlechtování uhlíkové se středním obsahem uhlíku (např. 12050, 12060) se používají na výrobu běžných součástí s požadovanou vyšší pevností.

Oceli s 0,85 % C se používají i v přírodním stavu, neboť dosahují pevnosti okolo 900 N.mm⁻². Často se také zušlechtují na vyšší pevnost a vykazují dobré pružné vlastnosti.

Oceli k zušlechtování slitinové jsou v ČSN uspořádány vzestupně podle obsahu uhlíku a počtu i obsahu slitinových prvků. Tvoří vždy určitý počet druhů ve skupině ocelí vhodných k zušlechtování, např.

Třída 13 oceli 13240, 13242, 13250, 13251, 13269, 13270, 13320 s obsahem uhlíku do 0,6 %, legované Mn, Si a Mn-Si

Třída 14 obsahuje jednak oceli 14000 ÷ 14104 vhodné k zušlechtování na vysokou pevnost, ale častěji na nejvyšší pevnost, např. typická ocel 14100 na kroužky a válečky valivých ložisek.

Oceli 14120 ÷ 14150 jsou vhodné k zušlechtování na pevnost 1000 ÷ 1200 N.mm⁻².

Oceli 14160 ÷ 14200 se vzrůstajícím obsahem uhlíku na 0,6 ÷ 0,9 %, legované Mn, Si, Mn-Si

Oceli 14240 se nejčastěji používají k zušlechtování na pevnost 1200 ÷ 1400 N.mm⁻². Vyznačují se vysokou houževnatostí, dobrou pevností při únavovém namáhání v ohybu a kroucení.

Oceli 14260 jsou vhodné k výrobě náročných pružících součástí (pera, pružiny)

Oceli 14280 ÷ 14281, 14290 s obsahem 0,75 ÷ 0,9 % C jsou již také vhodné k martenzitzickému kalení.

Oceli 14340 s $0,28 \div 0,38$ % C, jsou kvalitní oceli určené k nitridaci.

Oceli 15020 ÷ 15123 s nízkým obsahem uhlíku legované Mn, Cr, Mo, V pro součásti pracující v prostředích vysokých teplot (kotle apod.).

Oceli 15130 ÷ 15151 se středním obsahem uhlíku $0,25 \div 0,45$ % se používají k výrobě ozubených kol.

Oceli 15217 nový typ konstrukčních ocelí s $0,12$ % C, legovaných Si, Cr a $0,65$ % Ni odolávají dobře atmosférické korozi i korozi chemickými výpary.

Oceli 15230, a další 15330, 15340 jsou určené k nitridaci, s obsahem uhlíku kolem $0,3$ %, legované Mn, Cr, V. Jsou vhodné pro rozměrné součásti, vyžadující dlouhé doby ohřevu k austenitizaci.

Oceli 15260, 15261 s $0,5 \div 0,6$ % C, legované Cr-V jsou určené na výrobu ozubených kol.

Oceli 15331 ÷ 15334 legované Mn, Cr, V, jsou určené na součásti pro práci za vyšších teplot (parní turbíny, potrubí chem. průmyslu, oběžná kola turbokompresorů, hnací nápravy motorových vozů železničních a pouličních drah) .

Oceli 15410 ÷ 15420 s nízkým obsahem uhlíku, legované Si, Cr, Mo, V jsou určené pro vysokotlaká zařízení na výrobu benzínu, čpavku, pracující za zvýšeného tlaku při teplotách až do 600 °C.

Oceli 16120, 16130 s nízkým obsahem uhlíku, legované Cr-Mo, nebo Cr-V a $0,5 \div 1 \div 1,8$ % Ni jsou speciálními ocelmi cementačními na výrobu součástí dynamicky velmi namáhaných (např. hřídele, osy) s vysokou pevností v jádře a odolností cementační vrstvy proti opotřebení.

Oceli 16131 ÷ 16342 s nižším a středním obsahem uhlíku legované střídavě Mn, Cr, V, ale vždy s obsahem $0,5 \div 1 \div 2$ % Ni tvoří řadu velmi jakostních ocelí, určených k zušlechťování pro nejnáročnější účely použití.

Oceli 16420 a 16520 s $0,1 \div 0,17$ % C a $3 \div 5$ % Ni jsou nejlepší a nejdražší oceli cementační.

Oceli 16440 a 16640 jsou s $0,3 \div 0,4$ % C a $3,5 \div 5,3$ % Ni nejkvalitnější oceli k zušlechťování na výrobu nejnamáhanějších součástí strojů a zařízení (např. klikové hřídele leteckých motorů).

Korozivzdorné oceli jsou první v pořadí ocelí třídy 17.

Oceli 17021 – 17027 s nízkým obsahem uhlíku a $11 \div 18$ % Cr se používají na součásti určené pro prostředí vodní páry a jiných tekutin, které nejsou agresivnější než voda.

Oceli 17029 s $0,4 \div 0,6$ % C a $14 \div 16$ % Cr se používají v zušlechtěném stavu na chirurgické přístroje a nástroje a se značkou F za označením oceli na výrobu forem na tváření plastů.

Další oceli této třídy 17 s vysokými obsahy legujících prvků, především Cr a Ni mají kromě korozivzdorných vlastností i odolnost proti vůči žáru a teplotě a proto se jejich použití prolíná se skupinou ocelí žáruvzdorných a žárupevných.

Žáruvzdorné a žárupevné oceli se používají na součásti pracující v prostředí vysokých teplot.

Žáruvzdornost je odolnost materiálu proti okysličování za vyšších teplot. Podstatou zvýšené žáruvzdornosti ocelí je vytvoření vrstvy kysličníku Fe_2O_3 a potlačení vzniku FeO. Žáruvzdornosti ocelí se dosahuje zejména přísadou Al, Si, Cr.

Žárupevnost ocelí označuje jejich dostatečnou pevnost za vysokých teplot s vysokými hodnotami meze tečení. Jsou legovány Mn, Si, Mo, Cr, V, W. Při jejich použití je třeba se řídit dovolenou teplotou.

Např.:

Oceli 17113 s $0,1$ % C, $6,5$ % Cr, $0,55$ % Al jsou žáruvzdorné do teploty $800 \div 850$ °C.

a jiné (17115, 17125, 17153, 17161, 17242, 17246 $\div$ 17251, 17253, 17323, 17427)

1.3.2 Nástrojové oceli

Nástrojové oceli tvoří v ČSN samostatnou třídu 19.

Mají podstatný vliv na výrobnost a výrobní náklady. Nástroje musí mít požadované funkční vlastnosti i trvanlivost, neboť na nich je závislá celá řada ekonomických ukazatelů, vyplývajících z jejich použití. Optimálních vlastností dosahují zpravidla tepelným zpracováním (kalením). [2]

Řezné nástroje se používají k třískovému obrábění kovů i nekovů. Řadíme sem i nástroje střižné (nože nůžek, děrovací stroje apod.). Při obrábění materiálu řeznými nástroji se vyvíjí značné množství tepla, ostří ztrácí původní tvrdost, rychle se opotřebí a pozbývá řezných vlastností.

Pro menší řezné rychlosti a nástroje, jimiž se oddělují jen malé rozměry třísek, se používají nástrojové oceli uhlíkové nebo s nižšími obsahy legujících prvků. Pro vysoké řezné rychlosti a velké průřezy třísek je třeba ocelí s vysokým obsahem legujících prvků, které mají v nástrojových ocelích dvojí úlohu. Karbidotvorné prvky (např. Cr, W, V, Mo) vytvářejí zčásti ve struktuře zpravidla komplexní karbidy, které jsou velmi tvrdé a zlepšují řezivost. Zbývající podíl těchto prvků je součástí tuhého roztoku základní struktury ocelí, zv. matrice, v níž zlepšují kalitelnost a odolnost proti popouštění.

Rychlořezné nástroje jsou z rychlořezných ocelí, mají kolem 1 % C a jsou legovány Cr, W, V, Mo, Co. Chrom zajišťuje dobrou kalitelnost, ostatní prvky stálost ostří za vyšších teplot. Základním karbidotvorným prvkem všech ocelí je wolfram. Obsahy těchto prvků jsou v různých druzích ocelí různé a podle převažujících se také zkráceně rozlišují, např. W-V, W-Mo, W-Mo-V-Co.

Nástroje k tváření konstrukčních součástí a lití pod tlakem umožňují hospodárnou výrobu součástí ve velkých sériích bez odpadu materiálu. Na nástrojích se požaduje vzdornost proti opotřebení a vysoká pevnost.

Měřicí nástroje umožňují přesnou kontrolu rozměrů nebo tvarů vyráběných součástí. Požaduje se vysoká tvrdost a proto se vyrábí z kalených ocelí.

Pomocné nástroje a přípravky jsou různá vrtací nebo upínací pouzdra, trny, vložky apod., jsou nezbytnými součástmi výrobních zařízení. Vyžadují podobné oceli jako u měřidel.

1.4 Litiny

Jsou slitiny železa s uhlíkem (nad 2,14 %), křemíkem a manganem s určitým obsahem nečistot, tj. fosforu a síry. Litiny se vyrábějí přetavováním surových želez a kovového odpadu ve slévárenských pecích (kuplovny) a odléváním do forem se získávají odlitky nejruznějších součástí strojů a zařízení.[1]

1.5 Rozdělení litin a použití

1.5.1 Bílá litina

Vyrábí se z bílého surového železa. Tuhnutí podle metastabilní soustavy způsobuje obzvláště zvýšený obsah manganu, který podporuje vznik cementitu. Volně vyloučený cementit je tvrdý, takže jsou bílé litiny velmi křehké. Používá se poměrně málo, a to v těch případech, kdy se uplatní odolnost proti opotřebení a není na závalu vysoká křehkost (např. lopatky tryskáčů, hvězdice omílacích bubnů apod.). Větší význam má při výrobě odlitků z temperované litiny, pro něž je výchozím materiálem.[1]

1.5.2 Šedá litina

Odlitky ze šedé litiny zaujímají důležité místo mezi slitinami železa. I když má šedá litina nižší pevnost v tahu než nelegovaná ocel a nemá plastické vlastnosti (tj. láme se křehce), má řadu vlastností, pro které se tak široce používá v konstrukci strojů. Výhodou je nízká cena a dobrá slévateľnost takže z ní lze odlévat i složité odlitky s malou tloušťkou stěny. Její významnou vlastností je velmi dobrá schopnost útluhu.

Mechanické vlastnosti šedé litiny ovlivňuje hlavně grafit, který je vyloučen ve struktuře jako tzv. lupínkový grafit. Grafit nemá prakticky žádnou pevnost v tahu proto snižuje mechanické vlastnosti základní kovové hmoty. Čím méně ho bude ve struktuře, tím vyšší bude pevnost v tahu a ohybu. Vlastnosti litin jsou také závislé na rozložení grafitu v základní kovové hmotě. Kromě grafitu ovlivňuje pevnost litiny základní kovová hmota.

Ze šedé litiny se odlévají nejruznější odlitky, jako např. smaltované zboží, vodovodní roury, součásti textilních a hospodářských strojů, méně namáhaná ozubená kola, skříně, bloky motorů, hlavy válců, stojany, odlitky obráběcích strojů apod.[1]

1.5.3 Tvárná litina

Tvárná litina vzniká přidáním malého množství hořčíku do roztavené litiny o určitém chemickém složení. Toto očkování hořčíkem způsobí změnu lupínkového grafitu na zrnitý grafit, který porušuje méně základní kovovou hmotu. Tepelným zpracováním po odlití lze získat buď litinu s vyšší pevností a minimální tažností nebo litinu s menší pevností (okolo 400 MPa) a s vysokou tažností.

Tvárná litina nahrazuje ocel v těch případech, kdy stačí její menší houževnatost. Odlévají se z ní např. součásti silničních motorových vozidel, zemědělských strojů, převodové a ložiskové skříně, tělesa armatur apod.[1]

1.5.4 Temperovaná litina

Temperovaná litina je konstrukční materiál, u kterého se vyloučil grafit po tepelném zpracování (temperování) jako vločkový grafit. Temperovaná litina tedy získává příhodný tvar grafitu až tepelným zpracováním. Podle toho v jakém prostředí temperování provádíme, rozlišujeme :

- temperovanou litinu s černým lomem
- temperovanou litinu s bílým lomem
- perlitickou temperovanou litinu.

Nejčastější je temperovaná litina s černým lomem. Pevnost této litiny se pohybuje okolo 330 Mpa. Její význačnou vlastností je opět tažnost. Použití podobné jako u tvárné litiny. Lze však odlévat pouze menší dílce do tloušťky stěny asi 30 mm.[1]

1.6 Tepelné zpracování ocelí

Tepelné zpracování ocelí je úmyslné ovlivňování struktury a tím i vlastností materiálu pomocí voleného teplotního a časového režimu. Většinou je jeho cílem zlepšení mechanických vlastností (pevnosti, tažnosti, tvrdosti, vrubové houževnatosti, odolnosti proti opotřebení). Někdy je však jeho účelem i změna technologických vlastností (např. obrobitelnosti, svařitelnosti, hluboké tažnosti), případně získání zvláštních fyzikálních nebo chemických vlastností (např. elektrické vodivosti, odolnosti proti vlivům chemického prostředí apod.). Změny vlastností slitin železa s uhlíkem tepelným zpracováním souvisejí se změnami struktury, které jsou dány jejich polymorfními vlastnostmi.

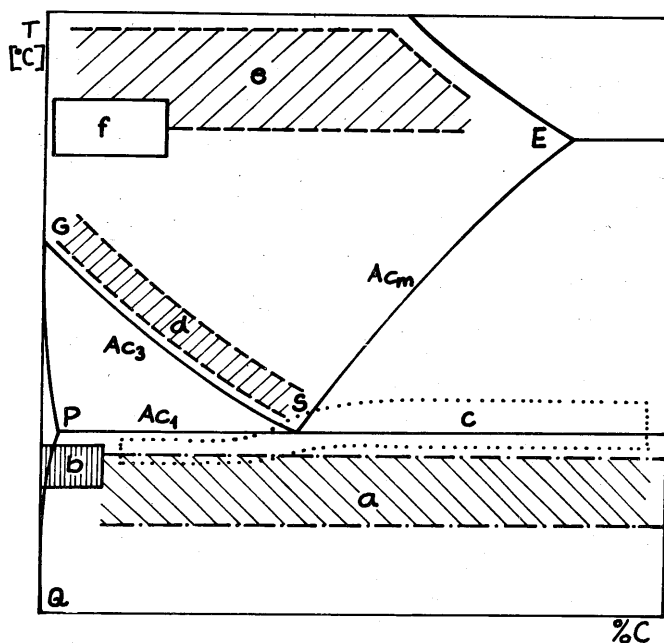
Tepelné zpracování ocelí je pochod, při kterém je součástka podrobena v tuhém stavu jednomu nebo několika tepelným cyklům, aby se dosáhlo požadovaných vlastností. Každý cyklus tepelného zpracování se skládá z ohřevu, výdrže na teplotě a ochlazování.[1]

1.6.1 Žihání

Žihání je tepelné zpracování, při kterém se dílce ohřejí na žihací teplotu a po skončení výdrže na žihací teplotě ochlazují pomalu na klidném vzduchu nebo v nevytápěné peci. Podle výšky teploty se žihání rozděluje na :

- **žihání bez překrystalizace**
 - a) žihání ke snížení pnutí
 - b) žihání rekrystalizační
 - c) žihání na měkko
- **žihání s překrystalizací**
 - d) žihání normalizační
 - e) žihání homogenizační
 - f) ke zvětšení zrna
 - g) žihání izotermické

Označení tepelných oblastí pro různé způsoby žihání se shoduje v obr. 2 s tímto abecedním označením.



Obr. 2. Oblasti žihacích teplot v rovnovážném diagramu

1.6.2 Žihání bez překrystalizace

a) Žihání ke snížení pnutí

Je tepelné zpracování, kterým se mají snížit na minimum pnutí vytvořené v dílci při předchozím tepelném zpracování, mechanickém opracování, svařování nebo po ztuhnutí odlitku ve formě. Používá se také před kalením hrubovaných dílců, které se jinak při ohřevu na kalicí teplotu deformují. U ocelí se provádí žihání ke snížení pnutí obvykle jako několik hodinová výdrž při teplotách 600 až 630 °C. Ohřev i ochlazování musí být pomalé.

b) Žihání rekrystalizační

Je ohřev materiálu na teplotu 550 – 700 °C s výdrží asi 1 až 5 hod. Definuje se jako ohřev ocelí tvářených za studena na teplotu, při které se odstraní zpevnění, vyvolané předchozím tvářením za studena.

c) Žihání na měkko

Při žihání na měkko se lamelární perlit mění na zrnitý, čímž se zlepši obrobitelnost tvrdších ocelí. Provádí se také před kalením nadeutektoidních nástrojových ocelí.

1.6.3 Žihání s překrystalizací

d) Žihání normalizační

Normalizačním žiháním se zjemní austenitické zrno a zvýší se mechanické vlastnosti ocelí. Používá se proto u všech litých a tvářených ocelí tř. 12 až 16. Nedoporučuje se u ocelí, které se kalí na vzduchu, tj. u většiny legovaných nástrojových ocelí.

e) Žihání homogenizační

Homogenizačním žiháním se vyrovnává chemická nestejnorodost, která vzniká při tunutí odlitků nebo ingotů. Homogenizační teplota se volí vysoká. U ocelí se pohybuje obvykle v rozmezí 1100 až 1250 °C. Výdrže na teplotě jsou dlouhé (10 až 15 hod.). Při homogenizačním žihání zhrubne zrno austenitu. Jeho zjemnění se dosahuje následujícím tvářením za tepla (kování, válcování) nebo dalším tepelným zpracováním (normalizace).

g) Žihání izotermické

Aplikace tohoto žihání u slitinových ocelí vede ke zlepšení obrobitelnosti i jakosti obráběného povrchu za současného možného zkrácení doby tepelného zpracování.[1]

1.6.4 Kalení

Některé díly technologických zařízení z konstrukčních ocelí a téměř všechny nástroje a díly nářadí musí mít vysokou tvrdost, pevnost, houževnatost a dobrou odolnost proti opotřebení. Tyto vlastnosti získává ocel kalením.

Kalení je tepelné zpracování, které se skládá z ohřevu materiálu na kalicí teplotu, výdrže na této teplotě a ochlazování větší rychlostí než je kritická.

Nejdůležitějším předpokladem ocelí vhodných ke kalení je **kalitelnost**. Je to schopnost dosáhnout ochlazením z kalicí teploty nerovnovážného strukturního stavu, který se projevuje zvýšenou tvrdostí.[2]

1.7 Chemicko-tepelné zpracování ocelí

Tímto postupem se vytvářejí na povrchu ocelových součástí v místech, která mají odolávat opotřebení, chemickým vlivům nebo opalu ochranné vrstvy, jejichž chemické složení je odlišné od základní oceli. Jádru však zůstává beze změny.

V podstatě jde o difuzní obohacování povrchových vrstev součástí v průběhu jejich ohřevu na poměrně vysoké teploty určitým prvkem, který způsobuje požadované změny vlastností (tj. zvýšenou odolnost proti opotřebení, korozi, žáru). Sycení povrchu oceli se provádí různými prvky (např. uhlíkem, dusíkem, sírou, chromem, hliníkem apod.).[1]

1.7.1 Cementování

Cementování je nasycování povrchu nízkouhlíkových ocelí uhlíkem a následné zakalení. Je to nejpoužívanější postup chemicko-tepelného zpracování ocelí. Nasycuje se při něm uhlíkem povrch ocelí s nízkým obsahem uhlíku (do 0,25 % C, které nejsou kalitelné) a tím se vytváří vrstva obohacená uhlíkem až na koncentraci ~ 0,9 % C. Poté se zakalí a dosáhne se tak vysoké tvrdosti povrchu při zachování houževnatosti základního materiálu v jádru. Cementuje se při teplotách 850 – 950 °C, tloušťky vrstev (podle velikosti součástí) jsou 0,5 ; 1; 2 výjimečně 5 mm. Tvrdost vrstvy dosahuje hodnot min. HRC 60.

Rozlišujeme tři druhy cementování : v tuhém prostředí, v tekutém prostředí a v plynných prostředích.[1]

1.7.2 Nitridování

Nitridování je syčení povrchu oceli dusíkem v plynném nebo kapalném prostředí, při kterém se vytvoří povrchová vrstva s velice tvrdými nitridy legujících prvků. Jádru součástky není ovlivněno. Nitridování se provádí za teplot 500 - 600 °C. Dosažitelné tloušťky vrstev jsou mnohem menší, než při cementování i při dlouhých dobách nitridace, které mohou být i 100 hodin. Ve strojírenství se však používají poměrně tenké vrstvy jen několik setin mm, a to na hotových (broušených) součástkách. Tvrdosti nitridovaných vrstev dosahují až HV 1000.[1]

1.7.3 Difuzní borování

Difuzní borování je nový způsob chemicko-tepelného zpracování pro uhlíkové a nízkolegované oceli. Předností je vysoká tvrdost (až HV 1500) a tím velká odolnost součástí proti otěru a opotřebení. Borované vrstvy jsou tvořeny křehkými částicemi FeB nebo houževnatějšími, ale zase měkčími částicemi Fe_2B nebo ze směsi obou.

1.8 Metody procesu obrábění

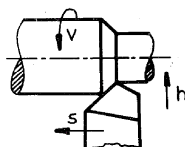
Obrábění je technologie, při které nástroj odebrává z povrchu polotovaru třísku a tím vytváří tvary hotového výrobku – obrobku. V technologii obrábění se používají 4 skupiny metod, které se od sebe liší charakteristickými znaky a řeznými podmínkami. Tyto zvláštnosti mají rozhodující vliv na konstrukci obráběcího stroje, stav obrobku a nástroje, skladbu technologického procesu a na metodiku obrábění.

Nejčastěji tyto činnosti dělíme na:

- metody obrábění nástroji s definovanou geometrií (soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, hoblování, obrážení, protahování)
- metody obrábění nástroji s nedefinovanou geometrií, tzv. přesné a dokončovací metody obrábění (broušení, superfiniš, honování, lapování, leštění, omílání)
- nekonvenční metody obrábění (elektrické, laserové atd.)
- úprava obrobených ploch [1]

1.8.1 Soustružení

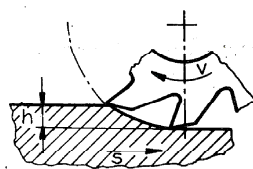
Soustružení je strojní obrábění vnějších, vnitřních a čelních ploch na rotačních obrobcích, které konají hlavní pohyb (v) rotační. Vedlejší pohyby – posuv (s) a přísm (h) vykonává jednobřítý nástroj – soustružnický nůž (obr. 3)



Obr. 3. Elementární ukázka metody soustružení

1.8.2 Frézování

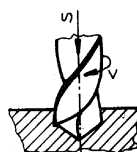
Frézování je metoda strojního obrábění rovinných i tvarových ploch na nerotačních obrobcích, u které vícebřítý nástroj - fréza koná hlavní pohyb (v) rotační. Vedlejší pohyby – posuv (s) a hloubka záběru (h) jsou nejčastěji přímočaré, kolmé nebo rovnoběžné s osou hlavního pohybu a koná je převážně obrobek (obr. 4)



Obr. 4. Elementární ukázka metody frézování

1.8.3 Vrtání

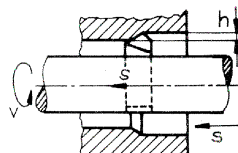
Vrtání je strojní obrábění děr dvoubřítým nástrojem – šroubovým vrtákem. Hlavní pohyb (v) je rotační a vykonává jej nástroj současně s vedlejším pohybem – posuvem (s) (obr. 5)



Obr. 5. Elementární ukázka metody vrtání

1.8.4 Vyvrtávání

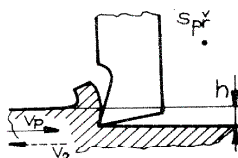
Vyvrtávání je metoda obrábění rotačních i čelních ploch, zpravidla na rozměrných a hmotných obrobkách. Jednobřítý nástroj – vyvrtávací nůž koná současně hlavní pohyb (v) rotační i vedlejší pohyby posuv (s) a příisuv (h).



Obr. 6. Elementární ukázka metody vyvrtávání

1.8.5 Hoblování, obrážení

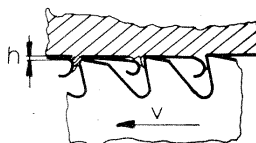
Jsou metody obrábění rovinných a tvarových ploch jednobřítými nástroji – hoblovacími a obrážecími noži, s hlavním pohybem (v) přímočarým a vedlejšími pohyby ($s_{př}$ a h) kolmými na směr hlavního pohybu. Hlavní pohyb (v) koná obrobek – u hoblování, nebo nástroj – u obrážení a má dvě složky pracovní (V_p) a zpětný (V_z).



Obr. 7. Elementární ukázka metody hoblování, obrážení

1.8.6 Protahování

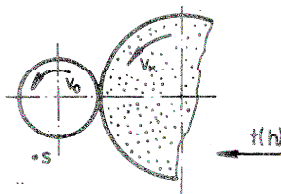
Protahování je metoda strojního obrábění zejména tvarových obrobků, vyznačující se tím, že vícebřítý nástroj – protahovací trn obrábí celý povrch obrobku v průběhu 1 pracovního zdvihu nástroje. Hlavní pohyb (v) přímočarý koná nástroj a vedlejší pohyby (s a h) jsou dány konstrukcí nástroje.



Obr. 8. Elementární ukázka metody protahování

1.8.7 Broušení

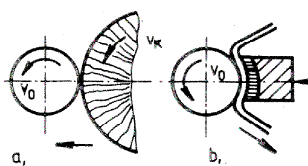
Broušení je metoda strojního obrábění, u které mnohabřitý brusný nástroj koná hlavní pohyb rotační a odřezává třísky proměnného průřezu vysokou řeznou rychlostí. Vedlejší pohyby přímočaré nebo i rotační vykonává obrobek, případně nástroj.



Obr. 9. Elementární ukázka metody broušení

1.8.8 Leštění

Je jemné obrábění strojní nebo ruční prováděné plstěnými a lamelovými leštícími kotouči, konajícími hlavní pohyb rotační, případně brusnou páskou přitlačovanou měkkou podložkou na obrobek pohybující se rychlostí blíží se broušení.



Obr.10. Elementární ukázka metody leštění

2 PRAKTICKÁ ČÁST

Úkolem mé práce bylo nakreslit 3D sestavu a výkresovou dokumentaci sáňkového mikrotomu používaného v laboratořích Fakulty technologické ve Zlíně. Dále pak navrhnout určité změny a vylepšení stávajícího mikrotomu.

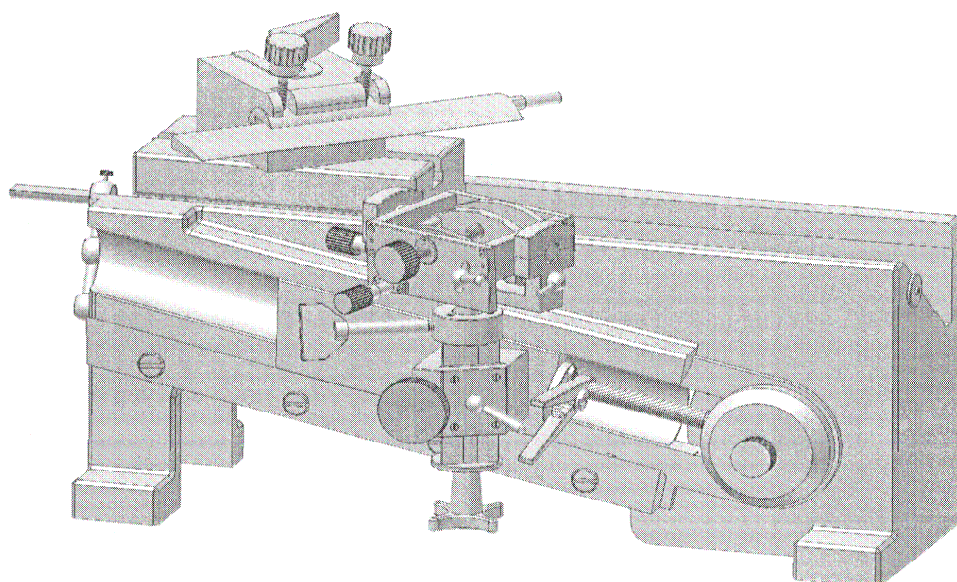
2.1 Použité systémy

Pro konstrukci mikrotomu a tvorbu výkresové dokumentace byl použit program *Autodesk Inventor 8*.

2.2 Konstrukce mikrotomu

(celková sestava viz. výkres F-01)

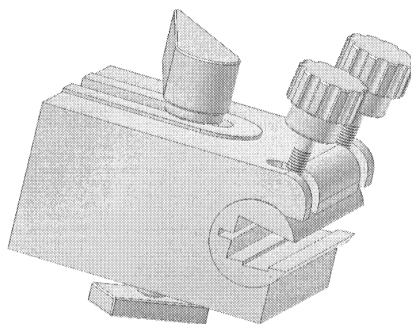
Sáňkový mikrotom je zařízení, které se používá k přípravě (řezání) vzorků určených k následnému mikroskopickému pozorování. Po otočení mikrometrického šroubu se objekt posune nad rovinu řezu nože, který se lehce pohybuje v trochu naolejovaných sádkách, o určitý počet tisícín milimetru. Objekt (v našem případě polymer) se pevně uchycuje do svorky a nůž se mechanicky (ručně) pohybuje až se odřízne vzorek určité tloušťky.



Obr. 11. 3D model sáňkového mikrotomu

2.2.1 Upínací zařízení nože

Kostrá je odlitá ze šedé litiny. (Ekonomicky výhodnější je výroba z oceli pomocí obrábění). Slouží k uchycení nože a umožňuje libovolně měnit jeho úhel sklonu k rovině řezu.



Obr. 12. 3D model upínacího zařízení nože

2.2.2 Mikrotomový nůž

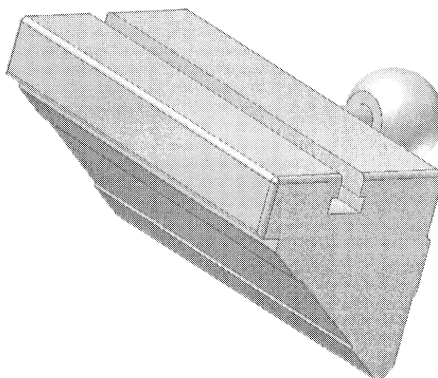
Ocelové mikrotomové nože se vyrábějí z vysoce kvalitní nástrojové uhlíkové oceli. Pro řezání plastů se používají nože s klínovým profilem.



Obr. 13. 3D model mikrotomového nože

2.2.3 Jezdec nože

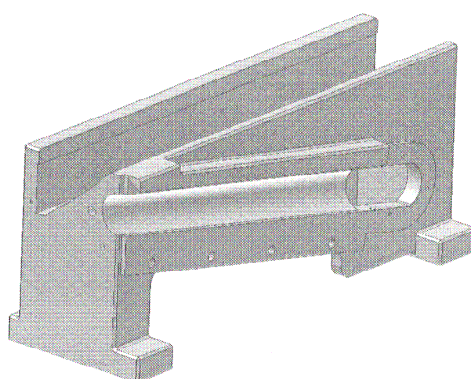
Odlitek ze šedé litiny. (Ekonomicky výhodnější je výroba z oceli pomocí obrábění). Je na něm polohovatelně uchyceno upínací zařízení nože. Celý jezdec je umístěn v základně mikrotomu a mechanicky se pohybuje v naolejovaných sáňkách.



Obr. 14. 3D model jezdcu nože

2.2.4 Základna mikrotomu

Je vyrobena odlitím ze šedé litiny. (Ekonomicky výhodnější je výroba z oceli pomocí obrábění). Celá konstrukce je poměrně těžká, aby se zajistila dobrá stabilita a omezily nežádoucí vibrace při řezání.

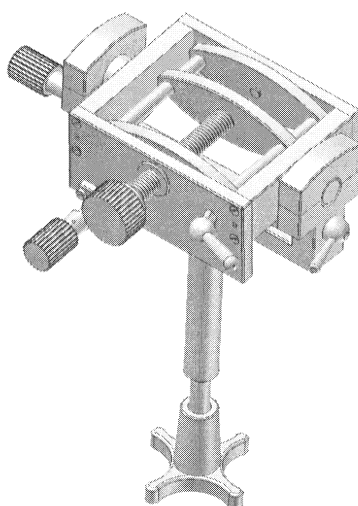


Obr. 15. 3D model základny mikrotomu

2.2.5 Upínací zařízení vzorku

(sestava viz. výkres F-01-18)

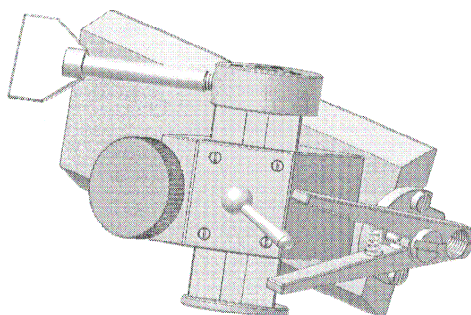
Slouží k uchycení řezaného materiálu. Jeho konstrukce je taková, aby bylo umožněno řezaný materiál polohovat ve všech směrech.



Obr. 16. 3D model upínacího zařízení vzorku

2.2.6 Jezdec vzorku

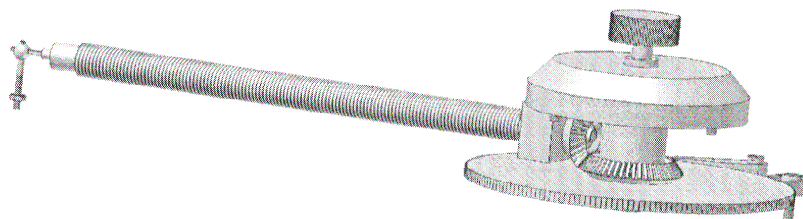
Je na něm polohovatelně uchyceno upínací zařízení vzorku. Jezdec se pohybuje v naolejovaných sádkách. Tento pohyb je zajištěn svorkami, které slouží k přeměně otáčivého pohybu na posuvný (k přeměně krouticího momentu v osovou sílu). Otáčivý pohyb vyvozuje válec s vnějšími závity.



Obr. 17. 3D model jezdce vzorku

2.2.7 Mikrometrický šroub

Zajišťuje mikrometrický posuv řezaného vzorku. Mechanickým otáčením o jednotlivé dílky se pomocí kuželového soukolí přenáší krouticí moment na válec s vnějším závitem.



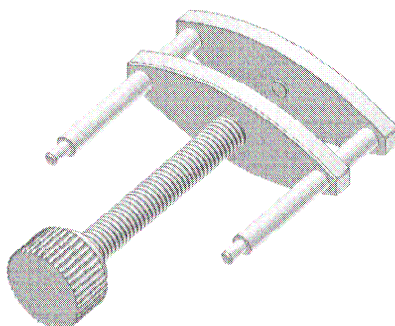
Obr. 18. 3D model mikrometrického šroubu

2.3 Návrh změn stávajícího mikrotomu

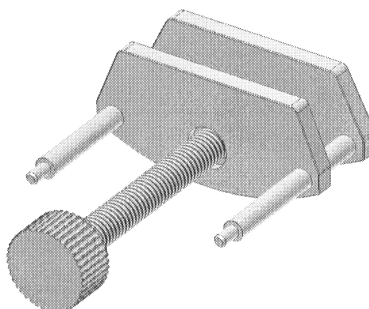
Největší díly mikrotomu (základna, jezdec nože, kostra upínacího zařízení nože) jsou odlitky ze šedé litiny. Případná výroba těchto dílů by tudíž musela zahrnovat konstrukci forem, což je finančně nákladná záležitost. Proto navrhuji výrobu z oceli pomocí obrábění. Po praktické poradě s lidmi, obsluhující tento mikrotom, jsem dále dospěl k určitým dílčím změnám. A to:

2.3.1 Úprava upínacího zařízení vzorku

Stávající zařízení zcela vyhovuje, potřebujeme-li řezat vzorky materiálu příčně upnutého mezi svorky upínacího zařízení. Problém nastává při potřebě podélného upnutí materiálu ve směru jeho dřívějšího vytlačování. Je to způsobeno malou plochou upínacích svorek, která se podílí na podélném upnutí materiálu. Vylepšení spočívá ve zvětšení použitelné plochy svorek. (viz. výkresy F-02; F-03)



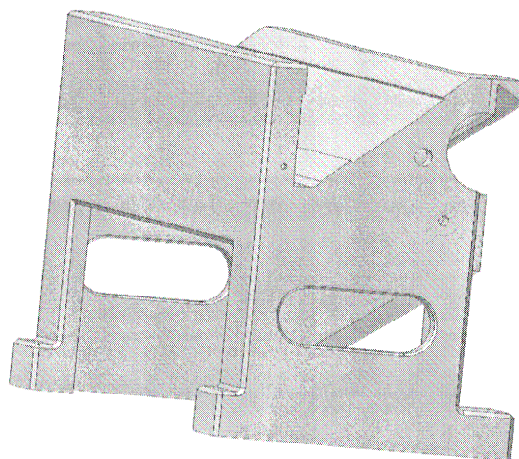
Obr. 19. 3D model původních svorek upínacího zařízení



Obr. 20. 3D model upravených svorek upínacího zařízení

2.3.2 Zlepšení manipulovatelnosti mikrotomu

Největší části zařízení jsou odlitky ze šedé litiny a tudíž je hmotnost mikrotomu poměrně vysoká. Zcela vyhovující pro zlepšení manipulace se jeví vytvoření oválných otvorů v základně mikrotomu.



Obr. 21. 3D model oválných otvorů pro zlepšení manipulace

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byla konstrukce a výkresová dokumentace sáňkového mikrotomu používaného v laboratořích Fakulty technologické ve Zlíně. Vše se provádělo pomocí programu Autodesk Inventor.

První část úkolu spočívala ve změření všech částí mikrotomu pomocí digitálního posuvného měřidla. Z těchto hodnot jsem poté vytvořil ve výše zmíněném programu 3D model a také výkresovou dokumentaci.

Autodesk Inventor se ukázal jako vhodný systém pro modelování a sestavování 3D dílů. Především pak pro rychlost přeměny z 3D na 2D.

V závěrečné části úkolu je návrh případných změn a vylepšení stávajícího mikrotomu. Dospěl jsem k použití oceli a obrábění při výrobě největších dílů zařízení (základna, jezdec nože, kostra upínacího zařízení nože). Dále se pak jedná o vyřešení problému při řezání podélně uchycených proužků materiálu do svorek upínacího zařízení a o zlepšení manipulace s mikrotomem. Názorně je to ukázáno v praktické části této bakalářské práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) LUKOVICS, I.: Konstrukční materiály a technologie, VUT Brno, 1991, 272 s. ISBN: 80-214-0399-3.
- 2) KAŠTÁNEK, O.: Strojírenské materiály a technologie, VUT Brno, 1979, 308 s.
- 3) PTÁČEK, L. a kolektiv.: Nauka o materiálu II., 2. opr. a roz. vyd., Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002, 392 s. ISBN: 80-7204-248-3
- 4) AKADEMIE VĚD.: Malé makromolekulární monografie, svazek 8, Praha, 1971, 451 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	Česká státní norma
HRC	Měření tvrdosti dle Rockwella
HV	Měření tvrdosti dle Vickerse
3D	Třírozměrný prostor
2D	Dvourozměrný prostor

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Rozdělení ocelí
Obr. 2	Oblasti žíhacích teplot v rovnovážném diagramu
Obr. 3	Elementární ukázka metody soustružení
Obr. 4	Elementární ukázka metody frézování
Obr. 5	Elementární ukázka metody vrtání
Obr. 6	Elementární ukázka metody vyvrtávání
Obr. 7	Elementární ukázka metody hoblování, obrážení
Obr. 8	Elementární ukázka metody protahování
Obr. 9	Elementární ukázka metody broušení
Obr. 10	Elementární ukázka metody leštění
Obr. 11	3D model sáňkového mikrotomu
Obr. 12	3D model upínacího zařízení nože
Obr. 13	3D model mikrotomového nože
Obr. 14	3D model jezdce nože
Obr. 15	3D model základny mikrotomu
Obr. 16	3D model upínacího zařízení vzorku
Obr. 17	3D model jezdce vzorku
Obr. 18	3D model mikrometrického šroubu
Obr. 19	3D model původních svorek upínacího zařízení
Obr. 20	3D model upravených svorek upínacího zařízení
Obr. 21	3D model oválných otvorů pro zlepšení manipulace

SEZNAM TABULEK

Tab. I Rozdělení tvářených ocelí

SEZNAM PŘÍLOH

Úplná výkresová dokumentace sáňkového mikrotomu.....2 sestavy + 55 detailů