

NETISKNOUT!
Titulní list

Blank area for the diploma work content.

NETISKNOUT!
Zadání první strana

NETISKNOUT!
Zadání druhá strana

NETISKNOU!

Licenční smlouva – oboustranně první strana

NETISKNOUT!

Licenční smlouva – oboustranně druhá strana

ABSTRAKT

Diplomová práce řeší návrh konstrukce jednoúčelového stroje na obrábění zkušebních tělísek z polymerních kompozitních materiálů plněných sklem. Tento stroj je určený pro opracování zkušebních tělísek v rozmezí 3 x 5 mm až 4 x 8 mm. Polotovarem mohou být profily do maximálního průřezu 20 mm, nebo 20 x 20 mm. Na základě zadaných parametrů jsem zpracoval návrh konstrukčního řešení, návrh celkové sestavy včetně pohonu, vlastního vedení profilu, chlazení a odvodu třísek.

Klíčová slova

Jednoúčelový obráběcí stroj

Polymerní kompozitní materiál plněný sklem

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DEKAŘ, R. *NÁVRH JEDNOÚČELOVÉHO STROJE NA OBRÁBĚNÍ ZKUŠEBNÍCH TĚLÍSEK Z POLYMERNÍCH KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ PLNĚNÝCH SKLEM*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 60 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Bronislav Foller, Ph.D.

EXTRACT

Diploma work deals with the proposal of single purpose machine for the machining of test dumb bells of polymer composite material filled with glass fibre. The purpose of this machine is to process the test parts with dimensions of 3x5 mm up to 4x8 mm. The machined part can have a profile with a maximum cross section 20 mm, or 20x20 mm. Based on the given parameters I prepared the proposal of the engineering process the overall set up including the drive force, its own feeding of the object, cooling and waste removal.

Key words

Single purpose machine for machining

Polymer composite material filled with glass

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Stroj na obrábění zkušebních tělísek vypracoval samostatně včetně příloh s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Břeclavi dne: 23.5.2008

.....
Roman Dekař

Poděkování

„Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi pomáhali při řešení této diplomové práce. Hlavně děkuji vedoucímu diplomové práce za jeho cenné rady, připomínky, návrhy a pomoc při řešení.“

OBSAH

Abstrakt	7
Prohlášení	9
Poděkování	10
Obsah	11
Úvod	13
1 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY	15
1.1 Polymery	17
1.2 Přehled firem pracujících s kompozitními materiály	19
1.2.1 Firma GDP Koral s.r.o., Tišnov	19
1.2.2 Firma Vedex s.r.o.	21
2 ROZBOR ZADÁNÍ	22
2.1 Patentová rešerše	22
2.2 Požadavky na jednoúčelový stroj	22
2.3 Varianty řešení konstrukčního návrhu jednoúčelového stroje	23
2.3.1 První varianta	23
2.3.2 Druhá varianta	24
2.4 Základní rozměry jednoúčelového obráběcího stroje	25
3 PROJEKČNÍ NÁVRH JEDNOÚČELOVÉHO OBRÁBĚCÍHO STROJE	28
3.1 Výběr motoru	28
3.2 Výběr řemenů a řemenic	29
3.3 Výběr brusného kotouče	32
3.4 Chlazení a odvod třísek	33
3.5 Vlastní vedení materiálu	35
3.6 Uložení brusných kotoučů	36
4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	38
4.1 Nastavení vstupních a výstupních rozměrů	38
4.2 Nastavení rozměrů brusných kotoučů	39
4.3 Směr otáčení brusných kotoučů	41
4.4 Napínání klínových řemenů	42
5 ANALÝZA RIZIK	44

6 VÝPOČTOVÁ ČÁST	46
6.1 Výpočet trvanlivosti ložiska	46
6.2 Výpočet zatížení vedení brusných kotoučů	47
7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	53
Závěr	54
Seznam použitých zdrojů	55
Seznam použitých zkratk a symbolů	57
Seznam příloh	59

ÚVOD

Současná moderní a rychlá doba vyžaduje kromě klasických materiálů stále více i sofistikované materiály s novými vlastnostmi a možnostmi na zpracování a využití .

Náhrada kovů za lehké a výkonné technické materiály je trendem zejména v oblastech kde se klade velký důraz na úspory hmotnosti při současné velké pevnosti a tím i úspory energie. Snaha je přiblížit se vlastnostem kovů směsmi plastů které jsou zesilovány polyamidy skleněných a uhlíkových vláken. Tyto materiály se nazývají kompozity.

Přestože nauka o kompozitech je chápána jako moderní vědní odvětví nauky o materiálu, jsou kompozity používány našimi předky již od nepaměti, a to zejména pro jejich výborné mechanické vlastnosti. Typickými, dávno známými kompozity jsou dřevo a stébla (tvořená pružnými vlákny celulózy a tvrdým ligninem), kosti (pružná bílkovinná tkáň a tvrdé soli vápníku a fosforu). Hlavní aplikační oblastí bylo stavebnictví, kde lidé pomocí rostlinných vláken vyztužovali jílovitá pojiva.

Pravěký člověk vyráběl velmi kvalitní kompozitní luky (z dřeva a rohoviny) a rovněž damascenská ocel z níž byly zhotovovány meče samurajů , patří mezi kompozity. Běžným kompozitním materiálem současnosti je železobeton (tvrdý, ale křehký beton plus měkčí, ale pružné ocelové pruty), nebo sklolaminát (epoxidové pryskyřice nebo termoplasty, zpevněné skleněnými vlákny), či materiál pro výrobu „neviditelných“ letadel (polymer plus uhlíková vlákna). I tak známě výrobky, jako jsou pneumatiky nebo moderní laminátové lyže jsou typickými vícesložkovými kompozity.

Moderní kompozity pronikají stále více do běžného života. Setkáme se s nimi ve zdravotnictví (bílé plomby, náhrady kostí, atd.), v automobilovém průmyslu (interiér, nárazníky, ale i části motorů) ve stavebnictví , letecké a kosmické

technice, při výrobě lodí, rozvodu elektrické energie, výrobě sportovních potřeb atd. Proto jsou kompozity dalším kandidátem (stejně jako keramika), po němž by mohla být nazvána doba, která nahradí dobu železnou.

1 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY

V současné době obrovského technického vývoje a miniaturizace nemožno vystačit jen se zlepšováním konstrukčního řešení součástí, často je potřebné sáhnout k principiálně novým materiálům, zabezpečujícím kombinaci různých, z dnešního pohledu zdánlivě protichůdných vlastností. Nové materiály jsou nevyhnutelnou podmínkou pokroku.

Kompozity jsou kombinací minimálně dvou principiálně odlišných materiálů (s rozdílnými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi), které se nedají dosáhnout použitím jednotlivých složek samostatně. Jsou definovány jako vícesložkové, nebo vícefázové materiály, přičemž důležitou roli u nich nehrají pouze složky či fáze, ale i rozhraní mezi nimi. [23]

Kompozity jsou tvořeny vyztužujícím materiálem a pojivem - matricí.

Vyztužující vlákna (jejich objem může v některých případech dosáhnout podílu až 80 %):

- přírodní (bavlna, juta, celulóza)
- anorganická (skelná, uhlíková, kovová, bórová)
- organická (polyamidy, UHMPWPE – polyetylén s ultravysokou molekulovou hmotností)

Matrice:

- pryskyřice, polymery
 - reaktoplasty (UT – polyester, EP – epoxidy, PIM - polyimidy)
 - termoplasty (PP – polypropylény, PA – polyamidy, PEEK - polyéter)
 - kaučuky
- silikáty (sklo, cement, keramika),
- kovy (zejména hliník a jeho slitiny).

Podle tvaru a prostorového uspořádání vyztužujících vláken lze kompozity klasifikovat následujícím způsobem:

- jednosměrné (vlákna jsou orientována v jednom směru)
 - krátkovláknové (poměr délky vlákna k jeho průměru je menší než 100)
 - dlouhovláknové (poměr délky vlákna k jeho průměru je větší než 100)
- pregregy (nevytvrzenou pryskyřicí proimpregnované vrstvy vláken ve tvaru tenkých pásů různé šířky)
- tažené profily (tyčovina)
- mnohosměrné (vlákna jsou náhodně, nebo pravidelně orientována dvěma či více směry):
 - krátkovláknové
 - dlouhovláknové:
 - lamináty (střídání vrstev jednosměrných kompozitů se stejnými nebo různými vzájemnými orientacemi výztuže),
 - lamináty s tkanou výztuží (vlákna jsou před prosycením pryskyřicí utkána běžnými nebo speciálními textilními technologiemi),
 - lamináty s netkanou výztuží (vlákna jsou zpracována do roun, aniž by byla tkána),
 - tažené profily (komplikovanější tvary s kombinací vyztužujících vláken).[9]

Výhody polymerních kompozitů:

- vynikající mechanické vlastnosti (pevnost, modul pružnosti)
- odolnost proti korozi v širokém spektru agresivních prostředí
- nízká měrná hmotnost (4x lehčí než ocel)
- snadná montáž a minimální dlouhodobá údržba
- vysoká tvarová komplexnost relativně snadno dosažitelná
- nízká tepelná vodivost, nulový útlum elektromagnetických vln
- zanedbatelné ztráty elektromagnetického záření (kryty telekomunikačních a radarových antén)
- snadné probarvení v objemu, možná průsvitnost, snadné úpravy povrchu
- malý odpor proudění tekutin (při aplikacích v trubkách).

V praxi je třeba kromě výhod pečlivě zvážit i případné nevýhody kompozitů. Některé z nich nejsou skutečnými nevýhodami, spíše vyjadřují významnou odlišnost od tradičních materiálů způsobující komplikaci při konstruování s nimi. Mezi takové „nevýhody“ patří i fakt, že ve většině případů je kompozitní materiál vyráběn v jednom kroku s konečným produktem (laminace sportovních lodí, navíjení rybářských prutů, tažení profilů, atd.) a je tedy obtížné oddělit od sebe vlastnosti materiálu od užitných vlastností výrobku, což je u tradiční konstrukční oceli velmi snadné a podstatně to zjednodušuje optimalizaci a spolehlivost konstrukčních postupů. Mezi nevýhody těchto materiálů lze zařadit i nižší teploty použití, vyšší kilogramovou cenu a menší objem a dostupnost konkrétních dat pro ekonomicky úspěšné konstrukční aplikace.[10]

1.1 Polymery

Polymery se vyrábí z levných a dostupných surovin a mohou nejen nahrazovat četné klasické materiály (kovy, keramiku, sklo, dřevo, vlnu, kůži, přírodní kaučuk apod.), ale mohou mít často vlastnosti velmi odlišné a tím umožnit zcela nová materiálová řešení a zcela nové aplikace.

Ve srovnání s kovy mají polymery nízkou hustotu, většinou velmi dobré elektroizolační vlastnosti a odolnost vůči korozi. Vlastnosti polymerů mohou být velmi variabilní a mnohé z nich - tzv. inženýrské a speciální plasty – mohou být použity i pro značně náročné nebo špičkové aplikace. V plné míře to pak platí pro vícefázové polymerní systémy – slitiny, modifikované plasty, kompozitní materiály. Vedle mnohých výhod je třeba zmínit i některé nedostatky: polymery mají zpravidla nízkou tuhost, časté jsou potíže s regenerací odpadu, bez antistatických úprav mají sklon ke vzniku elektrostatických nábojů, oprava výrobků je často problematická nebo nemožná.

Důležité polymerní materiály na bázi jak termoplastů, tak reaktoplastů s rozsáhlým průmyslovým využitím získáváme jejich modifikacemi plnivy a výztužemi. Jako plniva se používají např. křída, mastek, mletý vápenec, slída,

ale též dřevná moučka aj. Výztužemi jsou materiály vláknité struktury – skleněná vlákna, uhlíková vlákna apod. Výsledkem jsou rozmanité kompozitní materiály často s komplikovanou (např. vrstvenou) strukturou. Mnohé fyzikálně-mechanické vlastnosti těchto kompozitních materiálů jsou výhodnější, než u materiálů kovových - mají nižší měrnou hmotnost, větší schopnost tlumit vibrace, převážně i větší pevnost v tahu, avšak nevýhodou ve srovnání s kovy může být menší tvrdost i nižší modul elasticity.

Přestože jsou makromolekuly jedním z nejrozšířenějších druhů organických látek v přírodě, větší pozornost jim byla věnována až po první světové válce. Poté, jak byly zjištěny jejich výborné vlastnosti i možnost praktického využití, šel jejich vědecký a technický vývoj velmi rychle kupředu.

Termoplasty (např. polyetylen) mají dlouhé molekuly, jejichž délka s rostoucí teplotou klesá, polymer degraduje a ztrácí své původní dobré vlastnosti.

Polymery (např. Bakelit) mají síťovou strukturu, která je činí pevnými. Při vyšších teplotách se rozpadávají (oxidují).

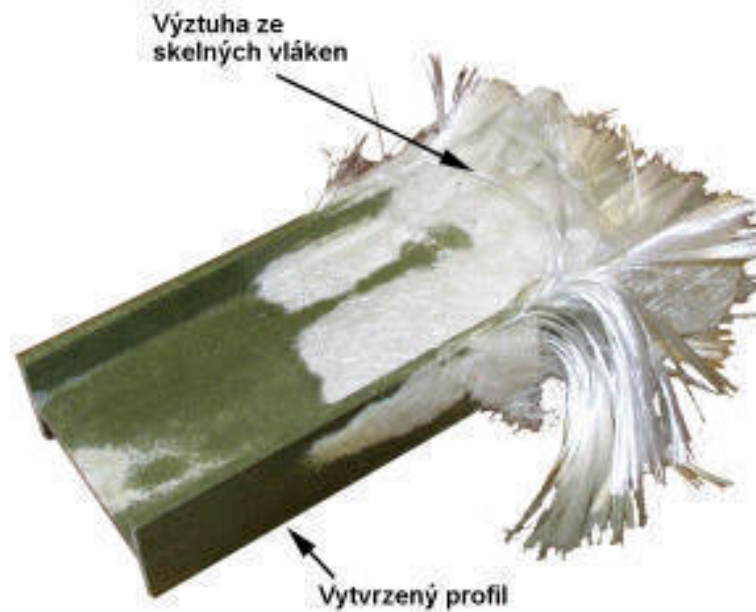
Jiné dělení polymerů vychází ze způsobu jejich vzniku:

Polymery přírodní (bílkoviny, škrob, celulóza, kaučuk a látky syntetické, ale přírodním polymerům podobné (celuloid, vulkánfibr, viskóza, umělé hedvábí, umělá rohovina apod.).

Polymery syntetické (polyetylen, polyvinylchlorid, atd.)

Dále můžeme dělit polymery podle způsobu jejich použití a to na vlákna, fólie, desky, trubky, laky, elastomery (kaučuky), lepidla, maziva apod.

Z chemicko-technologického hlediska dělíme polymery na polymeráty, polykondenzáty a polyadukty.[24]

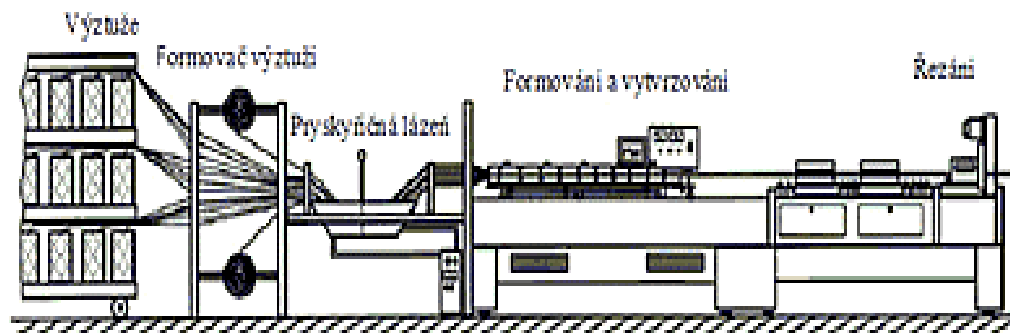


1.2 Přehled firem pracujících s kompozitními materiály

1.2.1 Firma GDP Koral s.r.o., Tišnov

Je společným podnikem francouzské společnosti GDP SA, která se zabývá výrobou tažených kompozitních profilů a nosných konstrukcí a české společnosti Koral s.r.o., dodavatele kompletního sortimentu materiálů a potřeb pro laminování. Společně jsou součástí skupiny GDP Group, která navrhuje, vyrábí a dodává řešení na bázi kompozitních materiálů prostřednictvím svých výrobních závodů ve Francii, Španělsku a České republice.

Firma GDP KORAL se zaměřuje na vysokoobjemové kontinuální technologie výroby vyztužených plastů, především na technologie označované jako pultruze (tažení) a lisování.



Obr. 1.2.1 Technologie výroby kompozitů

Na obrázku (z webových stránek firmy Koral) je zobrazen kontinuální proces výroby vyztužených plastů různých tvarů a délek pomocí technologie označované jako pultruze. Tato technologie je založena na tažení svazků vláken, rohoží a tkanin (výztuže) pryskyřičnou lázní, kde dochází k prosycení výztuže. Pryskyřičná lázeň může obsahovat plniva, barviva, retardéry hoření popř. další přísady pro zlepšení vlastností. V dalším kroku pultruze je prosycená výztuž vedena do formy podle požadovaného výsledného tvaru a zároveň je celý kompozit vytvrzen v kontinuální vytvrzovací hlavě. Nakonec je profil rozřezán na požadovanou délku.

Typickým produktem firmy Koral jsou trupy a paluby lodí, součásti rekreačních vozidel, kabiny nákladních vozidel, nárazníky, vany a sprchy.[18]



Obr. 1.2.2 Produkty firmy Koral

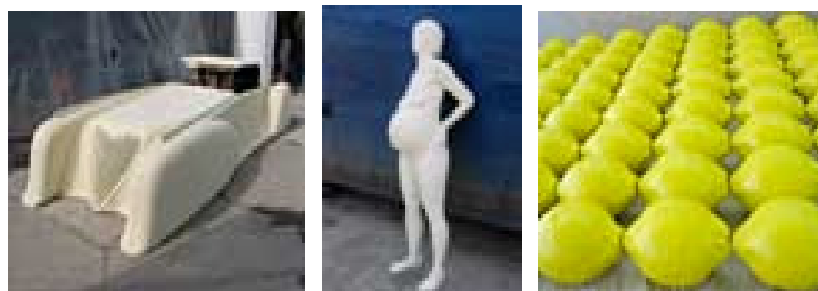
1.2.2 Firma Vedex s.r.o.

Firma Vedex s.r.o. byla založena v roce 1995 jako rodinný podnik. Zpočátku se věnovala výrobě sklolaminátových arkýřů pro střešní nástavby domů. Postupně se však specializovala na zakázkovou výrobu a v současnosti spolupracuje i na projektech výroby reklamních modelů, forem pro laminaci a vakuové tvarování, ale i s umělci při realizaci jejich projektů (sochy, plastiky, průmyslový design). I zde se dají využít výborné vlastnosti kompozitních materiálů.

Pro výrobu firma používá řadu kombinací kompozitních materiálů. Nejpoužívanějším stále zůstává skelný laminát s polyesterovou maticí.

Hlavní výrobní technologie:

- kontaktní laminace
- RTM (strojní laminace v uzavřené formě)
- různé metody odlévání [19]



Obr. 1.2.3 Produkty firmy VEDeX

2 ROZBOR ZADÁNÍ

2.1 Patentová rešerše

Důležitým bodem návrhu je znalost patentových zákonitostí. Ke každému zkoumání nového technického řešení by měla předcházet rešerše, která slouží k zamezení kolize navrhovaného řešení zadavatele s již existujícím konkrétním řešením.

Po prozkoumání stránek českého Úřadu průmyslového vlastnictví a navolení klíčových slov: broušení, skleněné vlákna, kompozitní materiál, obráběcí stroj, jednoúčelový stroj jsem nenašel žádný návrh obráběcího stroje pro kompozitní zkušební tělíska.

Po prozkoumání amerických stránek patentového úřadu United States Patent and Trademark Office a navolení klíčových slov: machine tool (obráběcí stroj), composite material (kompozitní materiál), jsem také nenašel návrh jednoúčelového stroje na obrábění zkušebních tělísek pro kompozitní materiály a tak se mohu touto problematikou dále zabývat.

2.2 Požadavky na jednoúčelový stroj

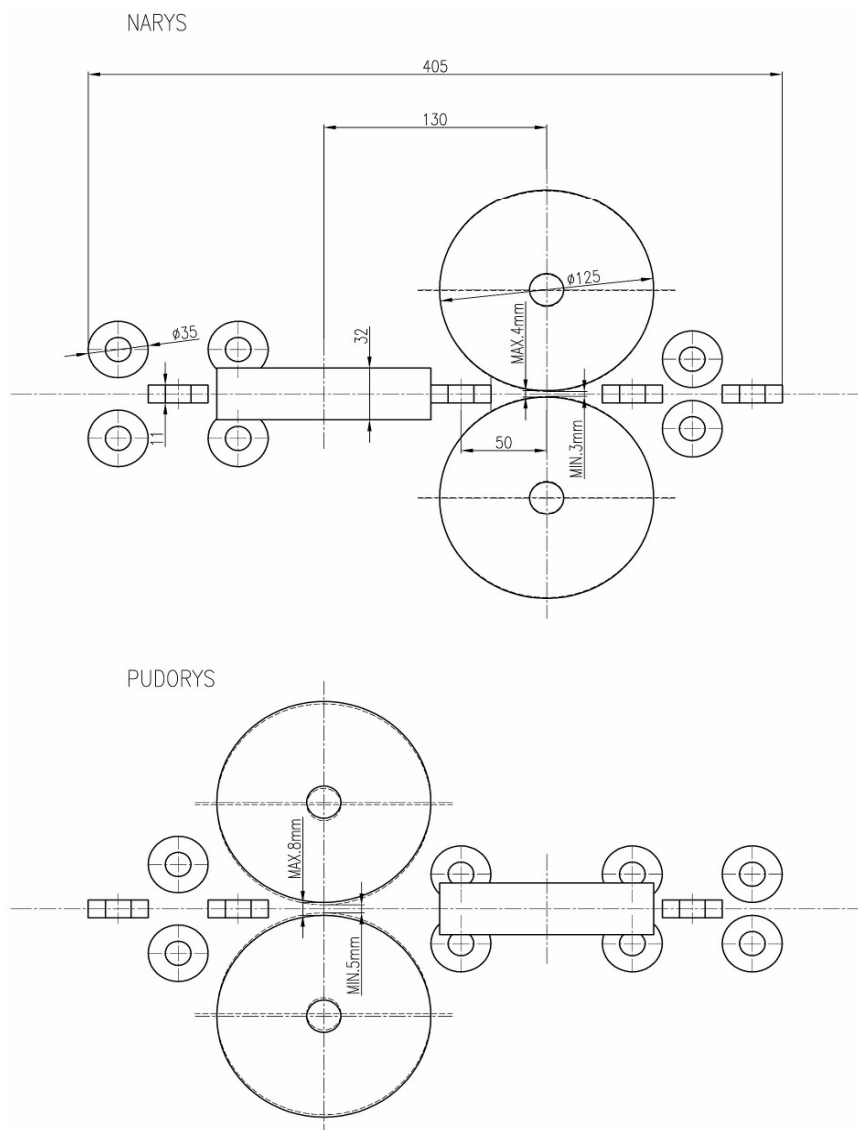
Návrh konstrukce jednoúčelového stroje na obrábění zkušebních tělísek z polymerních kompozitních materiálů plněných sklem. Zkušební tělíska mají průřez v rozmezí 3 x 5 mm až 4 x 8 mm. Polotovarem mohou být profily do maximálního průřezu 20 mm, nebo 20 x 20 mm. Jako nejvýhodnější nástroj pro obrábění profilů se jeví použití diamantového brusného nástroje. Uvažoval jsem i nad použitím jiného brusného nástroje např. umělý korund, ale z hlediska životnosti je diamantový brusný nástroj nejvhodnější.

Úkolem je navrhnout počet nástrojů, jejich pohon, chlazení a odvod třísek, vlastní vedení profilu. Stroj má být tuhý, pevný a schopný opakovaně dosáhnout vysoké přesnosti rovinnosti ploch.

2.3 Varianty řešení konstrukčního návrhu jednoúčelového stroje

2.3.1 První varianta

Dle zadaných parametrů uvažuji o dvou variantách konstrukčního návrhu jednoúčelového stroje. První variantou je stroj na obrábění polotovaru o libovolné délce větší než konečná délka navrhovaného stroje. Po opracování na stanovený průřez se polotovar zařeže na požadovanou délku. Vysoká efektivita se dosáhla použitím čtyř brusných kotoučů. Výhodou je snadné přestavování brusných kotoučů a tato varianta je také vhodná pro sériovou výrobu.

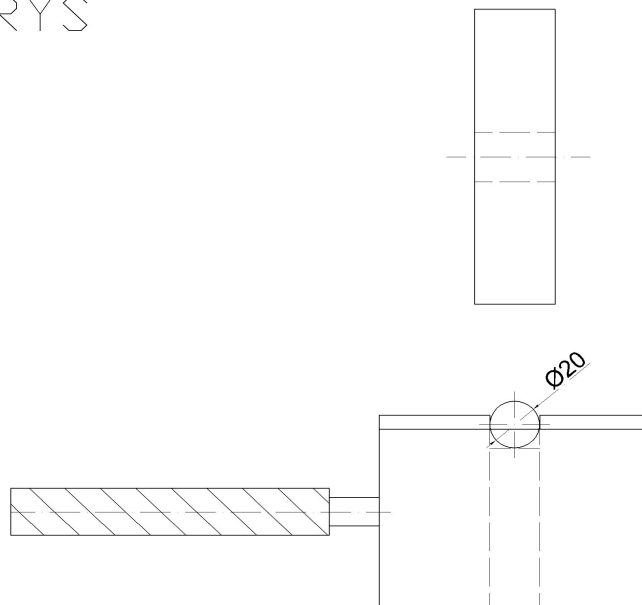


Obr. 2.3.1 První varianta

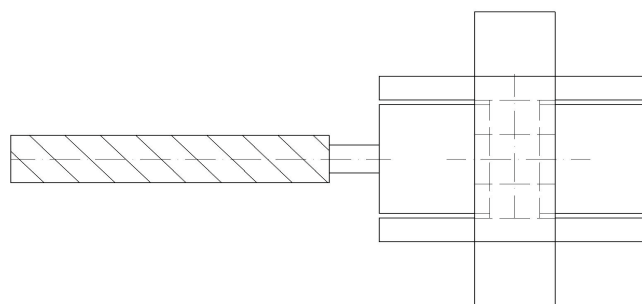
2.3.2 Druhá varianta

Druhá varianta je v návrhu stroje podstatně jednodušší. Pracuje s již nařezaným polotovarem na přesnou délku zkušebního tělíska. Stroj má jen jeden brusný kotouč, ale značnou nevýhodou je pracnější ruční přestavení a výpočet rozměru pro ubírání materiálu. Tato nevýhoda je rozhodující ve volbě varianty návrhu, a proto volím první variantu jednoúčelového stroje.

NARYS



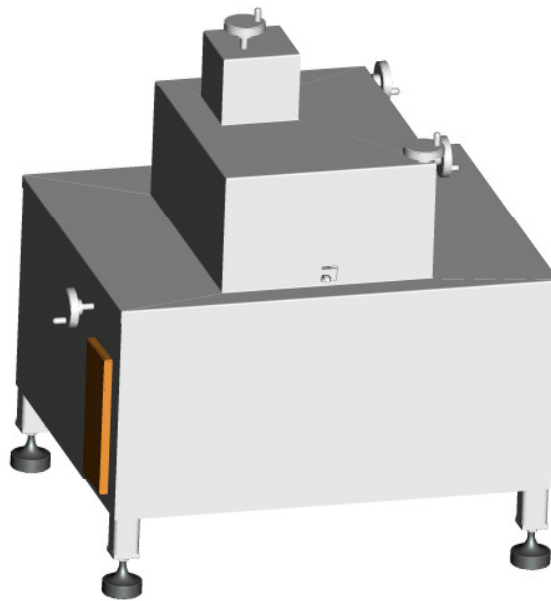
PUDORYS



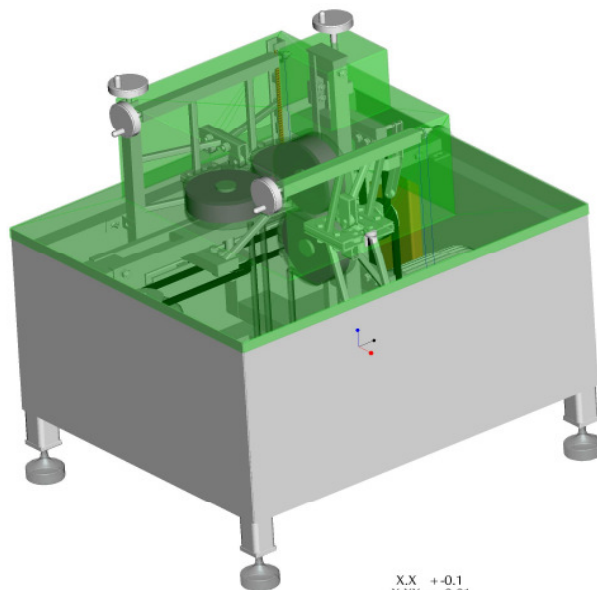
Obr. 2.3.2 Druhá varianta

2.4 Základní rozměry jednoúčelového obráběcího stroje

Stroj měl být řešen jako jednoúčelové laboratorní zařízení s vestavěným vodním chlazením a odvodem třísek. Celé opláštění je z nerezového plechu tloušťky 1,5 mm . Pro ukázkou spodní obrázek v zeleném průhledném provedení.

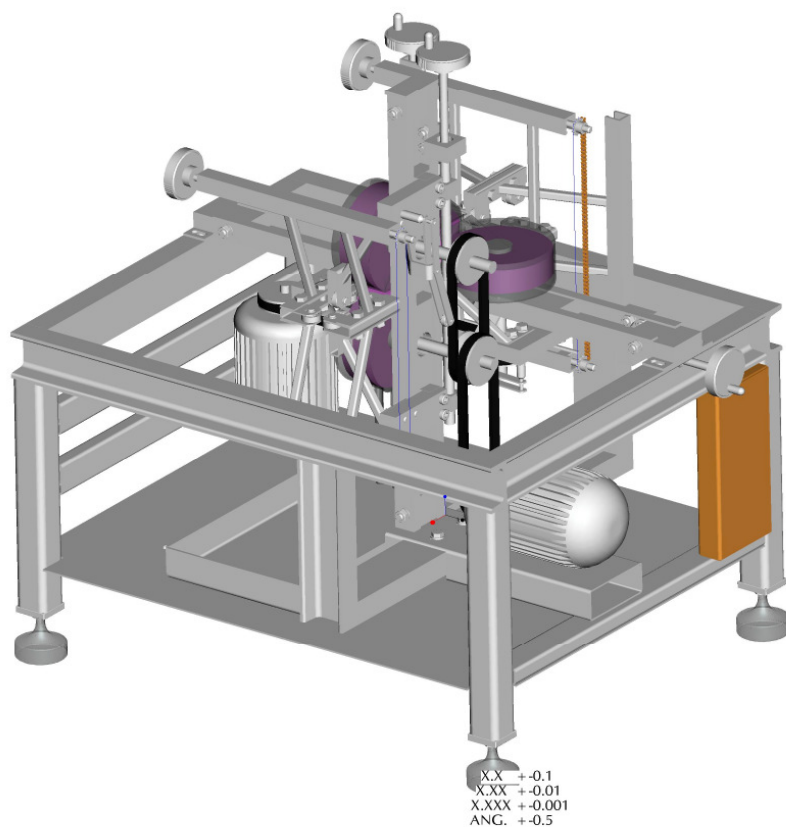


Obr. 2.4.1 Obráběcí stroj

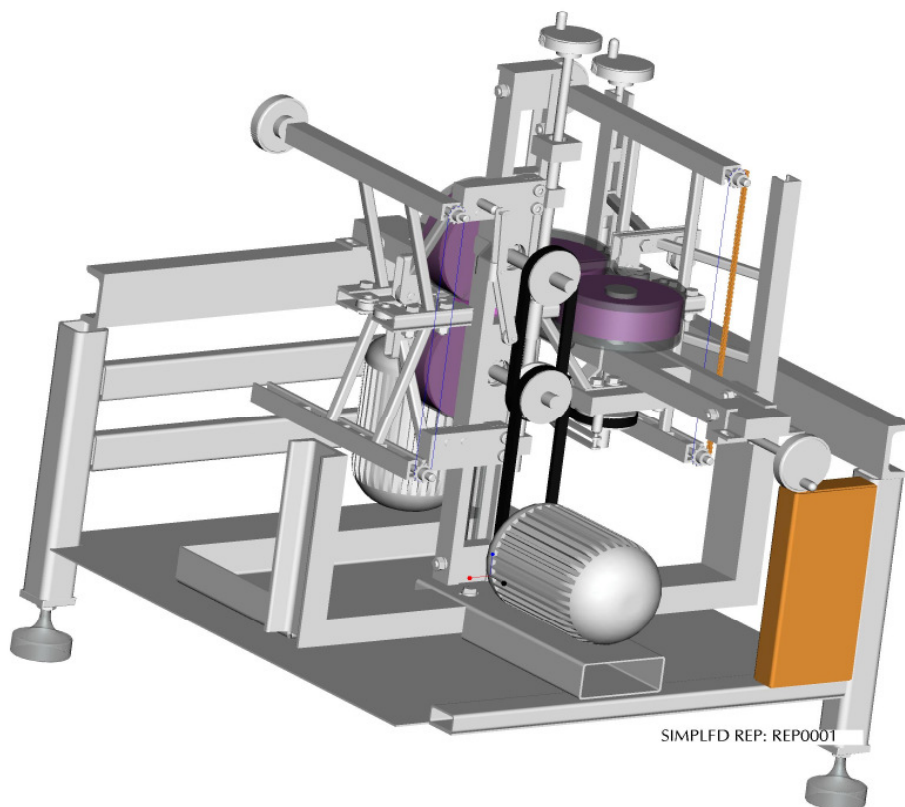


XX +0.1
X.XX +0.01
X.XXX +0.001
ANG. +0.5

Obr. 2.4.2 Obráběcí stroj s vrchním průhledným opláštěním



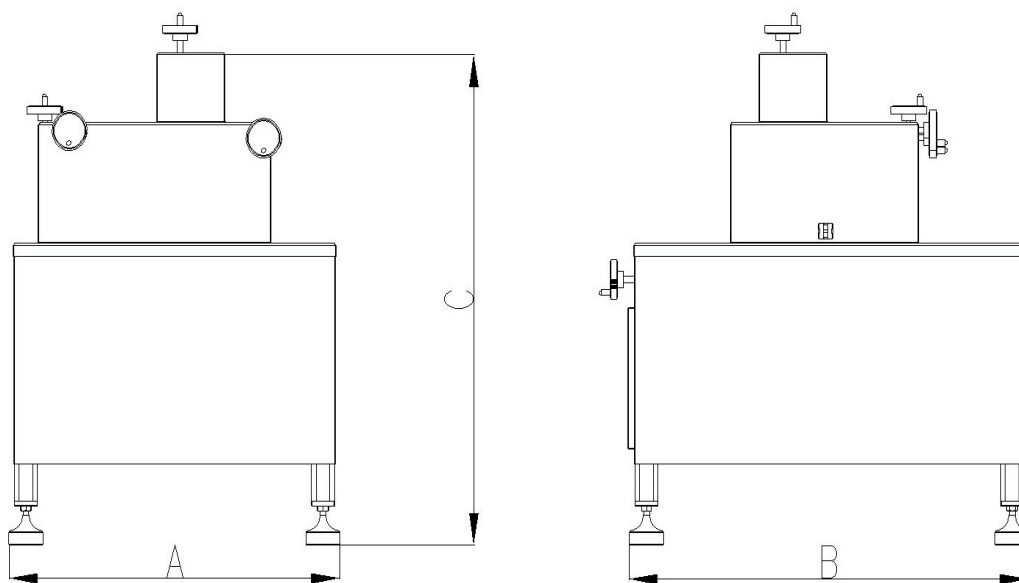
Obr. 2.4.3 Obráběcí stroj bez opláštění



Obr. 2.4.4 Detailnější náhled do obráběcího stroje

Tab. 2.4.1 Tabulka základních rozměrů stroje

Rozměr A	563 (mm)
Rozměr B	683 (mm)
Rozměr C	763 (mm)



Obr. 2.4.5 Základní rozměry stroje

Tab. 2.4.2 Technické parametry stroje

Max.otáčky brusných kotoučů	2820 ot/min
Výkon stroje	2 x 0,18 kW
Max. průřez vstupujícího polotovaru	Ø 20, 20 x 20 (mm)
min. průřez vystupujícího polotovaru	3 x 4 (mm)
Pracovní posuv	ruční

3 PROJEKČNÍ NÁVRH JEDNOÚČELOVÉHO OBRÁBĚCÍHO STROJE

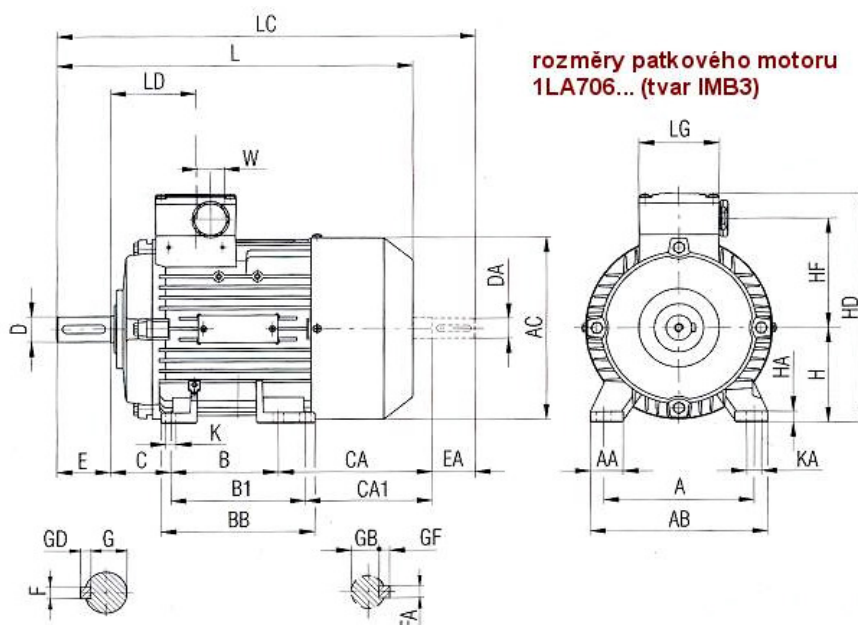
3.1 Výběr motoru

Motor 1LA7060-2AA1x – IP55, S1, IC411, 400V Y / 230 V D 50Hz jsem zvolil z těchto důvodů:

- nízká cena (cca 1335 Kč)
- běžná dostupnost
- vhodné parametry pro tento stroj
 - výkon 0,18 kW
 - otáčky 2820 /min
 - osová výška 63 mm
 - průměr hřídele 11 mm



Obr. 3.1 Motor 1LA706



Osová výška	A	AA	AB	AC	B	BB	C	CA	H	HA	HD	HF	K	KA	
63	100	27	120	118	80	96	40	66	63	7	164	78,5	7	10	
Osová výška L*	LC	LD	LG	W	D	DA	E	EA	F	FA	G	GB	GD	GF	
63	202,5	232	69,5	75	M25x1,5	11	11	23	23	4	4	8,5	8,5	4	4

Obr. 3.2 Technické parametry motoru 1LA706

Parametry zvolených řemenů a řemenic:

Tab. 3.2.1 Úzký klínový řemen SPZ512

Označení řemenu	PHG SPZ512
Šířka	20,2 (mm)
Výška	9,7 (mm)
Délka řemene	512 (mm)
Úhel opásání řemenice B_1, B_2	180 180 (°)
Koeficient provozního zatížení c_2	1,0
Napínací síla	2,2 (kg)
Tažná síla F_U	21,77 (N)
Odstředivá síla F_C	4,99 (N)
Předpětí řemene F_O	20,91 (N)
Statická síla na hřídeli (v klidu) F_{rs}	41,82 (N)
Síla v zatíženém kordu řemene F_1	31,8 (N)
Síla v nezatíženém kordu řemene F_2	10,03 (N)
Celková radiální síla na hřídel F_r	41,83 (N)
Otáčky první řemenice	2820 (ot/min)
Otáčky druhé řemenice	2813,8 (ot/min)
Přenášený výkon P	0,18 0,17 (kW)
Kroutící moment M_K	0,58 0,54 (Nm)

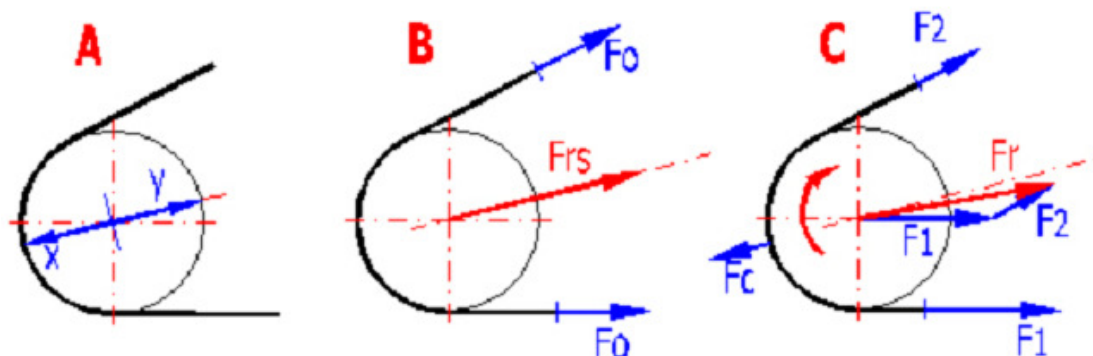
Tento řemen spojuje řemenici motoru s první řemenicí brusného kotouče.

Jejich osová vzdálenost je 175 mm.

Tab. 3.2.2 Úzký klínový řemen SPZ512

Označení řemenu	PHG SPZ560
Šířka	20,2 (mm)
Výška	9,7 (mm)
Délka řemene	512 (mm)
Úhel opásání řemenice B_1, B_2	180 180 (°)
Koeficient provozního zatížení c_2	1,0
Napínací síla	2,2 (kg)
Tažná síla F_U	20,61 (N)
Odstředivá síla F_C	4,97 (N)
Předpětí řemene F_O	20,05 (N)
Statická síla na hřídeli (v klidu) F_{rs}	40,1 (N)
Síla v zatíženém kordu řemene F_1	30,36 (N)
Síla v nezatíženém kordu řemene F_2	9,75 (N)
Celková radiální síla na hřídel F_r	40,11 (N)
Otáčky první řemenice	2813,8 (ot/min)
Otáčky druhé řemenice	2787,9 (ot/min)
Přenášený výkon P	0,17 0,16 (kW)
Kroutící moment M_K	0,58 0,54 (Nm)

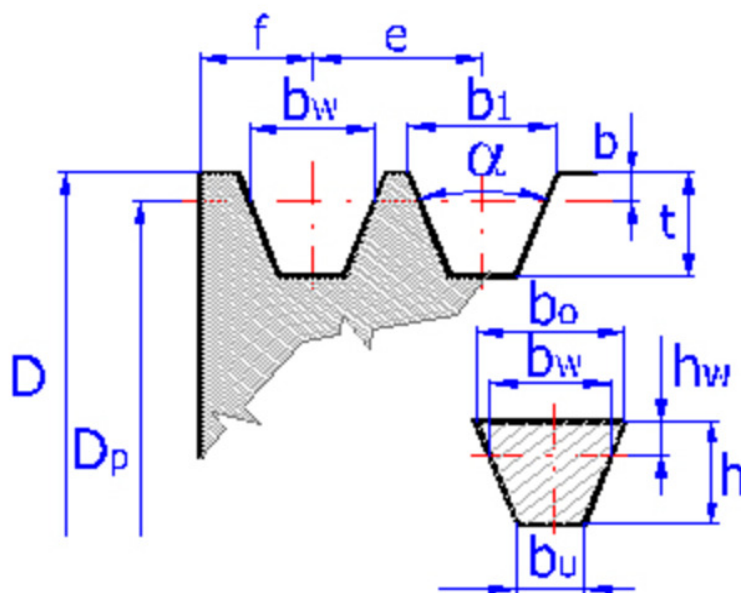
Tento řemen spojuje první řemenici brusného kotouče s druhou řemenicí brusného kotouče. Jejich osová vzdálenost je 138 mm.



Obr. 3.2.2 Silové podmínky a rychlosti

Tab. 3.2.3 Řemenice pro klínové řemeny s úzkým průřezem a kuželovým pouzdrém

Označení řemenice	PHG 1SPZ56TB
Rozměr rozteče - D_p	56 (mm)
Vnější rozměr - D	60 (mm)
Minimální rozměr díry	9 (mm)
Maximální rozměr díry	25 (mm)
b_w	8,5 (mm)
b_o	9,7 (mm)
b_u	4 (mm)
h	8 (mm)
h_w	2 (mm)
α	34 (°)
b_1	9,7 (mm)
f	8 (mm)
e	12 (mm)
b	2 (mm)
t	11 (mm)
w	16 (mm)



Obr. 3.2.3 Rozměry řemene a řemenic

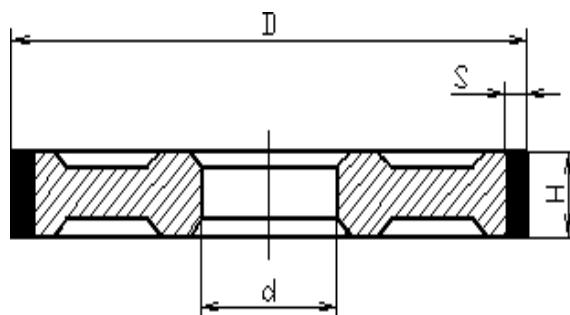
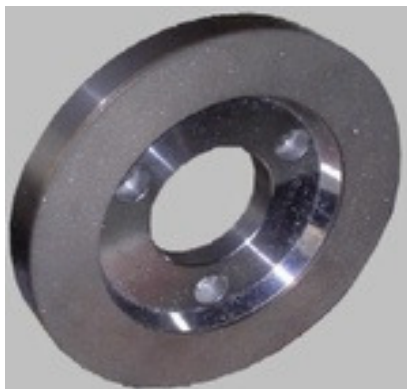
3.3 Výběr brusného kotouče

Stroj obsahuje čtyři diamantové brusné kotouče 1A1 o rozměrech: $D = 125$ mm, $H = 32$ mm, $s = 5$ mm, $d = 32$ mm (označení z katalogu VTN – Servis,s.r.o. cena cca 10 700 Kč).

Diamantové brusné kotouče jsou převážně určeny k broušení slinutých karbidů, keramiky, skla a kamene. Skleněné výztuže působí silným abrazivním účinkem a jsou hlavní příčinou intenzivního opotřebení nástroje, proto je nutné volit pro dosažení vyšší trvanlivosti materiál s vysokou odolností vůči otěru. Diamantové kotouče jsou dodávány s pryskyřičnými a kovovými vazbami (pojivy). Kotouče s kovovými vazbami se především používají pro hrubovací broušení a všude tam, kde je požadovaná vysoká stálost tvaru diamantové vrstvy. Tyto kotouče je nutno chladit chladicí kapalinou.

Všechny typy diamantových kotoučů je nutné používat na tuhých strojích bez vibrací s uložením vřetena zaručujícím minimální chvění při broušení.

Při nedodržení těchto předpokladů dochází k snížení trvanlivosti brusného kotouče, tím se zhoršuje drsnost opracovaného povrchu a snižuje se brousící výkon.

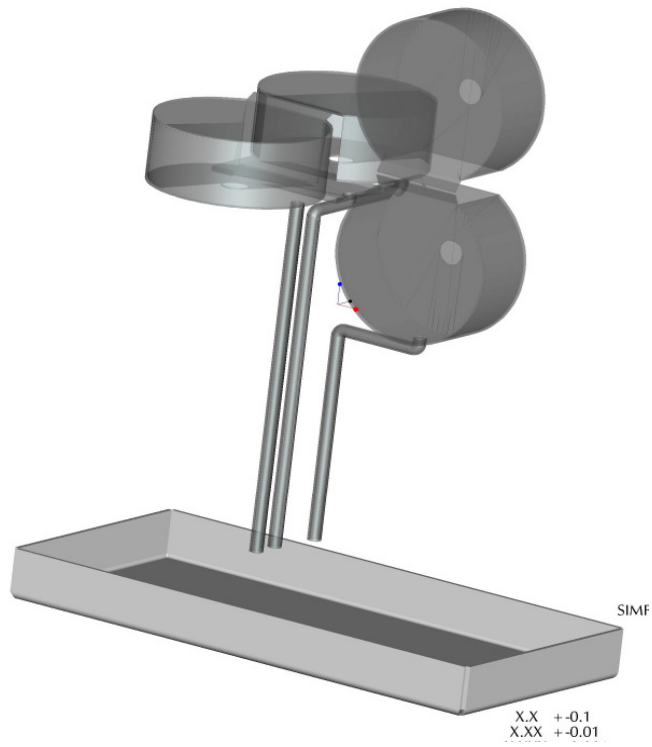


Obr. 3.3 Diamantový brusný kotouč

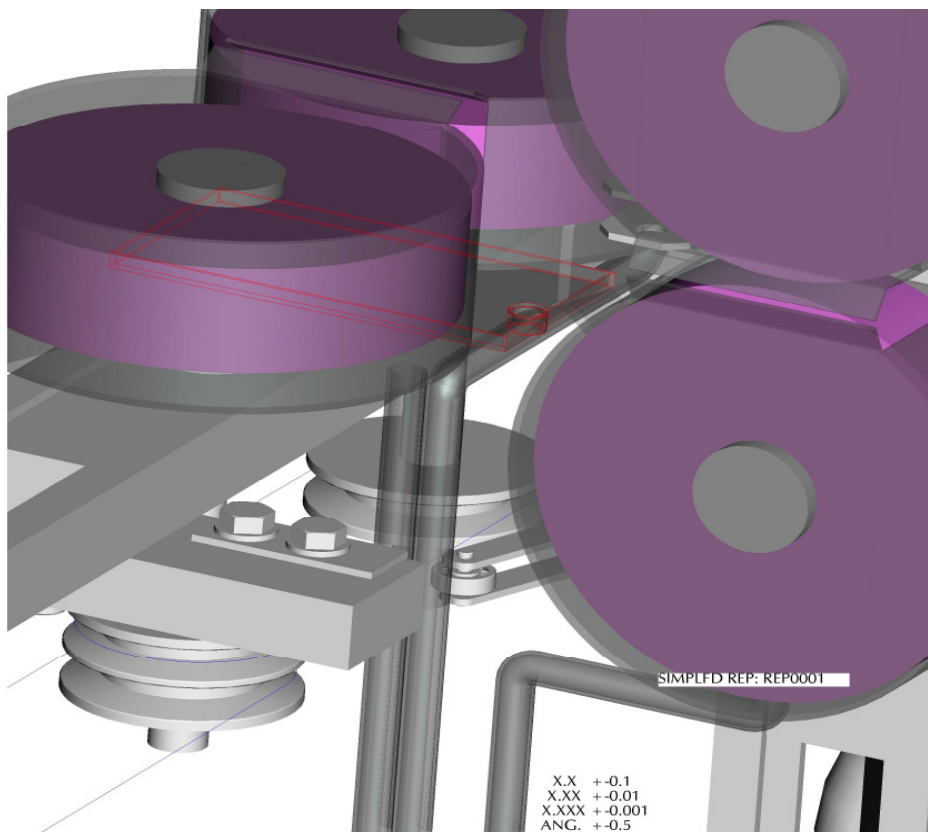
3.4 Chlazení a odvod třísek

Chladicí zařízení se skládá z externí nádrže na chladicí kapalinu, čerpadla (nejsou součástí stroje), potrubí a vany na chladicí kapalinu uvnitř stroje.

Chladicí kapalinou je roztok vrtacího oleje EL (skup.17) a vody v poměru 1:40 až 1:50, která se dopravuje přívodní trubkou k brusnému kotouči přímo do místa brusu. Tato kapalina má nejen chladicí účinky, ale splňuje i funkci odvodu třísek. Skleněné třísky ve vaně klesají na dno, a tím dochází samovolně k čištění chladicí kapaliny. Chladicí emulze, která je zbavena nečistot a třísek zvyšuje životnost obráběcích nástrojů a zlepšuje konečný povrch. Množství přiváděné kapaliny se reguluje škrtkícím kohoutem.



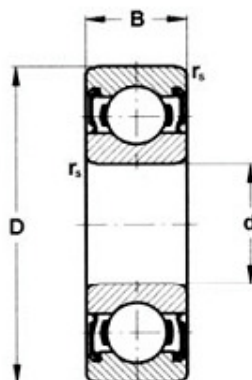
Obr. 3.4.1 Sběrný systém chladící kapaliny



Obr. 3.4.2 Detail sběrného zařízení v místě brusu

3.5 Vlastní vedení materiálu

Polotovar je veden pomocí soustavy osmi jednořadových kuličkových ložisek s těsněním na obou stranách 22 x 8 x 7 2RSR. Kuličková ložiska se vyznačují jednoduchou konstrukcí, jsou nerozebíratelná, vhodná i pro velmi vysoké otáčky, provozně odolná a nenáročná na údržbu. Vzhledem k těmto vlastnostem a příznivé ceně je to nejběžněji používaný typ ložisek.



2RSR (2RSRTNH)

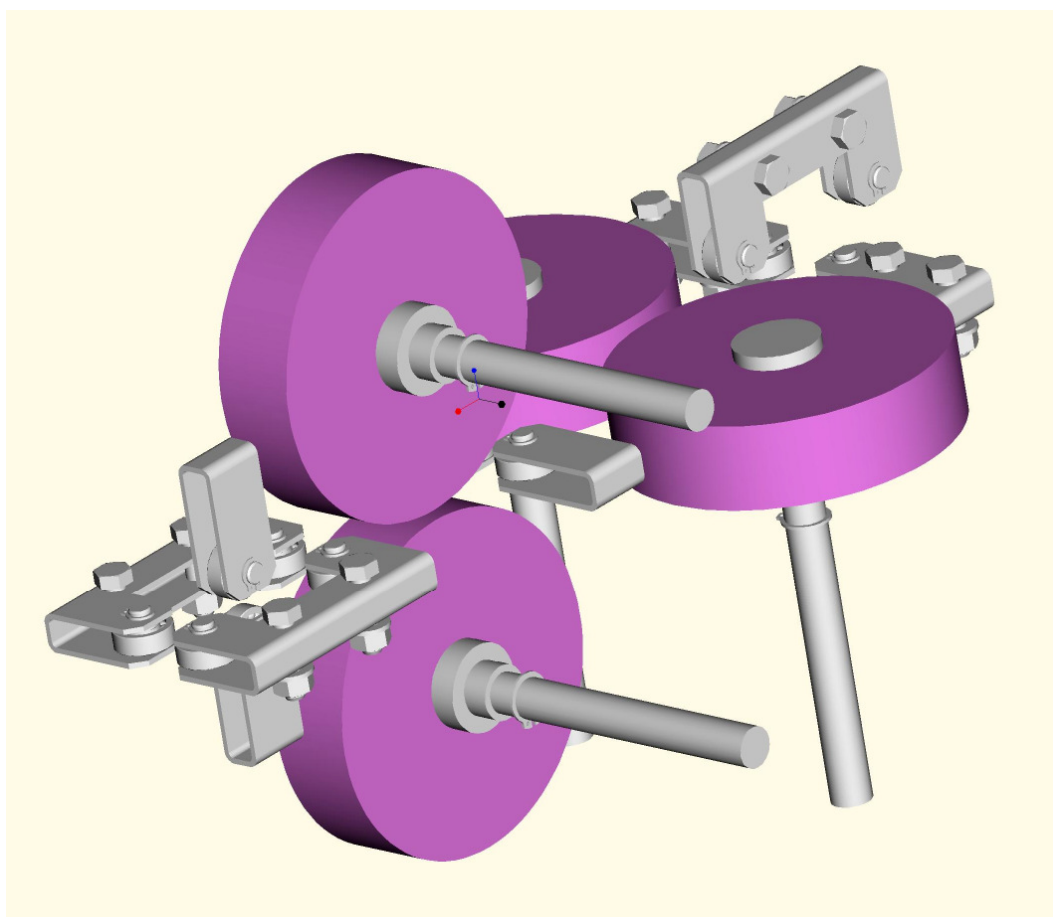
Obr. 3.5.1 Rozměry jednořadého kuličkové ložiska s těsnícími kroužky

O této variantě jsem uvažoval jako o nejvýhodnější pro navrhovaný stroj a to především z těchto důvodů:

- Malé rozměry vstupujícího polotovaru neumožňují použití pevné základny pro vedení materiálu.
- Dalším důvodem je požadavek opracovat polotovar ze všech čtyř stran naráz.
- Požadavkem je pevné a tuhé vedení materiálu, aby byla dodržena rovinnost ploch
- Požadavek nekladl důraz na přesné rozměry výsledného polotovaru s odchylkami v setinách milimetru, ale na stálost rozměrů po celé délce .
- Z důvodů počáteční fixace a nastavení roviny a tzv. nulové osy bude polotovar uchycen v osmi bodech. První čtyři body fixují pohyb v ose X,

druhé čtyři body fixují pohyb v ose Y. Pohyb v ose Z je pracovním pohybem stroje a je manuální.

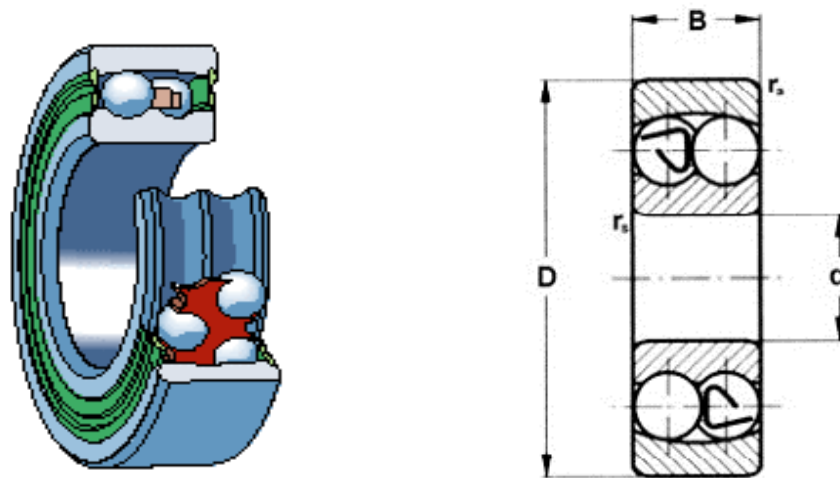
- Výstup ze stroje je řešen také uchycením v osmi bodech a to z důvodů stejných jako pro vstup materiálu.



Obr. 3.5.2 Náčrt vlastního vedení

3.6 Uložení brusných kotoučů

Brusný kotouč je uložen na hřídeli pomocí sériově vyráběných talířových matic pro uchycení brusných kotoučů. Hřídel je uložena v hranolu vedení pomocí naklápěcího kuličkového ložiska o rozměrech 32 x 15 x 14 2RS.

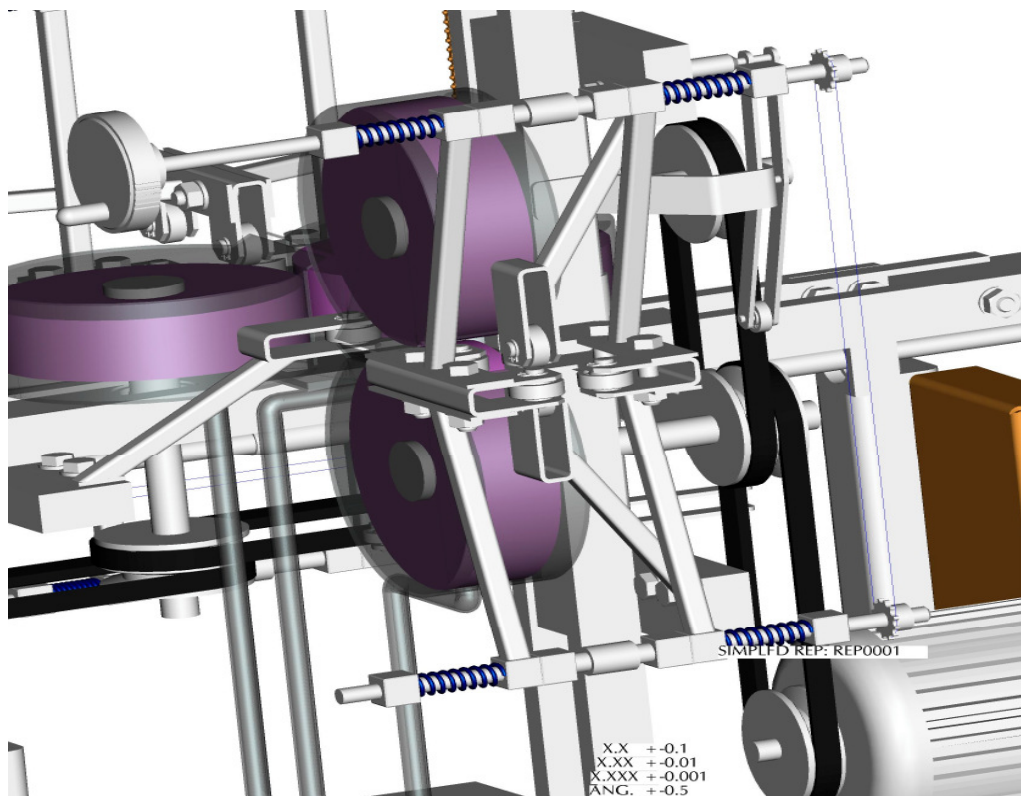


Obr. 3.6 Naklápěcí kuličkové ložisko 2RS

4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

4.1 Nastavení vstupních a výstupních rozměrů

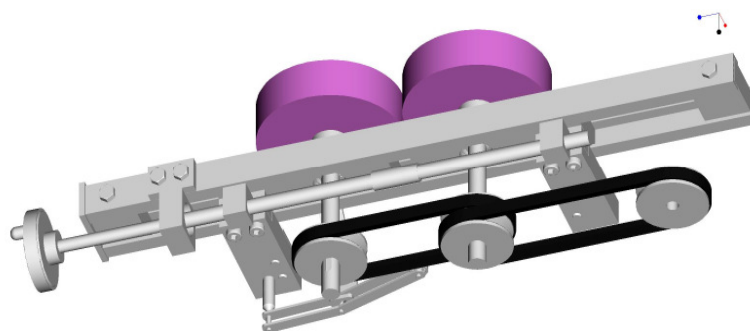
Nastavení vstupních i výstupních rozměrů je řešeno pomocí vodících tyčí. Tyto tyče jsou spojeny pomocí řetězu tak, aby při pootočení jedné tyče o jeden dílec se druhá tyč pootočila také o jeden dílec ve stejném směru, a tím se nám zjednodušilo nastavení vstupních parametrů na jeden nastavovací úkon pro osu X. V ose Y je nutno nastavit další soustavu vodících prvků. Tyče mají na své polovině vždy pravý a levý jemný závit. Tyto závity plní funkci pohybu kostek, které nastavují držáky ložisek na požadovaný rozměr. Aby nedošlo k samovolnému pootočení samotných kostek, je celá tato soustava vedena v tzv. vodících c – profilech. Vzhledem k tomu, že polotovar nemá vždy po celé své délce stejný průřez, bylo nutno počítat i s možností přizpůsobení vedení materiálu dle skutečných rozměrů polotovaru. Tento problém vyřešila pružina stlačená na koncích vodících tyčí. Kostky na konci vedení drží pružinu v napjatém stavu a jsou pevně uchyceny do rámu c-profilu pomocí nastavovacích šroubů s kuželovým koncem.



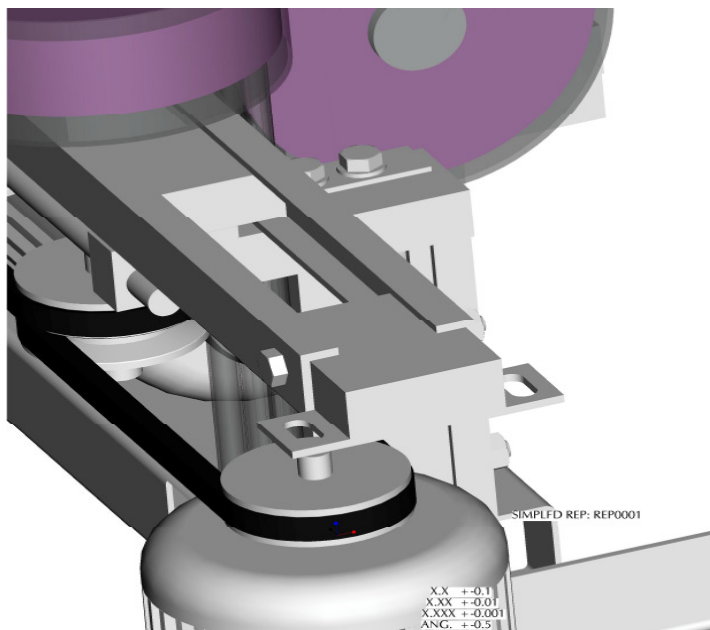
Obr. 4.1 Nastavení vstupních rozměrů

4.2 Nastavení rozměrů brusných kotoučů

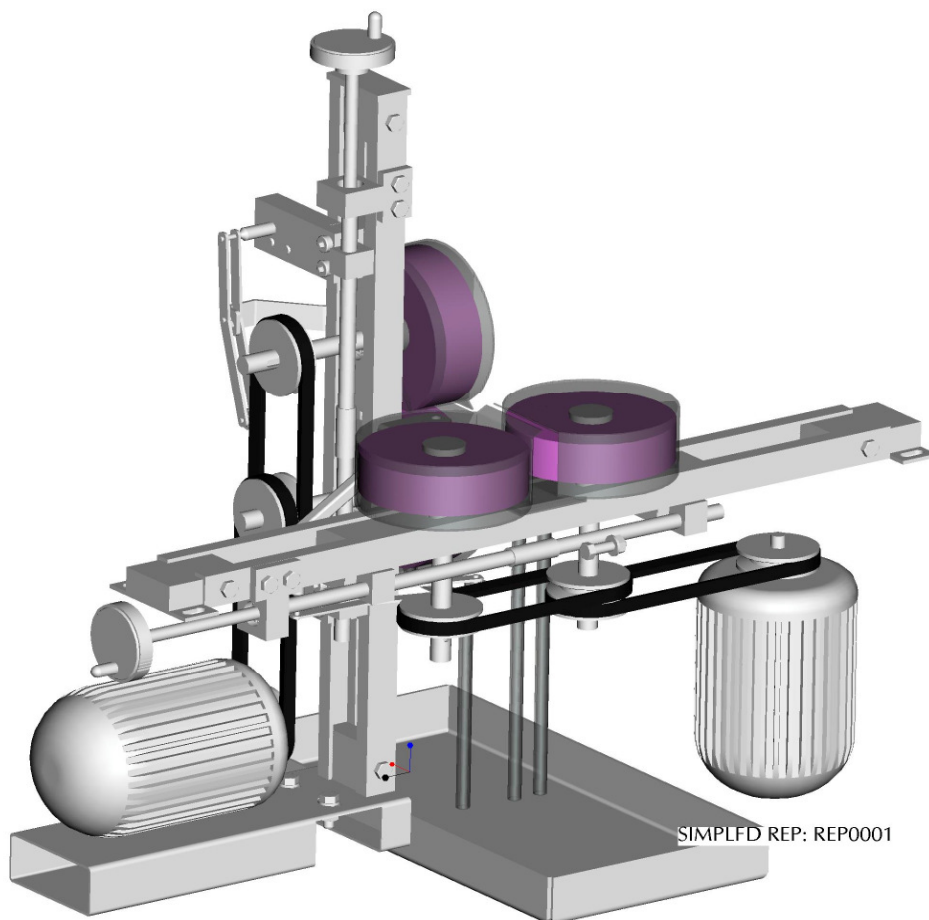
Nastavení brusných kotoučů na rozměr požadovaného materiálu je také řešen pomocí vodících tyčí. Vodící tyče vedou vodící hranoly v hlavním vedení brusných kotoučů v c-profilech. Nastavení vodících c-profilů je zabezpečeno broušenými kostkami na obou stranách stroje opracovaných na přesný rozměr, které jsou upevněny na rámu stroje pomocí šroubů.



Obr. 4.2.1 Nastavení rozměrů brusných kotoučů



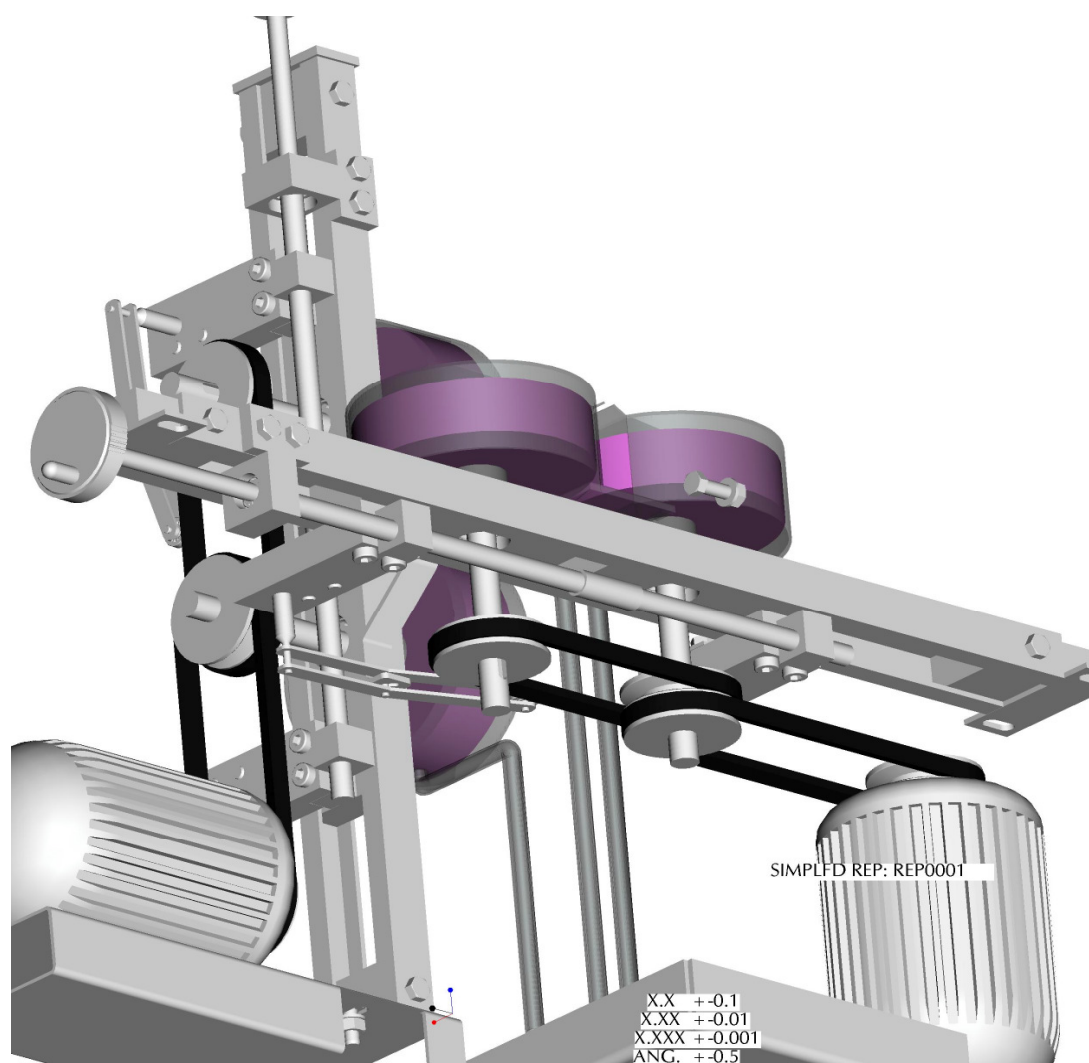
Obr. 4.2.2 Nastavení rozměrů u brusných kotoučů



Obr. 4.2.3 Nastavení rozměrů u brusných kotoučů

4.3 Směr otáčení brusných kotoučů

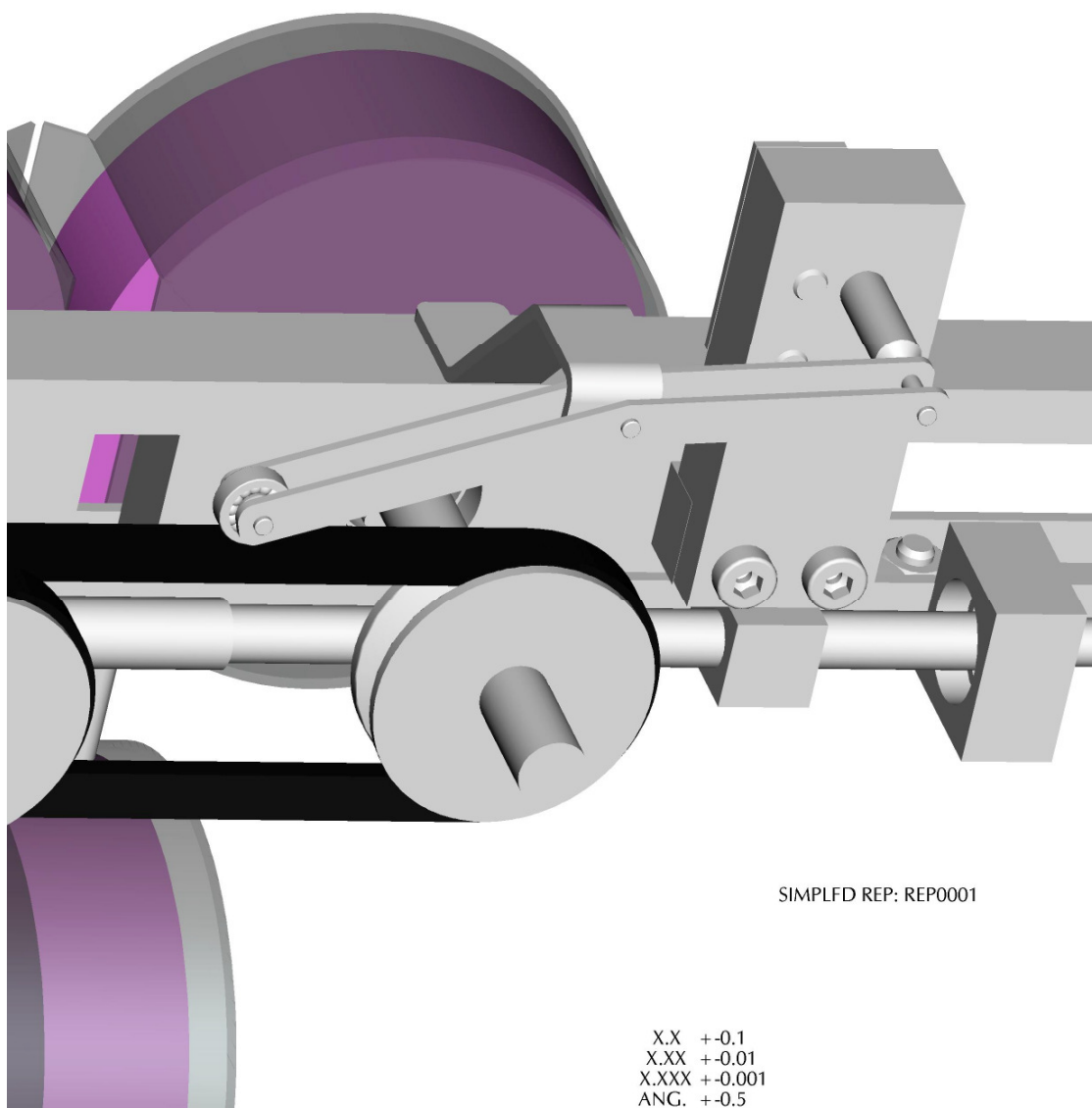
Z důvodu nezadání požadavků na směr otáčení brusných kotoučů při broušení kompozitních materiálů a po dohodě s vedoucím diplomové práce jsem navrhl konstrukčně jednodušší provedení, a to tak, že obě poháněné osy s brusnými kotouči se otáčejí v jednom směru. Výsledkem je, že jeden brusný kotouč obrábí polotovar sousledně a druhý brusný kotouč nesousledně. Jednoduchou konstrukční úpravou by šlo stoj rychle přestavit dle požadavků zákazníka.



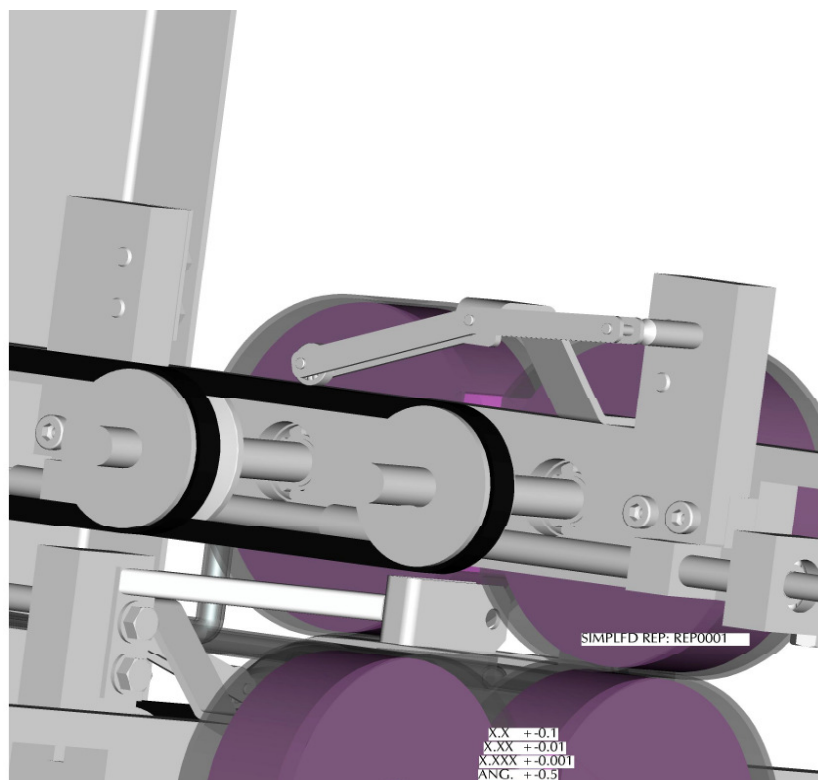
Obr. 4.3 Směr otáčení brusných kotoučů

4.4 Napínání klínových řemenů

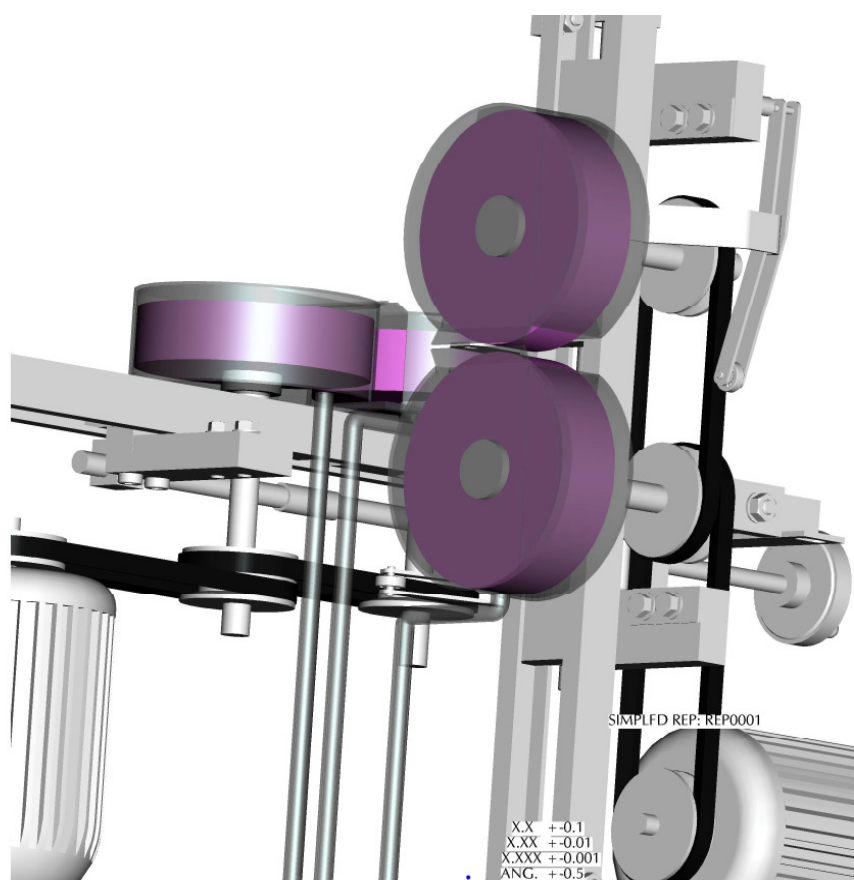
Vzhledem k velikosti stroje se jako nejvhodnější zdá varianta automatického napínání řemene. Klínový řemen napíná ložisko, které je uchyceno na držáku napínáku. Princip napínání pracuje tak, že pokud se brusné kotouče přednastaví na jiný rozměr, tak celý napínák se posune s kotoučem. Pomocí držáku, pevně uchyceného na kostře (c-profilu), ve kterém je drážka (vedení napínáku), vznikne pohyb, který napne klínový řemen.



Obr. 4.4.1 Napínák řemene



Obr. 4.4.2 Napínák řemene



Obr. 4.4.3 Napínák řemene

5 ANALÝZA RIZIK

Posuzování bezpečnosti u nově vyrobených strojních zařízení se provádí podle znění nařízení vlády č.24/2003 sb., včetně nařízení vlády souvisejících a dle evropské směrnice pro strojní zařízení 2006/42/ES (dříve 98/37/EU), které stanoví požadavky na nové výrobky – strojní zařízení.

Vzhledem k povaze stroje by mohli nastat tyto rizika:

- nebezpečí průniku chladicí kapaliny do elektrického zařízení a mimo stroj
- poranění rukou při manipulaci s materiálem bez rukavic
- vtáhnutí ruky do stroje
- nebezpečnost poranění očí při odletu třísek
- nebezpečí vzniku požáru uvnitř stroje

Konstrukčně jsem některá rizika ošetřil již při návrhu stroje:

- nebezpečí průniku chladicí kapaliny do elektrického zařízení a mimo stroj – bude ošetřeno sběrným systémem chladicí kapaliny, která bude vtékat přímo do vany umístěné pod strojem
- poranění rukou při manipulaci s materiálem bez rukavic – vzhledem na charakter kompozitního materiálu hrozí zadření skleněné třísky a proto je nutnost jednotlivé pracovníky proškolit o používání ochranných bezpečnostních pomůcek, v tomhle případě rukavic
- vtáhnutí ruky do stroje, nebezpečnost poranění očí při odletu třísek – konstrukční řešení počítá s celkovým opláštěním stroje, které by mělo tomuto riziku zabránit. Jediným možným zdrojem rizika odletu třísek je otvor pro vstup a výstup materiálu a z tohoto důvodu bych doporučoval použití ochranných bezpečnostních brýlí
- nebezpečí vzniku požáru uvnitř stroje – obráběcí stroje pracující s hořlavými chladicími, nebo mazacími látkami, s vysokými otáčkami a s oddělováním třísek, bývají často vystaveny nebezpečí požáru. Kvůli rychle rotujícím částím ve stroji dochází ke značné tvorbě drobných kapek provozního média. Vysoká rychlost opracovávání bývá příčinou vysoké teploty nástroje,

popř. vlastního obráběného dílu. Přerušení proudu chladící směsi, nebo poruch nástroje, mohou pak tyto kapky zapálit. S tímto jsem při konstrukci stroje nepočítal, jelikož to nebylo v požadavcích na stroj, ale doporučil bych použití integrovaného automatického systému hašení nasazením inertního plynu.

Pro analýzu rizik je nezbytná prohlídka strojního zařízení, zjištění jeho technického stavu, mezních parametrů a dalších údajů potřebných pro provedení analýzy rizika. [14]

6 VÝPOČTOVÁ ČÁST

6.1 Výpočet trvanlivosti ložiska

Kuličkové ložisko naklápěcí o rozměrech: $d = 15 \text{ mm}$, $D = 35 \text{ mm}$, $B = 14 \text{ mm}$

Z katalogu FAG jsem získal tyto hodnoty: $C = 7,5 \text{ kN}$, $C_{10} = 1,76 \text{ kN}$

Zatížení od hmotnosti brusného kotouče a hřídele je $1,5 \text{ kg} \Rightarrow F_r = 15 \text{ N}$

Zatížení od broušeného materiálu neznám, proto volím dvě varianty zatížení:

$F_{a1} = 100 \text{ N}$ a $F_{a2} = 1000 \text{ N}$.

Ekvivalentní zatížení z axiálního i radiálního zatížení ložiska:

Je-li ložisko zatíženo radiálně F_r i axiálně F_a , je nutno vypočítat ekvivalentní zatížení P_e podle vztahu:

$$P_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (1)$$

Hodnoty X a Y jsem získal z katalogu ložisek. $X = 0,65$ $Y = 2,88$

$$P_{e1} = 0,65 \cdot 15 + 2,88 \cdot 100$$

$$P_{e1} = 9,75 + 288$$

$$\underline{P_{e1} = 2977,5 \text{ N}}$$

$$P_{e2} = 0,65 \cdot 15 + 2,88 \cdot 1000$$

$$P_{e2} = 9,75 + 2880$$

$$\underline{P_{e2} = 2977,5 \text{ N}}$$

Životnost ložiska v provozních hodinách:

Označení L_{10} se používá proto, že hodnota C je udávána v katalozích ložisek obvykle pro pravděpodobnost poruchy $H = 10 \%$.

$$L_{10,h} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad (2)$$

$$L_{10,h1} = \left(\frac{7500}{297,75} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 2820} = 94454,627 \text{ hod}$$

$$L_{10,h2} = \left(\frac{7500}{2977,5} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 2820} = 94,454 \text{ hod}$$

kde: C základní dynamická únosnost ložiska [N] (z katalogu ložisek)

C_{10} ... základní statická únosnost ložiska [N] (z katalogu ložisek)

P zatížení ložiska [N]

p exponent typu ložiska (kuličkové = 3, ostatní = 3,333)

n otáčky ložiska [ot/min]

F_r radiální síla působící na ložisko [N]

F_a axiální síla působící na ložisko [N]

$L_{10,h}$ Životnost ložiska v provozních hodinách

6.2 Výpočet zatížení vedení brusných kotoučů

Výpočet byl proveden a simulován v programu DLUBAL – RFEM 2

Zvolený materiál: tloušťka 3 mm, označení Steel S 235 JR

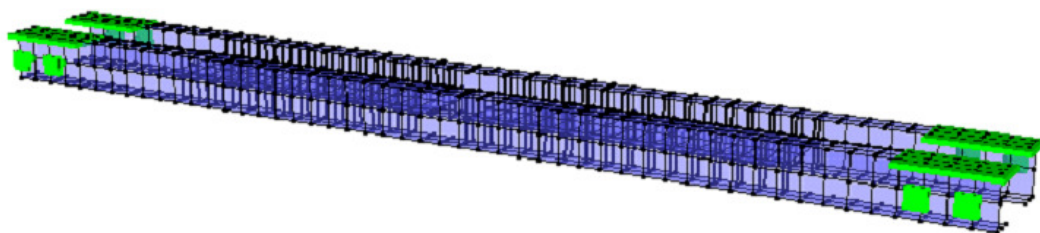
Hmotnost brusného kotouče, hřídele, ložiska a materiálu vedení je ~1,5 kg => zátěž 15 N.

Zatížení od broušeného materiálu neznáme, proto volím 1000 N. Toto zatížení vytvoří ohybový moment v místě vedení 0,05 kNm.

Výsledek tohoto výpočtu ukázal, že průhyb c-profilů nenastal a materiál byl vytížen pouze z 6%. Proto jsem provedl nový výpočet se změnou tloušťky materiálu na 2 mm a stejným zatížením 1000 N.

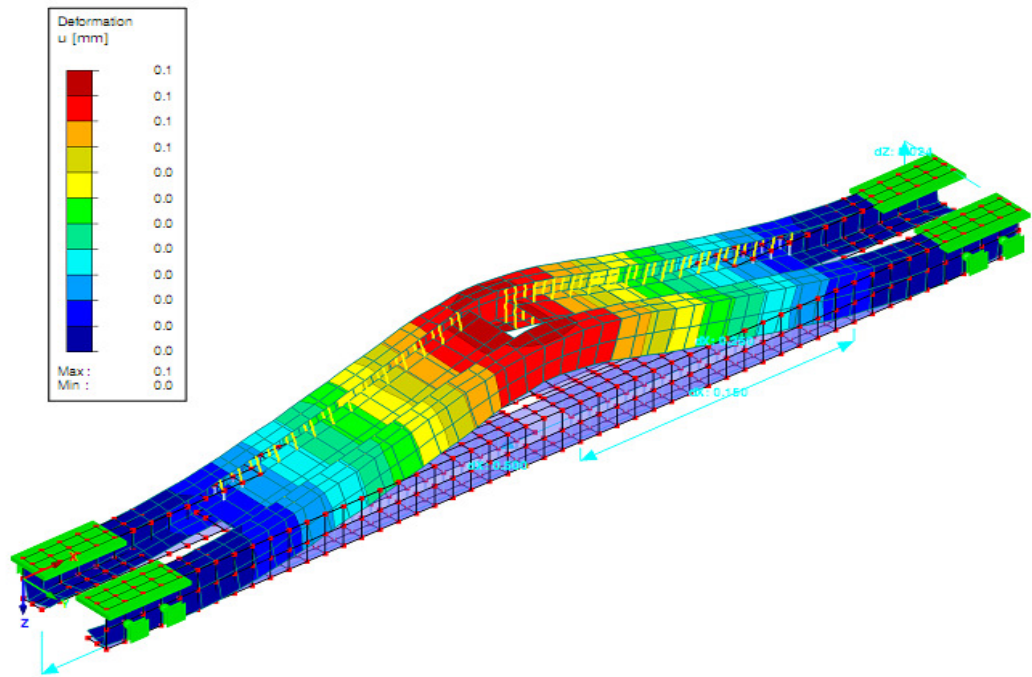


Obr. 6.2.1 Vedení brusných kotoučů c-profilů



Obr. 6.2.2 Rozdělení vedení na body průhybu

Pro uchycení c-profilů jsem navrhl vetknutí na obou koncích (za předpokladu ideálně tuhého rámu stroje) a boční podpory (náhrady za šrouby).



Obr. 6.2.3 Výsledné zobrazení namáhání

Po změně tloušťky materiálu z tří milimetrů na dva milimetry se přece jen projevilo drobné zatížení materiálu (maximum 24%) a průhyb 0.1 mm což vypovídá o značném předdimenzování a tuhosti navrhovaného řešení, nebo o nevhodně zvolených zatěžovacích silách.

DLUBAL - RFEM 2

Page: 2

LOADS

Project: School

Structure: VEDENI

Date: 12.05.2008

LOAD CASES

LC No.	LC Description	LC Factor	Type of Load Case	Self Weight	Method of Analysis
1	Self weight	1.0000	Permanent	1.00	Linear
2	Loads	1.0000	Variable	-	Linear

2.1 NODAL LOADS

LC2

No.	On Nodes No.	Force [kN]			Moment [kNm]			Comment
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
1	979	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	
2	747	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.050	0.000	

Obr. 6.2.4 Ukázka výstupu programu FREM (vstupní hodnoty)

DLUBAL - RFEM 2

Page:

RF-STEEL Su

Project: Structure: Date:

■ 1.1 GENERAL DATA

Surfaces to Design: Load Cases to Design: Self weight
Loads

■ 1.1.1 DETAILS

Calculate shear stresses in neutral axes of surfaces by:

■ 1.2.1 MATERIALS

Material No.	Material Description	Characteristic Stresses			Safety Factor $\gamma_M [-]$	Comment
		$\sigma_{R,k}$	$\tau_{R,k}$	$\sigma_{eqv,R,k}$		
1	Steel S 355 J0	32.27	18.63	32.27	1.10	
2	Steel S 235 JR G2	21.36	12.33	21.36	1.10	
3	Steel S 235 JR	21.36	12.33	21.36	1.10	

■ 1.2.2 SURFACES

Surface No.	Material No.	Thickness Type	Thickness d [cm]	Comment
1	2	Constant	0.20	
2	2	Constant	0.20	
3	2	Constant	0.20	
4	2	Constant	0.20	
5	2	Constant	0.20	
6	2	Constant	0.20	
7	2	Constant	0.20	
8	2	Constant	0.20	
9	2	Constant	0.20	
10	2	Constant	0.20	
11	2	Constant	0.20	
12	2	Constant	0.20	
13	2	Constant	0.20	
14	2	Constant	0.20	
15	2	Constant	0.20	

Obr. 6.2.5 Ukázka výstupu programu FREM (volení mat.+ rozdělení)

DLUBAL - RFEM 2

Page: 52

RF-STEEL Su

Project: School

Structure: VEDENI

Date: 12.05.2008

2.1 MAXIMUM STRESSES IN SURFACES

Stress Type	Point Coordinates [m]			Location	LC / LG No.	Stress [kN/cm ²]		Stress Ratio
	X	Y	Z			Existing	Allowable	
Surface No. 442 - Thickness 0.20 cm								
Sigma	0.230	0.006	-0.012	bottom	LC2	3.41	21.36	0.16
	0.240	0.012	-0.012	top	LC2	1.20	21.36	0.06
	0.230	0.006	-0.012	middle	LC2	2.35	21.36	0.11
Tau	0.230	0.006	-0.012	bottom	LC2	1.71	12.33	0.14
	0.240	0.012	-0.012	top	LC2	0.94	12.33	0.08
	0.230	0.006	-0.012	middle	LC2	1.47	12.33	0.12
Sigma-eqv	0.230	0.006	-0.012	bottom	LC2	3.24	21.36	0.15
	0.240	0.012	-0.012	top	LC2	1.65	21.36	0.08
	0.230	0.006	-0.012	middle	LC2	2.50	21.36	0.12
Surface No. 443 - Thickness 0.20 cm								
Sigma	0.240	0.000	-0.012	bottom	LC2	2.54	21.36	0.12
	0.230	0.000	-0.012	top	LC2	3.12	21.36	0.15
	0.230	0.000	-0.012	middle	LC2	2.67	21.36	0.12
Tau	0.240	0.000	-0.012	bottom	LC2	1.39	12.33	0.11
	0.230	0.000	-0.012	top	LC2	1.56	12.33	0.13
	0.230	0.000	-0.012	middle	LC2	1.34	12.33	0.11
Sigma-eqv	0.240	0.000	-0.012	bottom	LC2	2.67	21.36	0.12
	0.230	0.000	-0.012	top	LC2	2.72	21.36	0.13
	0.230	0.000	-0.012	middle	LC2	2.39	21.36	0.11
Surface No. 444 - Thickness 0.20 cm								
Sigma	0.230	0.006	0.012	bottom	LC2	6.75	21.36	0.32
	0.230	0.006	0.012	top	LC2	5.00	21.36	0.23
	0.230	0.000	0.012	middle	LC2	3.27	21.36	0.15
Tau	0.230	0.006	0.012	bottom	LC2	3.38	12.33	0.27
	0.230	0.006	0.012	top	LC2	2.50	12.33	0.20
	0.230	0.006	0.012	middle	LC2	1.95	12.33	0.16
Sigma-eqv	0.230	0.006	0.012	bottom	LC2	5.85	21.36	0.27
	0.230	0.006	0.012	top	LC2	4.98	21.36	0.23
	0.230	0.000	0.012	middle	LC2	3.46	21.36	0.16
Surface No. 445 - Thickness 0.20 cm								
Sigma	0.240	0.042	0.012	bottom	LC2	2.95	21.36	0.14
	0.250	0.048	0.012	top	LC2	2.84	21.36	0.13
	0.240	0.048	0.012	middle	LC2	2.46	21.36	0.12
Tau	0.240	0.042	0.012	bottom	LC2	1.48	12.33	0.12
	0.250	0.048	0.012	top	LC2	1.42	12.33	0.11
	0.240	0.048	0.012	middle	LC2	1.23	12.33	0.10
Sigma-eqv	0.240	0.042	0.012	bottom	LC2	2.67	21.36	0.13
	0.250	0.048	0.012	top	LC2	2.72	21.36	0.13
	0.240	0.048	0.012	middle	LC2	2.43	21.36	0.11

Obr. 6.2.6 Namáhané vedení brusných kotoučů

7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tab. 7.1 Ekonomické zhodnocení

Součást	Cena [Kč]	Počet kusů [ks]	Celková cena [Kč]
Diamantový brusný kotouč	10700	4	42800
Motor 1LA7060-2AA1x	1335	2	2670
Kuličkové ložisko 22x8x7 2RSR	80	14	1120
Naklápěcí ložisko 35x15x14 2RS	120	2	240
Úzký klínový řemen SPZ	150	2	300
Řemenice	170	2	340
Dvojitá řemenice	230	1	230
Suma	12785		47700

Při navrhování stroje jsem neprováděl poptávkové řízení na materiál. Ekonomické zhodnocení uvedené v tabulce obsahuje pouze přibližné ceny. Celkové náklady zdaleka nejsou konečné, protože sestava obsahuje pouze základní součásti stroje.

ZÁVĚR

Zadaným úkolem diplomové práce bylo navržení konstrukce jednoúčelového obráběcího stroje pro zkušební tělíska z polymerních kompozitních materiálů plněných sklem. Zkušební tělíska měli mít průřez v rozmezí 3x5 až 4x8 mm a polotovarem mohl být profil o maximálním průřezu D 20 mm nebo 20x20 mm.

V souladu se zadáním jsem navrhl obráběcí stroj se čtyřmi diamantovými brusnými kotouči. Vlastní vedení profilu je řešeno jeho uložením mezi soustavu vodících ložisek a ručním posuvem profilu do obráběcího stoje. Pohon brusných kotoučů je zajištěn pomocí klínových řemenů. Každá dvojice brusných kotoučů má vlastní motor. Chlazení a odvod třísek není součástí stroje. Kapalina je dopravována pomocí potrubí přímo do místa brusných kotoučů kde má nejen chladicí účinek, ale plní také funkci odvodu třísek na dno vany, která je umístěna pod strojem.

Pevnostní výpočty nebyli realizovány a to z důvodu, že pro kompozitní materiály nejsou přesně zadány silové účinky. Tyto výpočty by měli být provedeny až po zhotovení a odzkoušení stroje.

Výsledkem této práce je návrhová dokumentace. 2D výkresy byli zpracovány v systému AutoCAD 2006 a 3D modely byly zpracovány v systému ProEngineer.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Seznam literatury:

1. Rudolf,B.; Kopecký,M.: Tvářecí stroje – základy stavby a využití. +.vyd. Praha: SNTL, 1985.
2. Břeník,P.;Píč,J.: Obráběcí stroje – konstrukce a výpočty. 2. vyd. Praha: SNTL, 1986.
3. Kováč,A.; Rudolf,B.: Tvárníace stroje. 1. vydání Bratislava: Alfa,1989.
4. Ženíšek,J.; Jenkut,M.: Výrobní stroje a zařízení. 2. vyd. Praha: SNTL, 1990.
5. Bolek,A.; Kochman,J. a kol.: Části strojů I a II. Technický průvodce 6 Praha: SNTL, 1990.
6. Leinveber,J.;Vávra,P.: Strojnické tabulky, druhé doplněné vydání, Albra pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2005
7. Drasník,F.: Normativně technická dokumentace. Ostrava: Montanex, 1998.
8. Meloun,M.;Militký,J.; Statické zpracování experimentálních dat. 1. vyd. Praha: Plus s.r.o. 1994.
9. Humár,A.: Obrábění vláknově vyztužených kompozitů, 2004.
10. Jančář,J.: Úvod do materiálového inženýrství kompozitů, Brno 1999.

Internetové stránky – katalogy:

11. Misumi – firemní katalog, Mechanical Standard Components for Factory Automation – 2008.4 – 2009.3
12. Internetové stránky firmy SKF – www.skf.com
13. FAG Valivá ložiska - firemní katalog WL41520CSA, 1997.
14. Oborový portál BOZPinfo.cz – www.bozpinfo.cz
15. TÜV NORD Czech – Technická inspekce: Bezpečnost strojních zařízení www.tuevnord.cz
16. VTN – Servis s.r.o. - firemní katalog

17. www.prefa-kompozity.cz
18. GDP KORAL s.r.o. www.gdp-koral.cz
19. www.VEDeX.cz
20. Český patentový úřad www.upv.cz
21. United States Patent and Trademark Office www.uspto.gov
22. www.ferona.cz
23. www.strojarstvo.sk
24. Keramika, Kompozity, Polymery – www.ped.muni.cz

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	[mm]	rozměr stroje délka
B	[mm]	rozměr stroje šířka
B ₁	[°]	úhel opásání hnací řemenice
B ₂	[°]	úhel opásání hnané řemenice
C	[mm]	rozměr stroje výška
C	[N]	základní dynamická únosnost ložiska
C	[mm]	osová vzdálenost řemenic
C	[N]	dynamická únosnost ložiska
C ₁₀	[N]	základní statická únosnost ložiska
D	[mm]	průměr brusného kotouče
D	[mm]	vnější rozměr řemenice
D _P	[mm]	rozměr rozteče řemenice
F _C	[N]	odstředivá síla řemene
F _K	[N]	zatížení od brusného kotouče a hřídele
F _O	[N]	předpětí řemene
F _r	[N]	celková radiální síla na hřídel
F _{rs}	[N]	statická síla na hřídeli (v klidu)
F _U	[N]	tažná síla
F ₁	[N]	síla v zatíženém kordu řemene
F ₂	[N]	síla v nezatíženém kordu řemene
F _{1B}	[N]	zatížení od broušeného materiálu
F _{2B}	[N]	zatížení od broušeného materiálu
H	[mm]	šířka brusného kotouče
L _{10,h}	[hod]	životnost ložiska v provozních hodinách
M _O	[kNm]	ohybový moment brusného kotouče
M _K	[Nm]	kroucí moment přenesený řemenem
P	[kW]	přenášený výkon řemenem
P	[N]	zatížení ložiska
B	[mm]	rozdíl mezi vnějším rozměrem řemenice a roztečí řemenice
b _O	[mm]	vnější šířka řemene
b _w	[mm]	šířka řemene
b _U	[mm]	vnitřní šířka řemene
b ₁	[mm]	vnější šířka drážky v řemenici
c ₂	[-]	koeficient provozního zatížení řemene
D	[mm]	vnitřní průměr brusného kotouče
E	[mm]	šířka drážek v řemenici
F	[mm]	osová šířka řemenice
H	[mm]	výška řemene
h _w	[mm]	výška hlavy řemene
L	[mm]	délka řemene
A	[ot/min]	otáčky brusného kotouče
A	[ot/min]	otáčky ložiska
P	[-]	exponent typu ložiska
S	[mm]	šířka vrstvy brusiva na brusném kotouči

T	[mm]	výška drážka řemenice
U	[mm]	průhyb při deformaci c-profilů
A	[°]	úhel rozevření řemenice

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Sestava nárýs – Stroj na obrábění zkušebních tělísek
10 - L168 - 05/08
- Příloha 2 Sestava bokorys – Stroj na obrábění zkušebních tělísek
11 - L168 - 05/08
- Příloha 3 Sestava půdorys – Stroj na obrábění zkušebních tělísek
12 - L168 - 05/08
- Příloha 4 Sestava – Řez A – Stroj na obrábění zkušebních tělísek
14 - L168 - 05/08
- Příloha 5 Sestava – Řez B – Stroj na obrábění zkušebních tělísek
15 - L168 - 05/08
- Příloha 6 Sestava – Řez C – Stroj na obrábění zkušebních tělísek
16 - L168 - 05/08
- Příloha 7 Sestava – kusovník K - L168 - 05/08
- Příloha 8 Hřidel brusného kotouče 1 - L168 - 05/08
- Příloha 9 Vedení materiálu obráběcího stroje 2 - L168 - 05/08 list 1
- Příloha 10 Vedení ložiska 2 - L168 - 05/08 list 2
- Příloha 11 Držák ložiska 2 - L168 - 05/08 list 3

