



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

MEMBRÁNOVÝ TERMOPLASTICKÝ LIS
DIAPHRAGM THERMOPLASTIC PRESS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS


AUTOR PRÁCE
AUTHOR

bc. MARTIN ŠTINDL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. BRONISLAV FOLLER Ph.D.

BRNO 2010

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 2
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Abstrakt:

Základ této práce spočívá v konstrukčním řešení membránového vakuového lisu, určeného k formování termoplastů pomocí membrány a to zejména materiálu Twintex.

V práci je řešena celková koncepce a uspořádání stroje. Pohyb materiálu ve stroji do nahřívací části a poté na tváření.

Klíčová slova:

Membrána, lis, termoplast

Summary

The basic of this work is the construction realization of membrane vacuum press, mark out for shaping thermoplastics by force of membrane. Specially designate for material Twintex.





The work deals with the general conception and form this machines. Movement material in machine to the warm up parts and after it to moulding.

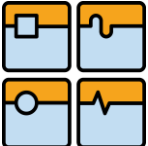
Keywords

Membrane, press, thermoplastic

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Martin Štindl. MEMBRÁNOVÝ TERMOPLASTICKÝ LIS. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 55 s. Vedoucí diplomové práce Ing. BRONISLAV FOLLER Ph.D.

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 3
		DIPLOMOVÁ PRÁCE	

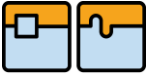
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, za použití uvedené literatury, pod vedením ing. Bronislava Follera Ph.D.

V


Podpis

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Poděkování

Rád bych poděkoval všem lidem, kteří mi byli při tvorbě mé diplomové práce nápomocni. Zvláště pak bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce ing. Bronislavu Follerovi Ph.D. za odborné vedení.

Obsah.....	6
1 Tváření, konstrukce strojů.....	7
1.1 Základní pojmy z oblasti tváření.....	7
1.2 Zásady konstrukce strojů.....	8
1.3 Ergonomické vlastnosti stroje.....	9
1.4 Požadavky na stroj.....	11
2 Termoplasty	
2.1 Plasty a jejich zpracování vstřikováním.....	12
2.2 Materiál Twintex.....	14
3 Stlačený vzduch a vakuová technika.....	22
3.1 Stlačený vzduch.....	22
3.2 Vakuová technika.....	24
4 Vymezení cílů práce	28
5 Návrh variant řešení a výběr optimální varianty.....	28
5.1 Softwarové řešení.....	29
5.2 Výrobní cyklus stroje.....	29
5.3 Variantní řešení.....	30
5.4 Návrh konstrukce pohyblivého rámu lisu.....	32
6 Konstrukční řešení.....	33
6.1 Rám stroje.....	33
6.2 Přídržné elektromagnety.....	36
6.3 Pneumatické prvky a jejich ovládání.....	37
6.4 Návrh obvodu s využitím vakua.....	41
6.5 Membrána.....	43
6.6 Infrazářiče.....	43
7 Návrh konstrukce tvářecích forem.....	50
8 Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor	51
8.1 Konstrukční rozbor řešení.....	51
8.2 Technologický rozbor.....	52
8.3 Ekonomický rozbor řešení.....	52
Seznam použitých zdrojů.....	53
Seznam použitých zkratk, symbolů a veličin.....	55
Seznam obrázků a grafů.....	56
Seznam příloh.....	57

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1. Seznámení s problematikou konstrukce strojů a přiblížení tvářeného materiálu

V této kapitole jsou popsány základní pojmy z oblasti tváření materiálů a nejdůležitější principy a zásady pro konstrukci tvářecích strojů. Další část je zaměřena na materiálové vlastnosti termoplastu Twintex, pro jeho tváření je konstruovaný stroj především určen.

1.1 Základní pojmy z oblasti tváření

Tvářecí stroj

Strojní zařízení, které zpracovává materiál za studena nebo s ohřevem, mechanickým přetvořením

Tváření

Výrobní proces, při němž se mění tvar zpracovávaného materiálu působením vnější síly. Mechanickým přetvořením je myšleno kromě objemového a plošného tváření také dělení materiálu stříháním, lámáním případně drcením.

Tvárnost (plasticita)


Jedná se o vlastnost materiálu projevující se schopností jejich trvalé deformace bez porušení celistvosti.

Přetvárná pevnost

Jedná se o napětí, při kterém dojde ke tváření materiálu, vzájemný pohyb částic při velmi malých rychlostech. Pohybu nebrání žádné vnější síly (neuvažuje se tření). Většinou platí, že s rostoucí teplotou klesá přetvárná pevnost.

Přetvárný odpor

Odpor, který klade materiál při tváření. Je větší než přetvárná pevnost a to hlavně o odpory vzniklé třením materiálu o povrch nástroje a o odpory vznikající při větších odporech tření. Je závislý na tvářecí teplotě, poměrné rychlosti tváření, velikosti tření mezi nástrojem a tvářeným materiálem, stavu napjatosti, stupni deformace, rozměrech a tvaru tvářeného materiálu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1.2. Zásady konstrukce strojů

Energetická bilance pracovního procesu

Celková práce na hřídeli motoru (motorů), potřebná k vykonání jednoho pracovního cyklu

Provozní spolehlivost a trvanlivost

Stroj musí být funkčně nezávadný a mít minimální poruchovost

Spolehlivost

Vlastnost výrobku, nebo jeho součásti zajišťující plnění jeho předepsaných funkcí a závisující na:

bezporuchovosti

- životnosti
- udržitelnost výrobku a jeho součástí

Kvantitativními ukazateli spolehlivosti výrobních strojů a zařízení jsou:

- doba bezporuchového chodu
- pravděpodobnost poruchy
- funkce spolehlivosti
- hustota poruch
- intenzita či nebezpečí poruchy
- střední doba mezi poruchami

Poruchu může zavinit: nesprávná konstrukce, materiál, nesprávné tepelné zpracování, nesprávný provoz stroje, špatná údržba

Bezporuchovost

Vlastnost výrobku zachovávat schopnost provozu v předepsaných režimech a stanovených provozních podmínkách

Životnost

Vlastnost výrobku po dlouhou dobu (s možnými přestávkami v práci) zachovávat schopnost provozu v předepsaných režimech a stanovených provozních podmínkách až do zničení nebo jiného mezního stavu.



Udržovatelnost

Vlastnost výrobku spočívající v přizpůsobitelnosti k obnově normálního stavu (funkce) výrobku a k udržení technické životnosti výrobku předcházením vad a poruch, jejich zjišťováním a odstraňováním.

Trvanlivost (technická životnost)

Jedná se o celkovou délku bezporuchového chodu (provozu) výrobku za dobu jeho používání až do zničení nebo dosažení jiného mezního stavu.

1.3 Ergonomické vlastnosti stroje

Snadnost obsluhy a ovládání

Musí být zajištěna snadná a jednoduchá obsluha stroje. Ovládáním strojů nazýváme působení na parametry výrobního stroje s cílem vytvořit konečné dílo

Výsledek: dosáhnout požadovaný tvar, rozměr, kvalitu

Při konstrukci maximálně dodržovat ergonomická hlediska.

Člověk a stroj

Souvisí s humanizací celého pracovního procesu. Tuto humanizaci lze řešit různými cestami. Z celé řady řešení je možno vytřídit 3 základní:

1. Úpravu stroje vzhledem k obsluze
2. Školení obsluhy stroje
3. Řešením vtažení lidí ve výrobě

Cílem je systematicky utřídit otázky spojené s úpravou stroje vzhledem k obsluze, jde přitom především o opatření ergonomická, bezpečnosti a ochrany životního prostředí. Při posuzování ergonomie stroje jde o přizpůsobení výrobního stroje rozměrům těla a pohybovým schopnostem člověka. Bezpečnost při technologickém pochodu je závislá na stupni automatizace stroje. Jiná bude při ruční práci a jiná při mechanizované a automatizované práci. Pro bezpečný chod výrobního stroje se používají ochranná zařízení. Velmi důležitým faktorem problému „člověk a stroj“ je životní prostředí. Technologickým pochodem a konstrukcí stroje lze vyrobit celou řadu zatěžujících faktorů, z nichž lze například vybrat faktor – hluk.



Hluk

Hluk vzniká při samotném technologickém pochodu a v jednotlivých uzlech výrobního stroje. Vzniká jednak vlivem samotného tvářecího pochodu. Nebo vzniká přímo v uzlech tvářecího stroje vlivem chvění základních elementů, které je vyvoláno silami vznikajícími proměnným zrychlením v mechanismech pro přenos energie, nevyváženosti rotorů, rázy a třením. Hluk je možno omezovat primárními nebo sekundárními způsoby snižování hluku. Mezi primárními způsoby patří úpravy na zdrojích hluku. Jde o úpravy nástroje nebo konstrukce základních uzlů a elementů tvářecího stroje. U sekundárních způsobů snižování hluku se hluk snižuje tím, že se nějakým vhodným způsobem zabraňuje šíření akustické energie nebo šíření jiného typu energie než je akustická, ale která by se v akustickou energii mohla proměnit. Například použití krytů pohlcujících hluk, tlumičů, pružné ukládání tvářecího stroje atd. Hlučnost stroje řeší NV 9/2002 Na výroby z hlediska emisí hluku [16].

Řízení

Cílevědomá činnost, při které se hodnotí a zpracovávají informace podle nichž se stroje ovládají tak, aby bylo dosaženo požadovaného cíle

Řízení – ruční (člověk), automatické (bez zásahu člověka)

Řízení stroje musí být:

- jednoduché a snadné
- rychlé
- spolehlivé
- bezpečné

Bezpečnost

- Pro člověka
- Pro stroj

Na každém tvářecím stroji musí být zákonem předepsaná ochranná zařízení, která zabezpečují jednak bezpečnost provozu stroje, tak bezpečnost obsluhy. Je nutno dbát především na spolehlivou funkci spojky a brzdy, která uvádí do chodu a zastavuje pohybující se části stroje. Řízení musí být chráněno pojistkou proti zopakování zdvihu. Všechna nebezpečná místa na stroji, včetně pracovního prostoru, musí být zabezpečena proti možnému úrazu.

Konstrukční řešení stroje je vypracováno s ohledem právních předpisů: NV 176/2008 O technických požadavcích na strojní zařízení, NV 616/2006 O technických požadavcích na výrobky z hledisek jejich elektromagnetické kompatibility, NV 17/2003 Technické požadavky na el. zařízení nízkého napětí [16].



1.4 Požadavky na stroj

Rozměrové parametry tvářecích strojů

Jde především o rozměry pracovního prostoru u tvářecích strojů s otevřeným pracovním prostorem je základním rozměrovým parametrem tzv. vyložení. U tvářecích strojů s uzavřeným pracovním prostorem je základním rozměrovým parametrem tzv. průchod. Kromě rozměrů pracovního prostoru stroje se udávají i celkové rozměry tvářecího stroje.

Požadavky kladené na výrobní stroje

Optimalizační požadavky na konstrukci výrobního stroje souvisí s jakostí práce, s výkonností stroje, s problémy „člověk a stroj“, s pořizovacími náklady a technologickými požadavky.


Technologické požadavky

Z daného výrobního úkolu vyplývají technologické požadavky tzn. v našem případě, jakým technologickým pochodem budeme na objekt působit, abychom dosáhli žádaného výrobku, tj. splnění výrobního úkolu. V našem případě jde zejména o realizaci procesu tváření.

Pro volbu tvářecího stroje je základním kritériem charakteristika tvářecího procesu.

Požadavek jakosti práce

Problém jakosti práce je předmětem zájmu všech průmyslově vyspělých zemí a stal se dnes jedním z určujících prvků efektivnosti ekonomiky. Tento problém proniká do všech oborů a i do tak významného oboru jako je stavba výrobních strojů. Jakost práce je dána především přesností rozměrů a tvarů ploch výrobků a přesností vzájemné polohy těchto ploch a jeho povrchovými a mechanickými vlastnostmi. Přesnost výroby, tj. schopnost stroje přesně vyrábět, je ovlivněna geometrickou přesností činných ploch, vlastnostmi výchozího polotovaru a technologickými vlivy. Vliv tuhosti lze rozdělit na vliv tuhosti objektu, tuhosti nástroje a tuhosti pracovního prostoru. Dynamické chování ovlivňující jakost práce výrobního stroje vychází z prostorově orientované odporové síly, které způsobuje pružné deformace v souřadných osách a natočení v příslušných rovinách. Tepelné chování výrobního stroje vychází z tepelných dilatací těch částí stroje, které mají vliv na změny relativní polohy výstupního členu a objektu. Rozlišujeme přitom dva základní případy vzniku tepla a to technologický proces a vlastní zdroj tepla. Přičemž rozhodující vliv mají zdroje tepla vznikající při technologickém procesu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Teplotní deformace mají vliv přímý a nepřímý. Při přímém vlivu se mění relativní poloha výstupního členu a objektu. Při nepřímém vlivu zaniká geometrická podobnost s původním stavem a zhoršuje se tvarová přesnost a tím klesá tuhost deformovaných součástí.

Proces opotřebení nástroje a výrobního stroje podstatně zhoršuje jakost práce. Mezi rozhodující vlivy na opotřebení patří přesnost výroby jednotlivých uzlů výrobního stroje a nástroje.

Požadavek výkonnosti

Výkonnost výrobního stroje je důležitým parametrem, který je závislý na stupni automatizace, pružnosti systému a na jeho spolehlivosti. Stupeň automatizace je vyjadřován hierarchií řídicího systému a mechanizací a automatizací vedlejších prací. Pružnost systému je ovlivněna zvolenou automatizací. Kritérium pro volbu je charakteristika výroby, tj. kvantita a kvalita. Spolehlivost stroje je závislá na výběru uzlů a elementů stroje, na zvolené stavební struktuře stroje a na systému ochrany proti přetížení. Jako kritérium hodnocení spolehlivosti lze uvést průměrný čas bezporuchového provozu a intenzitu poruch.

Výkonnost tvářecího stroje je rovněž závislá na druhu tvářecího pochodu. Jiná bude při plošném tváření, jiná při objemovém tváření a jiná při stříhání. Při plošném tváření je výkonnost určena velikostí tvářené plochy za čas jednoho pracovního cyklu.

2. Přehled současného zpracování plastů

2.1 Plasty a jejich zpracování vstřikováním

Vstřikování plastů je poměrně složitý tepelně-mechanický proces tváření, na kterém se podílí:

- výchozí materiál, ze kterého se vyrábí požadovaná součást
- výrobní cyklus především se vstřikovacím strojem a ostatním zařízením, umožňující přípravu taveniny a její dopravu za určitých podmínek do formy
- forma jako nástroj pro vlastní tváření taveniny na součást.

Všechny uvedené faktory ovlivňují užité vlastnosti a kvalitu výstřiku (vyrobené součásti).



Obr.2-1 Vstřikovací lis série CANbel firmy Negri Bossi

Vlastní výroba vstřikováním pak probíhá nadávkováním a plastikací polymeru ve vstřikovací stroji, jeho dopravě za teploty a tlaku do dutiny formy. Po ochlazení se již z formy vyjme hotový výrobek.

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci (oproti kovům, které mají strukturu tvořenou krystalickými mřížkami). Jsou rozděleny na dva základní druhy:

- termoplasty, které mají řetězce přímé (lineární polymery) nebo řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou opět do původního pevného stavu.

- reaktoplasty, které mají v konečné fázi zpracování řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou trojrozměrnou síť. Při ohřevu tato síť zvětšuje svoji pohyblivost, ale řetězce se zcela neuvolní. Při tváření vlivem teploty a tlaku nastává zasíťování (vytvřování) plastu (někdy i působením katalyzátoru). Jsou-li původní řetězce velmi ohebné a hustota sítě je přiměřená, je hmota za normální teploty poddajná a pružná. Takové materiály se nazývají elastomery a zasíťování u nich nastává při vulkanizaci, čímž se převedou na pryž. Jakmile je chemický proces ukončen, další tváření již není možné.

Při nadměrném ohřevu u obou druhů polymerů se přetrhají chemické vazby, hmota se rozruší a ztrácí pevnost. Tento proces již je nevratný a nazývá se degradace hmoty a další zpracování je bezpředmětné.



Tvarování termoplastů

Tvarování je výrobní postup, u kterého polotovar ve tvaru desky nebo fólie mění svůj tvar bez většího přemísťování částic hmoty. Většinou se provádí za tepla, jen ve výjimečných případech je možné některé plasty tvarovat bez ohřevu, ale vždy se jedná o výrobky jednoduchých tvarů a bez velkých nároků zejména na rozměrovou přesnost. Tvarováním desek za tepla se vyrábějí různé kryty, nádoby, kufry, apod. Velký význam má tato technologie v obalové technice. Tvarováním za tepla lze zpracovávat pouze termoplasty. Tvarováním lze zpracovávat desky téměř ze všech termoplastů, nejčastější jsou však ze styrenových plastů, např. hPS a ABS, dále z PVC a jeho kopolymerů, PMMA, PC, PET, PE a PP. K tvarování se obvykle používají jednovrstvé desky vyrobené z jednoho druhu plastu vytlačováním na šnekových vytlačovacích strojích. Při stejných nebo velmi blízkých podmínkách se tvarují i desky vícevrstvé. Z hlediska tvarovacího procesu jsou jednovrstvé desky příhodnější, neboť desky z více druhů plastů kladou na technologii větší nároky.

Podle velikosti síly se tvarování dělí na mechanické a pneumatické, které se dále dělí na podtlakové a přetlakové. Podle tvaru výrobku se dělí na negativní (tvarování do dutiny) a pozitivní (tvarování na tvárník) a na kombinované.

Při tvarování se musí plast v podobě desky rovnoměrně zahřát na teplotu, při níž hmota vykazuje dobrou tvarovatelnost. Pro tloušťky desek pod 3 mm se ohřívá z jedné strany, nad 3 mm z obou stran (vliv špatné tepelné vodivosti plastů). Důležité je stejnoměrné prohřátí desky ve všech místech, které se zúčastní tvarování. Tažnost hmoty dosahuje maxima v určité oblasti teplot, která závisí na druhu plastu. Je-li teplota tvarování nižší, než optimální, je nutno na tvarování vynaložit větší sílu, protože pevnost hmoty se zvyšuje a ve výrobku zůstávají poměrně velká vnitřní pnutí. Po překročení optima plast rychle ztrácí soudržnost a při tvarování se trhá. Tvarování probíhá v chladné formě. Musí proběhnout v co nejkratší době, aby teplota plastu byla během fáze tvarování konstantní. Proto se volí nejvyšší rychlost tvarování, kterou daný plast dovolí. Konečný tvar výrobku, musí být dosažen po jediném zplastování hmoty v jednom tvarovacím cyklu. Nelze použít postupného tažení. Vnitřní pnutí, způsobené hlavně orientací makromolekul, by totiž při opětném zahřátí hmoty vyvolalo deformace předtvarovaného dílu, který má snahu vrátit se do původního tvaru desky. Je to důsledek tzv. tvarové paměti.

2.2 Materiál Twintex

Twintex je materiál vyrobený jako směsné vlákno – roving – skládající se z několika tisíc polymerních a skleněných monofilamentů. Byl vyvinutý firmou Saint Gobain Vetrotex, nyní je vyráběn a prodáván firmou Owens Corning. Promícháním skelného a termoplastického vlákna se ekonomicky vyřešil problém impregnace nepřetržitého skelného vlákna s termoplastickými pryskyřicemi. To dovoluje dosáhnout úspory 60 % váhy ve složených částech. Zpracovává se teplotou nad tavením matrice PP (170 – 200°C) a potom konsolidací použitím nízkého formujícího tlaku.



Vlastnosti

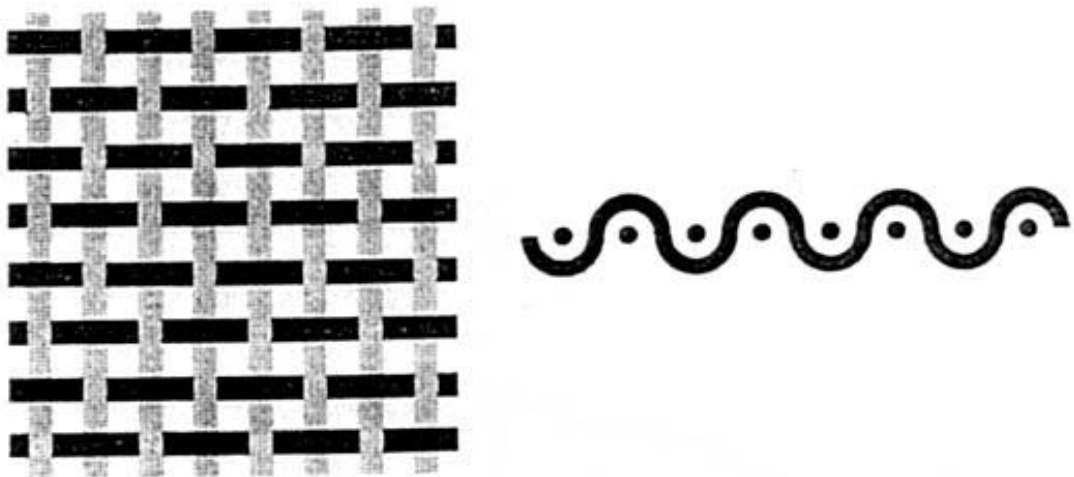
Termoplastická matrice polyolefin (polypropylen, polyetylen) patří mezi většinu chemicky netečných plastů a je nejméně ovlivněna absorpcí vodou. Mechanické vlastnosti závisí na vzoru tkaniny. V případě rovnoměrného rozložení tkaniny budou podélné a příčné mechanické vlastnosti stejné. Naopak v případě jednosměrné tkaniny budou mechanické vlastnosti vyšší v preferovaném směru.

Druhy výtuh

Tkaniny vyprodukované z Twintexu mohou být zpřadeny mezi sebou v různých konfiguracích a strukturách. Například se zaměřením na příčný nebo podélný směr a jejich kombinací.

Nejčastěji používané tkaniny:

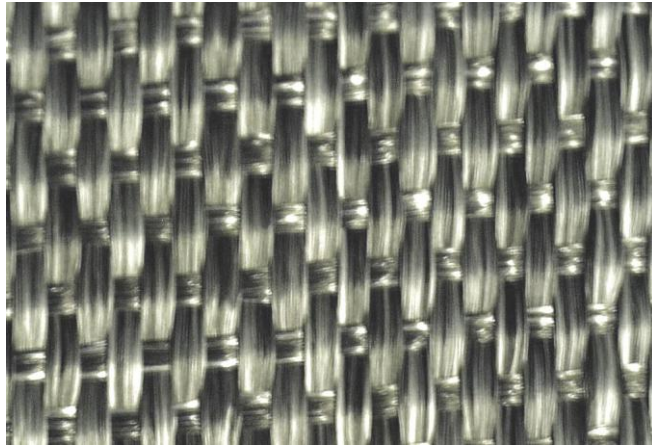
Základní tkaniny jsou tzv. plátňové vazby, kdy se jednotlivá vlákna mezi sebou proplétají pod úhlem 90°. Získaná látka je velmi stabilní, ale méně vhodná pro tvarování složitých tvarů.



Obr. 2-2 Základní tkanina 50/50

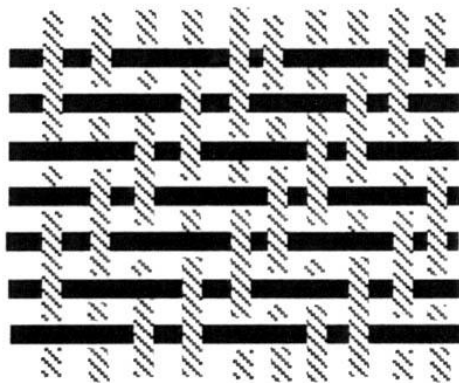


Dalším typem je vazba 4/1 tvořená z 80 % podélnými vlákny a z 20 % příčnými vlákny. Z toho vyplývá, že v hlavním směru je 4x pevnější.



Obr. 2-3 Tkanina s vazbou 4/1

Keprová vazba tkaniny je obdobná jako základní plátňová tkanina s rozdělením vláken 1/1. Používá se jiný způsob proplétání například 2x2 kepr struktura. Dvě vlákna procházejí přes dvě vlákna. Látka má úhlopříčný vzor. Tyto tkaniny jsou více přetvárné než prosté tkaniny a jsou určeny k vytváření složitých tvarů. Jejich vyvážená struktura jim dává identické mechanické vlastnosti v obou směrech.



Obr. 2-4 Tkanina s keprovou vazbou

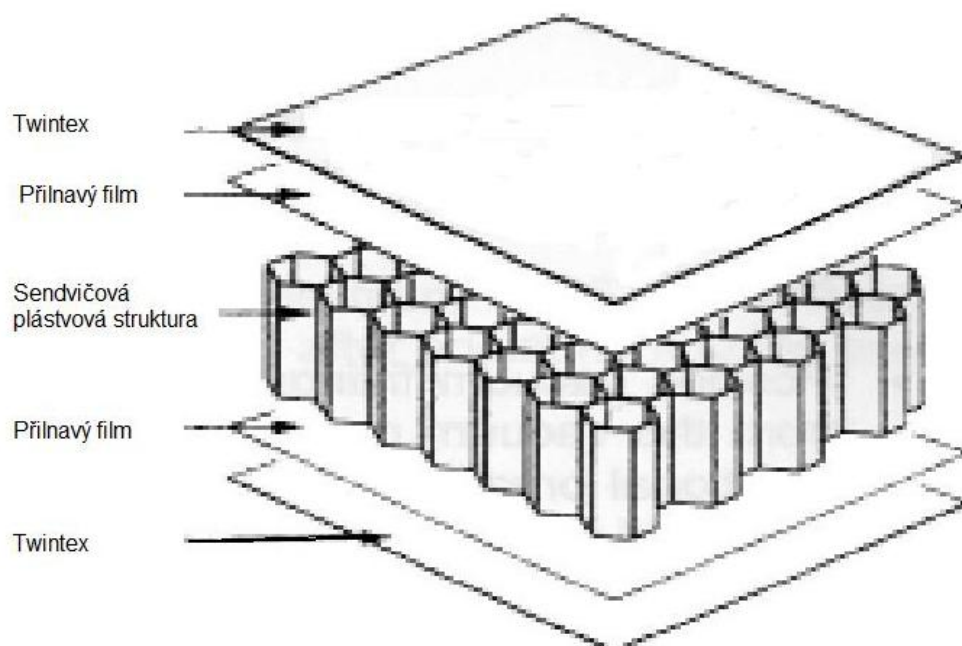


V prošité struktuře vlákna procházejí pouze jedním směrem a v příčném směru jsou spojena pouze nití polyesteru. Mechanické vlastnosti této látky jsou menší, ale za to vynikají vzhledem.



Obr. 2-5 Tkanina s vlákny jedním směrem

Sendvičová konstrukce dovoluje mnohem větší tuhost výrobku bez použití většího množství materiálu. Sendvičové jádro je ze slabého materiálu. Lze použít voštiny ve tvaru včelí plástve, pěny, nebo dřeva.



Obr. 2-6 Sendvičová struktura



Formování

Tváření materiálu Twintex probíhá pouze v jedné polovině formy. Vyprodukovaná část má tedy jen jednu tvář s obrazem povrchu formy. Když je materiál Twintex použit v jedné první vrstvě je možné se vyhnout vzoru vlákna na povrchu. Jakost tohoto povrchu je dále možné upravit použitím gelu před vakuováním. Přidání gelu redukuje produktivitu prodloužením přípravy formy.

Výrobky z materiálu Twintext

Výrobky z materiálu Twintext se díky svým fyzikálním vlastnostem a chemické odolnosti uplatňují v různých oblastech.

- domácnosti: žaluzie, okení profily, umývadla
- větrné elektrárny: listy vrtulí
- sportovní vybavení: lyže, lodě
- jako součást elektronických součástek

a v mnoha dalších odvětvích.



Obr.2-7 Trup malé plachetnice, materiál Twintext



V automobilovém průmyslu se používá jako výplň dveřních panelů, krytů motoru a podvozku, k výrobě nárazníků a blatníků.

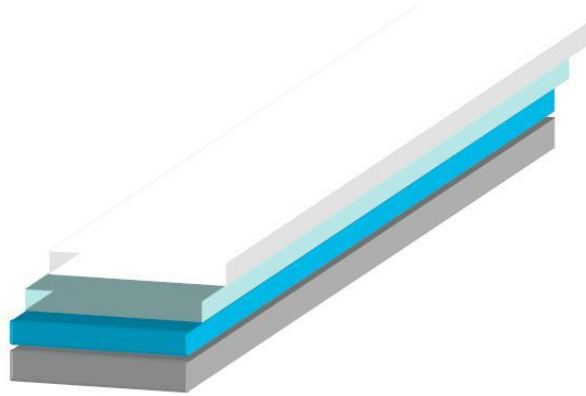


Obr.2-8 Dveřní panel Twintex + Kevlar



Obr.2-9 Blatník automobilu

Při použití dekorativních vrstev lze vyprodukovat výrobky s barevným, měkčeným nebo jiným povrchem.



Obr.2-10 Vrstvení materiálu (odspodu: nosná vrstva Twintex, desénová vrstva, krycí vrstva, ochranný tvářecí film)

Příprava nástrojů

Abychom se vyhnuli chybám, základem je dokonale čistý povrch formy. Při každém použití je třeba aplikovat separátor např. vosk pro ochranu formy a lepší vyjmutí výrobku.

Další operace sestává z kladení tkaniny do ošetřené formy s použitím rozstřikovacího kontaktního lepidla pro lepší umístění látek. Při kladení látek je třeba dát pozor na ostré úhly a použít odpovídající látku. Tloušťka formované části je určena gramáží látky a počtem vrstev. Při použití několika vrstev je nezbytné dát pozor na kladení látek, aby spoje nebyly v jednom místě a nevzniklo tak oslabení.

Látka je vložena do formy a lisována pomocí membrány vakuem, jako v případě konvenčních laminátů. Při aplikaci vakua vzduch mezi vlákny a různými vrstvami tkaniny může unikat. Materiál je zahřátý do teploty tavení polypropylenových vláken. Vakuum vyvine tlak, který dovoluje termoplastické matici sloučení se skelnými vlákny. V případě potřeby je možné ke zvýšení tvářecí síly použít tlakový vzduch. Po ochlazení je materiál dokonale impregnovaný s řízenou hustotou obsahu vláken.

Tato metoda zpracování je velmi zajímavá pro málo a středně objemové díly, z důvodu relativně nízkých investičních nákladů. Pracovní prostředí je čisté, bez vypouštění styrenu do pracovního ovzduší. Skladovací požadavky materiálu jsou volné bez omezení.

Před navrhnutím konečného tvaru výrobku je potřeba prostudovat tvářecí možnosti materiálu. Tváření pomocí vakua s materiálem Twintex, která má spojitá vlákna, ukládá nějaké omezení při produkci některých tvarů a desénových částí.

Je potřeba se vyhnout následujícím nevýhodám:

- problémy s umístěním, ztráta času umocněná zmenšením produktivity a potřeba zvýšením pracovní síly, horší kvalita povrchu v tvarově náročných zónách.






Geometrie výrobku

Tloušťka výrobků produkovaných metodou vakuování s materiálem Twintex může být 2 až 4 mm. Lokální střídání materiálu je možné. Použití dřevěné nebo PU formy bude prodlužovat tvářecí čas. Regulace teploty v těchto zónách je nezbytná k tomu, aby zajistila stejnorodé umístění smíšené konstrukce.

- Maximální rozměry součásti závisí na složitosti výrobku a desénové možnosti nástroje. Pomocí kombinované formy je možné produkovat vakuem formované části o ploše až 6-7 metrů čtverečních.
- Ostré úhly nejsou dovolené a musí být nahrazeny radiusem s minimálním poloměrem 5 mm a tloušťkou stěny 3 mm
- Uvnitř této zóny je těžké získat stejnorodou hmotu a vnější úhel je tvořen pouze pryskyřicí, která má za následek mechanické oslabení. Navíc v případě ostrých úhlů není pryskyřice schopna vyplnit veškerý prostor formy. Výrobek se musí po vyjmutí z formy dále upravovat.

Možnosti formování částí z materiálu Twintex vakuovým zpracováním příloha [1].

Ukázka tváření materiálů pomocí vakua s použitím tlakového vzduchu.

Použitý tvářecí tlak	Obrázek	Hodnocení
Vakuum		Obtížné tvarování materiálu v komplexní ploše
Vakuum + 1 bar		Mnohem lepší dosažené výsledky tváření
Vakuum + 2 bar		Výrobek je dokonale tvářený v celé ploše

Obr.2-11 Ukázka tváření dle firmy Twintex



3 Stlačený vzduch a vakuová technika

Klasifikace tlaků

Z praktických důvodů je užitečné uvést hrubou klasifikaci tlaků podle hodnot. Tato klasifikace umožňuje rychlejší orientaci v dostupnosti a použitelnosti technologických postupů při generování a měření tlaku. Uvedené rozsahy mají pouze informační charakter.

- 1) dokonalé vakuum 0 Pa (absolutně prázdný prostor, je to spíše hypotetická situace)
- 2) extrémně vysoké vakuum $< 10^{-10}$ Pa
- 3) ultravysoké vakuum $10^{-10} - 10^{-7}$ Pa
- 4) vysoké vakuum $10^{-7} - 10^{-2}$ Pa
- 5) nízké vakuum $10^{-1} - 10^2$ Pa
- 6) atmosférický tlak (pouze pro tlak okolního vzduchu) $101,25 \times 10^3$ Pa
- 7) zvýšený tlak, do $\sim 3 \times 10^6$ Pa
- 8) vysoký tlak, do $\sim 4 \times 10^7$ Pa
- 9) velmi vysoký tlak, do $\sim 5 \times 10^8$ Pa
- 10) ultravysoký tlak, nad $\sim 5 \times 10^8$ Pa

3.1 Stlačený vzduch

Stlačený vzduch je důležitým zdrojem energie v průmyslových provozech. Nejčastějšími oblastmi využití jsou:

- čištění, broušení, leštění, natírání;
- odstraňování prachu, sušení;
- vrtání, šroubování, vyklepávání, kování;
- řízení, seřizování, regulování;
- chlazení;
- pneuservis.

U moderního zařízení se ze 100 procent přivedené energie přemění maximálně 20 procent na mechanickou energii. 80 procent jsou ztráty, které je třeba odstranit ve formě odpadního tepla. Musí-li se stlačený vzduch dále upravovat (filtrování, sušení, pokles úrovně tlaku) a je-li zařízení špatně ošetřováno, zbude pak ze 100 procent přivedené energie často méně než 5 procent. Zvláštním problémem v případě stlačeného vzduchu jsou úniky. V mnoha provozech jsou zařízení na stlačený vzduch neošetřována. Tím na mnoha místech uniká vzduch (a tím také peníze). Otvor o velikosti 3 mm způsobí roční ztráty ve výši 15 000 Kč, otvor o velikosti 6 mm 67 000 Kč (při 0,6MPa a 4.000 hodin za rok).



Náklady na výrobu 1 kilowatthodiny stlačeného vzduchu při 3 Kč za 1 Kilowatthodinu pro elektrický proud:

15,- Kč u optimálního zařízení, bez přídavných agregátů (5 x dražší, než proud);

60,- Kč při špatně ošetřovaném a projektovaném zařízení (20 x dražší, než proud).

Pro všechny oblasti stlačeného vzduchu platí:

Stlačený vzduch připravujte jen o takovém tlaku, jaký nutně potřebujete. Pro zvláštní zařízení (např. laboratoř, výroba polovodičů, nízké nebo velmi vysoké tlaky, jako u speciálních nátěrů nebo v lékařství a farmacii) by se měla potřebná kvalita připravovat pomocí decentralizovaných zařízení. Zpravidla jsou zapotřebí jen malé výkony, náklad na úpravu stlačeného vzduchu o technické kvalitě pro laboratorní účely jsou velmi vysoké. Pneumatické zařízení spotřebuje při klasickém provozu velké množství energie. Odpadním teplem lze ohřívat teplou vodu a vzduch pro určité oblasti, jako je nanášení nátěrových hmot, nebo lze odpadním teplem vyhřívat haly, či jej využít jinak.

Výpočet spotřeby vzduchu

Pro určení provozních nákladů za spotřebovanou energii je důležité stanovit:

· kompresní poměr:

$$kp = \frac{p_{e1}}{p_{e2}} = \frac{101,3 + p}{101,3} [-; kPa]$$

vztažený na nadmořskou výšku (zde je konkrétní atmosférický tlak = 101,3 kPa)
p ... pracovní tlak je požadovaný a nutný pro správnou funkci jednotlivých
pneumatických zařízení, často se volí velikost 600 kPa

Zdvih pístu z hlediska vzpěrové pevnosti je závislý na průměru pístnice a na síle pístu. Při působení velké síly a při velkém zdvihu může dojít k deformaci příliš tenké pístnice.

· spotřeba pro jednočinný pneumotor:

$$V = s \times n \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times kp [\text{litr}/\text{min}]$$

· spotřeba pro dvojčinný pneumotor:

$$V = (2 \times D^2 - d^2) \times s \times \frac{\pi}{4} \times n \times kp [\text{litr}/\text{min}]$$



celkový průtok vzduchu (součet všech spotřeb)

$$V_c = \sum_i V_i [1/min]$$

Určení objemu vzdušníku

Vzdušník (tlaková nádoba) je vestavěný do výtlačného potrubí. Slouží ke snížení kolísání tlaku, které je vyvoláno proměnnou spotřebou stlačeného vzduchu. Současně je vzduch částečně ochlazován odvodem tepla velkou plochou pláště vzdušníku. Velikost vzdušníku závisí na:

- množství vzduchu od kompresoru,
- spotřebě vzduchu,
- rozvodné síti (tvoří přídavný objem!),
- zvoleném způsobu regulace kompresoru,
- přípustném tlakovém spádu v síti.

Dimenzování potrubí

Vnitřní průměr potrubí má být určen z:

- průtoku vzduchu,
- délky potrubí,
- přípustné tlakové ztráty,
- provozního tlaku,
- počtu míst se škrcením.

Použití stlačeného vzduchu a vakua se zásadně liší ve dvou bodech:

- v opačném směru proudění
- v omezeném rozsahu použitelného rozdílu tlaků

3.2 Vakuová technika

Vakuová zařízení jsou v současné době využívána v celé řadě technologických aplikací, v potravinářském průmyslu i při výzkumu. Zdroje vakua jsou naprosto nezbytná například pro nanášení či napařování tenkých vrstev na nejrůznější substráty (polovodiče, reflexní vrstvy na sklo, výroba speciálních zrcadel, tvorba vysoce odolných vrstev na řezné nástroje, pokovování plastů. Vakuové pece jsou používány při výrobě a výzkumu nových materiálů s komerčně zajímavými vlastnostmi, pro odstranění materiálového pnutí po tvářecích procesech, pro kapilární pájení nebo odplynění povrchu materiálů. Zcela běžně jsou v provozech zavedeny vakuové destilace nebo filtrace a stejně tak se moderní strojírenské provozy neobejdou bez automatických montážních linek, kde jsou jako uchopovací prvky využívány podtlakové přísavky.



Pro zajímavost lze uvést, že nejvyšší dosažené vakuum v pozemské laboratoři se blížilo hodnotě 10^{-11} Pa, vakuum ve vesmírném prostoru dosahuje hodnot 10^{-15} Pa i méně – zde je nutné vzít v úvahu počet částic, které se nacházejí v určitém objemu. Tlak na povrchu Měsíce, který nemá vlastní atmosféru, avšak je neustále bombardován částicemi obsaženými v tzv. „slunečním větru“, je cca 10^{-9} Pa, což představuje počet 4×10^5 částic v 1 cm³ objemu.

V meziplanetárním prostoru se nachází přibližně 10 částic, v mezihvězdném prostoru 1 částice a v mezigalaktickém prostoru dokonce 10^{-6} částic v 1 cm³ objemu. Tlak se zde tedy limitně blíží dokonalému vakuu. Naopak nejvyšší uměle dosažený tlak statickou metodou, tj. dlouhodobým silovým působením na vzorek, se blížil hodnotě 5×10^9 Pa. Dynamickými metodami založenými na působení rázové vlny při výbuchu lze dosahovat tlaků řádově ještě vyšších, ovšem jen po velmi krátkou dobu.

Získávání vakua

Prostředkem k získávání vakua je vývěva, kterou lze v zásadě považovat za otvor o ploše S do prostoru s nižším tlakem. Připojíme-li nějaký systém s tlakem p_1 k jinému systému, kde je vakuum charakterizované tlakem p_2 , začnou otvorem mezi oběma systémy proudit molekuly oběma směry.

Typy vývěv

Vývěvy lze rozlišit podle způsobu, jakým dosahují snížení tlaku na vývěvy transportní a absorpční. Transportní vývěvy odčerpávají z evakuovaného prostoru molekuly plynu, které procházejí vývěvou, zatímco vývěvy absorpční tyto molekuly zachycují uvnitř vývěvy. Už jen z tohoto základního rozdělení je patrné, že vývěvy transportní mohou pracovat kontinuálně na rozdíl od vývěv adsorpčních, které obvykle pracují v cyklech. Transportní vývěvy se dále dělí na mechanické a hybnostní. Mechanické vývěvy dosahují snižování tlaku cyklickou změnou objemu ve vývěvě, hybnostní vývěvy předávají molekulám čerpaného plynu rychlostní impuls ve směru čerpání plynu.

Vývěvy	absorpční	Kryokondenzační, kryosorpční, getrová		
	transportní	mechanické	Pístové	Membránová, Spenglerova, Teplerova
			rotační	Rotační olejová, rtuťová Rootsova
	hybnostní	Vodní, difuzní, molekulární, iontová		

Tabulka 3-1 Rozdělení vývěv podle způsobu jakým snižují tlak



Při výběru vakuové pumpy pro těsný systém lze vycházet z evakuačních časů udávaných výrobcem. Podle daného objemu vakuového obvodu a požadovaného času, za který má být v systému vytvořena potřebná úroveň vakua, je třeba provést příslušný výpočet a z něho odvodit výkon vakuové pumpy. Při návrhu netěsného systému, např. pro manipulaci s porézními a prodyšnými materiály, nelze ve většině případů plochu netěsností přesně určit. Pro správné řešení je třeba uskutečnit měření s vakuovou pumpou o známém výkonu a podle naměřených hodnot zvolit vhodný typ.

Souvislosti mezi tlakem, prouděním (objemem) a silou, tak jak je známe z aplikací stlačeného vzduchu, platí také i pro vakuum. Zvláštní pozornost je třeba věnovat:

- odporům proudění (např. délkám hadic apod.)
- odsávaným objemům (např. objemům hadic apod.)

Při aplikaci vakua pracujeme s omezeným rozsahem tlaků (0 až cca - 100 kPa). To vyžaduje pro minimalizaci odporů při proudění používat větší průřezy - průměry vedení (hadic, trubek). Na druhé straně je třeba pracovat jen s nejnütnějšími pracovními objemy, protože mají vliv na čas a na spotřebu energie pro dosažení potřebné hladiny vakua.

Spotřeba energie

Spotřeba energie zdroje vakua roste exponencionálně k velikosti vakua. Zvýšíme-li hodnotu vakua z - 60 kPa na hodnotu - 90 kPa, zvýšíme 1,5 krát sílu přítlaku. Současně ale stoupne 10 krát spotřeba energie.

Výpočet času pro dosažení požadované hladiny vakua

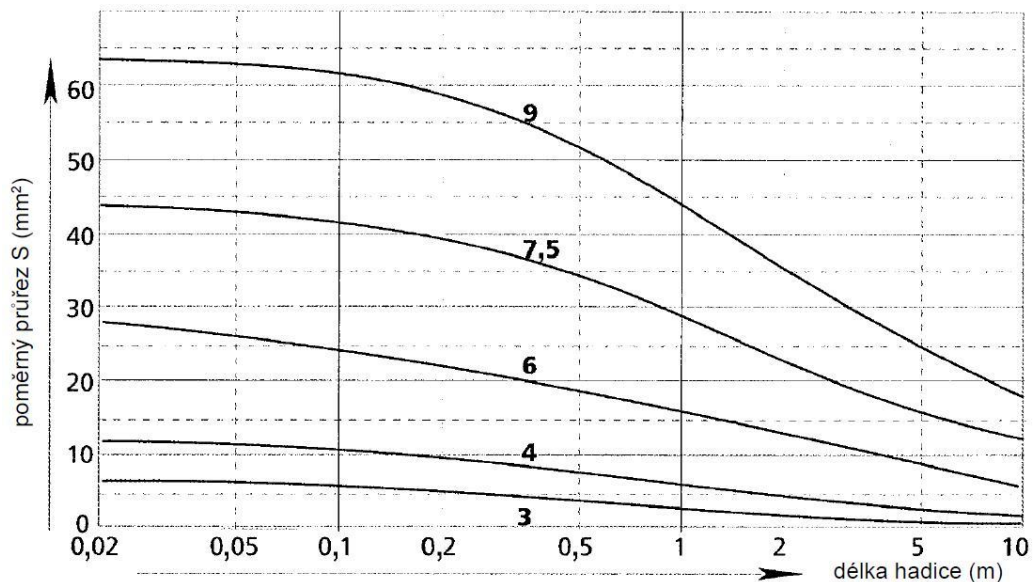
Potřebný čas T závisí na objemu vývěvou nebo ejektorem nasávaného vzduchu Q_{max} , pro požadovanou hladinu vakua p_v a objemu V příslušných vedení.

Postup výpočtu

Průměrný odsávaný objemu Q_{max} zdroje vakua

Určení poměrného průřezu S vedení mezi přísavkou a zdrojem vakua

Poměrné průřezy S rovných plastových hadic lze odečíst z níže uvedeného diagramu. Tučně vtištěné číslice nad křivkami udávají vnitřní průměr příslušné hadice.



Obr.3-1 Poměrný průřez S používaných plastových hadic

Stanovení maximálního průtočného objemu Q_2 vedení

$$Q_2 = S \times 54,53$$

54,53 - koeficient k převodu Q_2 na l/min

Porovnání průtočného objemu Q_{\max} s průtočným objemem Q_2

Pro zjištění času pro dosažení vakua použijeme menší z obou průtočných objemů. Menší hodnota odpovídá skutečnému průtočnému objemu, respektive sacímu výkonu a určuje čas pro dosažení potřebné hladiny vakua.

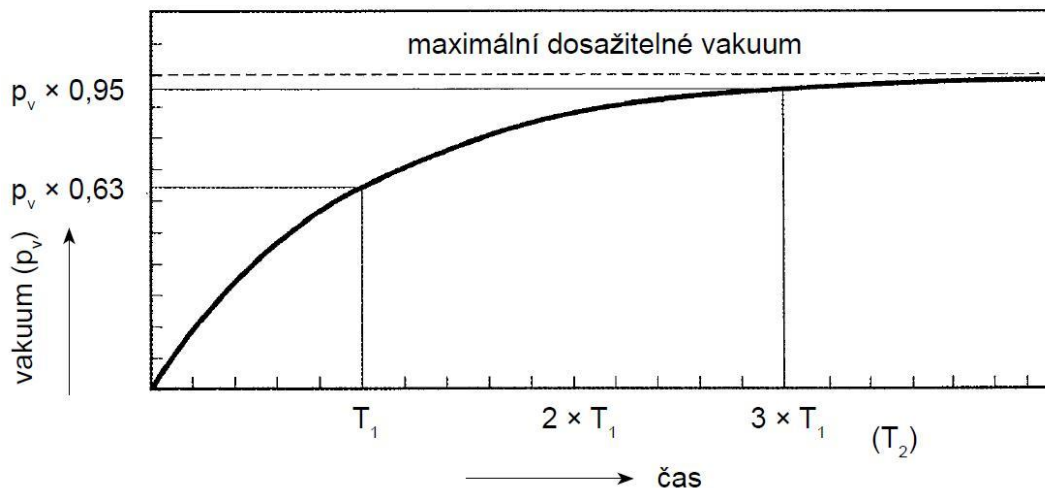
Určení objemu V_h vedení mezi membránou a zdrojem vakua

$$V_h = d_h^2 \times \frac{\pi}{4} \times L \times 0,001 [dm^3]$$

K tomuto je nutno připočítat objem prostoru pro tváření

Určení časů T_1 a T_2 pro dosažení vakua

Čas pro dosažení potřebného vakua je možno určit pouze pro materiály bez pórů. V níže uvedeném diagramu, obr. 3-2, je vidět, že v poměrně krátkém časovém úseku (T_1) dosáhne vakuum 63 % dosažitelného maxima. Pro 95 % dosažitelného maxima je třeba přibližně 3 krát delšího času (T_2).



Obr.3-2 Poměr času k hladině dosaženého vakua

$$T_1 = V_h \times \frac{60}{Q} [\text{s}]$$

$$T_2 = 3 \times T_1 [\text{s}]$$

Pokud by byl čas pro dosažení potřebné hladiny vakua příliš dlouhý, pak můžeme buď zvýšit sací výkon nebo zmenšit objem vedení nebo zkrátit vedení mezi membránou a zdrojem vakua. Je-li čas pro dosažení potřebné hladiny vakua výrazně kratší než je nutné, doporučuje se použít zdroj vakua s menším sacím výkonem. To má velký význam při použití ejektorů, protože se sacím výkonem stoupá exponenciálně spotřeba stlačeného vzduchu.

4 Vymezení cílů práce

V kapitole 2 bylo poukázáno na dosavadní technologie zpracování plastů. Zejména se jedná o vstřikování plastů a další zpracování jako svařování a tepelné tváření termoplastů.

Vstupními parametry pro konstrukci stroje je tvářený materiál, který budeme zpracovávat. Primárně se jedná o materiál Twintex složený z polypropylenu a částí skelného vlákna. Dalším parametrem jsou rozměrové požadavky pracovní části 800 x 800 X 400 mm.

5 Návrh variant řešení a výběr optimální varianty

V průběhu zpracování jednotlivých částí byly řešeny problémy v oblasti konstrukce stroje a to zejména pohybu jeho jednotlivých částí v souvislosti proveditelnosti a jednoduchosti dané konstrukce. Dalším aspektem byly finanční náklady.

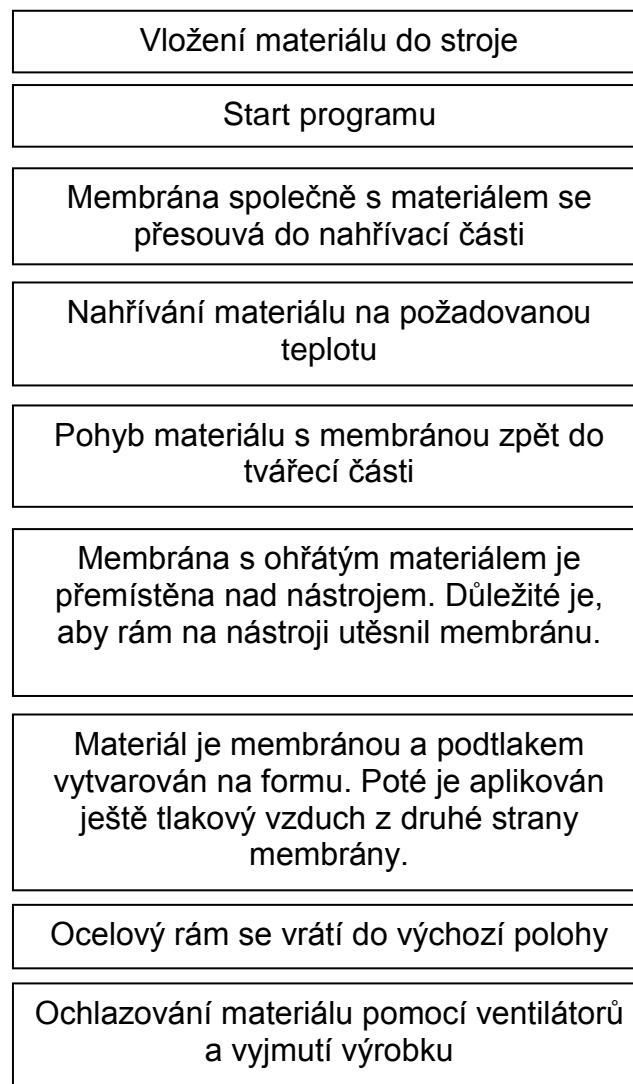


5.1 Softwarové řešení

Pro vytvoření modelů a výkresové dokumentace byl zvolen Autodesk Inventor. Pro ulehčení vykreslování části nakupovaných prvků bylo využito serverů, na kterých lze volně stahovat 3D CAD data.

5.2 Výrobní cyklus stroje

Popis pracovních operací probíhajících při tváření materiálu. Lis má dvě komory. Jedna je pro předehřátí materiálu na tvářecí teplotu v rozsahu 80 až 200 °C a ve druhé se plošný polotovar tváří plachetkou – membránou proti nástroji – tažníku.



Obr 5-1 Výrobní cyklus stroje

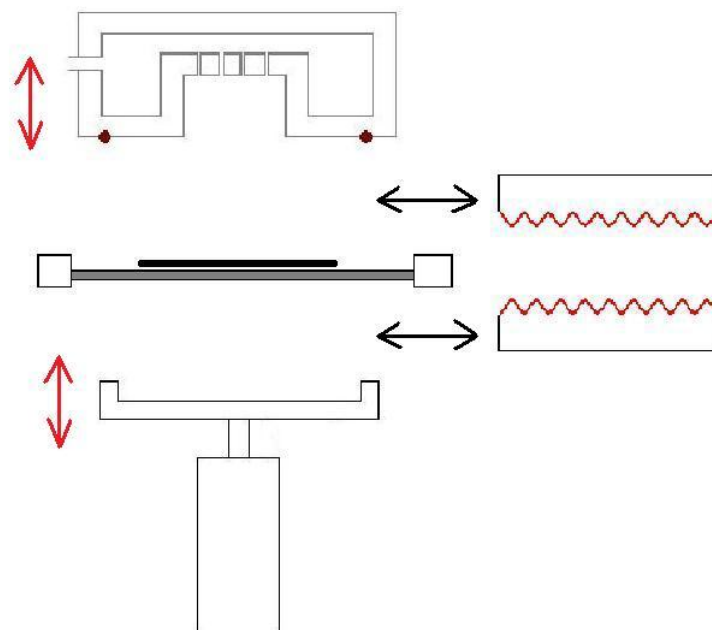


5.3 Variantní řešení

Při výběru vhodného uspořádání stroje a jeho jednotlivých pracovních operací bylo bráno v potaz několik variant.

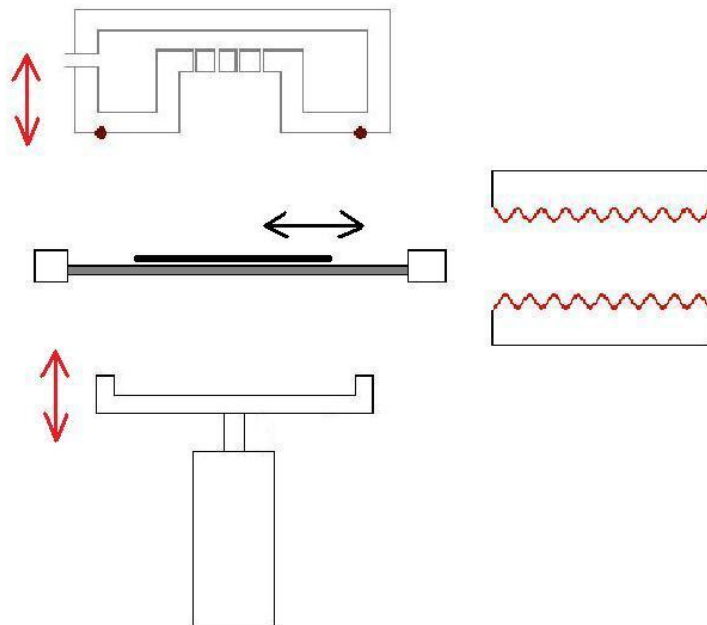
Návrh uspořádání stroje

- a) Rám s membránou zůstává při ohřevu na místě. Sestava infračervených zářičů se posune po dobu ohřevu k materiálu s membránou. Horní a spodní díl formy se přisune k membráně a po tváření se vrátí do původní polohy. Rám s membránou zůstává celou dobu na svém místě obr. 5-2.



Obr. 5-2 Uspořádání stroje

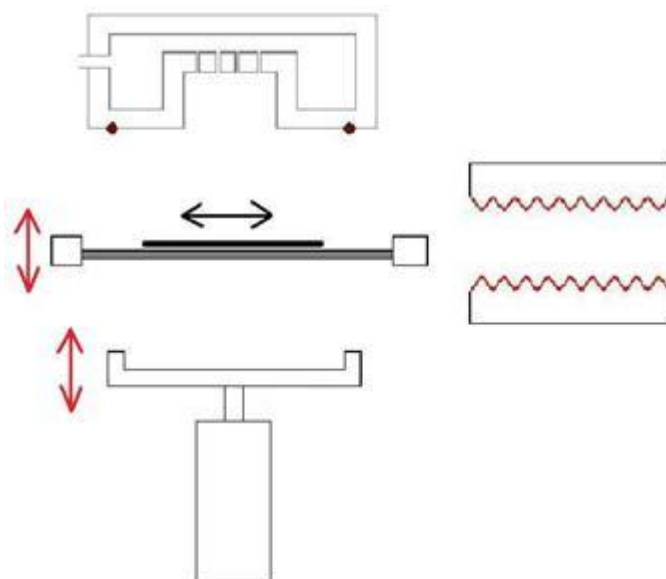
- b) Rám s membránou a materiálem se pohybuje směrem k zářičům a po ohřátí zpět do výchozí polohy. Horní a spodní díl formy se přisune k membráně a po tváření se vrátí do původní polohy obr. 5-3.



Obr 5-3 Uspořádání stroje 2

- c) Poté jsou možné další kombinace pohybů infrazářičů, rámu s membránou a horního a spodního rámu.

Pro svůj lis jsem zvolil uspořádání pohyblivého rámu s membránou, pohyblivým spodním rámem, který při svém pohybu k horní části sebou unáší membránu s materiálem obr. 5-4.



Obr. 5-4 Uspořádání konstruovaného stroje



5.4 Návrh konstrukce pohyblivého rámu lisu

Pro tváření materiálu je použito vakua pod membránou, to vytváří přítlak materiálu až 1kg/cm². Pro zvýšení účinnosti můžeme z druhé strany membrány aplikovat tlakový vzduch.

Při maximálním tlaku vzduchu 2 Bar nám vychází tlak na plochu membrány a spodní přítlačnou desku přibližně 2 kg/cm². Při rozměru desky $a = 800 \times 800$ mm je síla působící na přítlačnou desku:

$$S = 0,8 \times 0,8 = 6,4 \text{ m}^2$$

$$F_1 = S \times p = 6,4 \times 20000 = 128\,000 \text{ N}$$

Hodnota 128 kN je síla působící na obě desky stroje. Tuto sílu je nutnou překonat k aplikování pomocného tlakového vzduchu při formování výrobku. K této hodnotě je třeba připočítat hmotnost pohyblivého přítlačného rámu s membránou a materiálem. Zahrnout je třeba také sílu nutnou pro utěsnění tvářecího prostoru, která bude do výpočtu započítána přičtením 10% celkové síly.

Výpočet celkové síly potřebné pro lis.

$$F = (F_1 + F_2) \times 1,1$$

Síla F_2 je závislá na konstrukci přítlačného rámu. Hmotnost by mohla dosáhnout maximální hodnoty až 400 kg 4000N.

Potom bude vycházet potřebná přítlačná síla:

$$F = (128\,000 + 4000) \times 1,1 = 145\,200 \text{ N}$$

Pro konstrukci je možné použít jeden hydraulický přímočarý motor s účinností vyšší než 14 tun.

Další možností jsou pneumatické přímočaré motory v potřebném množství k zajištění dostatečné síly. Na trhu jsou dostupné s maximální účinností 48 kN. Pro dosažení potřebné síly by bylo nutné použít 4 pneumatické jednotky.

Alternativou k tomuto systému je použití jedné z uváděných metod posuvu samostatného rámu společně s přídržovacími zámky pro udržení dostatečného přítlaku.

Jako nejvhodnější řešení byl vybrán pneumaticky ovládaný pohyb rámu s přídržnými elektromagnety.



6. Konstrukční řešení

6.1 Rám stroje

Rám stroje byl navržen jako ocelový svařenec, viz obr. . Jako základní stavební prvky byly využity čtvercové ocelové profily. Tvar rámu tvoří kvádr o rozměrech 1300x2400x1900 mm. Je rozdělen na dvě poloviny, tvářecí část a část s panely ohřevu. Složení odpovídá prováděným operacím a uchycení jednotlivých prvků.

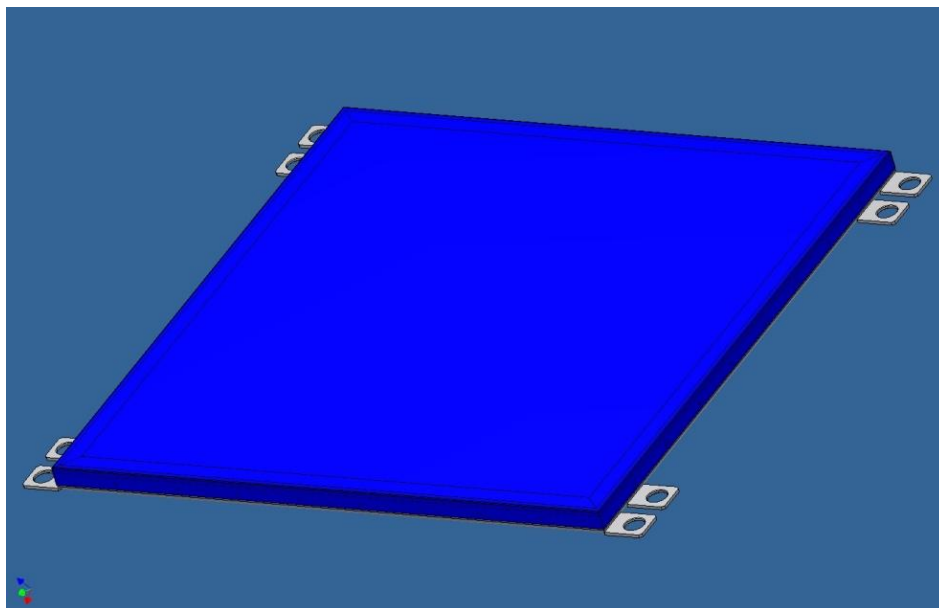


Obr. 6-1 Rám stroje

Skládá se ze dvou svařených obdélníků základny a horní části spojených pomocí šesti svislých stojek. V části pece jsou přivařeny pásoviny pro upevnění infračervených zářičů. V tvářecí části je v horní části přivařený rám pro upevnění desky s formou. Přes celý rám jsou vodorovně přivařeny profily pro upevnění kolejnic pojezdu mezi tvářecí částí a pecí. Pro snadnou manipulaci je rám vybaven šesti deskami pro přišroubování koleček.

Rám membrány

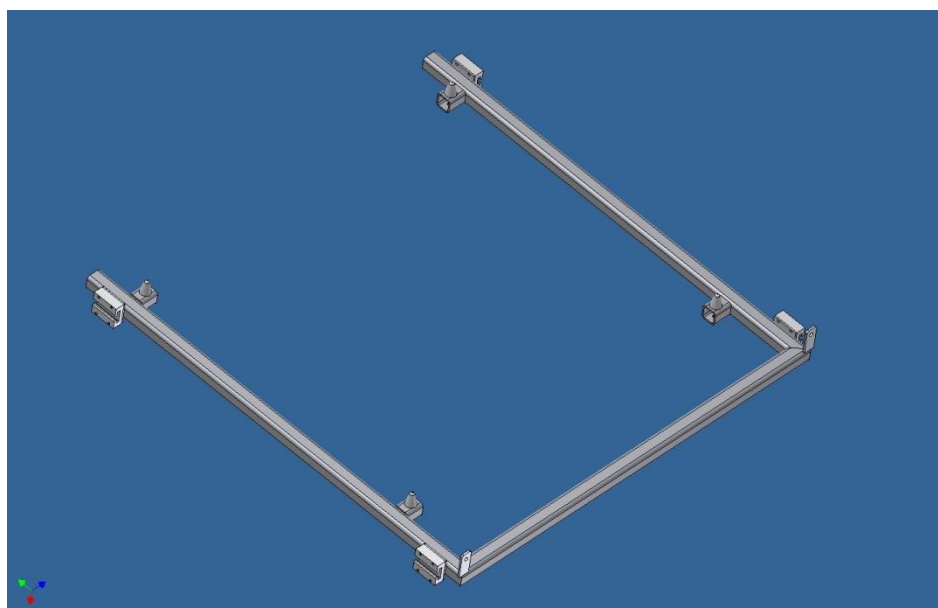
Je svařen ze čtvercových profilů. Tvoří jednoduchý čtverec s vnitřními rozměry podle zadání práce 800x800 mm. Na dvou protilehlých stranách jsou přivařeny pásoviny pro vystředění rámu kužely při pohybu strojem. Na rám je natažena membrána a připevněna pomocí šroubů.



Obr. 6-2 Rám membrány

Rám posuvu membrány

Je tvořen čtvercovými profily svařenými do tvaru U. V každém rohu je deska pro upevnění vedení pojezdu pomocí šroubů. Na vnitřní straně jsou kužele pro vystředění rámu membrány. Přenos pohybu zajišťuje dvojice držáků pro upevnění pohyblivých částí pneumatických motorů.

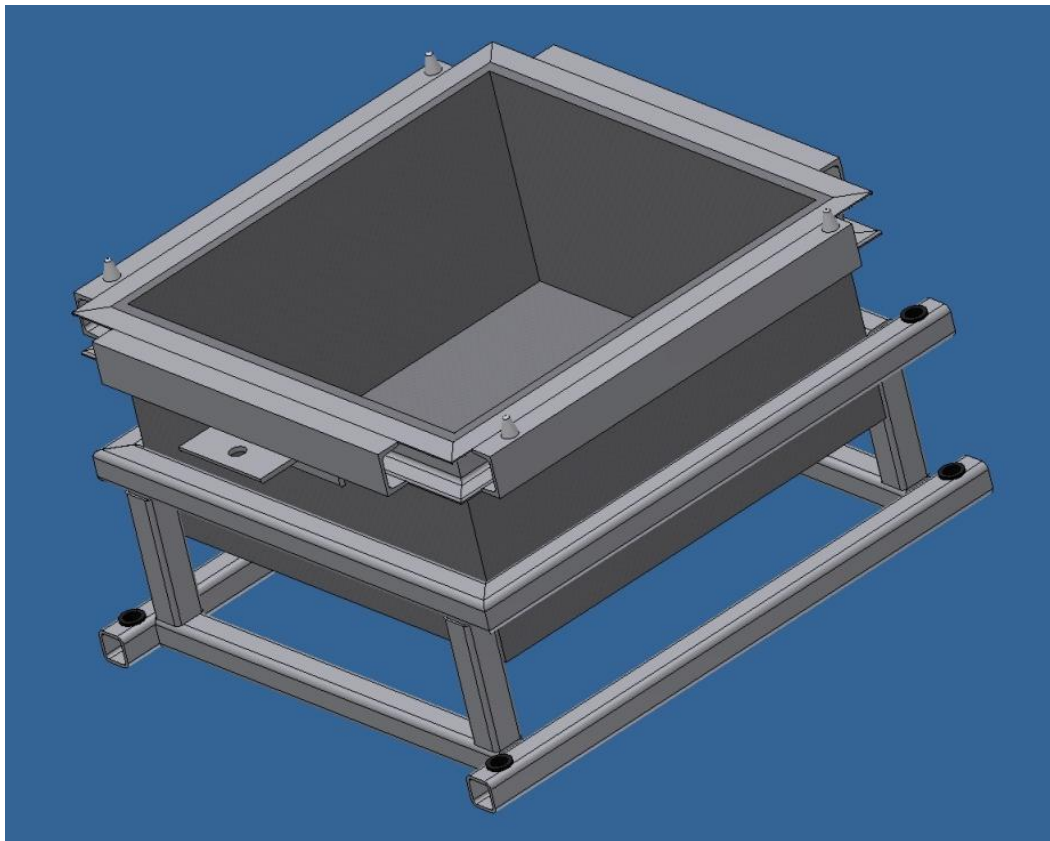


Obr.6-3 Rám posuvu membrány



Spodní rám lisu

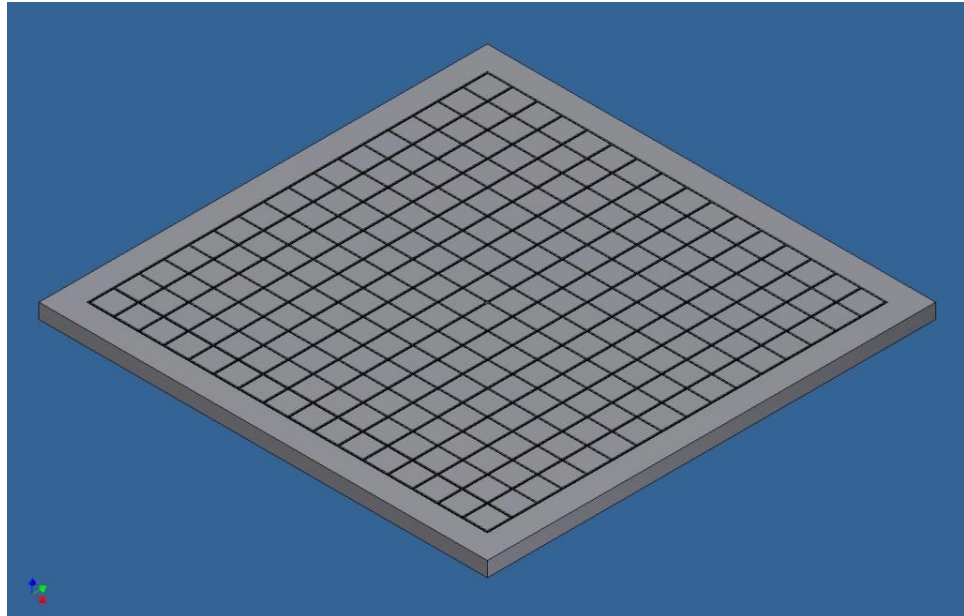
Základ tvoří z jedné strany otevřený kvádr s vnitřními rozměry 800x800x400 mm svařený z ocelových plechů. V horní části je svařen čtvercový rám z U profilů vyztužený a rozšířený na každé straně pro dosedací plochu elektromagnetických přidržovačů. Na dvou protilehlých stranách jsou L profily s otvorem pro pneumatický motor. Navrchu jsou kužely pro vystředění rámu membrány. Rám je uzavřen v konstrukci z ocelových profilů, ve kterém jsou nalisovány kluzná pouzdra lineárních pojezdů. Na horní opěrné dosedací ploše je těsnění pro udržení tvářecího tlaku vzduchu.



Obr. 6-4 Spodní pohyblivý díl lisu

Horní pevná deska

Deska je vyrobena ze silného ocelového plechu a je vybavena soustavou kanálků pro odvod vzduchu při tvářením. Okraj tvoří dosedací plochu těsnění.



Obr.6-5 Deska se soustavou kanálků

6.2 Přídržné elektromagnety

Přídržný elektromagnet je elektromagnetický přístroj určený pro pevné uchycování feromagnetických předmětů. Tento přístroj lze použít i jako ovládací elektromagnet s malým zdvihem, ale velkou přídržnou silou. Obr. 6-6.

Použití:

Manipulátory, uchopovací zařízení, blokovací systémy.

Funkce:

Elektromagnet po připojení na napájecí napětí vyvozuje magnetickým tokem přídržnou sílu. Po odpojení napájecího napětí magnetický tok zaniká.

Výhody:

- velká přídržná síla až 50000 N
- bezporuchovost
- sestavením více elektromagnetů lze složit zařízení s velkou přídržnou silou

Na stroji jsou použity celkem 4 přídržné elektromagnety po obvodu tvářecího prostoru rámu lisu. Celková přídržná síla je 4x 50kN, celkem tedy 200kN. To dovoluje v ideálních podmínkách, při dokonale utěsněném tvářecím prostoru použít tvářecí tlak až 31 250 kN.



$$F_1 = S \times p$$
$$\frac{F_1}{S} = p$$
$$\frac{200000}{6,4} = p$$
$$p = 31250 \text{ kN}$$



Obr. 6-6 Příkladný elektromagnet řady EBS

6-3 Pneumatické prvky a jejich ovládání

Jako pohony pro funkční a lisovací části stroje byly vybrány pneumatické přímočaré motory obr. 6-7.

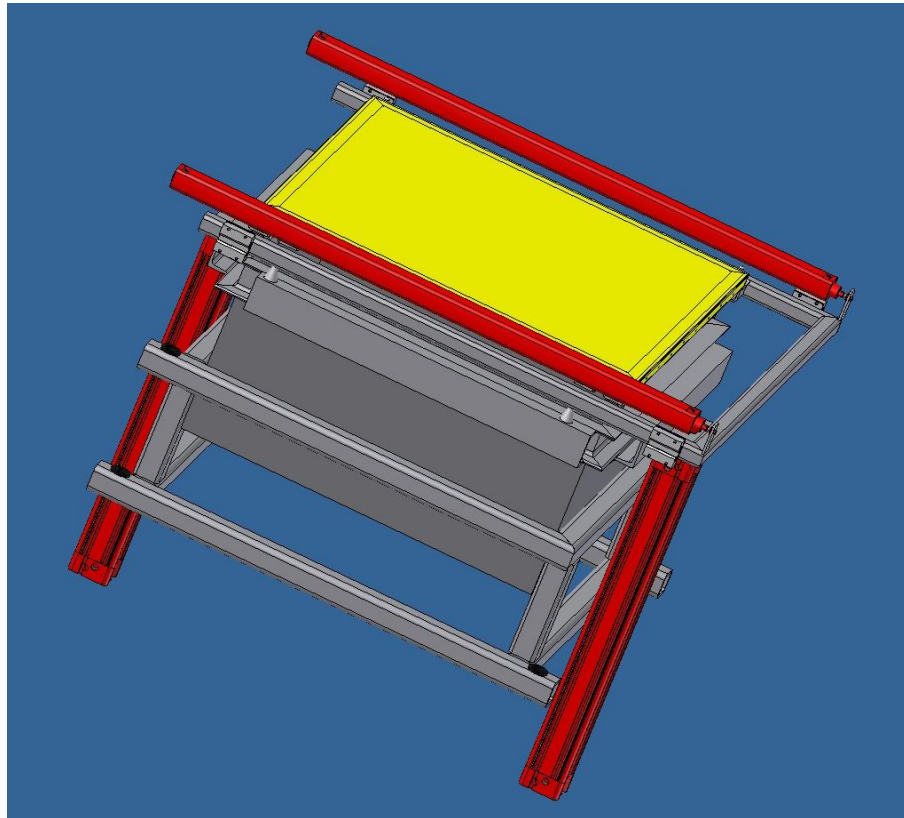


Obr.6-7 Dvojitý pneumatický pohon



Návrh pneumatického obvodu

Na stroji je dvojice jednočinných pneumotorů a dvojice dvojčinných pneumotorů. Cyklus tváření se opakuje v průměru každých 10 minut. Za tuto dobu každá dvojice pneumatických pohonů vykoná jednu operaci.



Obr.6-8 Pneumatické pohony

Výpočet spotřeby tlakového vzduchu pneumatického obvodu

Dvojice jednočinných pneumatických motorů pro pohyb rámu s membránou, průměr pístu 80mm a zdvih 700mm.

$$V_r = \left(s \times n \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times kp \right) \times 2 = \left(0,7 \times 0,2 \times \frac{\pi}{4} \times 0,08^2 \times 600 \right) \times 2 = 0,845 [m^3/min]$$

Dvojice dvojčinných pneumatických motorů pro pohyb membrány k ohřevu, průměr pístu 40mm a zdvih 1200mm.

$$V_o = \left((2 \times D^2 - d^2) \times s \times \frac{\pi}{4} \times n \times kp \right) \times 2 \\ = \left((2 \times 0,04^2 - 0,015^2) \times 1,2 \times \frac{\pi}{4} \times 0,2 \times 600 \right) \times 2 = 0,674 [m^3/min]$$



Celková spotřeba potom bude

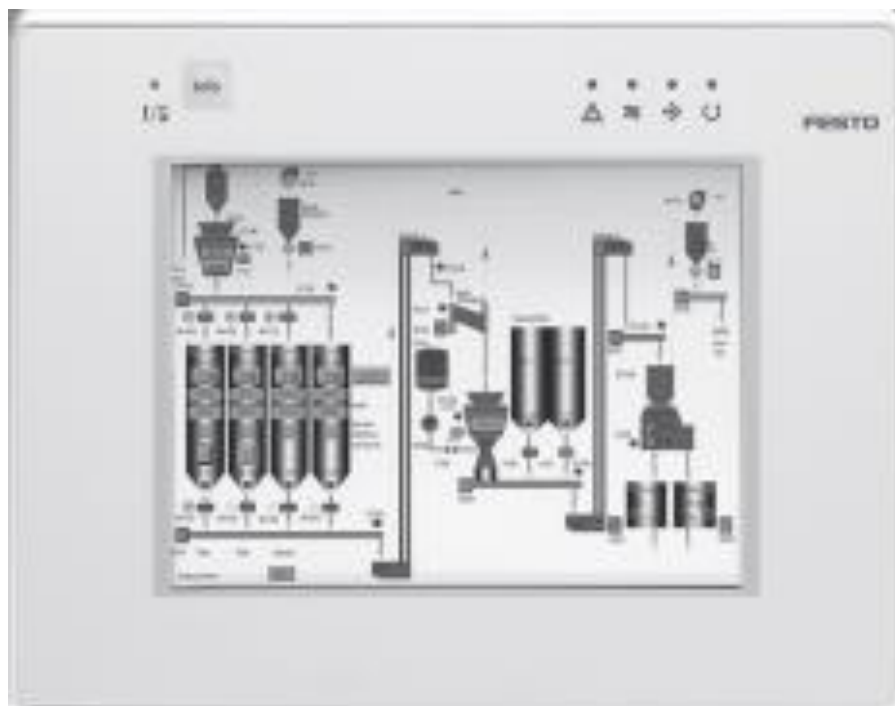
$$V_c = \sum_i V_i = V_r + V_o = 0,845 + 0,674 = 1,519[\text{litr}/\text{min}]$$

Tlakový vzduch bude dodáván z externího zdroje. Stroj bude připojen na rozvod vzduchu a bude vybaven menším zásobníkem vzduchu.

Řídící jednotka

Obsluha stroje založí materiál do vymezeného prostoru na membráně a spustí program. Zařízení spustí program pohybu nahřívacích jednotek a samotný ohřev. Po vyhodnocení požadované teploty materiálu ukončí nahřívání a vrátí temperační jednotku do výchozí pozice. Poté je spuštěn pneumatický motor pohybu rámu s membránou. Po dosažení horní pozice a utěsnění membrány přídržnými elektromagnety je aplikován podtlak pod membránou, podle složitosti tvaru výrobku je přidán tlakový vzduch. Po skončení procesu tváření se rám s membránou vrátí do startovního místa.

K ovládání je použit obslužný display FED značky Festo obr.6-9. Umožňují jednoduché řízení automatizačních úloh. Grafické funkce umožňují maximální flexibilitu při zobrazování procesů a dat. Pomocí programovacího nástroje je jednoduché projektování operací.



Obr.6-9 Obslužný display



Dalším prvkem pneumatického obvodu jsou elektromagnetické ventily s možností nastavení směru a rychlosti pohybu Obr.6-10



Obr. 6-10 Elektromagnetický ventil

Na obr. 6-11 a 6-12 je zobrazeno příslušenství (šroubení, tlumič hluku a hadice o vnějším průměru 6 mm), pomocí kterého jsou vytvořeny rozvody k jednotlivým pneumatickým prvkům.



Obr. 6-11 Příslušenství (tlumič hluku a šroubení)



Obr. 6-12 Tlaková hadice rozvodu vzduchu

6.4 Návrh obvodu s využitím vakua

Vývěva

Vývěva poskytuje vakuum pro proces tváření membránou. K rychlému aplikování vakua je potřeba zásobník. Toto zařízení je přímo integrované do stroje a je spouštěno automaticky.

V případě výpočtu výkonu vakuového systému budeme postupovat v tomto pořadí.

Budeme počítat s časy $T_2 = 5$ s do dosažení 95% vakua.

$$T_2 = 3 \times T_1$$

$$5 = 3 \times T_1$$

$$T_1 = \frac{5}{3}$$

Potom T_1 vychází:

$$T_1 = V_h \times \frac{60}{Q}$$

$$\frac{5}{3} = V_h \times \frac{60}{Q}$$



Objem vedení hadic. Průměr hadice 0,3 dm a délka od zásobníku 20 dm

$$V_c = d_h^2 \times \frac{\pi}{4} \times L = 0,3^2 \times \frac{\pi}{4} \times 20 = 1,413 [dm^3]$$

Objem prostoru pod membránou 800x800x400 (mm) dosadím v (dm)

$$V_m = 8 \times 8 \times 4 = 256 [dm^3]$$

256 dm³ je maximální objem prostoru bez započítání formy, o kterou se tento prostor zmenší, ve výpočtu použijeme pouze 30% této hodnoty. Volný prostor bude zaplněn výplní, pro ušetření nákladů spojených s odsáváním. Za V_m dosadíme tedy 77 dm³.

Celkový objem V_c tedy bude součet V_h a V_m

$$V_c = 77 + 1,413 = 78,413 [dm^3]$$

Dopočítáme sací výkon Q z rovnice:

$$\frac{5}{3} = V_c \times \frac{60}{Q}$$

$$Q = \frac{V_c \times 60 \times 3}{5} = 2823 [l/min]$$

Vakuový zásobník

Poskytuje potřebné vakuum pro rychlé odsátí. Vakuová nádoba bude integrována do hlavního nosníku konstrukce.

Volím zásobník o objemu 100 dm³ a vakuovou pumpu Seco SV 1100 s výkonem 100 m³/hod [11].



Obr. 6-13 Vakuová vývěva Seco



6.5 Membrána

Vzhledem k vysokým teplotám dosahovaným při ohřevu materiálu, nelze použít kaučukovou membránu (max. 120°C). V praxi se používají silikonové membrány, které mohou mít teplotní odolnost až přes 300°C. Pro stroj byl zvolen nylonový film firmy Airtech [10]. Materiál VB-3 je vhodný pro teploty přes 300°C a jeho roztažnost je 500%. Vhodnější pro použití v podmínkách lisu je materiál od stejného výrobce Iplon WN 1500, který má doporučenou maximální teplotu 215°C roztažnost 375% ale je určen pro velké tlaky.

Životnost membrány může být zvýšena použitím ochranného filmu spojovacího membránu a materiál a umožňující lepší odběr výrobku po tváření.

6.6 Infrazářiče

Pro rychlý ohřev materiálu bude použito infračervených elektrických halogenových Quartz zářičů [9]. Stejně jako keramické a středovlnné Quartz infrazářiče, Quartz halogenové infrazářiče emitují záření v infračerveném vlnovém spektru, ale mohou toto dělat mnohem kratšími vlnovými délkami než jejich protějšky (méně než 0,72mm). Od keramických a středovlnných Quartz infrazářičů se odlišují především konstrukcí a provozní charakteristikou. Quartz halogenové infrazářiče jsou dostupné v široké řadě délek v závislosti na požadavku zákazníka. Jsou zásadně vyráběny jako křemenné trubice s elektrickým zakončením na obou koncích. Vlivem jejich vysoké provozní teploty tyto infrazářiče vyzařují velké množství viditelného světla. Čím větší je hustota elektrického výkonu, tím větší je úroveň světelného výkonu. U materiálů se speciální absorpční charakteristikou – některé plasty, nanášecí lepidla, různé povrchové úpravy, papír a papírové povlaky - je radiace přemístěna přímo do materiálu a ohřívá jej zevnitř. To může často zamezit tvoření bublin a puchýřů. U některých aplikací, kde se používá infračervené ohřívání, mohou krátkovlnné infrazářiče nabídnout významnou redukci výrobního času a spotřeby energie obr 6-14.

Ohřev je řízen snímači. Informace o teplotě je poslána do zařízení regulace, která pak mění výhřevnost pece podle stanovené tvářecí teploty materiálu. Toto zařízení regulace teploty dovoluje snížení času cyklu s použitím až 100% výkonu pece až do stanovené teploty a potom následnou regulací. Z toho důvodu nedojde u materiálu k žádnému poškození přehřátím nebo nedostatečným ohřevem a následným tvářením. Infračervené zářiče jsou přímo integrované do stroje.



Obr.6-14 Infračervené halogenové zářiče

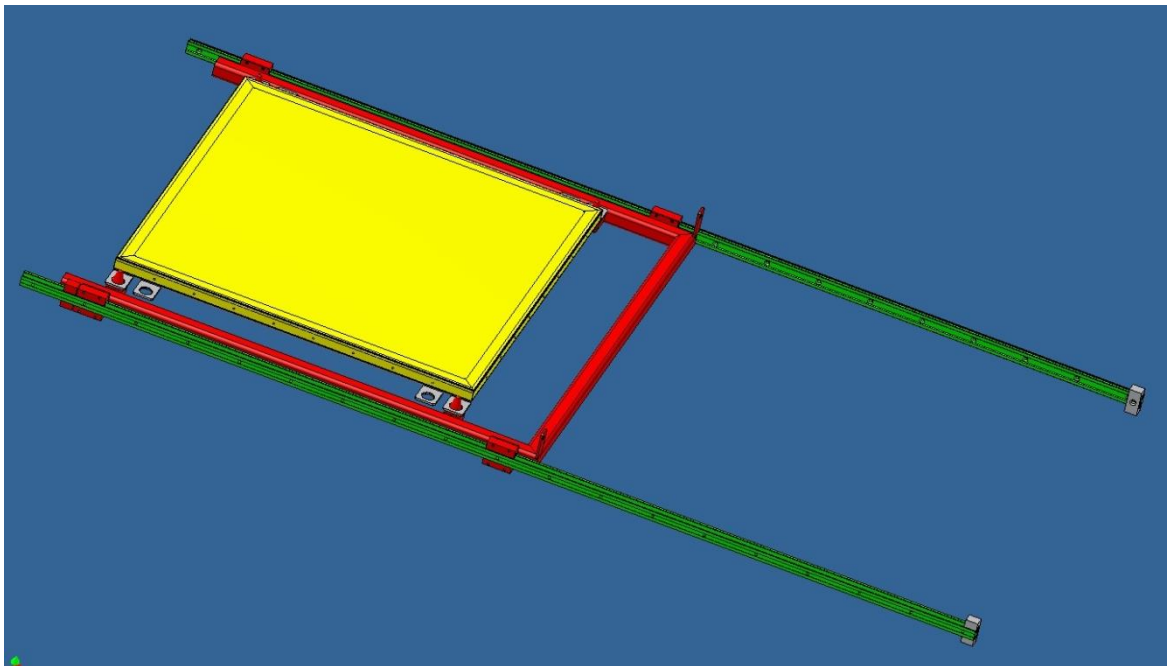
Vedení rámu membrány

Vedení rámu membrány bude zajištěno pomocí kolejnic kluzného vedení, obr. 6-15. Tento systém zaručuje dostatečnou přesnost pohybu. Rozsah pohybu je omezen koncovými spínači pneumatických motorů a dále je jistěna dorazy na kolejnicích.



Obr. 6-15 Kluzné vedení systému DryLint

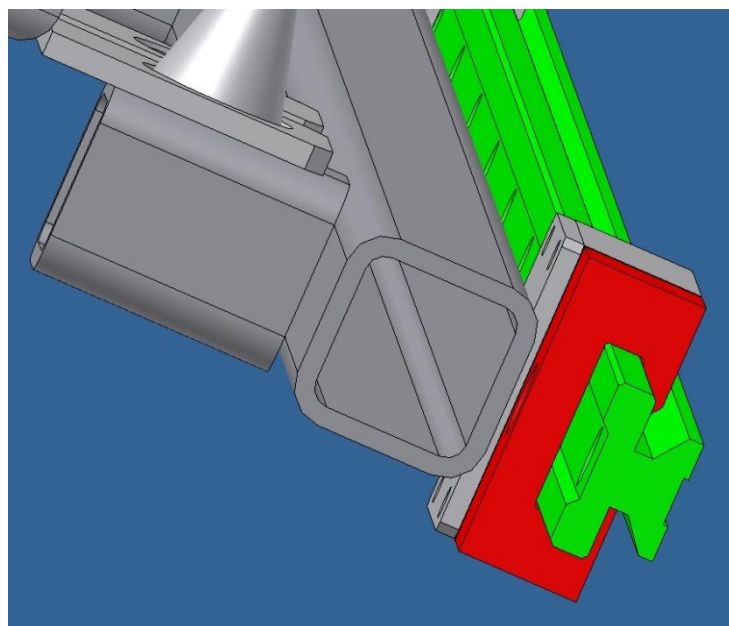
Systém DryLinT se skládá z kolejnice s profilem písmene T a vozíku. Kolejnice je z eloxovaného hliníku. Vozík se kromě hliníkového pouzdra skládá ze šesti kluzných elementů z materiálu Iglidur s teplotní odolností až 350°C. Tři z těchto elementů jsou nastavitelné a určují výslednou toleranci vedení [5].



Obr.6-16 Kluzné vedení rámu membrány

Speciální vlastnosti

- nízká setrvačnost umožňuje použití pro vysoká zrychlení a rychlosti
- absence maziva umožňuje suchý chod bez usazování nečistot, proto je systém vhodný i do potravinářství a medicíny
- odolnost proti korozi
- kluzné elementy tlumí vibrace a zajišťují tichý chod
- hliníková hřídel dobře odvádí teplo

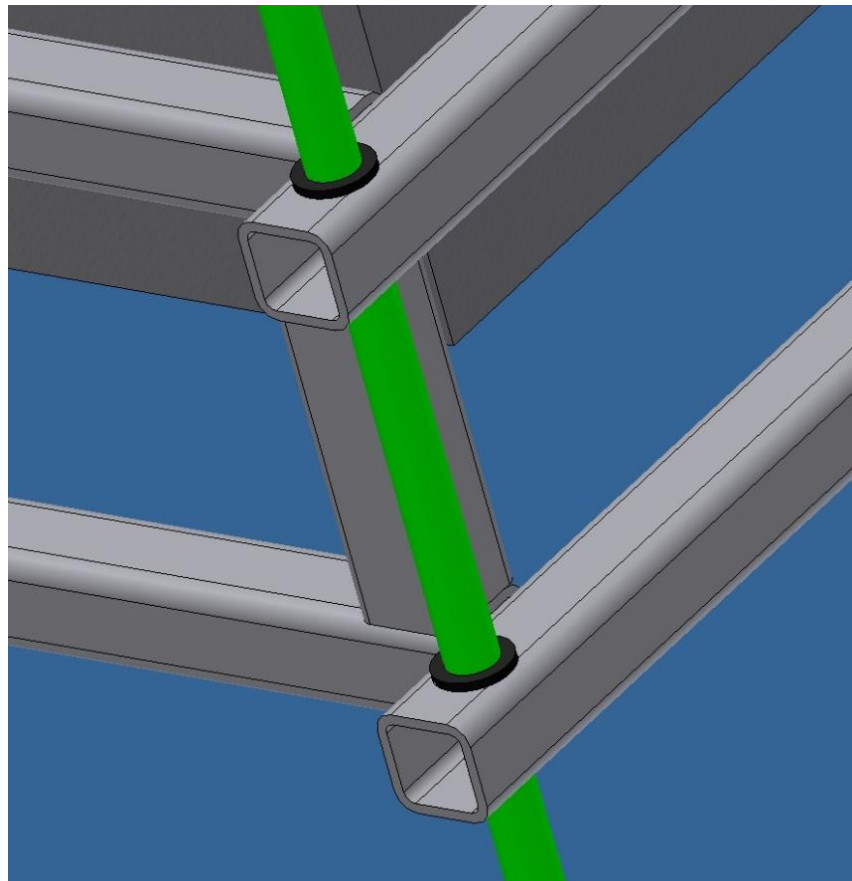


Obr.6-17 Detail dorazu kluzného vedení



Obr.6-18 Kluzné pouzdro

Kluzné pouzdra, obr. 6-18, pojezdu spodního přítlačného rámu membrány je vyrobeno z materiálu XFM - iglidur X [5]. Je odolné vysoké teplotě, tlakové síle, vhodné pro lineární pohyb.



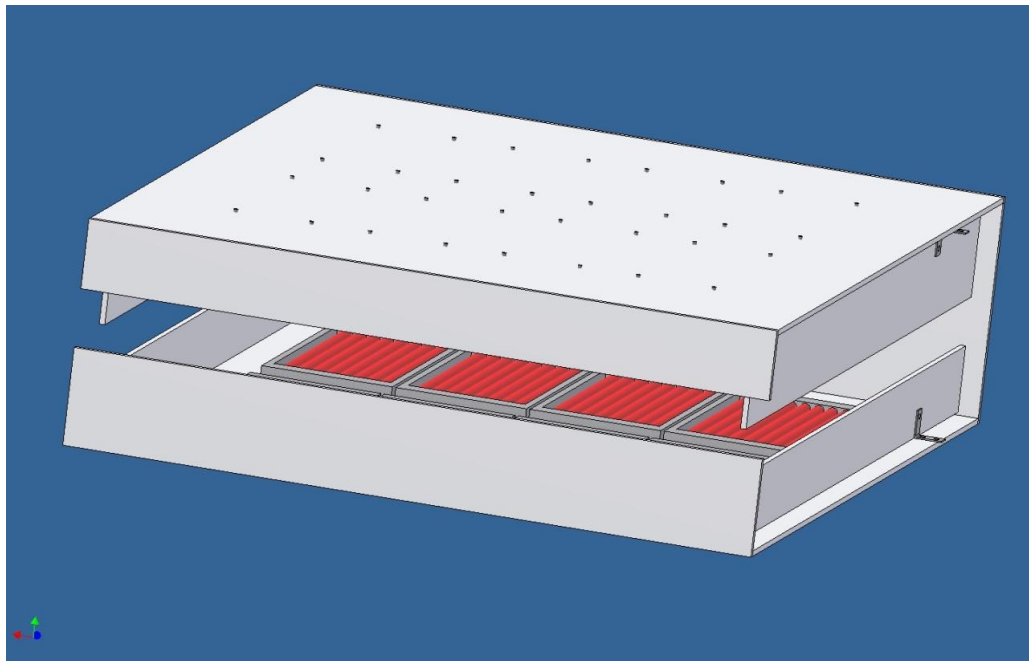
Obr.6-19 Kluzné vedení spodního rámu



Termoizolační desky

Termoizolační bezazbestová lepenka BA-700, BA-1050, BA-1200, BA-1400 se používá jako tepelná izolace části strojů, zařízení, forem, v energetice, hutnictví, slévárenství a všude tam, kde se vyskytují vysoké teploty. Je vyrobena v tabulích o tloušťce 2 až 8 mm a rozměrech 1000 x 1000 mm. Lepenka je vyráběna na bázi minerálních vláken, má hladký povrch bez poškození s přípustnými stopami vložené tkaniny [15].

Ve stroji je použita deska BA 700 tloušťky 8 mm. Maximální teplota 700 °C je plně dostačující pro potřeby stroje a zaručuje tepelnou ochranu ostatních komponentů. Soustava infrazářičů je obestavěna sestavou desek. Vynechány jsou pouze minimální prostory vstupu pro rám a pojezd obr.6-20.



Obr.6-20 Termoizolační desky

Chlazení tvářeného materiálu probíhá v první fázi na formě stroje a dochlazování pomocí ventilátorů vzduchu, obr 6-21, které jsou umístěny v bocích stroje. Proud vzduchu je nasměrován na výrobek [18].



Obr.6-21 Ventilátor chlazení tvářeného materiálu

Manipulace se strojem

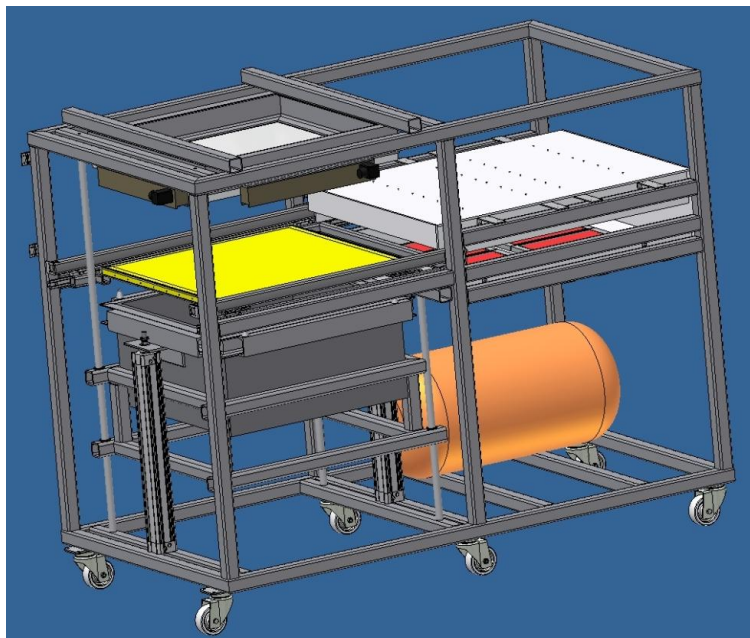
Pro snadnější manipulaci byl rám stroje vybaven pojezdovými koly [17]. Celková hmotnost stroje je v závislosti namontovaných komponent a formy přibližně 1100kg. Běžně dostupná transportní kola mají nosnost kolem 300kg, vysokozátěžová až 2500kg. Pro stroj byla vybrána kola s maximální zátěží 550 kg obr. 6-22. V počtu 6 kusů vystačí s maximální hmotností stroje s dostatečnou rezervou.



Obr.6-22 Zátěžové kolo

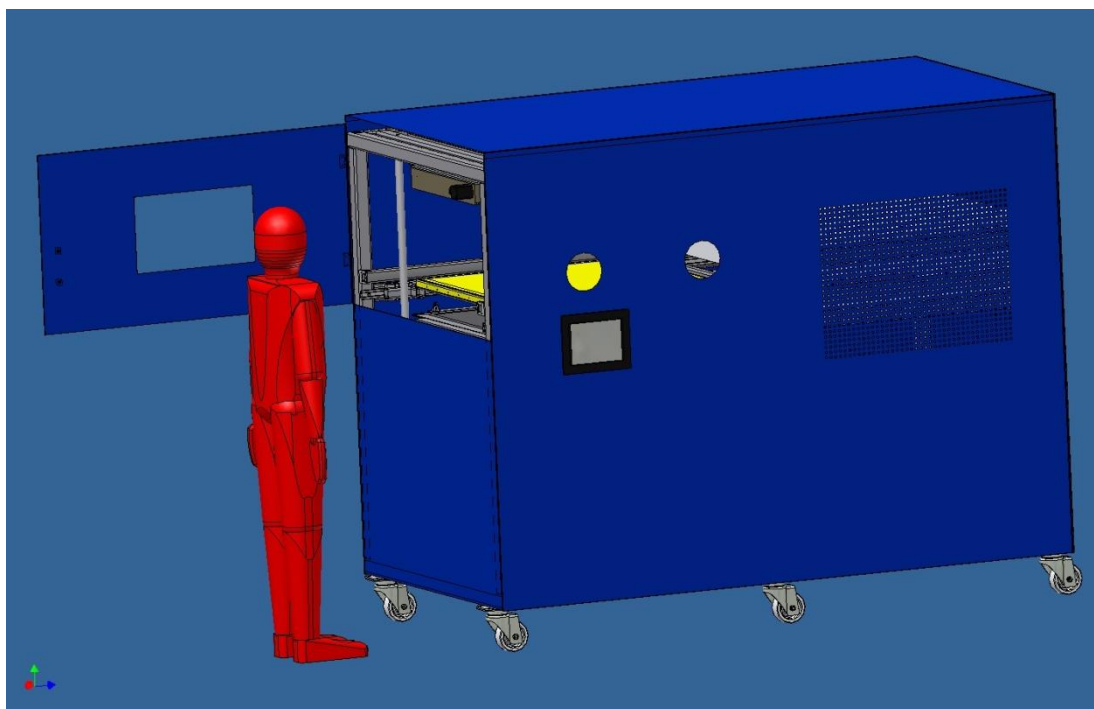


Všechny komponenty jsou umístěny na rámu stroje a tvoří funkční celek obr. 6-23



Obr. 6-23 Stroj bez ochranných plechů

Na konstrukci jsou přišroubovány krycí plechy. Ty mají za účel ochránit obsluhu před poraněním pohybujících se částí a zdrojem tepla od zářičů. Do stroje je přístup pouze z jedné strany a to za účelem vložení a vyjmutí tvářeného materiálu a výrobku.



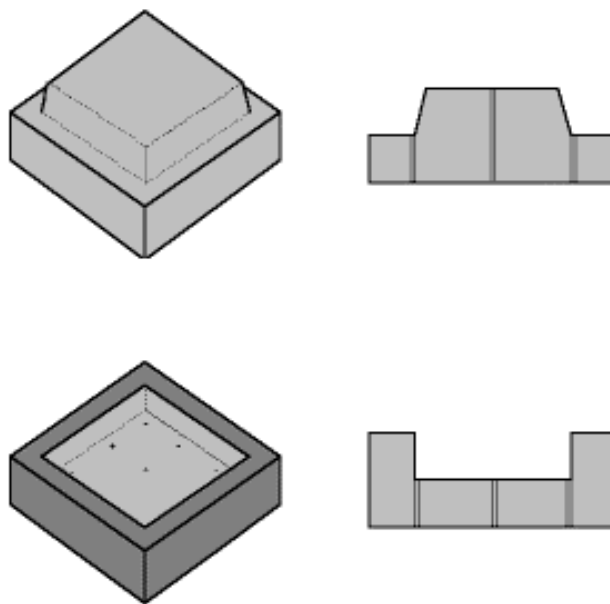
Obr. 6-24 Kompletní stroj



7 Návrh konstrukce tvářecích forem

Forma a návrh formy


Design, tvar a materiál formy jsou jedny z nejdůležitějších součástí cyklu tváření, obr. 7-1. Mohou být použity formy pozitivní nebo negativní. Lisovací forma může být jednoduchá z dřevěného bloku, nebo sofistikovaná jako vstřikovací forma se všemi pomocnými elementy. Jednou z hlavních výhod vakuového tvarování je to, že užívané tlaky jsou podstatně menší ve srovnání například se vstřikovacím způsobem. Výsledkem je, že vakuové tvářecí nástroje mohou být vyprodukovány ekonomicky a v širokém okruhu materiálů k tomu, aby se hodily pro různé modely a výrobní požadavky. Primární funkcí formy je vyprodukovat pomocí stroje co nejvíce výrobků v požadované kvalitě před zničením nebo opravou.



Obr.7-1 Pozitivní a negativní forma

Materiál formy

Výběr nejvhodnějšího materiálu formy závisí velkou měrou na požadované přesnosti a velikosti výrobku. Sádrové formy se hodí jen pro zhotovení několika kusů výtahků, např. při ověřovacích zkouškách, protože sádra vlivem teplotních změn snadno praská. Dřevěné formy jsou trvanlivější, ale kvalita jejich povrchu se postupně zhoršuje se střídající se teplotou. Naproti tomu formy z tvrzené tkaniny mají životnost až 20 000 pracovních cyklů, ovšem podobně jako u dřeva je obtížné leštěním dosáhnout hladkého povrchu. Z tohoto hlediska je lepší tvrzené dřevo. Formy vyrobené odléváním epoxidových pryskyřic mají kvalitní povrch i dobrou rozměrovou stabilitu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 51
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Špatná tepelná vodivost samotných epoxidů se zlepší přidavkem litinového nebo hliníkového prášku nebo se do formy zalijí měděné trubky, kterými protéká chladicí kapalina. Pro velké série jsou nejvhodnější formy z lehkých slitin. Vyrábějí se většinou odléváním a dodatečným obrobením funkčních ploch. Ocelové formy jsou nejtrvanlivější, ale používají se málo.

Formy musí být opatřeny odsávacími otvory, které spojují prostor dutiny formy pod tvarovanou deskou se zásobníkem a s odsávacím zařízením. Otvory jsou rozmístěny rovnoměrně po celém funkčním povrchu formy, aby nedošlo k uzavření zbytku vzduchu v některém místě dutiny. Otvorů musí být dostatečný počet a musí mít i správný průměr. Ten závisí na druhu plastu a na tloušťce tvarované desky. Mají-li otvory příliš velký průměr, zůstanou na výtažku jejich otisky, které zhoršují vzhled výtažku.

Tvarovací síla musí působit na výtažek po celou dobu chladnutí hmoty, aby nedocházelo k jeho deformacím.

Bezpečnostní opatření stroje

Stroj je opatřen nouzovým tlačítkem, které v případě nebezpečí zastaví veškeré operace.

Jednotlivé operace následují po sobě až po ukončení předchozí. Proto se nemůže stát, aby rám membrány vypadl z ustavovacích kuželů. V případě výpadku elektrického proudu dojde k přerušení chodu stroje, elektromagnetické přidržovače uvolní pohyblivou část rámu a ta sjede do spodní pozice.

Stroj je možné uvést do chodu pouze tehdy, jsou-li uzavřeny dvířka pro vkládání materiálu. Po celou dobu tváření jsou zajištěny proti otevření. Činnost stroje lze sledovat přes průhlednou část dvířek.

8 Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor


Cíl diplomové práce:

- návrh konstrukce membránového termoplastického lisu

Cíl se podařilo splnit a největší přínos diplomové práce spočívá v navrhnutí stroje pro formování termoplastů nejen vakuem ale zároveň tlakem vzduchu pod membránou.

8.1 Konstrukční rozbor řešení

Převážná část konstrukčních prvků byla navržena dle kvalifikovaného odhadu. Pouze pro základní prvky konstrukce, které měly významný vliv na kvalitu výsledného produktu, bylo přistoupeno ke kontrolním výpočtům.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 52
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8.2 Technologický rozbor

Konstrukce rámu lisu je svařena z běžně dostupných ocelových profilů a kulatin. Ostatní komponenty stroje jsou běžně dostupné k zakoupení.

8.3 Ekonomický rozbor řešení

Technicky ekonomický pohled

Membránová technologie vakuového tvarování je určena pro střední objemové produkce, ale tato technologie je účinnější než při použití vakuového tvarování bez membrány.



Je vhodná pro malé a střední objemové produkce (130 částí za den – 1100 až 33000 kusů za více než pět let). Toto je z velké části dáno relativně malými investičními náklady na přestavbu stroje pro jiný výrobek. Volba formy, její materiál a design také určuje její životnost. Nezávisle na technických kritériích je nutné dobře znát optimalizaci, objem výroby a denní objem kusů.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Doc.Ing. Jiří Staněk, CSc. Základy stavby výrobních strojů Tvářecí stroje Plzeň 2001 120 s. ISBN 80-7082-738-6 (základní pojmy v oblasti tváření)
- [2] Doc. Ing. Bedřich Rudolf, DrSc. Stavba výrobních strojů 1. Praha: ČVUT v Praze, 1987. 336 s. (Rozměrové parametry tvářecích strojů)
- [3] Beneš, Mykiska: Úvod do pneumatiky – Učebnice FESTO Didactic – Postgraduální studium, ČVUT, 1989

Zdroje z internetu

- [4] Twintex Informace k tvářenému materiálu a použitelné technologie k jeho tváření. [online]. [cit. 2010-40-20]. Dostupný z WWW: <http://www.twintex.com/>
- [5] Kluzná vedení pojezdu [online]. [cit. 2010-40-23]. Dostupný z WWW: <http://www.hennlich.cz/index.php?dokument=3101>
- [6] Festo – Průmyslová automatizace. [online]. [cit. 2010-40-20]. Dostupný z WWW: http://www.festo.com/INetDomino/cz/cs/company_portal_cz.htm
- [7] Mep Postřelmov - Stejnoseměrné tyčové přídržné elektromagnety . [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupný z WWW: http://www.mep.cz/mag_pri.htm
- [8] Feron – katalog hutního materiálu [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupný z WWW <http://www.ferona.cz/cze/katalog/strom.php>
- [9] Hotset - průmyslové topení [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupný z WWW <http://www.hotset.cz/produkty.htm>
- [10] Airtech - nylonová membrána [online]. [cit. 2010-04-22]. Dostupný z WWW http://catalogue.airtech.lu/category.php?category_id=2&lang=EN
- [11] Vakuová technika [online]. [cit. 2010-04-28]. Dostupný z WWW http://webak.upce.cz/~koanch/DOWNLOAD/Ucebni/texty/Skriptum_vacuum.pdf
- [12] Vakuum – informace o nových technologiích [online]. [cit. 2010-04-26]. Dostupný z WWW http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=27910

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 54
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [13] Vakuum - návrh konstrukce systému [online]. [cit. 2010-04-28]. Dostupný z WWW http://2009.oc.smc-cee.com/cz/pdf/LG2_Vakuum.pdf
- [14] Busch- vakuová technika [online]. [cit. 2010-04-26]. Dostupný z WWW http://www.buschpumps.cz/index.php?stranka=seco-cs-13&lc=0_4
- [15] Arco B.B.T. – termoizolační desky [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW <http://www.arcobbtt.cz/nabidka.htm>
- [16] Nařízení vlády - kterým se stanoví technické požadavky na strojní zařízení [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW <http://www.mpo.cz/dokument71275.html>
- [17] Pojezdová kola [online]. [cit. 2010-05-01]. Dostupný z WWW <http://www.pojezdova-kola.cz/detail/vysokozatezove-kladky-6/>
- [18] Průmyslové ventilátory [online]. [cit. 2010-05-04]. Dostupný z WWW <http://www.ventilatory-vzduchotechnika.cz/Ventilatory-prumyslove-a-do-provozoven/>



Seznam použitých symbolů a zkratk

p ... tlak [kPa]

p_v – podtlak vakua [kPa]

V ... objem [m^3],

T ... teplota [K]

V ... průtok vzduchu (spotřebované množství) [litry/min]

V_r ... množství vzduchu pneu. motorů rámu [litry/min]

V_o ... množství vzduchu pneu. motorů ohřevu [litry/min]

s ... celkový zdvih [dm],

n ... počet zdvihů [min],

D ... průměr pístu [dm],

d ... průměr pístnice [dm].

S - poměrný průřez plastových hadic (trubek) (mm^2)

V_h - objem vedení (hadice, potrubí) ($dm^3 =$ litry)

V_m -objem tvářecího prostoru ($dm^3 =$ litry)

V_c - celkový objem ($dm^3 =$ litry)

d_h - vnitřní průměr vedení (mm)

L - délka vedení (m)

T_1 - čas potřebný pro dosažení 63 % maximálního dosažitelného vakua p_v (s)

T_2 - čas potřebný pro dosažení 95 % maximálního dosažitelného vakua p_v (s)

Q_{max} - maximální sací výkon vývěvy, nebo ejektoru (l/min)

Q_2 - průtočný objem (l/min)

Q - menší z průtočných objemů (Q_{max} nebo Q_2) (l/min)

NV – nařízení vlády



Seznam obrázků a grafů

Obr.2-1 Vstřikovací lis série CANbel firmy Negri Bossi.....	13
Obr. 2-2 Základní tkanina 50/50.....	15
Obr. 2-3 Tkanina s vazbou 4/1.....	16
Obr. 2-4 Tkanina s keprovou vazbou.....	16
Obr. 2-5 Tkanina s vlákny jedním směrem.....	17
Obr. 2-6 Sendvičová struktura.....	17
Obr.2-7 Trup malé plachetnice, materiál Twintex.....	18
Obr.2-8 Dveřní panel Twintex + Kevlar.....	19
Obr.2-9 Blatník automobilu.....	19
Obr.2-10 Vrstvení materiálu (odspodu: nosná vrstva Twintex, desénová vrstva, krycí vrstva, ochranný tvářecí film).....	20
Obr.2-11 Ukázka tváření dle firmy Twintex.....	21
Obr.3-1 Poměrný průřez S používaných plastových hadic.....	27
Obr.3-2 Poměr času k hladině dosaženého vakua.....	28
Obr 5-1 Výrobní cyklus stroje.....	29
Obr. 5-2 Uspořádání stroje.....	30
Obr 5-3 Uspořádání stroje 2.....	30
Obr. 5-4 Uspořádání konstruovaného stroje.....	31
Obr. 6-1 Rám stroje.....	33
Obr. 6-2 Rám membrány.....	34
Obr.6-3 Rám posuvu membrány.....	34
Obr. 6-4 Spodní pohyblivý díl lisu.....	35
Obr.6-5 Deska se soustavou kanálků.....	36
Obr. 6-6 Přidržený elektromagnet řady EBS.....	37
Obr.6-7 Dvojitý pneumatický pohon.....	37
Obr.6-8 Pneu pohony.....	38
Obr.6-9 Obslužný display.....	39
Obr. 6-10 Elektromagnetický ventil.....	40
Obr. 6-11 Příslušenství (tlumič hluku a šroubení).....	40
Obr. 6-12 Tlaková hadice rozvodu vzduchu.....	41
Obr. 6-13 Vakuová vývěva Seco.....	42
Obr.6-14 Infračervené halogenové zářiče.....	44
Obr. 6-15 Kluzné vedení systému DryLint.....	44
Obr.6-16 Kluzné vedení rámu membrány.....	45
Obr.6-17 Detail dorazu kluzného vedení.....	45
Obr.6-18 Kluzné pouzdro.....	46
Obr.6-19 Kluzné vedení spodního rámu.....	46
Obr.6-20 Termoizolační desky.....	47
Obr.6-21 Ventilátor chlazení tvářeného materiálu.....	48
Obr.6-22 Zátěžové kolo.....	48
Obr. 6-23 Stroj bez ochranných plechů.....	49
Obr. 6-24 Kompletní stroj.....	49
Obr.7-1 Pozitivní a negativní forma.....	50

Seznam příloh

Obecné zásady pro formování částí z materiálu Twintex

příloha 1

Výkres sestavy lisu

příloha 2

Výkres rámu lisu

příloha 3

Kusovník rámu lisu

příloha 4

Výkres odsávací desky

příloha 5