

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Obor :

Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření :

Textilní a oděvní stroje

Konstrukce tamburu mykacího stroje typu 0120

Michal ADAM

Vedoucí diplomové práce : Doc.Ing. Jaroslav BERAN, CSc.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra : textilních a
oděvních strojů

Školní rok : 1997/98

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Michala A d a m a

obor 23-17-8 Konstrukce strojů a zařízení
Zaměření: Textilní a oděvní stroje

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č.172/1990 Sb. o vysokých školách určuje
tuto diplomovou práci :

Název tématu :

Konstrukce tamburu mykacího stroje typu 0120

Zásady pro vypracování :

- 1) Popište a stanovte zatěžující síly tamburu při provozu mykacího stroje
- 2) Proveďte analýzu deformací stávající konstrukce tamburu
- 3) Navrhněte konstrukční řešení tamburu pro širší variantu mykacího stroje
- 4) Vypočtete celkové deformace tamburu podle jednotlivých typů zatížení a proveďte analýzu vlivu vybraných geometrických parametrů na tuhost pláště tamburu
- 5) Na základě získaných výsledků proveďte tvarovou optimalizaci tamburu s cílem dosáhnout jeho maximální tuhosti

1.23/98 S₀

KTS/TS
48.1.12 nel. před.

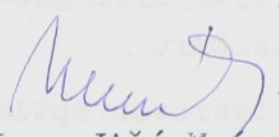
Rozsah grafických prací : sestavný výkres a vybrané dílenské výkresy
tamburu
Rozsah průvodní zprávy : 40 stran strojopisu formátu A4
Seznam odborné literatury :

- 1/ Výrobní podklady a výkresová dokumentace fy LITMAS s.r.o.
- 2/ Manual programu Pro/Mechanica

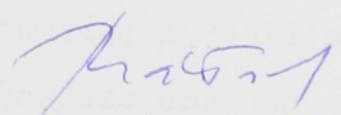
Vedoucí diplomové práce : Ing. Jaroslav Beran, CSc.
Konzultant : Ing. Ladislav Ulvr

Zadání diplomové práce : 27. 10. 1997
Termín odevzdání diplomové práce : 31. 05. 1998




Doc. Ing. Jiří Mrázek, CSc.

Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ludvík Prášil, CSc.

Děkan

V Liberci dne 27. 10. 1997

PROHLÁŠENÍ :

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně.“

M. Adámek
.....

Podpis

V Liberci, dne 25.5. 1998

PODĚKOVÁNÍ :

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce Doc.Ing. J.Beranovi
za ochotu při odborném vedení a pomoc při zpracování určeného
tématu.

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

Obsah	1
1. Úvod	2
1.1. Rozdělení a funkce mykacích strojů	2
1.2. Popis mykacího stroje UNICARD CZ 0120 firmy Litmas s.r.o.	3
1.3. Cíle řešeného problému	4
2. Popis a stanovení zatěžujících sil tamburu při provozu	4
2.1. Popis tamburu	4
2.2. Popis a určení velikosti zatěžujících sil	5
2.3. Shrnutí	7
3. Analýza deformací stávající konstrukce tamburu	8
3.1. Vytvoření modelu	8
3.2. Analýza úzkého tamburu	10
3.3. Analýza navržené konstrukce širokého tamburu	11
4. Návrh konstrukčního řešení	17
5. Vliv vybraných geometrických parametrů na deformace a napětí tamburu	20
6. Tambur s 5 výztuhami	25
6.1. Optimalizace	25
6.2. Tvar površky	26
6.3. Analýza upraveného tamburu.	30
7. Tambur se 4 výztuhami	35
7.1. Optimalizace	35
7.2. Tvar površky	35
7.3. Analýza upraveného tamburu	40
8. Vyhodnocení tamburů	45
9. Závěr	46
Seznam použité literatury	48

1. Úvod

1.1. Rozdělení a funkce mykacích strojů

Mykání je proces, který probíhá ve středních fázích zpracování vlákenného produktu téměř u všech druhů textilních materiálů. Základním úkolem mykání je rozvolňování vložek v rounu. Mykání má důležité postavení v celé přádelnické technologii, a to s ohledem na úzkou vazbu kvality produktu z mykacího stroje a kvality výsledné příze.

Mykací stroj plní řadu funkcí:

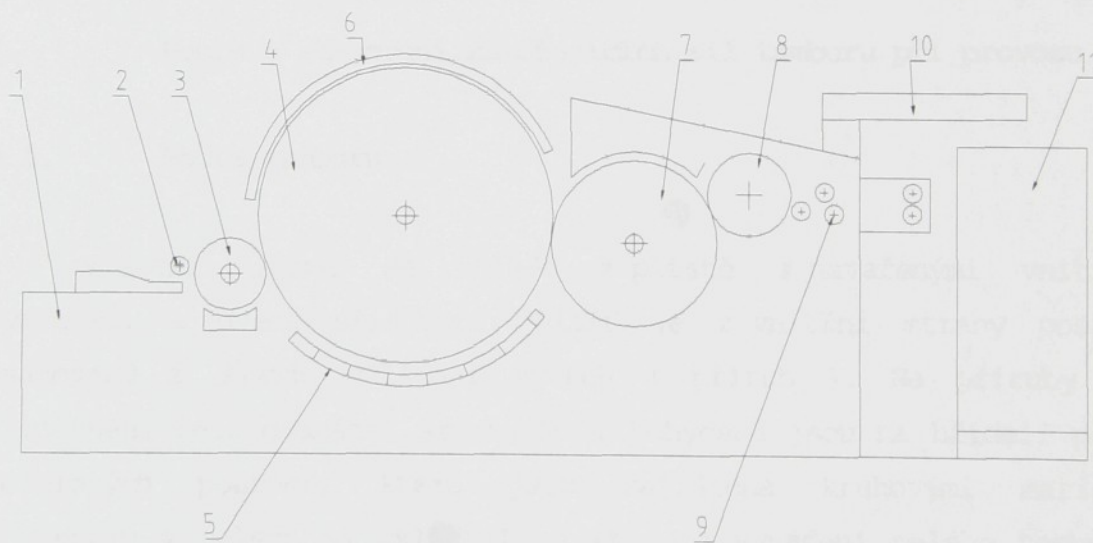
- rozvolňování předkládaného vlákenného materiálu až na jednotlivá vlákna
- vylučování krátkých vláken a nečistot
- napřímění a urovnání vláken do podélného směru
- zrovnoměnění výsledného produktu
- promíchání vlákenného materiálu
- tvorba jemné pavučiny a dále tvorba pramene jako prvního lineárního produktu při výrobě příze

Podle zpracování materiálu se používají dva systémy mykání. První je realizován na mykacích strojích víčkových pro bavlnu a chemická vlákna bavlnářského typu, druhý na mykacích strojích válcových pro vlnu a chemická vlákna vlnářského typu. Na víčkových strojích probíhá mykání vlákenného materiálu působením povlaku hlavního bubnu a víček, na válcových strojích působením povlaků hlavního bubnu, válce a obraceče.

1.2. Popis mykacího stroje UNICARD CZ 0120 firmy Litmas s.r.o.

Jedná se o mykací stroj s pevnými víčky, který zpracovává bavlněná a chemická vlákna a jejich směsi. Vlákenný materiál, který je podáván pánvovým podávacím ústrojím, přichází k rozvolňovacímu válci. Zde se z materiálu uvolňují vložky v důsledku působení pilkového povlaku a tím je připraven pro mykání.

Z rozvolňovače přichází materiál na jemné mykací povlaky hlavního bubnu. Vlastní proces rozvlákňování nastává současným působením obou protilehlých povlaků bubnu a víček. Dále jsou vlákna unášena bubnem ke snímacímu válci, kterým jsou snímána a poté zahušťována. Z povrchu válce je vzniklá pavučina snímána válečkovým snímacím ústrojím. Pavučina se shrnuje v pramen, který se ukládá do konví. Výsledný pramen se může rovnou předkládat bezvřetenovým doprůvadacím strojům.



1 - rám; 2 - podávací váleček; 3 - rozvolňovač; 4 - tambur; 5 - rošt;
6 - víčka; 7 - snímací válec; 8 - sčesávací válec; 9 - drtící válce;
10 - svinovací ústrojí; 11 - konec

Obr. 1 Schéma mykacího stroje

1.3. Cíle řešeného problému

V této práci budou popsány a stanoveny zatěžující síly tamburu při provozu mykacího stroje. Budou vypočítány deformace, napětí a znázorněny v grafech zvlnění horní, spodní a boční povrchové přímky při zatížení jednotlivými silami a jejich kombinací u navrhovaného tamburu firmy Litmas s.r.o. při 320 ot/min, 420 ot/min a 520 ot/min.

Dále budou navrženy konstrukční úpravy tamburu pro mykací stroj a provedeny potřebné analýzy pro dosažení stanovených parametrů. Konstrukce bude vycházet ze staršího typu mykacího stroje UNICARD CZ 0103.

Hlavní cílem práce je minimalizování hmotnosti a momentu setrvačnosti, při zachování maximální deformace a napětí.

Použitým nástrojem pro získání potřebných výsledků je metoda geometrických prvků s využitím softwaru Pro/MECHANICA.

2. Popis a stanovení zatěžujících sil tamburu při provozu

2.1. Popis tamburu

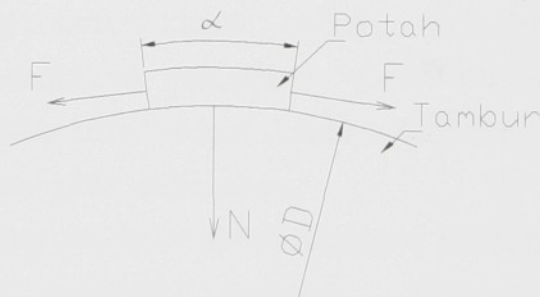
Vlastní tambur se skládá z pláště s navařenými vnitřními výztuhami a dvěma přírubami. Plášť je z vnitřní strany postupně osazovaný z důvodu vkládání výztuh (přírub). Na příruby jsou připevněna čela dvanácti šrouby M10. Uchycena jsou na hřídeli pomocí kuželových pouzder, která jsou zajištěna kruhovými maticemi. Do drážky v čelech se vkládají závaží pro vyvážení celého tamburu a celý bok se zakrývá ochranným krytem. Na povrchu je navinut pilkový povlak. Prvních 5 návinů silou 7 kp zbytek tamburu silou 4 kp.

2.2. Popis a určení velikosti zatěžujících sil

Na tambur působí tři zatěžující síly:

- a) tlak navinutého potahu
- b) odstředivá síla
- c) vlastní tíha tamburu

Ad a) Na povrch pláště je navinut potah napínací silou 4 kp (prvních 5 návinů silou 7 kp zanedbáme), který se projeví jako konstantní tlak po celém povrchu. Toto statické zatížení si nese do vlastního provozu. Jeho působení se projeví deformací tamburu tzn. zmenšováním jeho průměru. Plášť je v místech mezi výztuhami, kde není podepírán, silněji deformován, což způsobí zvlnění povrchu. Lze předpokládat, že na velikost deformací od tohoto zatížení bude mít vliv tloušťka pláště, počet výztuh a případně jejich rozměry a rozmístění výztuh.



Obr. 2 Nákres rozložení sil navinutého potahu

$$p = N / S \quad (1) \quad \text{kde} \quad S = b \cdot D / 2 \cdot \alpha \quad (2)$$

$$N = F \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

$$\text{pro malé } \alpha \text{ je } \sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \alpha \quad (4)$$

potom po dosazení vztahů (2), (3) a (4) do vztahu (1) je výpočtový vztah tlaku potahu

$$p = 2 \cdot F / D \cdot b \quad (5)$$

Průměr pláště tamburu D je 1282 mm. Většina potahu je při navinování napínána silou $F = 4$ kp kromě prvních pěti ovinů (tj. 3.75 mm z celkové délky tamburu). Používají se tři druhy potahu podle zpracovávaného materiálu, jejich šířka b je 0.65, 0.74, 0.75 mm. Použitá bude šířka 0.65 mm, která vyvolává největší tlak na povrch pláště tamburu.

$$F = 4 \text{ kp (tj. 39.24 N)}$$

$$D = 1282 \text{ mm}$$

$$b = 0.65 \text{ mm}$$

$$p = 2.F/D.b$$

Výsledný tlak potahu na povrch pláště je 0.0939 N/mm^2 .

Ad b) Odstředivá síla se začne projevovat až při provozu stroje. Pod jejím účinkem se bude deformovat plášť tamburu ven od osy rotace. Rozepsáním rovnice pro odstředivou sílu $F = m.r.\omega^2$ lze vysledovat určité zákonitosti, které určují velikost deformace od tohoto zatížení. Jednotlivé veličiny jsou hmotnost, poloměr a úhlová rychlost. Zvětšováním hodnot těchto veličin narůstá odstředivá síla a v důsledku toho také deformace.

Hmotnost není po celé délce tamburu rozložena rovnoměrně tzn. další možná zvlnění povrchu. Hmotnost lze ovlivnit geometrií tamburu. Zmenšováním tloušťky pláště, snižováním počtu výztuh a jejich velikostí lze hmotnost snižovat.

Úhlová rychlost je jedním z určujícím parametru výkonnosti stroje. Sice má největší vliv na deformaci díky druhé mocnině ve vztahu uvedeném výše, ale jejím snižováním se zmenšuje produktivita stroje a tím jeho zajímavost pro případné zákazníky.

Ad c) Vlastní tíha začne cyklicky namáhat tambur při provozu stroje střídavým ohybem. To je nebezpečné z hlediska únavy materiálu. Napětí v konstrukci musí být menší nebo rovno napětí v oblasti trvalé pevnosti. Tím bude zajištěna trvalá pevnost materiálu součásti. Napětí na mezi únavy nelze pro složitost součásti snadno určit výpočtem a zde se nabízí využít starší konstrukce stroje typu 0103, která je odzkoušena v provozu a kde můžeme výpočtem určit maximální napětí.

2.3. Shrnutí

Při řešení se projeví dva protiběžné požadavky, které si vynutí kompromis. Těmito požadavky jsou :

1. Co nejmenší hmotnost (tzn. minimální šířka stěn pláště a výztuh a minimální výška a počet výztuh) tamburu, která se příznivě projeví v deformaci vlastní tíhou a odstředivou silou. Nezanedbatelný význam bude mít také ve snížení momentu setrvačnosti, což přímo souvisí s rozběhem a doběhem tamburu tzn. zatížením motoru a brzdy.
2. Zmenšováním tloušťky pláště se začne významněji projevovat deformace od tlaku potahu. Průběh deformace na povrchu pláště může nabýt velkých rozdílů mezi minimální a maximální deformací a tím značné zvlnění zmiňované površky. Samozřejmou snahou je toto zvlnění co nejvíce omezit.

Deformace, napětí a zvlnění povrchy jsou hodnoty, podle kterých bude posuzována vlastní konstrukce. V průběhu řešení budou určovány vlivy jednotlivých geometrických parametrů tamburu na tyto hodnoty.

3. Analýza deformací stávající konstrukce tamburu

3.1. Vytvoření modelu

Výpočty jsou prováděny s využitím softwaru Pro/MECHANICA. Pro věrohodnost výpočtu metodou geometrických prvků je důležité, aby se model co nejvíce přibližoval skutečné součásti. V tomto případě je využito toho, že tambur je skořepina s různými tloušťkami stěn, což umožní modelovat součást pomocí skořepinových prvků místo vytváření objemových prvků. Při modelování čel je použit stejný způsob. Získán je tak menší počet prvků a v důsledku toho menší nároky na výpočtové doby a použitý hardware.

Tvorba modelu začíná vytažením kružnice do prostoru a vytvořením výztuhy orotováním čáry, která je připojena ke kružnici, kolem osy rotace modelu. Toto se opakuje až do vytvoření celého pláště. Na obě krajní výztuhy resp. příruby se připojí čela, která se vytvoří podobným způsobem jako plášť. Vytvářením modelu se tvoří i síť prvků, které slouží pro vlastní výpočet. Jedná se o tzv. manuální tvorbu sítě.

U modelu uvažujeme, že spojení čela a pláště je dokonale tuhé a nedochází mezi nimi ke vzájemnému posunutí ani natočení. U skutečného tamburu je čelo osazením vloženo do příruby a přišroubováno po obvodě dvanácti šrouby M10.

Celý model je umístěn v cylindrickém souřadném systému, protože pro výpočtové analýzy jsou důležité informace o deformacích v radiálním směru (kolmém na osu rotace).

Pro výpočet modelu musíme zadat materiálové konstanty.

Tab.1 Materiálové konstanty

	Plášť tamburu a výztuhy (ocel)	Čelo tamburu (litina)
Youngův modul pružnosti v tahu E [N/mm ²]	210000	109900
Poissonův poměr μ [-]	0,3	0,23
Měrná hmotnost γ [kg/mm ³]	7800	7180
Koeficient délkové teplotní roztažnosti α [K ⁻¹]	0,0000110	0,0000123

Nyní zbývají v modelu doplnit okrajové a zatěžující podmínky. Nábojům čel je zabráněno v pohybu ve všech třech směrech a současně zamezeno jejich natočení kolem některé z os. Tak je simulováno jejich upevnění na hřídeli. U skutečné součásti jsou náboje, které mají kuželovitost 1:16, nasazena na kuželová pouzdra a stažená maticemi. Tyto pouzdra jsou nalisována na hřídeli. Tím je zamezeno možnosti jejich pohybu nebo deformaci. Hřídel uvažujeme jako tuhý, který se nedeformuje následkem vlastní tíhy tamburu a odstředivé síly. Toto zjednodušení může vést do výpočtu určitou chybu a to především od možného průhybu hřídele, kterou ale zanedbáváme.

Na modelu jsou zavedeny tři zatěžující síly:

1. Odstředivá síla je určena vektorem úhlové rychlosti.
2. Tlak potahu je definován na vnější straně pláště.
3. Vlastní tíha tamburu je určena vektorem gravitačního zrychlení.

Model je nyní připraven pro vlastní výpočty. Jednotlivé výpočetní modely se budou pouze lišit v určitých parametrech, na které bude vždy upozorněno.

Obrázky modelů jsou ukázány v příloze. Je zde uveden model tamburu s 5 výztuhami se zobrazenými zatěžujícími silami obr. 1, model čela obr. 2. a model tamburu se 4 výztuhami obr. 3.

3.2. Analýza úzkého tamburu

Analýza úzkého tamburu je důležitá pro další řešení úlohy. Vypočtené hodnoty budou použity jako mezní parametry.

Tambur o šířce 1022 mm má čtyři výztuhy resp. dvě výztuhy a dvě příruby s čely.

Výsledky budou zahrnovat napětí, deformace při jednotlivých zatíženích a při celkovém zatížení.

Model tamburu obsahuje 869 skořepinových geometrických prvků. Hmotnost vypočítaná z modelu je $m = 904 \text{ kg}$ a moment setrvačnosti $I = 330 \text{ kgm}^2$.

Tab.2 Deformace a napětí způsobené jednotlivými zatíženími

	Max. deformace	Max.napětí VM
Odstř. síla (320 ot/min)	0.01153 mm	6.05 MPa
Odstř. síla (420 ot/min)	0.01986 mm	10.42 MPa

Odstř. síla (520 ot/min)	0.03044 mm	15.98 MPa
Vlastní tíha	0.00622 mm	2.23 MPa
Tlak potahu	0.00996 mm	5.00 MPa

Tab.3 Deformace a napětí způsobené celkovým zatížením

	Max. deformace	Max. napětí VM
(320 ot/min)	0.01140 mm	4.90 MPa
(420 ot/min)	0.01928 mm	9.01 MPa
(520 ot/min)	0.02964 mm	14.30 MPa

Ze řešení vyplývá, že na deformaci tamburu má největší vliv odstředivá síla. Při provozních otáčkách (420 ot/min) dosahuje max. deformace 0.01928 mm. Tlak potahu snižuje tuto deformaci a vlastní tíha snižuje deformaci na horní povrchce a na spodní povrchce ji naopak zvyšuje.

Ze řešení vyplývá další podmínka. Touto podmínkou je hodnota maximálního redukovaného napětí podle hypotézy HMH. Určený limit napětí je 9 MPa a neměl by být překročen.

3.3. Analýza navržené konstrukce širokého tamburu

Konstrukce širokého tamburu s pěti výztuhami o šíři 1276 mm vychází z původního úzkého tamburu a jedná se o návrh dodaný firmou Litmas s.r.o.

Zpracovaný model tamburu obsahuje 900 geometrických prvků. Hmotnost vypočítaná z modelu je $m = 1034 \text{ kg}$ a moment setrvačnosti $I = 382 \text{ kgm}^2$.

Tab.4 Deformace a napětí způsobené jednotlivými zatíženími

	Max. deformace	Max. napětí VM
Odstř. síla (320 ot/min)	0.01168 mm	6.74 MPa
Odstř. síla (420 ot/min)	0.02013 mm	11.62 MPa
Odstř. síla (520 ot/min)	0.03081 mm	17.79 MPa
Vlastní tíha	0.00744 mm	2.27 MPa
Tlak potahu	0.01144 mm	6.23 MPa

Tab.5 Deformace a napětí způsobené celkovým zatížením

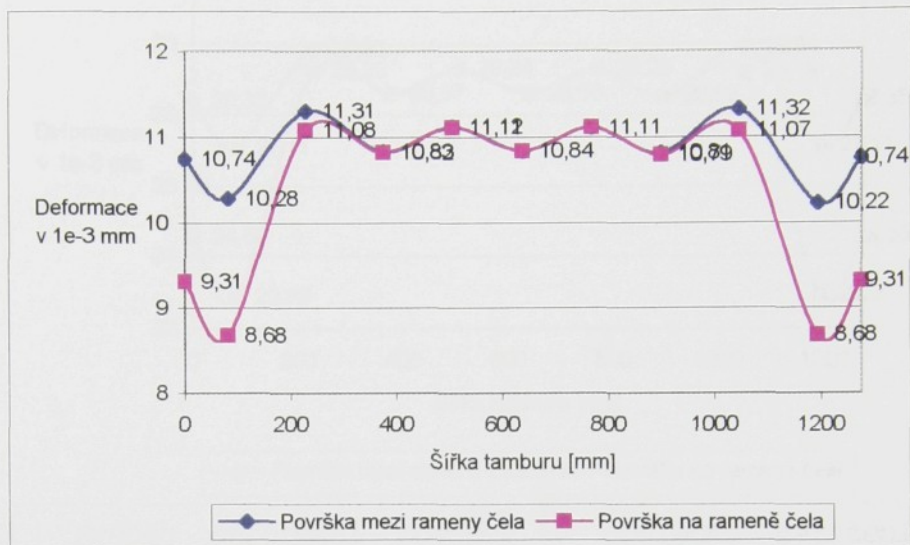
	Max. deformace	Max. napětí
(320 ot/min)	0.01231 mm	6.01 MPa
(420 ot/min)	0.01997 mm	10.37 MPa
(520 ot/min)	0.02995 mm	15.87 MPa

Hodnoty deformací a napětí širokého tamburu budou vhodné pro porovnání z dalším řešením. Z výsledků je vidět, že při celkovém zatížení maximální napětí při provozních otáčkách (420 ot/min) přesáhlo stanovený limit 9 MPa.

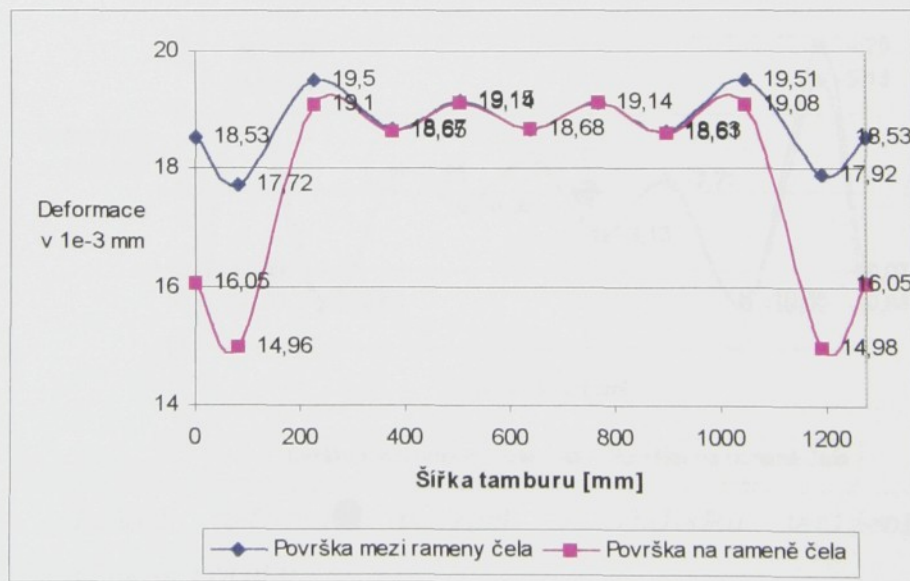
V následujících grafech jsou zobrazeny deformace površek od jednotlivých zatížení (odstředivá síla při 320 ot/min, 420 ot/min a 520 ot/min, tlak potahu a vlastní tíha) a jejich kombinace.

Jednotlivé hodnoty deformací jsou uvedeny v radiálním směru.

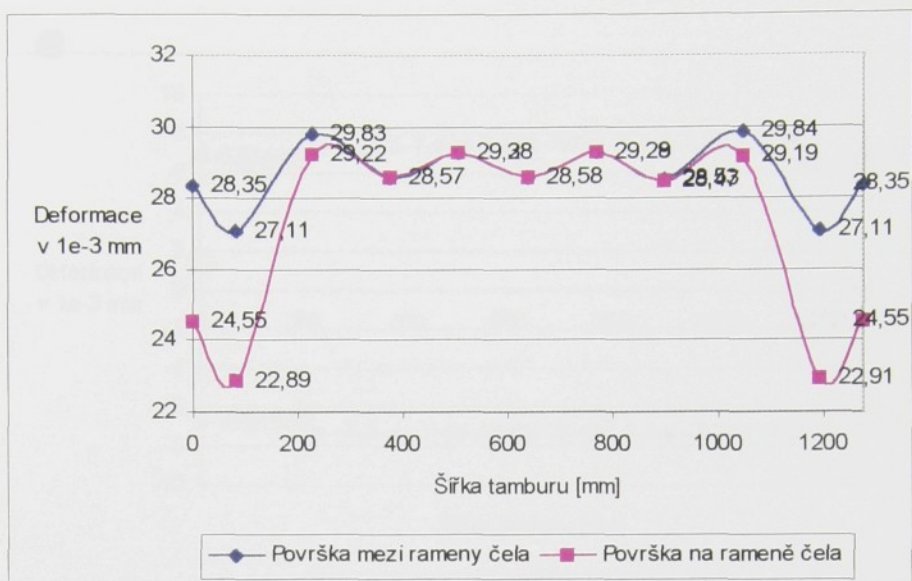
Uváděné površky v grafech a textu jsou zobrazeny v příloze na obr.4.



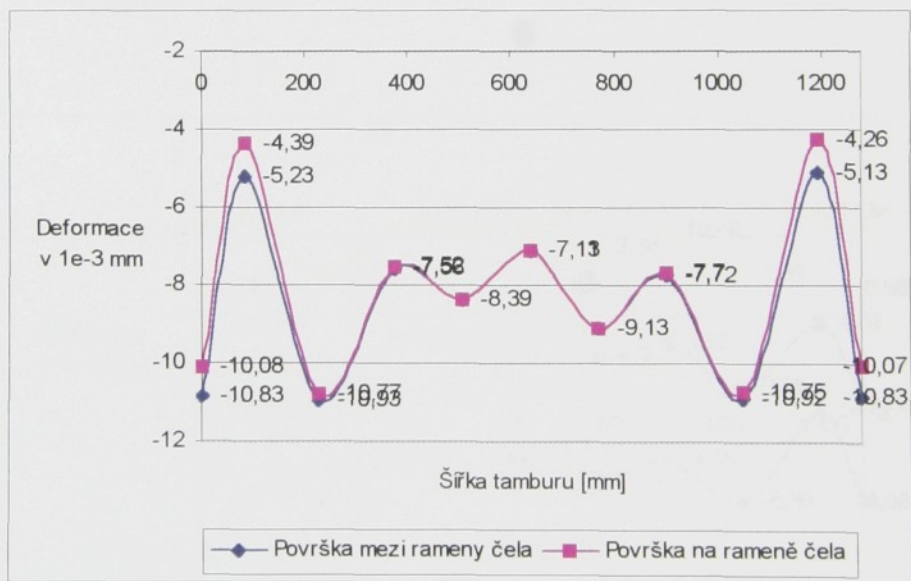
Graf č.1 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 320 ot/min



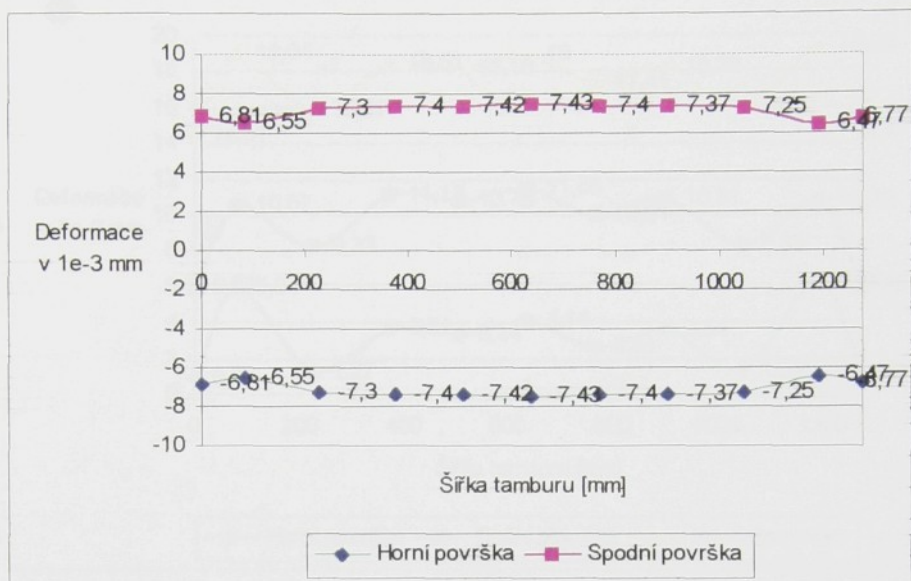
Graf č.2 Průběh deformace površek v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 420 ot/min



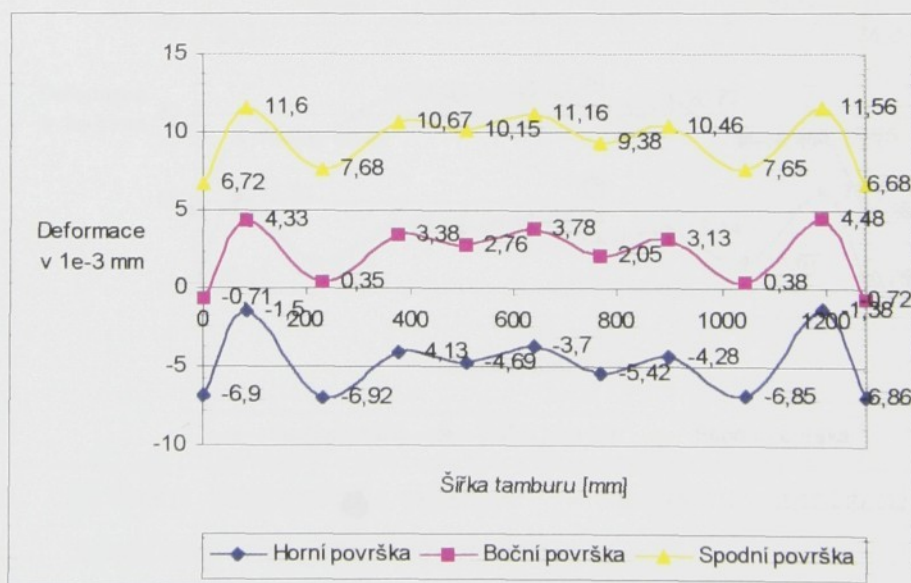
Graf č.3 Průběh deformací povrchů v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 520 ot/min



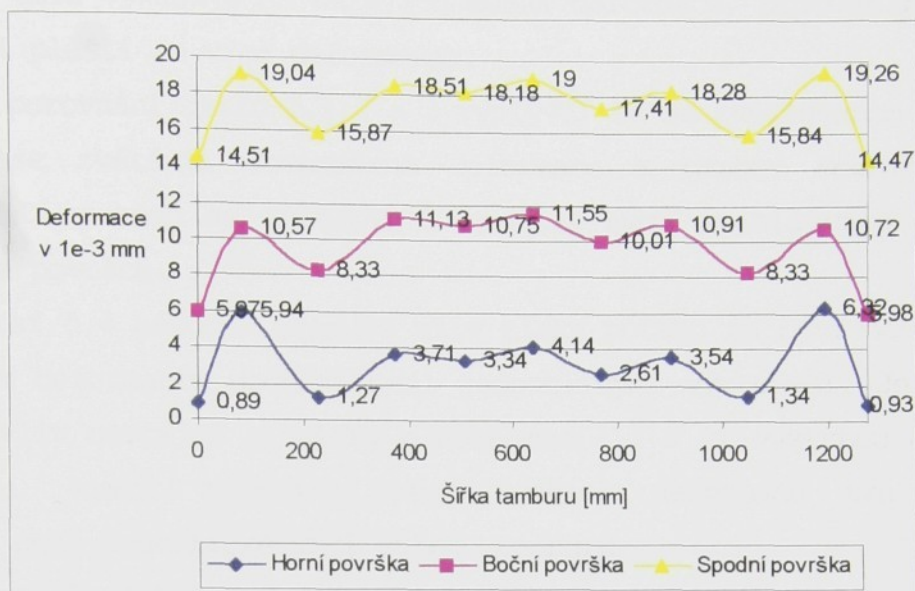
Graf č.4 Průběh deformací povrchů v důsledku zatížení tamburu tlakem potahu



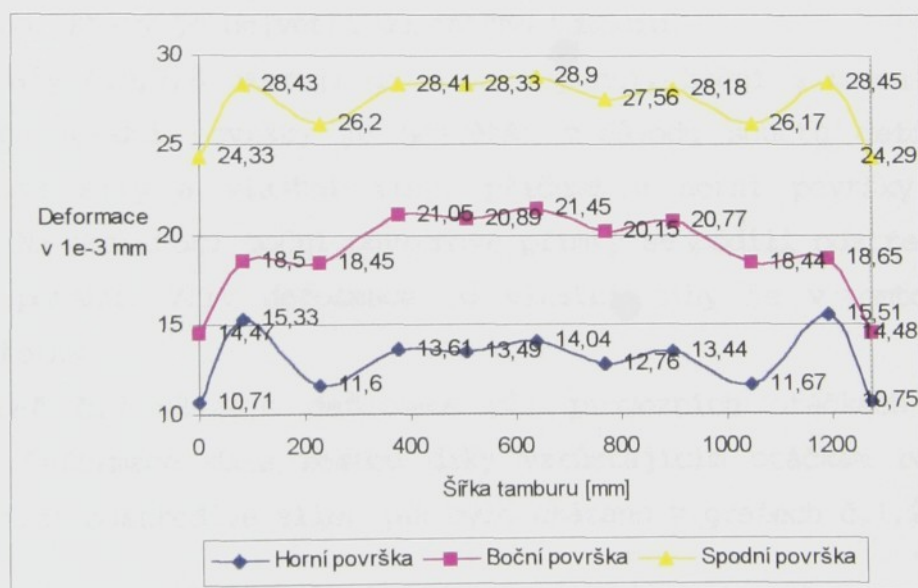
Graf č.5 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu vlastní tíhou



Graf č.6 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 320 ot/min



Graf č.7 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 420 ot/min



Graf č.8 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 520 ot/min

Graf č.1 ukazuje, že výztuhy zabraňují větším deformacím a udržují jejich hodnoty v rozmezí 8,5 – 11,5 μm . Povrchová přímka nad

ramenem čela vykazuje na okrajích menší deformace, protože ramena čel zamezují plášti se více deformovat.

Z porovnání grafů č.1,2 a 3 vyplývá, že se zvětšováním velikosti otáček se zvětšují rovnoměrně deformace s druhou mocninu podílu otáček. Díky tomu se zvětšují i rozdíly mezi nejnižším a nejvyšším bodem na povrchu.

Graf č.4 názorně ukazuje vliv tlaku potahu na povrchové přímky. K větším deformacím dochází mezi jednotlivými výztuhami. Je zde také patrný vliv nestejné tloušťky pláště mezi 1. a 2. výztuhou a 2. a 3. výztuhou, která způsobuje nestejnou deformaci tzn. zvlnění površek není symetrické vůči středu tamburu.

Z grafu č.5 je zřejmé, že dochází na horní i spodní povrchu ke stejným deformacím pouze s opačným znaménkem. Nejmenší deformace je v místech na přírubách - čelech a směrem do středu tamburu dochází k průhybu, který je největší uprostřed tamburu.

Grafy č.6,7,8 ukazují deformace spodní, boční a horní površky. Deformace spodní površky je největší z důvodu součtu deformací od odstředivé síly a vlastní tíhy, přičemž u horní površky je tomu naopak. Na deformaci boční povrchové přímky se podílí odstředivá síla a tlak potahu. Vliv deformace od vlastní tíhy je v tomto případě zanedbatelný.

Graf č.7 ukazuje deformace při provozních otáčkách mykacího stroje. Deformace dále rostou díky vzrůstajícím otáčkám resp. díky vzrůstající odstředivé síle, jak bylo ukázáno v grafech č.1,2,3.

4. Návrh konstrukčního řešení

Na vlastnosti tamburu bude mít vliv jeho hmotnost. Zvětšování hmotnosti se negativně projeví na uložení, zatížení elektromotoru a brzdy tzn. na dynamických vlastnostech. Řešením je snižování hmotnosti pláště zeštíhlováním tloušťky stěn a zmenšováním výztuh. U

čel by bylo vhodné přemýšlet o změně použité šedé litiny na tvárnou litinu, která se vyznačuje vyšší pevností a dalším snižování tloušťky stěn čel. Dalším parametrem, který může být brán v potaz je počet výztuh a jejich umístění. Proto také bude zhodnoceno chování tamburu při 4 a 6 výztuhách. Výpočtovým modelům jsou přiřazeny podobné parametry jako u tamburu s 5 výztuhami, aby je bylo možné navzájem porovnat.

a) Tambur se 4 výztuhami (resp. 2 výztuhami a 2 přírubami)

Model má 769 geometrických prvků. Vypočítaná hmotnost tamburu je $m = 961$ kg a moment setrvačnosti $I = 355$ kgm².

Tab. 6 Deformace a napětí způsobené jednotlivými zatíženími

	Max. deformace	Max. napětí VM
Odstř. síla (320 ot/min)	0.01164 mm	6.10 MPa
Odstř. síla (420 ot/min)	0.02007 mm	10.52 MPa
Odstř. síla (520 ot/min)	0.03071 mm	16.10 MPa
Vlastní tíha	0.00702 mm	2.58 MPa
Tlak potahu	0.01203 mm	6.13 MPa

Tab. 7 Deformace a napětí způsobené celkovým zatížením

	Max. deformace	Max. napětí
(320 ot/min)	0.01178 mm	5.84 MPa
(420 ot/min)	0.01948 mm	9.95 MPa
(520 ot/min)	0.02941 mm	14.59 MPa

b) Tambur se 6 výztuhami (resp. 4 výztuhami a 2 přírubami)

Model má 1008 geometrických prvků. Vypočítaná hmotnost tamburu je $m = 1076$ kg a moment setrvačnosti $I = 398$ kgm².

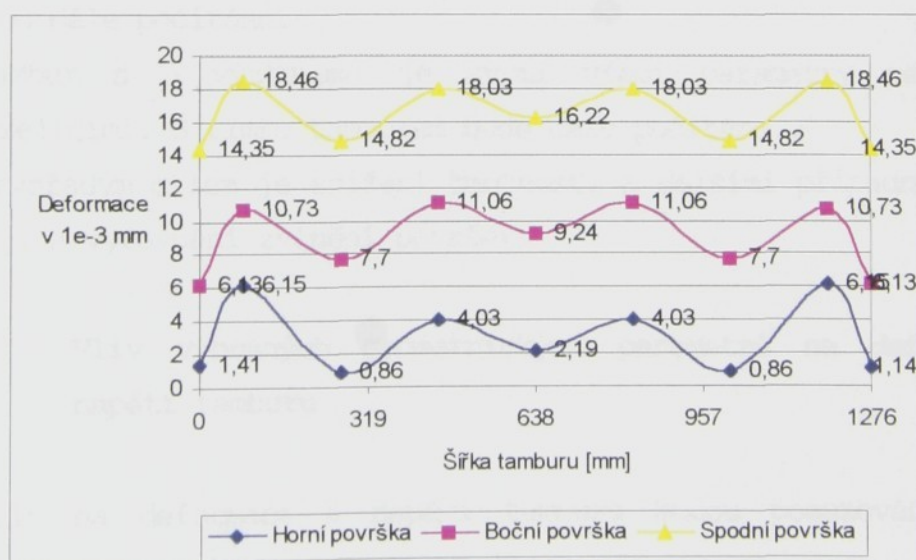
Tab. 8 Deformace a napětí způsobené jednotlivými zatíženími

	Max. deformace	Max. napětí
Odstř. síla (320 ot/min)	0.01113 mm	6.05 MPa
Odstř. síla (420 ot/min)	0.01996 mm	10.43 MPa
Odstř. síla (520 ot/min)	0.03054 mm	15.12 MPa
Vlastní tíha	0.00782 mm	2.80 MPa
Tlak potahu	0.01161 mm	6.10 MPa

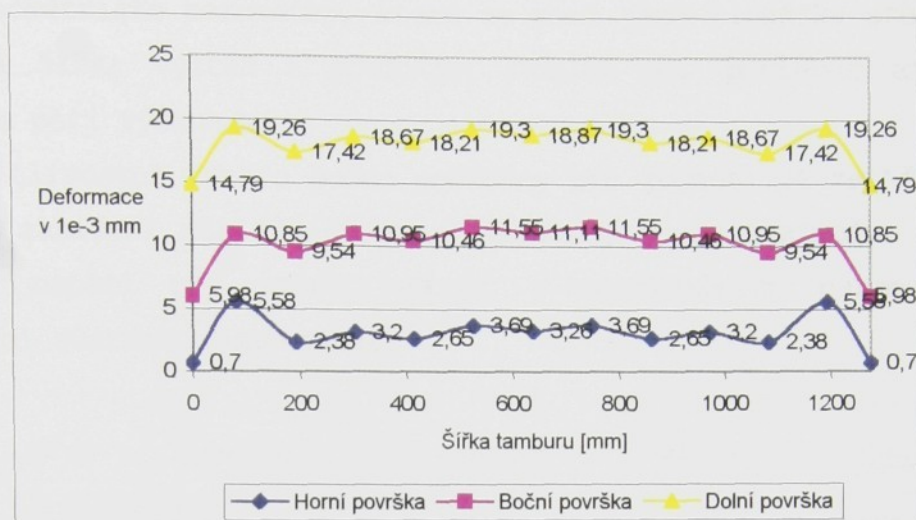
Tab. 9 Deformace a napětí způsobené celkovým zatížením

	Max. deformace	Max. napětí
(320 ot/min)	0.01157 mm	6.05 MPa
(420 ot/min)	0.02028 mm	9.28 MPa
(520 ot/min)	0.03018 mm	14.78 MPa

V následujících grafech jsou zobrazeny tvary povrchů jednotlivých výše uvedených tamburů. Všechny deformace povrchů zobrazených v grafech jsou vypočítány z modelů zatížených kombinací odstředivé síly při 420 ot/min, tlaku potahu a vlastní tíhou.



Graf č.9 Průběh deformace povrchů tamburu se 4 výztuhami



Graf č.10 Průběh deformace povrchů tamburu se 6 výztuhami

Z grafů vyplývá, že nejméně zvlněná površka je u tamburu se 6 výztuhami. Tamburu je ale nejvíce deformován, je nejtěžší a jeho výroba by byla drahá vzhledem k počtu výztuh. Proto bude z dalších úvah vyloučen.

Tambur se 4 výztuhami má naopak nejhorší zvlnění površky, ale jeho nespornými výhodami jsou nižší hmotnost, menší deformace a z výrobního hlediska je jednodušší a levnější. Proto bude s touto variantou dále počítáno.

Tambur s 5 výztuhami je svými všemi parametry mezi oběma předcházejícími. S tímto tamburem bude dále počítáno.

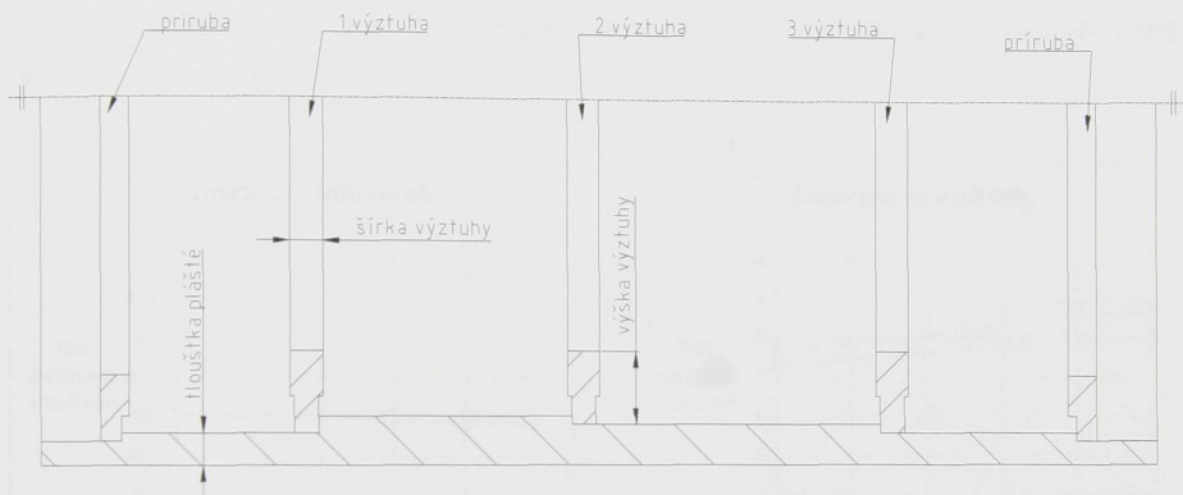
Prvořadým cílem je snížení hmotnosti a dalšími případné snížení deformací a vyrovnání zvlnění povrchů.

5. Vliv vybraných geometrických parametrů na deformace a napětí tamburu

Vliv na deformace a napětí tamburu budou posuzovány pomocí citlivostních funkcí.

Geometrické parametry, které se mění jsou tloušťka stěn pláště, výška a šířka výztuh a použitým modelem pro potřebné analýzy je tambur s pěti výztuhami.

Citlivostní funkce budou počítány pro jednotlivá zatížení a pro celkové zatížení při 420 ot/min. Sledovány budou maximální deformace a max. napětí při změně jednoho z konstrukčních parametrů, kdy zbývající zůstanou konstantní.



Obr. 3 Schéma pláště tamburu s konstrukčními parametry

Nákres pláště tamburu zobrazuje všechny parametry, které se mění v citlivostních funkcích.

1) Tloušťka stěn pláště

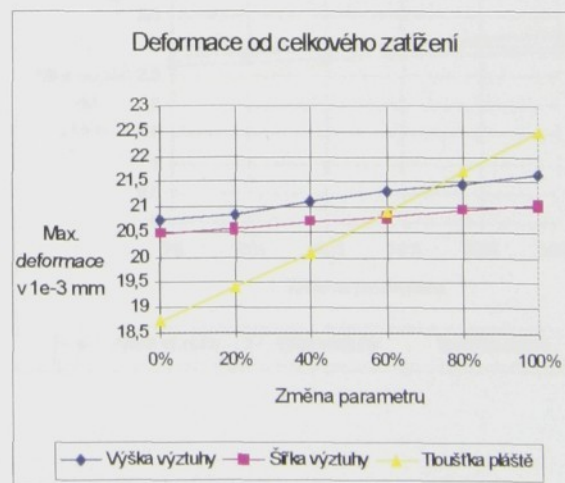
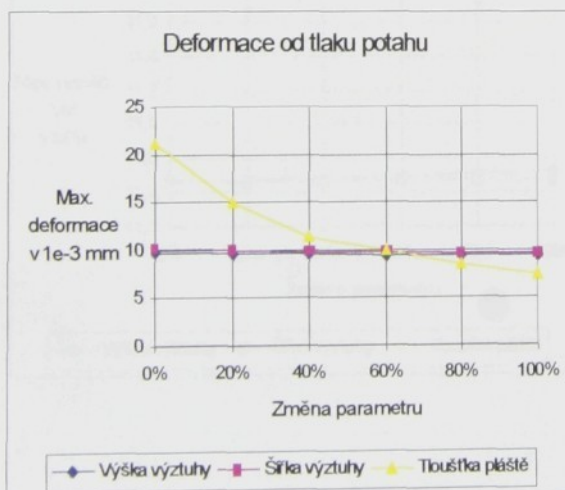
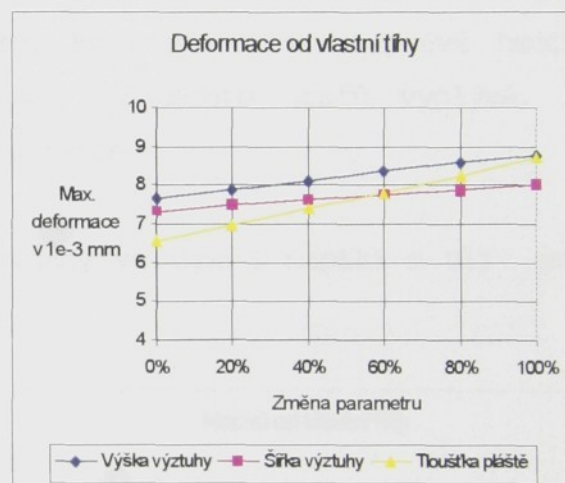
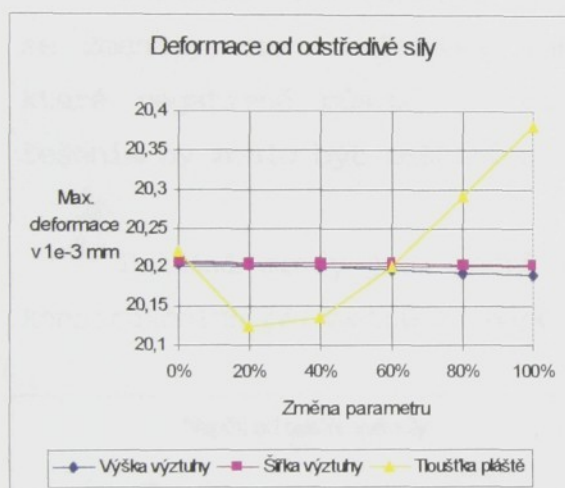
Z důvod výrobně-technologického je tloušťka pláště tamburu odstupňována po několika milimetrech z obou konců směrem ke středu, kvůli postupnému vsazování výztuh případně přírub a jejich svařování k plášti viz obr.3. Toto odstupňování musíme zachovat i v modelu. Tloušťka se pohybuje od 8 do 18 mm a její nastavení v citlivostních funkcích se uvádí v procentech (0-100%). Aktuální (výkresová) tloušťka je 16 mm.

2) Výška výztuhy

Výška výztuhy je v modelu zadána jako minimální vnitřní poloměr výztuhy, který se pohybuje od 595 do 525 mm (0-100%). Aktuální poloměr je 585 mm.

3) Šířka výztuh

Z důvodu svařování je část výztuhy osoustružena (zbaven okujeného povrchu) a tak má dvě šířky jejíchž odstupňování musí být opět dodrženo viz obr.3. Hodnoty se pohybují od 20 do 32 mm (0-100%). Aktuální šířka je 25 mm.



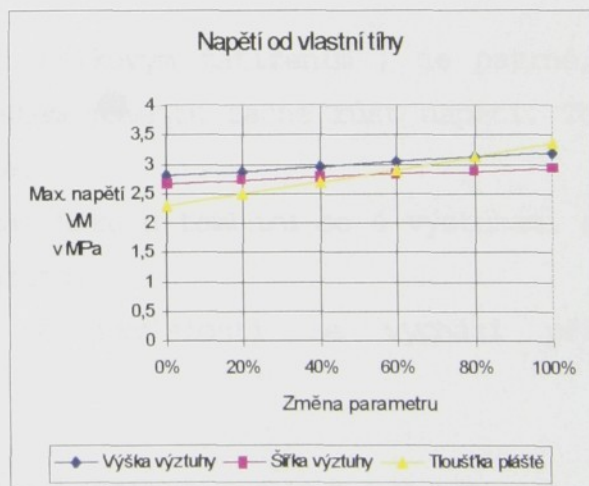
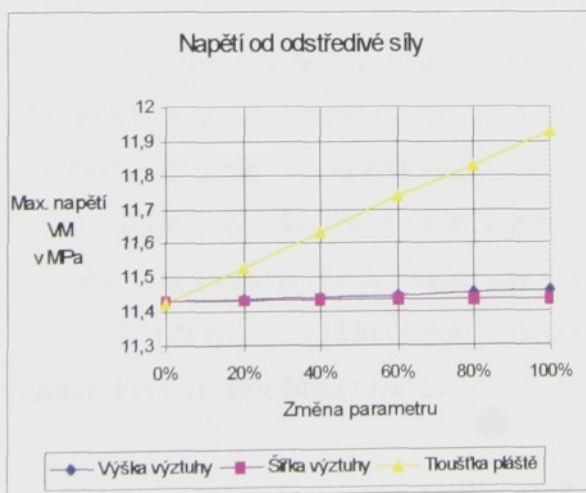
Graf č.11 Průběh max. deformací v závislosti na zatížení a vybraném konstrukčním parametru

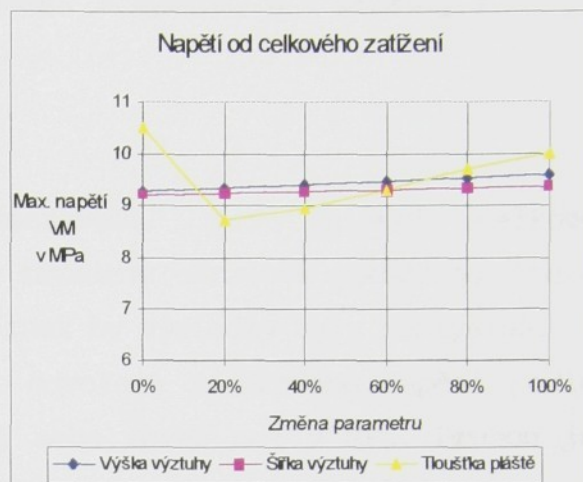
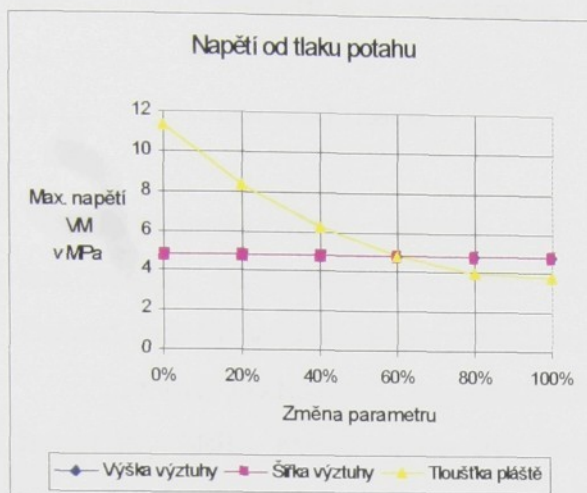
Z jednotlivých grafů je patrné, že největší vliv na deformaci má tloušťka bubnu. Snižováním tloušťky pláště se zvětšuje deformace od tlaku potahu tzn. prolamují se místa mezi výztuhami – přírubami a z tohoto důvodu vyplývá omezení v dalším snižování této tloušťky. Na deformace od vlastní tíhy má tento trend naopak kladný dopad ve zmenšování průhybu a u zatížení odstředivou silou se deformace zmenšuje až do 20% z nastaveného rozsahu. Ostatní parametry mají vliv mnohem menší.

Ze zatěžujících sil má na deformaci největší vliv odstředivá síla a tlak potahu, které působí proti sobě.

Poslední graf ukazuje, že stálým snižováním hmotnosti konstrukce se zmenšuje max. deformace tamburu. Mají na to vliv právě hmoty, které negativně působí na konstrukci. Z těchto grafů vyplývá, že řešením by mohlo být zeštíhlení konstrukce.

Dalšími grafy jsou ještě porovnány velikosti napětí a vliv změn konstrukčních parametrů na napětí.





Graf č.12 Průběhy napětí v závislosti na zatížení a vybraném konstrukčním parametru

Na napětí v konstrukci nemá velikost výztuh téměř žádný vliv. Velikost napětí opět hlavně ovlivňuje tloušťka pláště tamburu.

U namáhání odstředivou silou a vlastní tíhou se se zvětšováním tloušťky zvětšuje napětí v tamburu. Naproti tomu se snižuje napětí od tlaku potahu.

Z posledního grafu (namáhání celkovým zatížením) je patrné, že stálým zeslabováním pláště v jistém momentu začne růst napětí. To je bod, kterým je konstrukce omezena.

Podobné závěry lze předpokládat také u tamburu se 4 výztuhami a v jeho analýzách jich bude také využito.

Z těchto zjištěných hodnot a závislostí se vychází při následující optimalizaci.

Pro přehlednost bude řešení rozděleno na dvě. Nejdříve se přistoupí k řešení tambur s 5 výztuhami a poté se 4 výztuhami.

6. Tambur s 5 výztuhami (resp. 3 výztuhy a 2 příruby)

6.1. Optimalizace

Optimalizační úloha je sestavena, pro snížení celkové hmotnosti. Do úlohy musí být také zavedeny okrajové podmínky, které řešení udrží v povolených mezích, jinak by výsledky byly nesmyslné.

První podmínkou je maximální dovolené redukované napětí podle hypotézy HMH, které musí být menší nebo rovno než 9 MPa. Druhou je maximální dovolená deformace, která musí být menší než 0.020 mm.

Pro urychlení výpočtu jsou použity výsledky s citlivostních funkcí, ze kterých se bude vycházet jako z výchozích hodnot proměnných konstrukčních parametrů. Hodnoty se nastavují v procentech z celkového rozsahu viz kap. 5.

Tab. 10 Hodnoty nastavené při optimalizaci

Proměnný parametr	Hodnota
Tloušťka pláště	20%
Výška výztuhy	0%
Šířka výztuhy	0%

Výsledkem jsou hodnoty parametrů, při kterých je nejmenší dosažitelná hmotnost při dodržení podmínek.

Tab. 11 Hodnoty obdržené po optimalizaci

Proměnný parametr	Výsledná hodnota
Tloušťka pláště	17%
Výška výztuhy	0%
Šířka výztuhy	0%

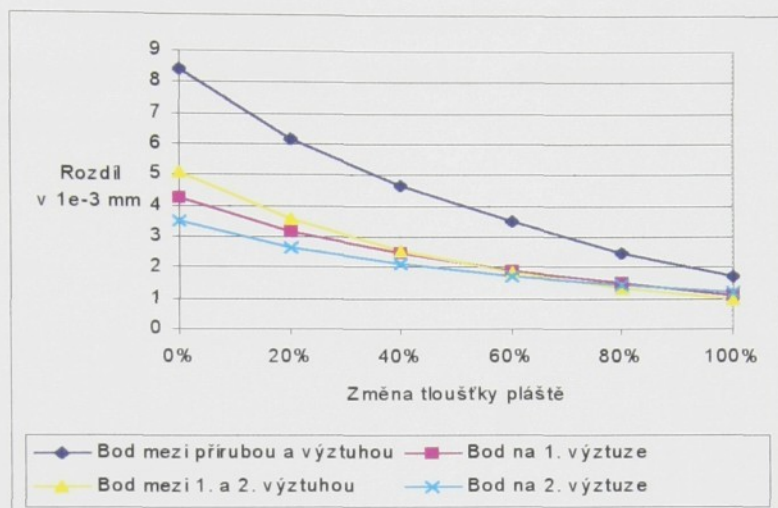
Výsledné hodnoty budou použity jako výchozí při snížení zvlnění površek. V modelu jsou nyní nastaveny nové hodnoty šířky výztuhy - 20 mm a výšky výztuhy - 585 mm (ta zůstává stejná). Hodnota tloušťky pláště je nastavena na 20% z důvodu zaokrouhlení hodnoty v milimetrech na celá čísla.

6.2. Tvar površky

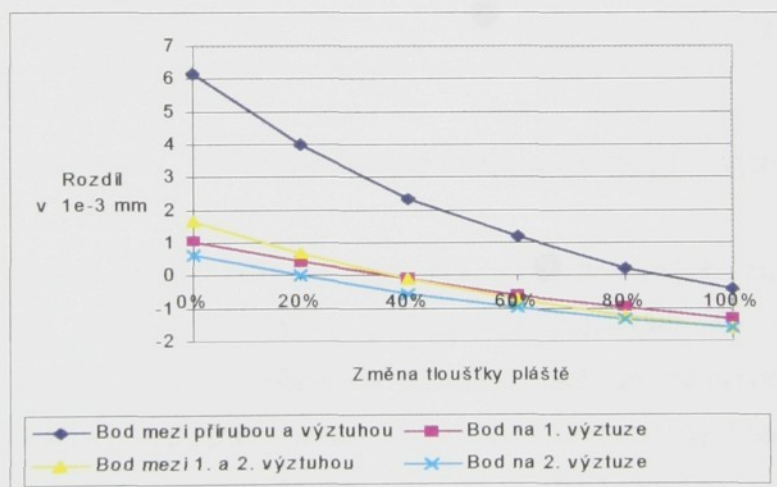
Sníčováním tloušťky pláště se zlepšuje deformace a napětí v tamburu, ale zároveň se zhoršuje tvar površky. Zvětšují se rozdíly deformací mezi body nad výztuhami a body mezi výztuhami. Tato situace klade větší nároky na konečnou úpravu tamburu tj. zabroušení potahu, proto dalším cílem je tyto površky vyrovnat. Ideálního stavu se nikdy nemůže dosáhnout z důvodu existence různě hmotných částí po délce površky a kontrole dvou površek horní a boční, které deformují působící síly rozdílně. Lze zde ale určit kompromis, který bude pro obě površky co možná nejvýhodnější.

Nejdříve se určí závislost tvaru površky na tloušťce pláště. K tomu se využije opět citlivostní funkce, kdy se mění jediný parametr tloušťku pláště. Na modelu jsou zvoleny vhodné body pro pozorování jejich deformací. První řada bodů je na boku tamburu, která je důležitá v návaznosti na podávací ustrojí a na snímací válec. Druhá řada bodů je na vrchní části povrchu tamburu. V každé řadě je 5 bodů a to na přírubě, mezi přírubou a 1. výztuhou, na 1. výztuze, mezi 1. a 2. výztuhou, na 2. výztuze a mezi 2. a 3. výztuhou (umístění bodů je ukázáno na obr.4). Pomocí nich budou sledovány deformace a jejich vzájemný rozdíl.

Aby bylo možno grafy porovnat je třeba zvolit referenční hodnotu. Touto hodnotou bude deformace bodu č.1, ke které se budou ostatní vztahovat.



Graf č.13 Rozdíl deformací na horní povrchce v závislosti na změně tloušťky pláště



Graf č.14 Rozdíl deformací na boční povrchce v závislosti na změně tloušťky pláště

Zvětšováním tloušťky pláště se snižují jednotlivé rozdíly bodů na povrchové přímce. Důvodem je snižování vlivu namáhání od tlaku potahu a zároveň snižování relativního rozdílu hmotností po délce tamburu. Nejlepšího stavu se dosáhne mezi 60 - 80% z nastaveného

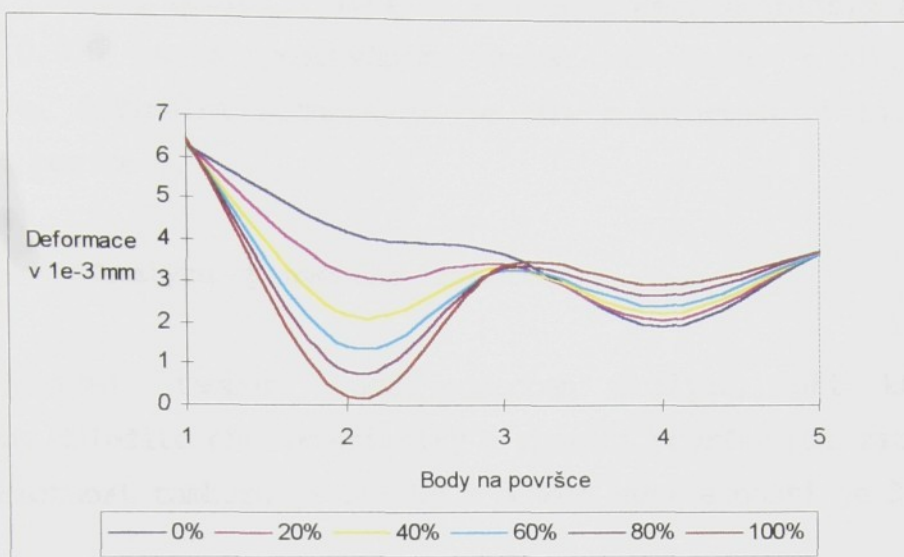
intervalu. Tento způsob úpravy tamburu ale nelze použít, protože by se zvýšila jeho hmotnost. Proto parametr tloušťky pláště zůstane nastaven na 20% a povrchové přímky se vyrovnají jiným způsobem.

Další možností úpravy je posouvání 1. a 3. výztuhy, což bude mít za následek snižování rozdílu deformací mezi jednotlivými nadefinovanými body.

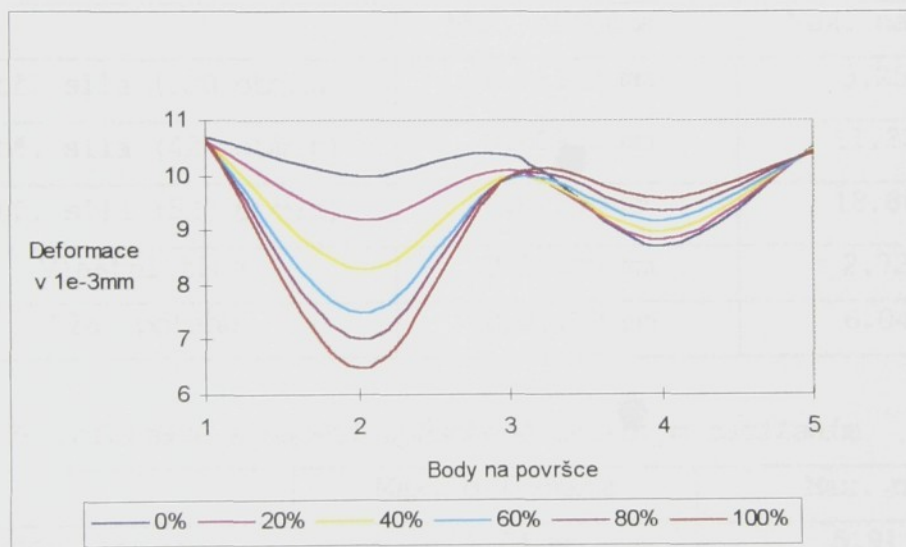


Obr. 4 Zobrazení nadefinovaných bodů a posunutí výztuh

Tato úloha opět vede na využití citlivostních funkcí. První a třetí výztuha jsou symetricky posouvány vzhledem ke středu od své původní pozice (100%) směrem k přírubám až do vzdálenosti 140 mm (0%) viz obr.4, přitom jsou zaznamenávány v definovaných bodech deformace površek v radiálním směru. Následující grafy ukazují zvlnění površek při změnách pozice výztuh.



Graf č.15 Deformace horní povrchy v závislosti na pozici výztuh



Graf č.16 Deformace boční povrchy v závislosti na pozici výztuh

Oba grafy musí být porovnány a určen kompromis pro řešení. Grafy názorně ukazují chování površek resp. deformace v nadefinovaný bodech při posunu výztuh.

Pozn. grafy neznázorňují tvar površek, protože zde nejsou dodrženy vzdálenosti jednotlivých nadefinovaných bodů a je zde zobrazen pouze úsek od 1. bodu do 5. bodu viz obr.4.

V původní pozici (100%) je rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším bodem 0,006 mm s posouváním výztuh se tento rozdíl deformací zmenšuje. Optimální hodnota se je 30% z intervalu (tj. 98 mm od původní pozice).

6.3. Analýza upraveného tamburu

Upravený tamburu bude podroben analýze, při které budou zjištěny důležité charakteristiky a chování površek při zatížení.

Hmotnost tamburu je 953 kg a moment setrvačnosti je 351 kgm².

Tab. 12 Deformace a napětí způsobené jednotlivými zatíženími

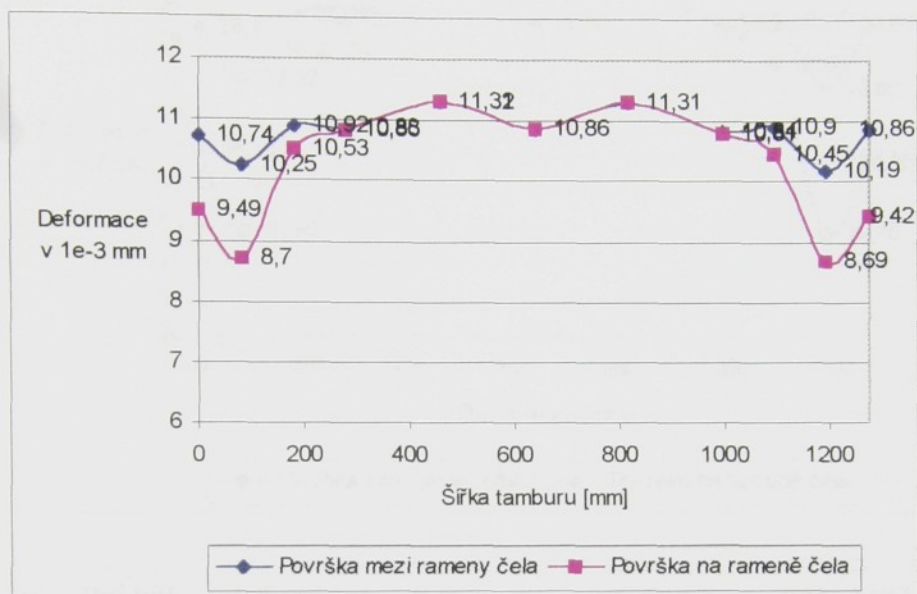
	Max. deformace	Max. napětí VM
Odstř. síla (320 ot/min)	0.01132 mm	3.25 MPa
Odstř. síla (420 ot/min)	0.01952 mm	11.32 MPa
Odstř. síla (520 ot/min)	0.02986 mm	18.86 MPa
Vlastní tíha	0.00688 mm	2.72 MPa
Tlak potahu	0.01173 mm	6,04 MPa

Tab. 13 Deformace a napětí způsobené celkovým zatížením

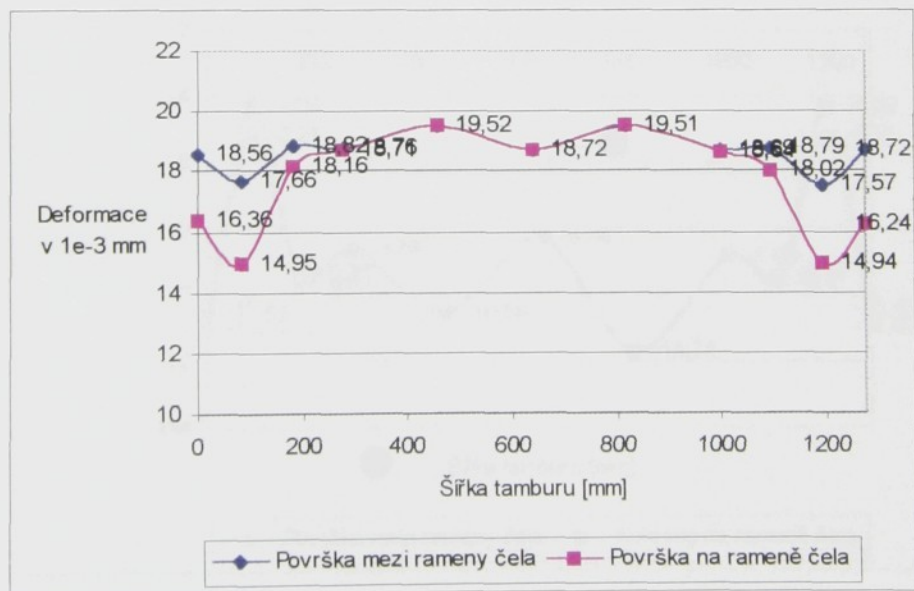
	Max. deformace	Max. napětí
(320 ot/min)	0.01164 mm	5.91 MPa
(420 ot/min)	0.01953 mm	9.98 MPa
(520 ot/min)	0.02981 mm	17.12 MPa

Redukované maximální napětí způsobené celkovým zatížením při 420 ot/min přesáhlo dovolené napětí o 0.98 MPa.

V následujících grafech budou ukázány deformace površek při jednotlivých namáháních a při jejich kombinaci.



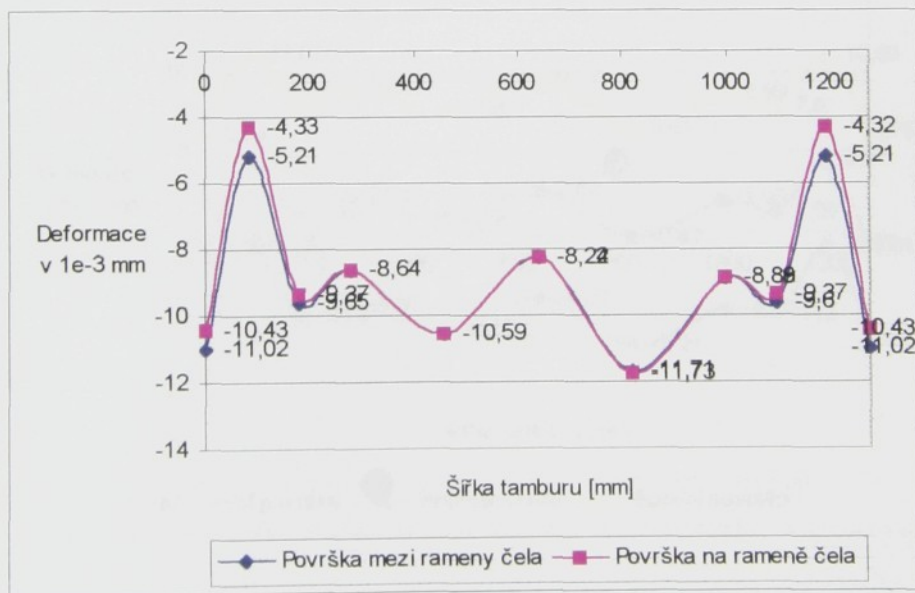
Graf č.17 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 320 ot/min.



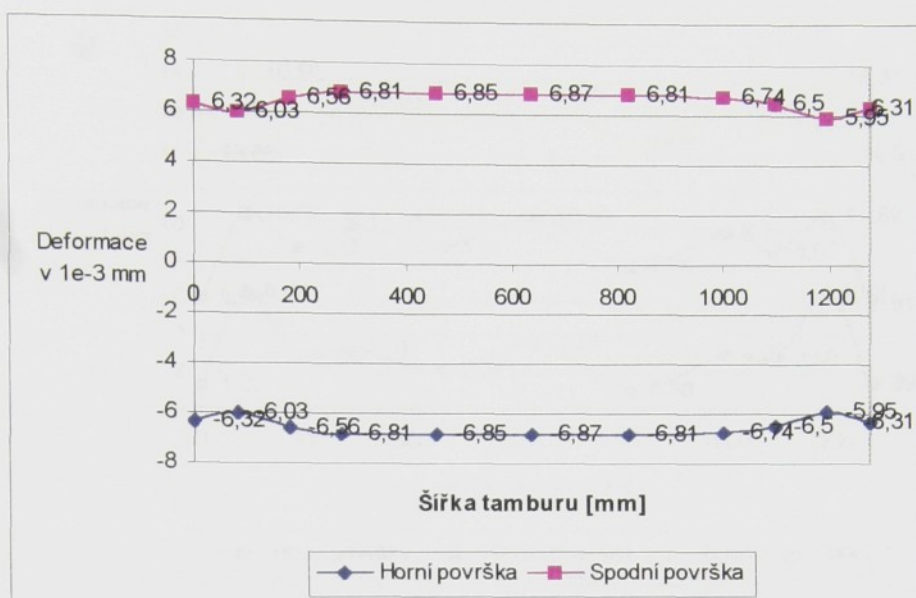
Graf č.18 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 420 ot/min



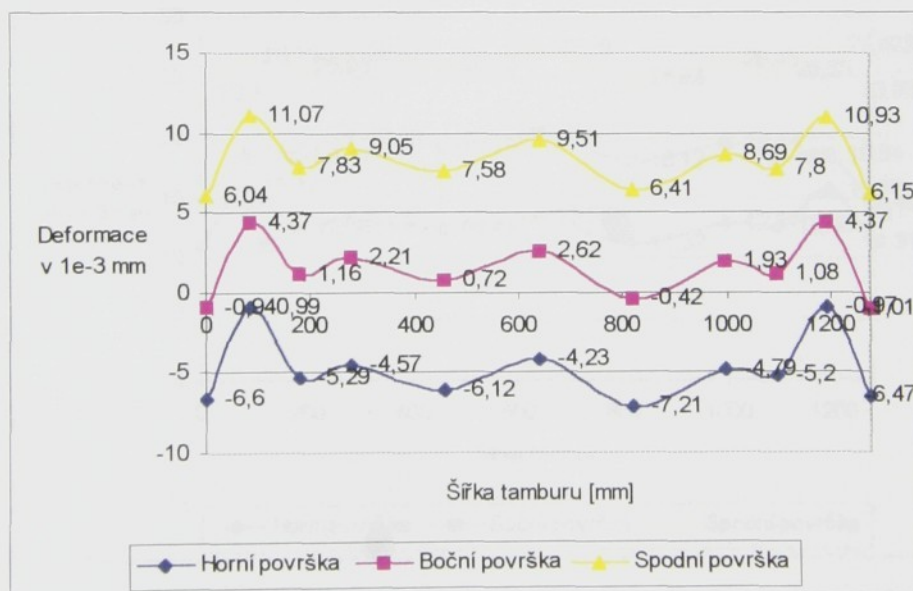
Graf č.19 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 520 ot/min



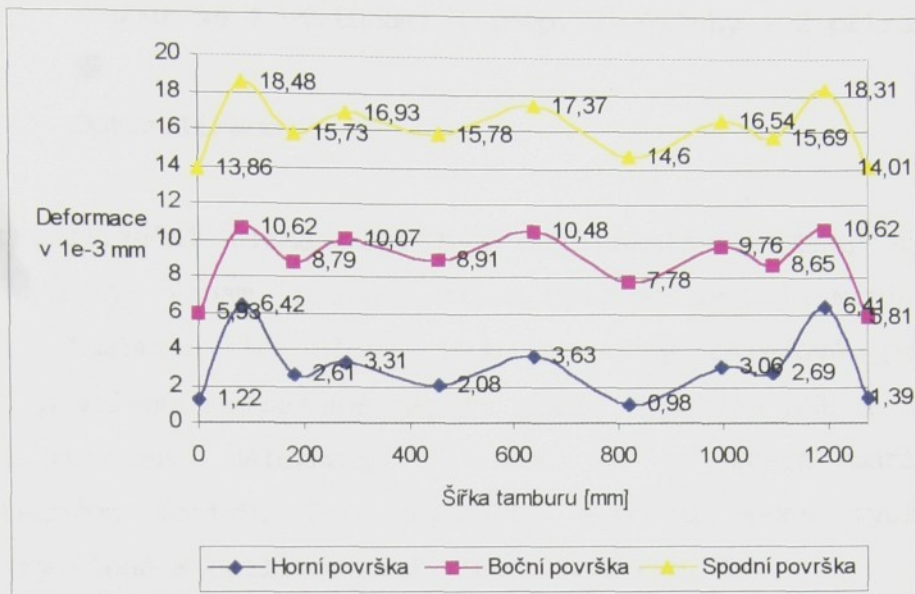
Graf č.20 Průběh deformace površek v důsledku zatížení tamburu tlakem potahu



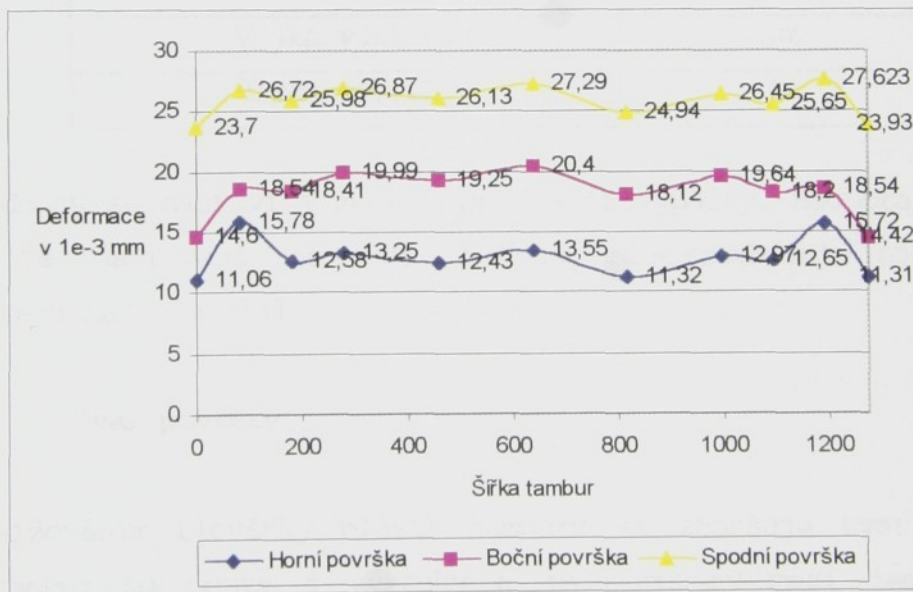
Graf č.21 Průběh deformace površek v důsledku zatížení tamburu vlastní tíhou



Graf č.22 Průběh deformace površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 320 ot/min



Graf č.23 Průběh deformace površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 420 ot/min



Graf č.24 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 520 ot/min

7. Tambur se 4 výztuhami (resp. 2 výztuhy a 2 příruby)

7.1. Optimalizace

Optimalizační úloha musí být opět sestavena tak, aby řešení mělo praktický význam. Hlavním cílem optimalizace je minimalizování hmotnosti tamburu. Do úlohy jsou zavedeny okrajové podmínky - největší povolené redukované napětí podle hypotézy HMM (9 MPa) a největší povolená deformace (0.020 mm), které udrží řešení v přijatelných mezích. Pro urychlení výpočtu budou využity opět hodnoty zjištěné s citlivostních funkcí viz kap. 5.

Tab. 14 Hodnoty obdržené po optimalizaci

Proměnný parametr	Výsledná hodnota
Tloušťka pláště	16,2%
Výška výztuhy	0%
Šířka výztuhy	0%

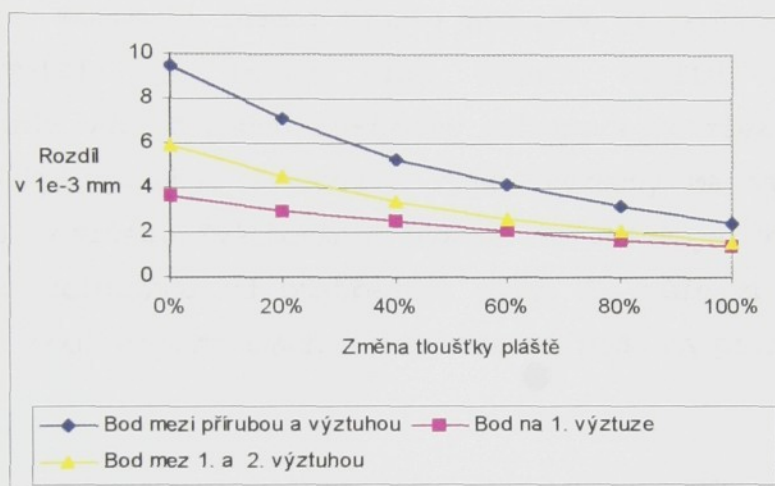
Tyto hodnoty se nastaví v modelu pro další výpočty. Hodnota tloušťky pláště je nastavena na 20% z důvodu zaokrouhlení rozměru v milimetrech na celá čísla.

7.2. Tvar površky

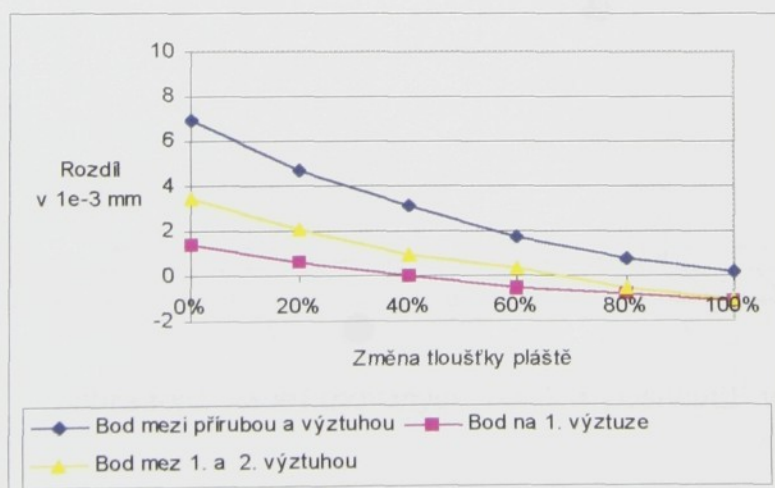
Snížováním tloušťky pláště tamburu se zhoršuje tvar površky. Tento tambur má pouze 4 výztuhy a jeho mezery mezi jednotlivými výztuhami jsou tudíž větší. To způsobí další zhoršení tvar povrchu pláště především od tlaku potahu. Výhodou tamburu je jeho symetričnost vzhledem ke středu, kdy se obě strany při úpravách budou chovat stejně.

Nejprve se určí vliv tloušťky pláště na tvar površky. Na modelu je nadefinována řada bodů viz obr.5 na horní a boční površce z důvodů vysvětlených dříve.

Těmito body jsou bod na přírubě – čele, bod mezi přírubou a výztuhou, bod na výztuze a bod mezi výztuhami v obou uvedených řadách. Referenčním bodem je bod na přírubě – čele, od kterého jsou všechny ostatní odečítány. Tyto rozdíly deformací jsou vyneseny do grafu v závislosti na tloušťce pláště.



Graf č.25 Rozdíl deformací na horní površce v závislosti na tloušťce pláště

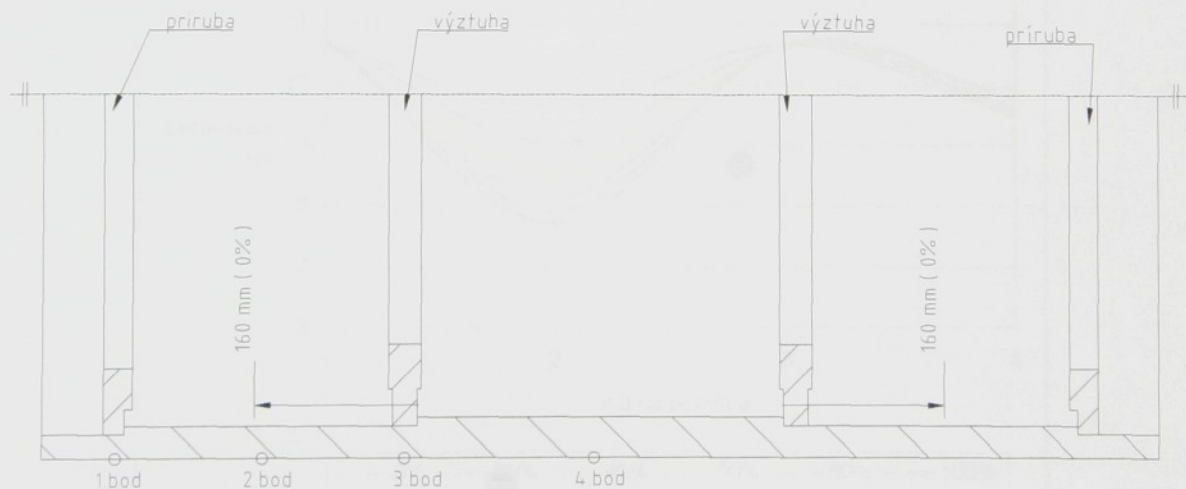


Graf č.26 Rozdíl deformací na spodní površce v závislosti na tloušťce pláště

Z grafů vyplývá, že se zvětšování tloušťky pláště se zmenšují rozdíly deformací jednotlivých bodů na povrchu. To souvisí opět se zmenšováním vlivu tlaku potahu na plášť tamburu a snižováním relativních rozdílů hmotností mezi jednotlivými úseky tamburu.

Po srovnání obou grafů je zřejmé, že ideální řešení površky se pohybuje okolo 100% z nastaveného intervalu. Toto řešení nelze opět přijmout z hlediska minimalizace hmotnosti, protože by zde došlo k nárůstu hmotnosti.

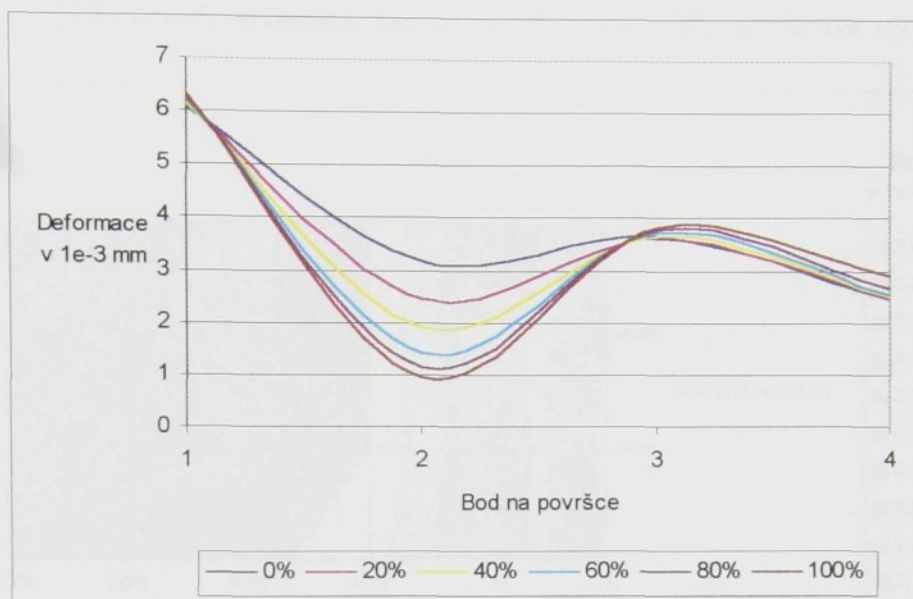
Další možností řešení tohoto problému je posouváním výztuh. Zde díky symetrii je možné plně tohoto efektu využít. Zároveň s posouváním výztuh budou sledovány deformace površek v závislosti na změně výšky výztuhy. Zvyšování výšky výztuhy má význam z hlediska dorovnání površek. Zvětšováním výztuh se zvětšuje jejich hmotnost a díky tomu deformace od odstředivé síly. To může způsobit vyrovnání deformací bodů na výztuhách s deformacemi bodů na přírubách - čelech.



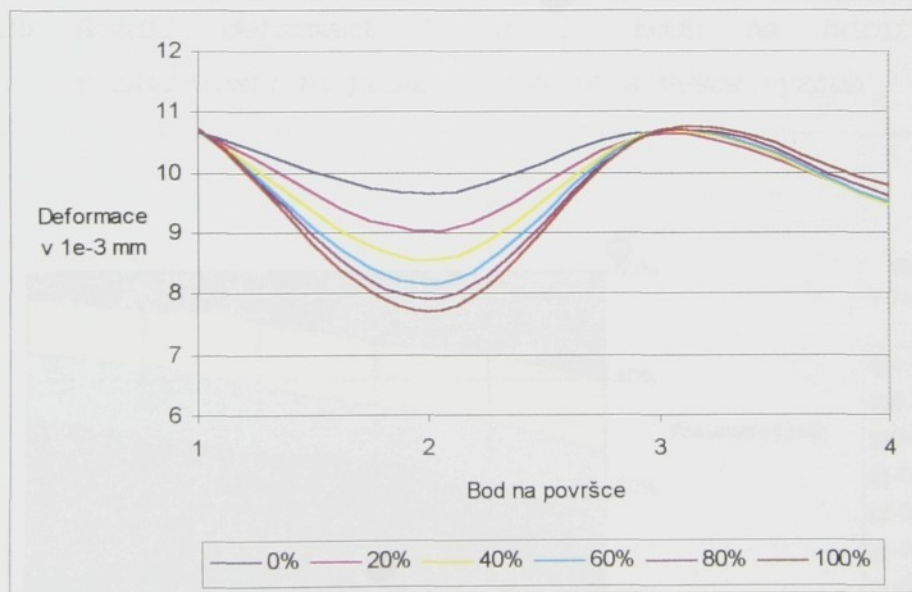
Obr.5 Zobrazení nadefinovaných bodů a posunutí výztuh

Nejdříve budou zobrazeny grafy závislosti tvaru povrchové přímky na posunu výztuh. Výztuhy se posouvají z původní pozice (100%

) až do vzdálenosti 160 mm (0%) viz obr.5. Sledovány budou deformace površek v radiálním směru.



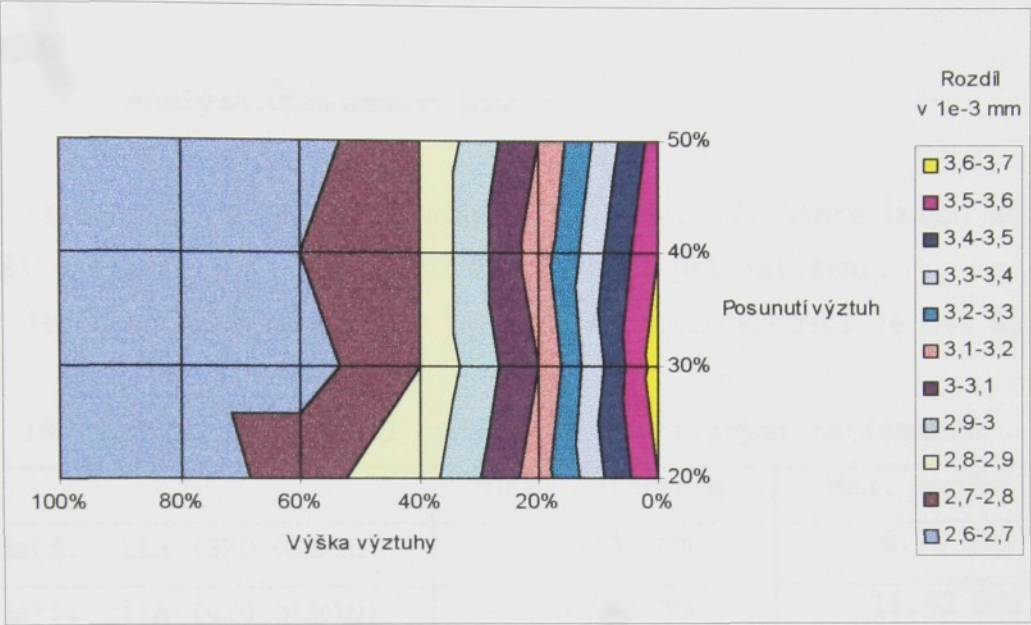
Graf č.27 Deformace horní površky v závislosti na pozici výztuh



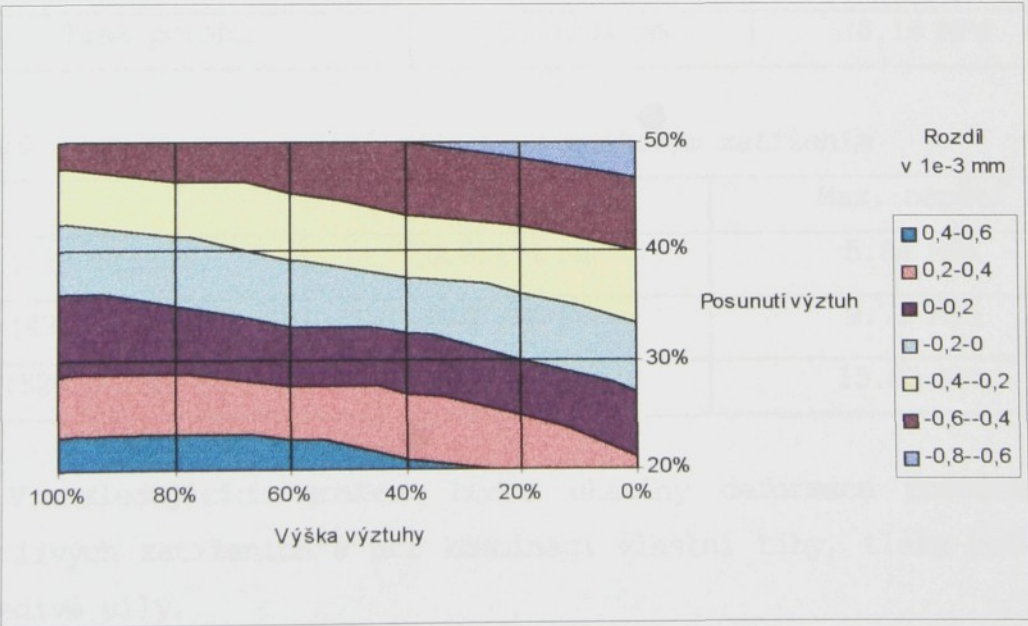
Graf č.28 Deformace boční površky v závislosti na pozici výztuh

Ze srovnání obou grafů vyplývá, že optimální posunutí výztuh pro zmenšení velikosti zvlnění površek je při 20% z nastaveného rozsahu (tj. 128 mm od původní pozice).

Nyní budou určeny závislosti rozdílů deformací při změně výšky výztuhy a jejich určitému umístění. V grafech je vyneseno rozdílné deformace již nadefinovaného bodu na přírubě vůči bodu na výztuže.



Graf č.29 Rozdíl deformací 1. a 3. bodu na horní povrchce v závislosti na posunutí výztuh a výšce výztuh



Graf č.30 Rozdíl deformací 1. a 3. bodu na boční povrchce v závislosti na posunutí výztuh a výšce výztuh

Z grafů č.27,28,29 a 30 je určen kompromis, který nejlépe vyplní požadované podmínky. Tím je posunutí výztuh o 25% z nastaveného rozsahu (tj. posunutí o 120 mm z původní polohy) a výška výztuh 60% z nastaveného rozsahu.

7.3. Analýza upraveného tamburu

Upravený tambur bude podroben analýze, při které budou zjištěny důležité charakteristiky a chování površek při zatížení.

Hmotnost tamburu je 937 kg a moment setrvačnosti je 341 kgm².

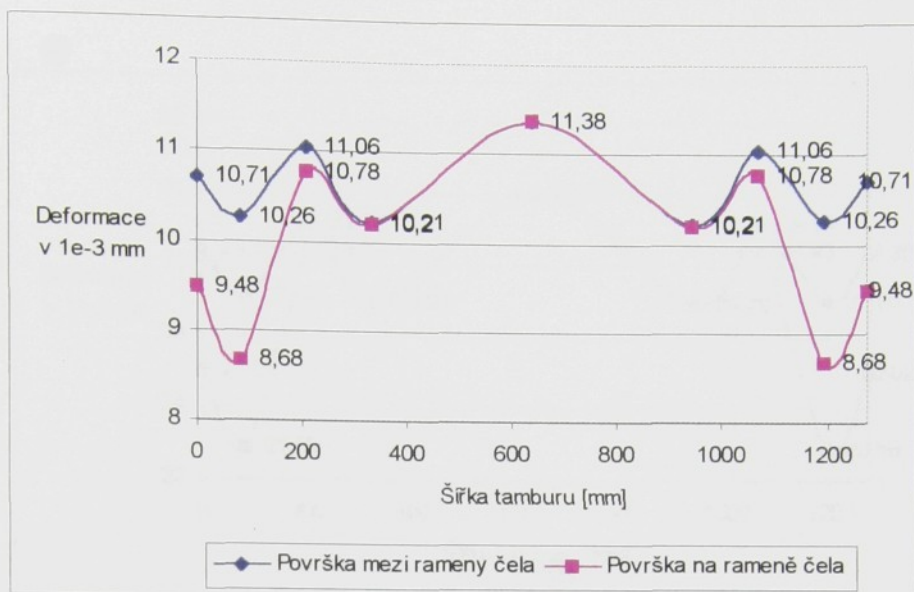
Tab. 18 Deformace a napětí způsobené jednotlivými zatíženími

	Max. deformace	Max. napětí VM
Odstř. síla (320 ot/min)	0.01149 mm	6.74 MPa
Odstř. síla (420 ot/min)	0.01981 mm	11.63 MPa
Odstř. síla (520 ot/min)	0.03031 mm	17.79 MPa
Vlastní tíha	0.00680 mm	2.50 MPa
Tlak potahu	0.01204 mm	6.16 MPa

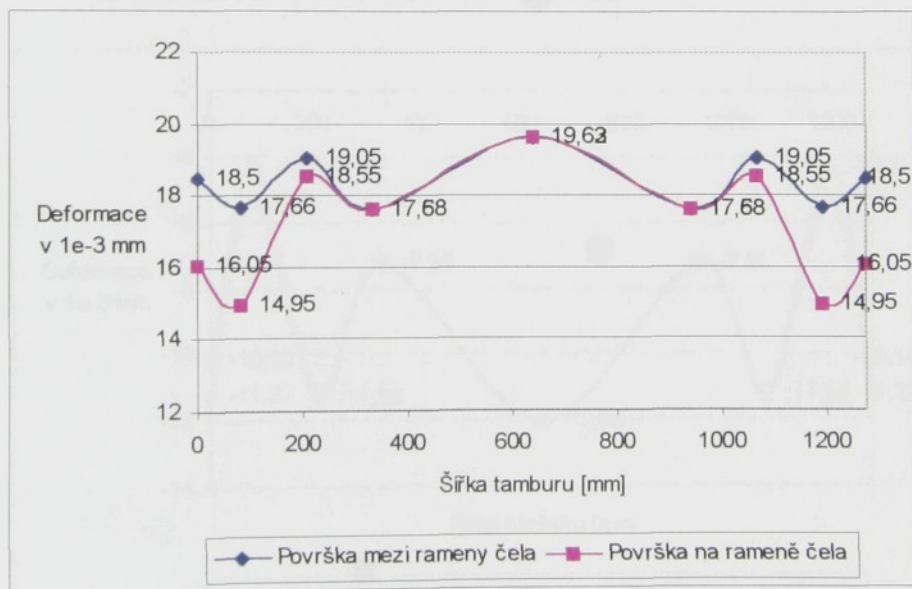
Tab. 19 Deformace a napětí způsobené celkovým zatížením

	Max. deformace	Max. napětí
(320 ot/min)	0.01174 mm	5.84 MPa
(420 ot/min)	0.01950 mm	9.79 MPa
(520 ot/min)	0.02962 mm	15.83 MPa

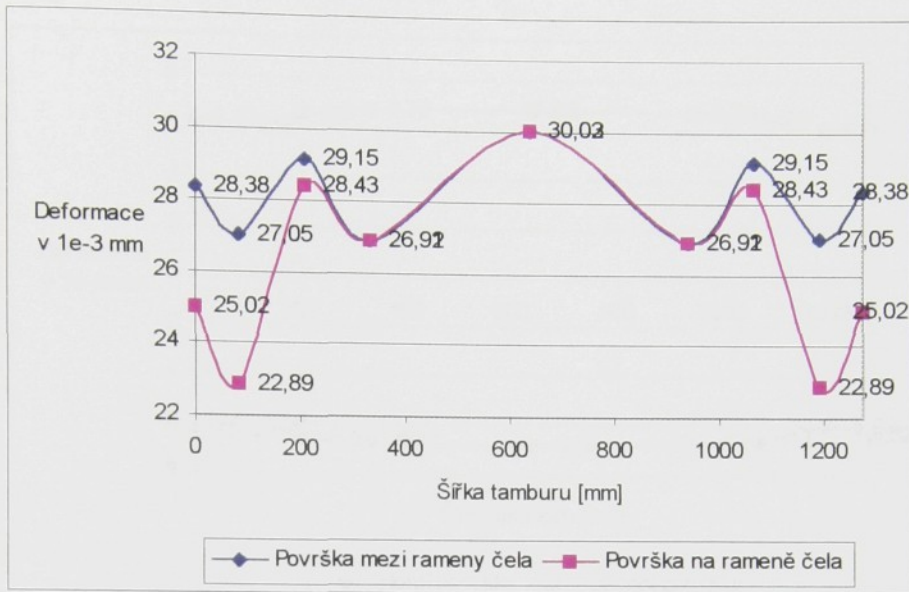
V následujících grafech budou ukázány deformace površek při jednotlivých zatíženích a při kombinaci vlastní tíhy, tlaku potahu a odstředivé síly.



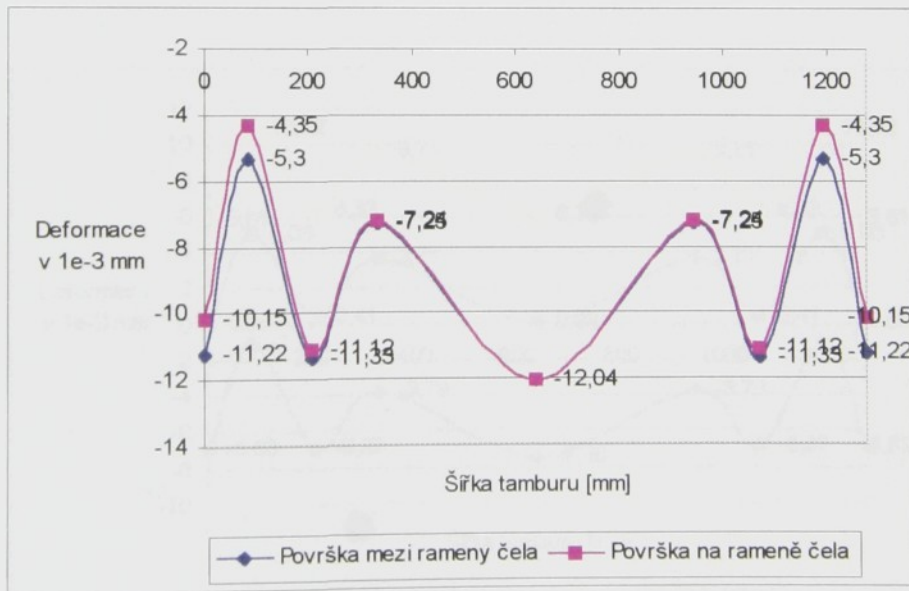
Graf č.31 Průběh deformací povrchek v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 320 ot/min



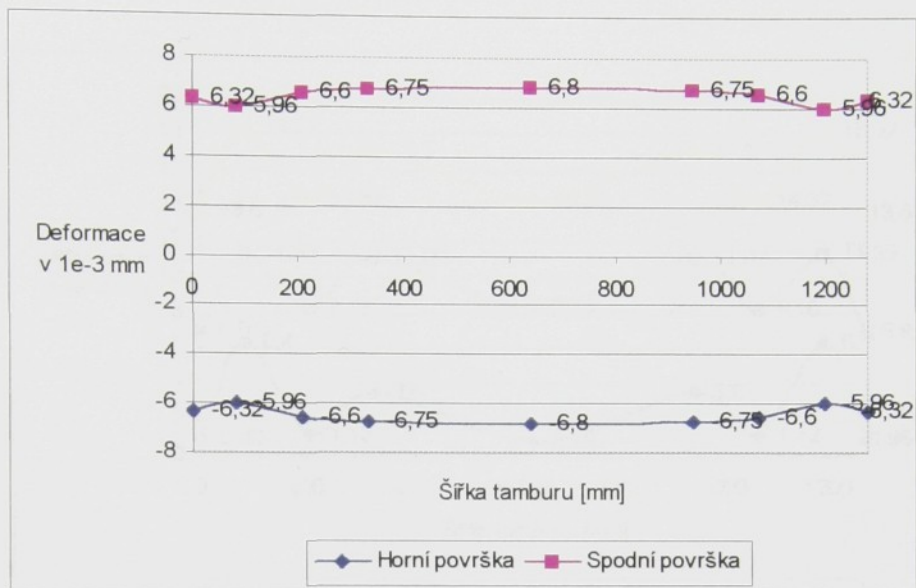
Graf č.32 Průběh deformací povrchek v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 420 ot/min



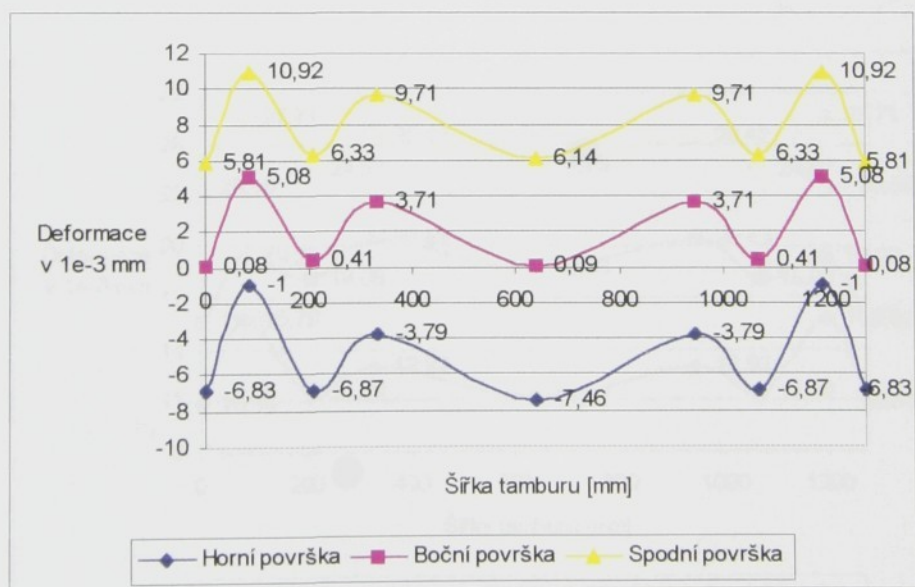
Graf č.33 Průběh deformací povrchů v důsledku zatížení tamburu odstředivou silou při 520 ot/min



Graf č.34 Průběh deformací povrchů v důsledku zatížení tamburu tlakem potahu



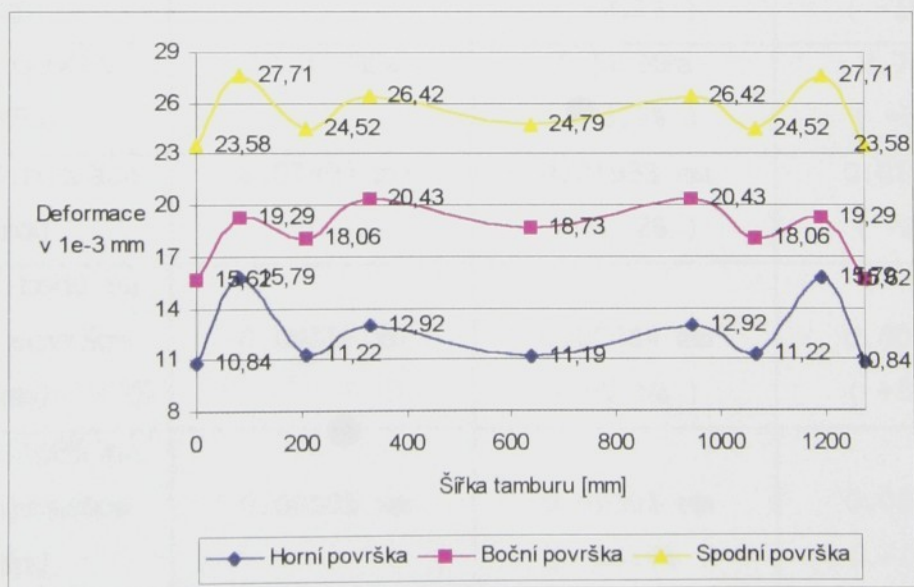
Graf č.35 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu vlastní tíhou



Graf č.36 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 320 ot/min



Graf č.37 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 420 ot/min



Graf č.38 Průběh deformací površek v důsledku zatížení tamburu kombinací sil při 520 ot/min

8. Vyhodnocení tamburů

Pro porovnání optimalizovaných tamburů s původním navrženým tamburem jsou vybrány tyto hodnoty - hmotnost a moment setrvačnosti jako hlavní kritéria. Dalšími kritérii jsou maximální deformace, maximální napětí, rozdíl nejvyššího a nejnižšího bodu na horní a boční povrchu při zatížení kombinací sil (odstředivá síla při 420 ot/min, tlak potahu a vlastní tíha). V tabulce budou v závorkách uvedeny změny vůči původnímu tamburu.

Tab. 20 Porovnání vypočítaných hodnot

	Původní tambur	Upravený tambur s 5 výztuhami	Upravený tambur se 4 výztuhami
Hmotnost [kg]	1034 kg	953 kg (-7.8%)	937 (-9.4%)
Moment setrvačnosti [kgm ²]	382 kgm ²	351 kgm ² (-8.1%)	341 kgm ² (-10.7%)
Max. napětí [MPa]	10.37 MPa	9.98 MPa (-3.8%)	9.79 MPa (-5.6%)
Max. deformace [mm]	0.01997 mm	0.01953 mm (-2.2%)	0.01950 mm (-2.4%)
Rozdíl bodů na horní povrchu [mm]	0.00558 mm	0.00544 mm (-2.5%)	0.00886 mm (+58.8%)
Rozdíl bodů na boční povrchu [mm]	0.00505 mm	0.00381 mm (-24.6%)	0.00445 mm (-11.9%)

Z tab. 20 je zřejmé, že úpravami konstrukce se zlepšily parametry tamburů. Pouze u rozdílu maximální a minimální deformace bodů na horní povrchu tamburu se 4 výztuhami se výrazně zhoršila

tato hodnota. Příčinou je menší počet výztuh, který ve spojení se snížením tloušťky pláště zvětšil rozdíl deformací na zmiňované povrchové přímce.

Přes toto dílčí zhoršení u tamburu se 4 výztuhami se jeví tato varianta jako nejlepší. Tato konstrukce je téměř o 100kg lehčí. Další ještě významnější skutečností jsou úspory při výrobě samotného tamburu. Odpadá výroba jedné výztuhy a tím spojené opracování vnitřní strany pláště pro usazení této výztuhy. Proto tambur se 4 výztuhami je vhodným řešením pro výrobu.

9. Závěr

Cílem diplomové práce byla analýza navrženého tamburu mykacího stroje UNICARD CZ 0120 firmy Litmas s.r.o. Určení sil, které zatěžují konstrukci tamburu při provozu stroje a určení deformací povrchových přímek při jednotlivých zjištěných zatíženích a při jejich kombinaci.

Po provedení analýzy původního tamburu byly navrženy konstrukční úpravy a provedeny rozborů jejich vlivu na napětí a deformaci tamburu.

Ze zjištěných závislostí byly vybrány optimální hodnoty určených konstrukčních parametrů s cílem minimalizování hmotnosti při zachování maximálního napětí a deformace v konstrukci tamburu.

Použity byly dvě možné varianty konstrukce tamburu a to tambur s 5 výztuhami resp. 3 výztuhami a 2 přírubami a tambur se 4 výztuhami resp. 2 výztuhami a 2 přírubami.

Poslední částí práce byla úprava těchto tamburů z hlediska co možná nejlepšího vyrovnaní povrchu a analyzování průběhu deformací na povrchových přímkách při jednotlivých zatíženích a při jejich kombinaci.

Ze zjištěných hodnot byla vybrána nejlepší varianta řešení.

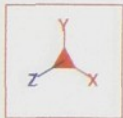
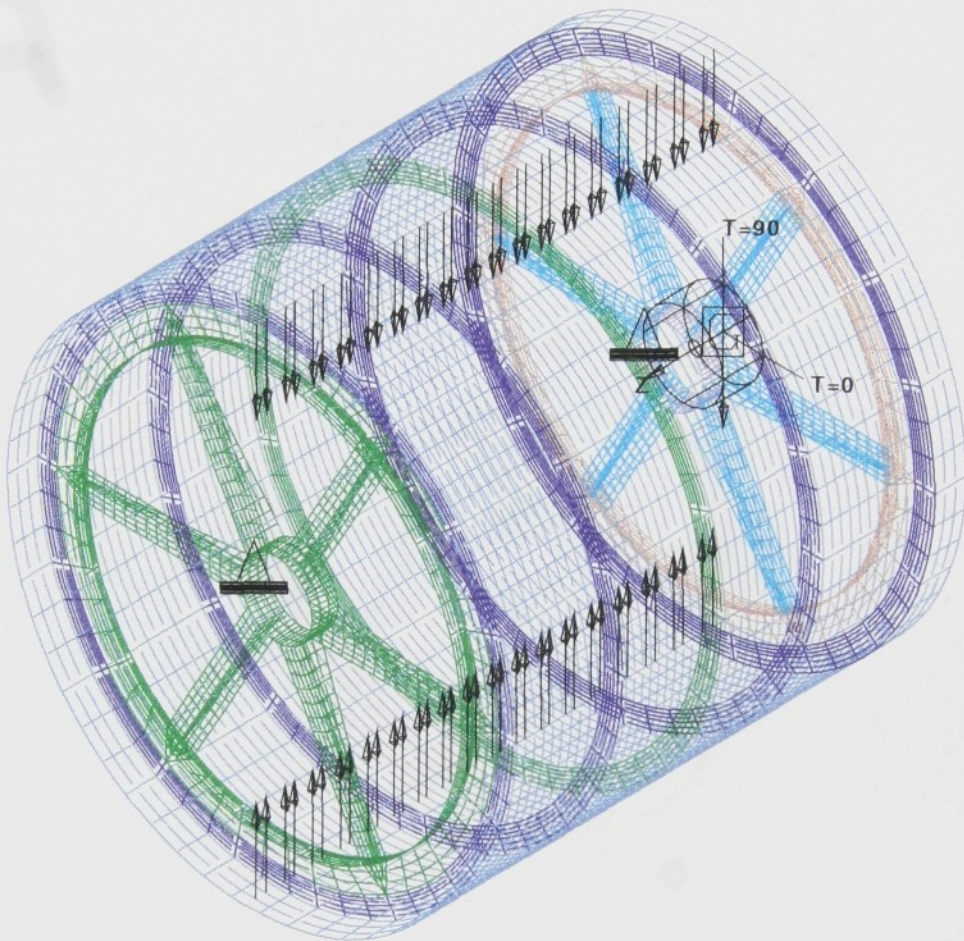
Ke všem těmto výpočtům byla použita metoda geometrických prvků s využitím softwaru Pro/MECHANICA.

Seznam použité literatury :

- 1) Výkresová dokumentace mykacího stroje UNICARD CZ 0103 a 0120
- 2) Manuál k programu Pro/MECHANICA

Seznam příloh :

- 1) Obrázky modelů a tamburů zatížených kombinací sil
- 2) Výkresová dokumentace upraveného tamburu se 4 výztuhami



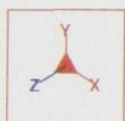
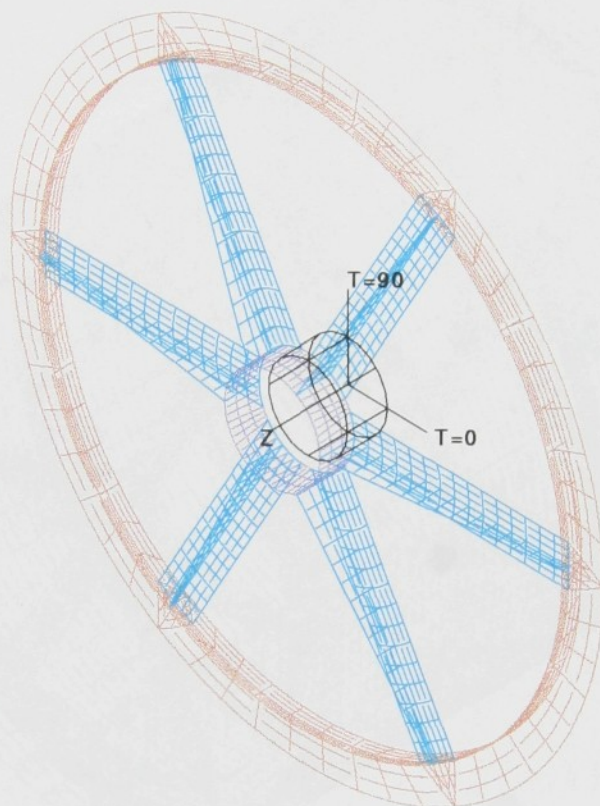
Pro/MECHANICA
Release 18

04/10/98 - 16:00

obr. 1

Model tamburu s 5 vyztuhami

PARAMETRIC
TECHNOLOGY
CORPORATION



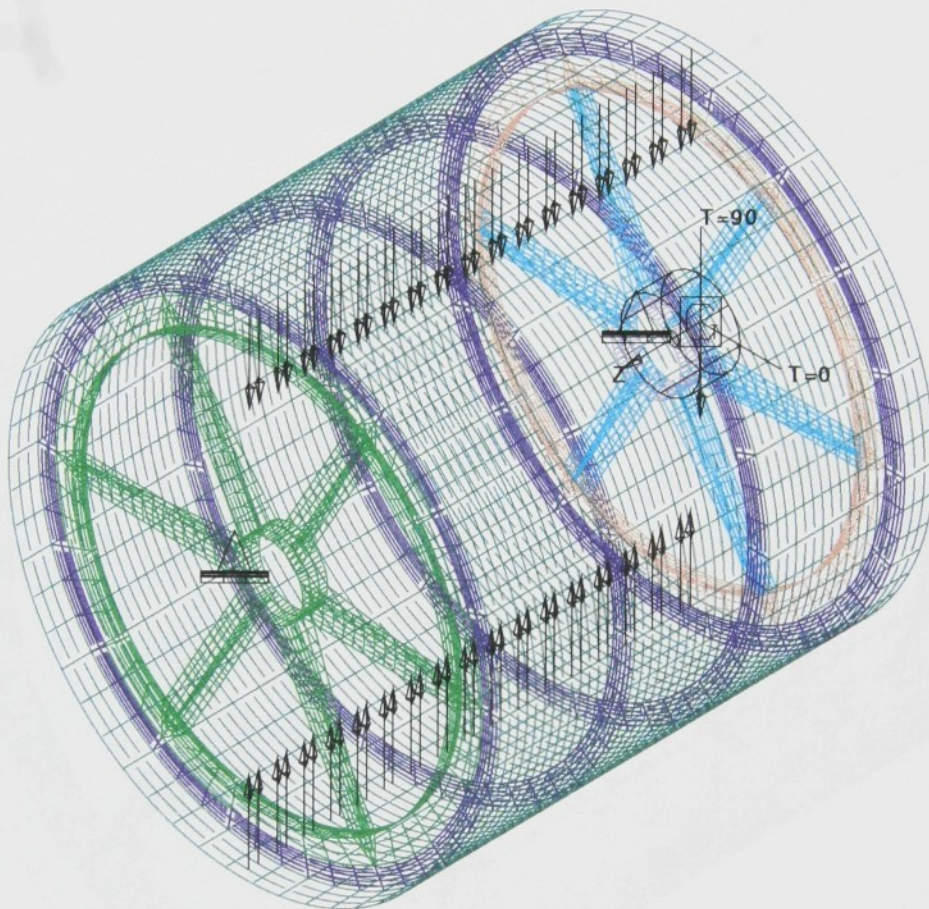
Pro/MECHANICA
Release 18

04/10/98 - 16:02

obr. 2

Model cela

PARAMETRIC
TECHNOLOGY
CORPORATION



Pro/MECHANICA
Release 18

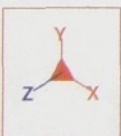
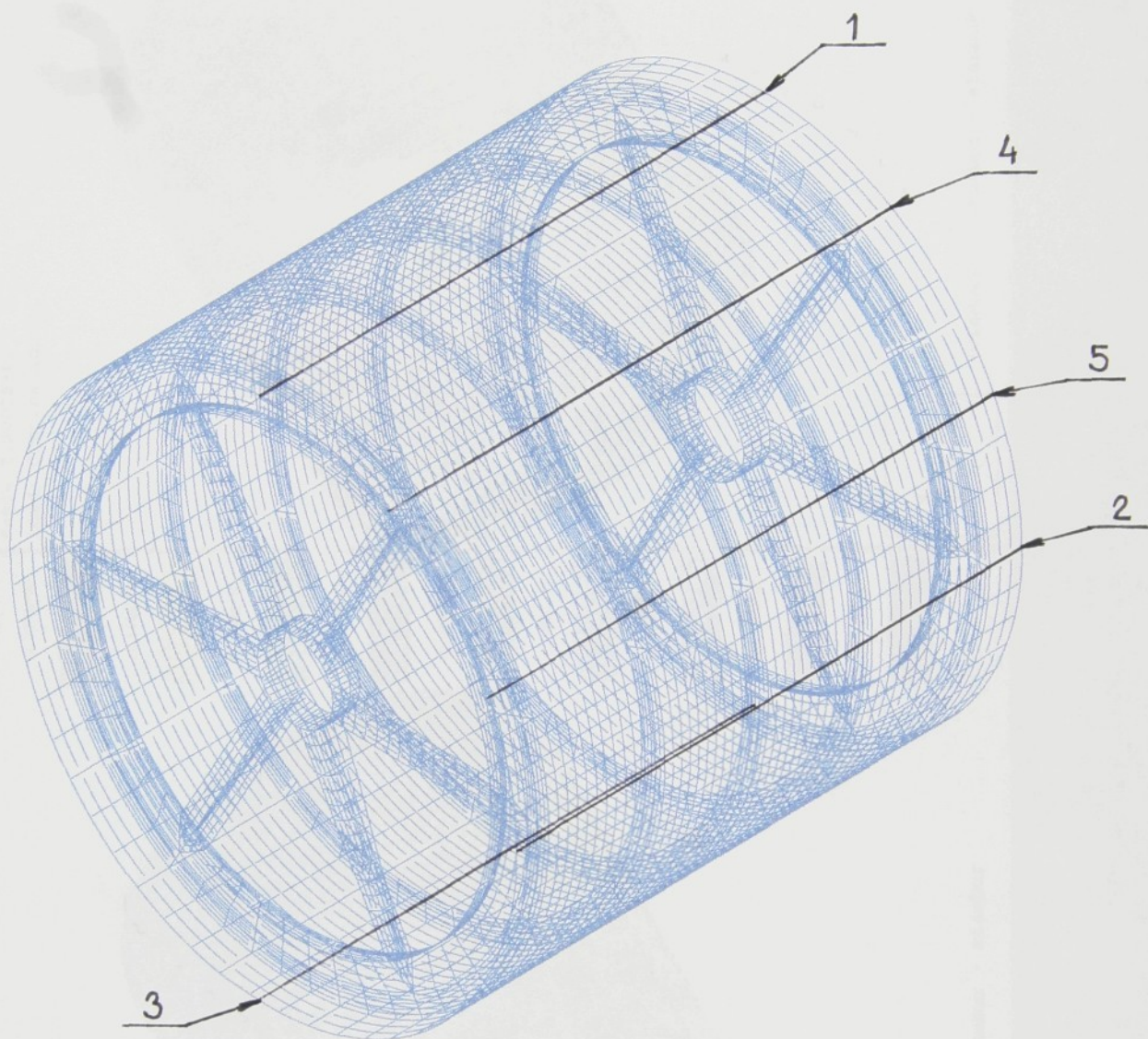
12/09/97 - 11:23

obr. 3

Model tamburu se 4 vyztuhami

PARAMETRIC
TECHNOLOGY
CORPORATION

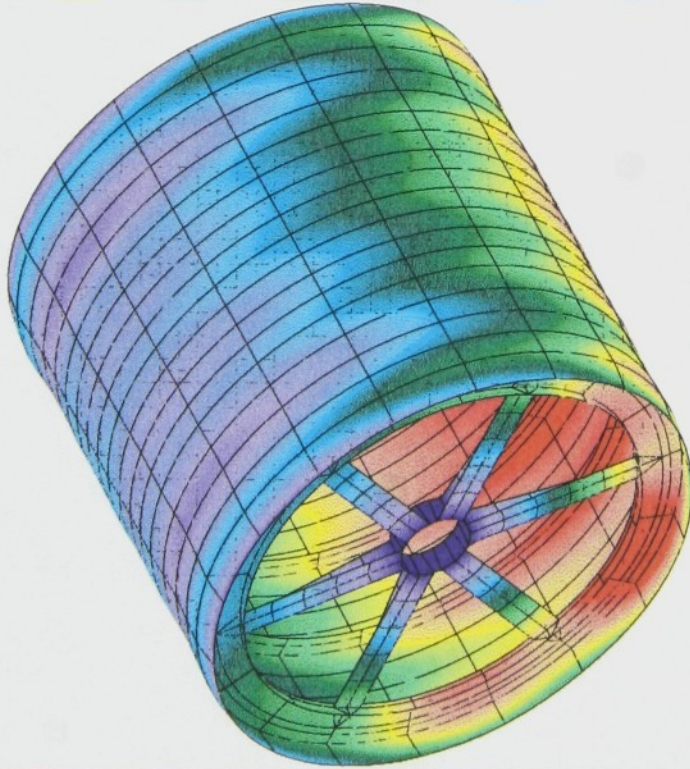
1. Horní povrch
2. Boční povrch
3. Spodní povrch
4. Povrch na čarě 1 a 2
5. Zvrstvený povrch



Obr. 4
Zobrazení nadefinovaných povrchových přímek

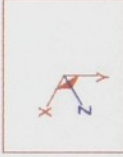
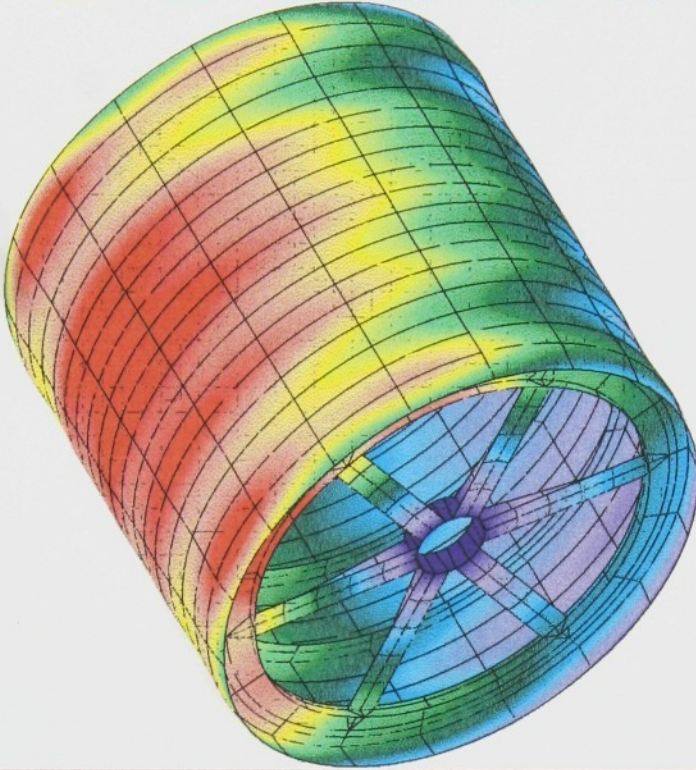
1. Horní površka
2. Boční površka
3. Spodní površka
4. Površka na rameně čela
5. Površka mezi rameny čela

Displacement R
Max +1.9970E-02
Min +0.0000E+00
Deformed Original Model
Scale 2.0000E+03
Load: Combination



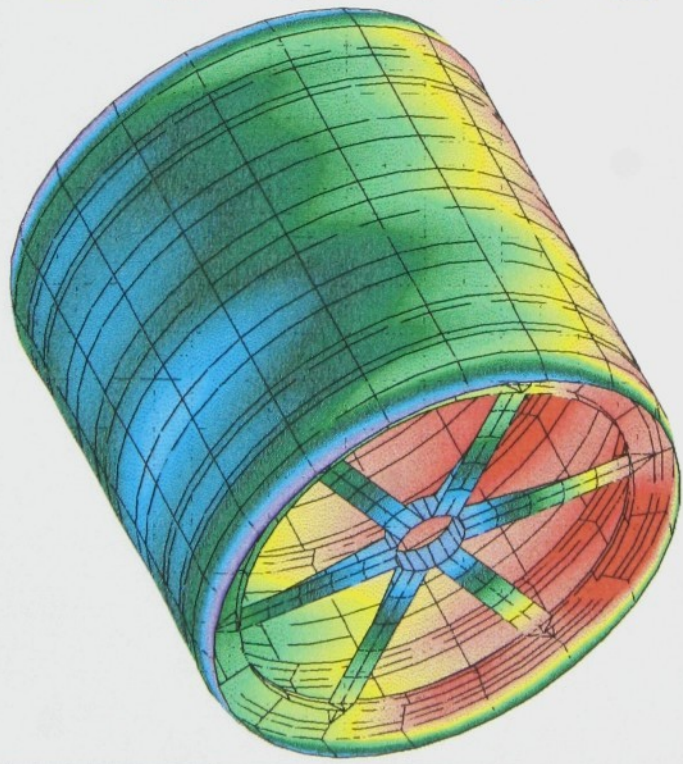
"window1" - stambur - stambur

Displacement R
Max +1.9970E-02
Min +0.0000E+00
Deformed Original Model
Scale 2.0000E+03
Load: Combination



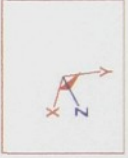
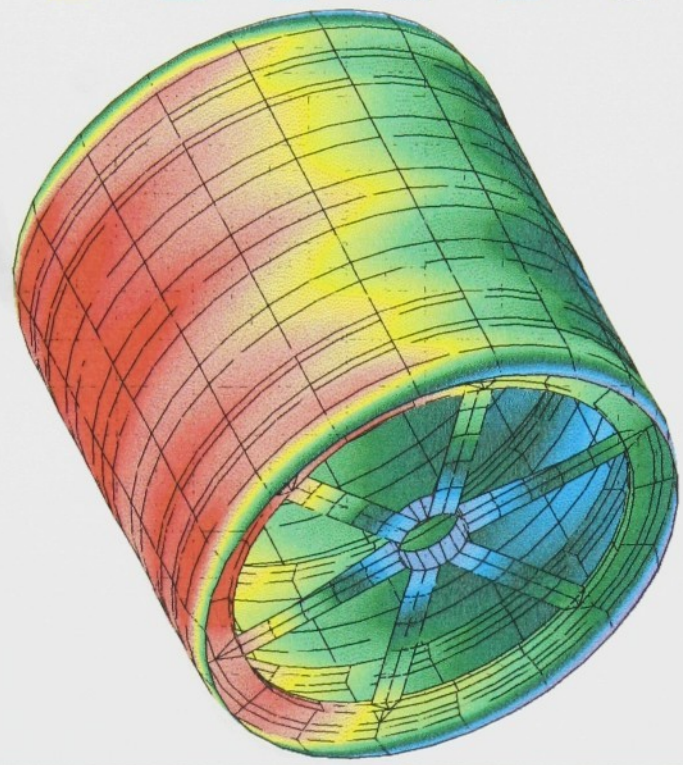
"window2" - stambur - stambur

Displacement R
Max +1.9464E-02
Min -5.7371E-03
Deformed Original Model
Scale 2.0000E+03
Load: Combination



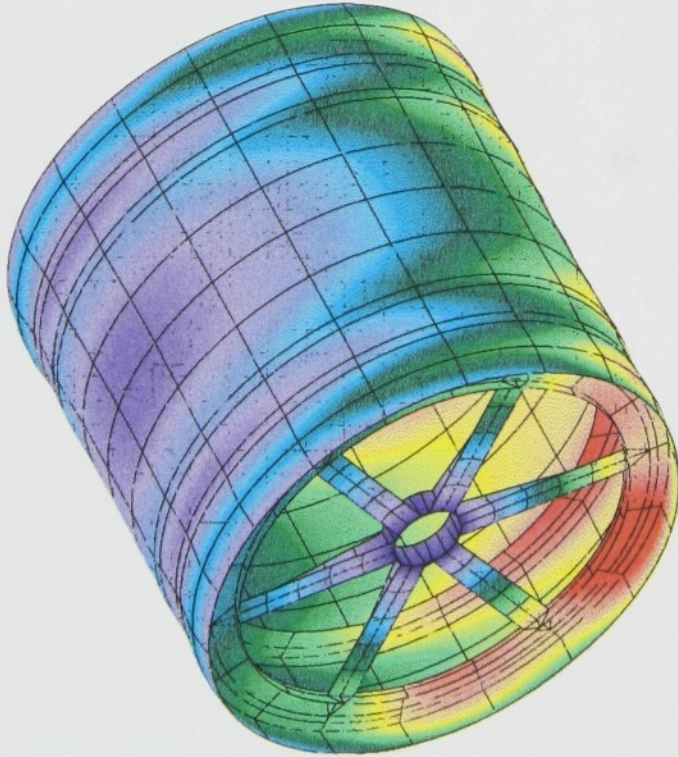
"window4" - zaver1 - zaver1

Displacement R
Max +1.9464E-02
Min -5.7371E-03
Deformed Original Model
Scale 2.0000E+03
Load: Combination



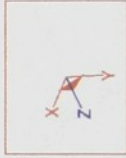
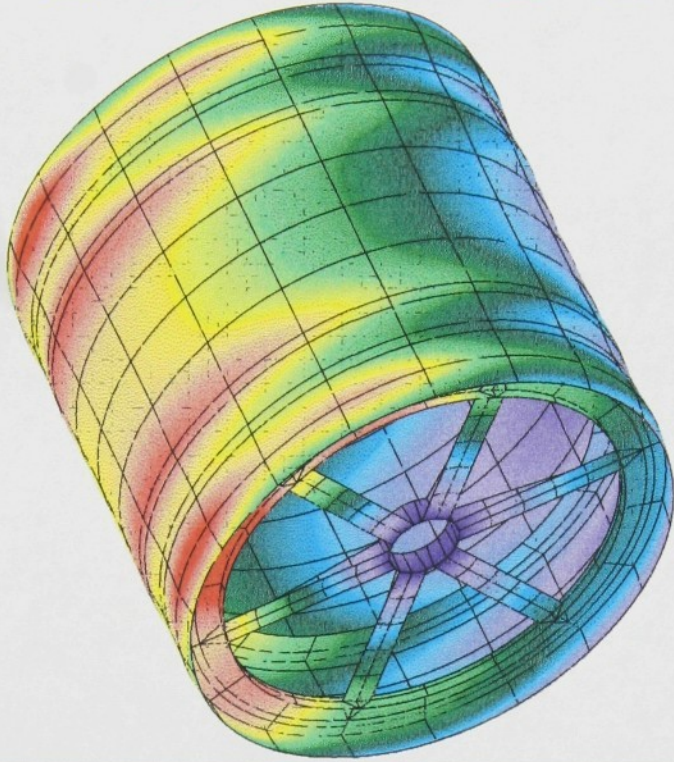
"window3" - zaver1 - zaver1

Displacement R
Max +1.9415E-02
Min +0.0000E+00
Deformed Original Model
Scale 2.0000E+03
Load: Combination



"window5" - konec - konec

Displacement R
Max +1.9415E-02
Min +0.0000E+00
Deformed Original Model
Scale 2.0000E+03
Load: Combination



"window6" - konec - konec