

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh konstrukce nastíracího zařízení

Construction Design of the Wiper Device

Student:

Bc. Tomáš Dosoudil

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Dosoudil**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování

Téma: **Návrh konstrukce nastíracího zařízení**
Construction Design of the Wiper Device

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce se zabývejte problematikou návrhu nastíracího zařízení a s tím související problematikou sladovnictví. Shrňte problematiku současného provedení, výhody a nevýhody, slabé místa a proveďte návrh nového nastíracího zařízení.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky
2. Popis stávajícího nastíracího zařízení
 - Popis stávajícího nastírání
 - Klady a zápory stávajícího nastíracího zařízení,
 - Kritická místa stávajícího nastíracího zařízení
 - Nejčastější zdroje poruch na stávajícím nastíracím zařízení
 - Omezení stávajícího nastíracího zařízení
3. Proveďte konkrétní provozní vyhodnocení
Návrh nového nastíracího zařízení
 - Seznam požadavků
 - Technické parametry nového nastírání
 - Použitelné materiály
 - Požadavky na hlídání provozních stavů nového nastírání
 - Technické požadavky na snímače
 - Návrh snímačů, jejich omezení
4. Proveďte konkrétní provozní vyhodnocení

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce nebo firma PROJECT MALT spol. s r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdělovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.

KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.

TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdělovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.

MILÁČEK, S.: *Měření a vyhodnocování mechanických veličin*. ČVUT v Praze 2001, 231 s., ISBN 80.01-02417-2

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

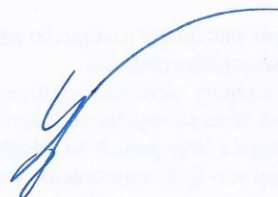
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr.Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Poděkování

Rád bych poděkoval zástupcům firmy PROJECT MALT, kteří mi pomohli vypracovat diplomovou práci. Také chci poděkovat vedoucímu diplomové práce.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji že, jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : 17.5.2014



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 17.5.2014



.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Tomáš Dosoudil

Adresa trvalého pobytu autora práce: Hany Kvapilové 26, Olomouc - Droždín

Anotace

DOSOUDIL, T. *Návrh konstrukce nastíracího zařízení: diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, 69 s. Vedoucí diplomové práce Blata Jan.

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukce nastíracího zařízení do sladovny v Plzeňském Prazdroji a.s. v Plzni. Práce je rozdělena celkem na tři základní části. V první části popisují základní procesy ve sladovnictví. Druhá část popisuje stávající nastírací zařízení. V poslední části se zabývám návrhem nového zařízení a snímačů.

Annotation

Dosoudil, T. *Construction Design of the Wiper Device: Master Thesis*. Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2014, 69 p. Thesis supervisor Blata Jan.

This thesis describes the Construction Design of the Wiper Device equipment malt house in Pilsner Urquell as in Pilsen. The work is divided into three parts. The first section describes the basic processes in malting. The second part describes the current Wiper Device. Just The last section deals with the design of new devices and sensors.

Obsah

| | |
|-----------------------------------------|----|
| Seznam použitých zkratk a symbolů | 11 |
| Úvod | 14 |
| 1 Představení firmy PROJECT MALT | 15 |
| 2 Základní procesy sladovnictví | 16 |
| 2.1 Zelený slad..... | 16 |
| 2.2 Světlý slad..... | 16 |
| 2.3 Bavorský slad..... | 16 |
| 3 Máčení ječmene..... | 17 |
| 3.1 Technologie máčení..... | 20 |
| 3.1.1 Vzdušné máčení ječmene..... | 20 |
| 3.1.2 Sprchové máčení..... | 20 |
| 3.2 Spotřeba vody..... | 20 |
| 3.3 Přísady do máčecích vod | 21 |
| 4 Klíčení ječmene..... | 22 |
| 4.1 Technologie klíčení | 22 |
| 4.1.1 Humnová sladovna | 23 |
| 4.1.2 Pneumatická sladovadla | 24 |
| 4.1.3 Linka posuvné hromady | 24 |
| 4.1.4 Bubnové klíčidlo..... | 25 |
| 4.1.5 Saladinova skříň | 25 |
| 4.1.6 Systém Lausmann | 26 |
| 5 Hvozdění sladu | 28 |
| 5.1 Rozdělení hvozdů | 28 |

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------|----|
| 5.2 | Způsoby hvozdní – sladu plzeňského typu | 29 |
| 5.2.1 | Na dvoulískovém hvozdu | 29 |
| 5.2.2 | Na jednolískovém hvozdu | 30 |
| 5.3 | Technická kontrola hvozdní..... | 30 |
| 5.4 | Strojní a technologické vybavení hvozdu | 30 |
| 5.4.1 | Tepelný výměník..... | 30 |
| 5.4.2 | Lísky | 30 |
| 5.4.3 | Ventilátory, tahy hvozdu | 31 |
| 5.4.4 | Nastírací a vyklízecí zařízení | 31 |
| 5.4.5 | Sbírání hotového sladu | 32 |
| 5.4.6 | Zchlazování sladu | 32 |
| 5.4.7 | Zařízení na zpětné získávání a vracení tepla | 32 |
| 5.5 | Typy hvozdu..... | 33 |
| 5.5.1 | Jednolískový hvozdní..... | 33 |
| 5.5.2 | Dvoulískový hvozdní | 34 |
| 6 | Stávajícího nastíracího zařízení | 36 |
| 6.1 | Popis starého nastíracího zařízení | 36 |
| 6.2 | Klady a zápory stávajícího nastíracího zařízení | 38 |
| 6.3 | Nejčastější zdroje poruch | 39 |
| 7 | Návrh nového nastíracího zařízení..... | 40 |
| 7.1 | Požadavky na nové zařízení | 40 |
| 7.2 | Popis nového zařízení..... | 40 |
| 7.2.1 | Horní most | 42 |
| 7.2.2 | Spodní most..... | 47 |

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------|----|
| 7.2.3 | Pojezdová dráha | 50 |
| 7.3 | Technické parametry nového nastíracího zařízení | 52 |
| 7.3.1 | Posuv | 52 |
| 7.3.2 | Zdvih | 53 |
| 7.3.3 | Šnekový dopravník | 53 |
| 7.4 | Použitelné materiály | 54 |
| 7.5 | Návrh snímačů a jejich omezení | 55 |
| 7.5.1 | Technické požadavky na snímače | 56 |
| 7.5.2 | Snímač pro určení výšky nástěru | 56 |
| 7.5.3 | Snímače otáček | 57 |
| 7.5.4 | Kapacitní snímače | 58 |
| 7.5.5 | Umístění snímačů | 59 |
| 8 | Závěr | 61 |
| 9 | Seznam literatury | 62 |
| 10 | Seznam příloh | 64 |

Seznam použitých zkratek a symbolů

| Zkratka - značka - veličina | Význam | Použitá jednotka |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------|
| F | síla | [N] |
| F_y, F_r | radiální síla | [N] |
| F_x, F_a | axiální síla | [N] |
| R_a | reakce sil v bodě A | [N] |
| R_{bx}, R_{by} | reakce sil v bodě B | [N] |
| m_h | hmotnost horního mostu | [kg] |
| m_s | hmotnost spodního mostu | [kg] |
| m_{m1}, m_{m2}, m_{m3} | hmotnost jednotlivých motorů | [kg] |
| g | gravitační zrychlení | [m/s ²] |
| P_m | výkon motoru | [kW] |
| P | výkon | [kW] |
| n | otáčky | [min ⁻¹] |
| n_2 | výstupní otáčky | [min ⁻¹] |
| n_k | otáčky kola | [min ⁻¹] |
| M_2 | výstupní moment | [Nm] |
| M_b | brzdny moment | [Nm] |
| M_B | moment v bodě B | [Nm] |
| M_k | kroucí moment | [Nm] |
| f_b | provozní faktor | [-] |
| i_{Ges} | celkový převodový poměr | [-] |

| | | |
|----------------------|---------------------------------|--------------------|
| Z_1, Z_2 | počet zubů | [-] |
| k_1, k_2 | bezpečnostní koeficient | [-] |
| L_h | životnost | [h] |
| L_{h10A}, L_{h10B} | životnost ložisek | [h] |
| P_a, P_b | ekvivalentní dynamické zatížení | [N] |
| C | dynamická únosnost | [N] |
| X | koeficient radiálního zatížení | [-] |
| Y | koeficient axiálního zatížení | [-] |
| e | mezní hodnota | [-] |
| p | tlak | [MPa] |
| p_D | dovolený tlak | [MPa] |
| τ_s | napětí ve smyku | [MPa] |
| τ_{sD} | dovolené napětí ve smyku | [MPa] |
| τ_k | napětí v krutu | [MPa] |
| τ_{kD} | dovolené napětí v krutu | [MPa] |
| E | modul pružnosti oceli | [MPa] |
| S | plocha | [m ²] |
| W_k | průřezový modul v krutu | [mm ³] |
| σ_{Rguest} | redukované napětí podle Guesta | [MPa] |
| Re | mez kluzu | [MPa] |
| C | chemická značka uhlíku | |
| Cr | chemická značka chrómu | |
| Ni | chemická značka niklu | |
| Ti | chemická značka titanu | |

| | |
|-----|--------------------------------|
| Mo | chemická značka molybdenu |
| Mn | chemická značka manganu |
| MVQ | označení silikonové pryže |
| FKM | označení fluorokaučukové pryže |

Úvod

Firma PROJECT MALT je projekční, inženýrská a dodavatelská firma zabývající se mimo jiné technologiemi v oblasti sladoven a zemědělského průmyslu.

Úkolem diplomové práce je vytvořit návrh konstrukce nastíracího zařízení do sladovny v Plzeňském Prazdroji a.s. v Plzni. V první části práce se zabývám základními procesy sladovnictví. Těmito základními procesy jsou máčení, klíčení a hvozdnění. Z této teoretické části vyplívá několik podmínek, které jsou kladeny na nové zařízení.

Druhá část je zaměřena na stávající nastírací zařízení. Jeho popis, klady zápory, kritická místa, nejčastější zdroje poruch a omezení. Poslední část práce je zaměřena na návrh nového nastíracího zařízení dle daných požadavků. Při návrhu zařízení jsem vycházel z technologických výkresů stávajícího zařízení. Nové nastírací zařízení jsem navrhl za pomoci programu SolidWorks 2011. Po provedení 3D návrhu jsem se zaměřil na snímače, které budou monitorovat stav zařízení.

1 Představení firmy PROJECT MALT

Firma PROJECT MALT s. r. o. je projekční, inženýrská a dodavatelská společnost. Hlavní oblasti zájmu firmy jsou technologie v oblasti sladoven a zemědělského průmyslu. Jedná se o rodinnou firmu, které čerpá z bohatých zkušeností společníků v oboru sladovnického průmyslu. Společnost byla založena koncem roku 2006.

Obory činnosti firmy jsou tyto:

- Vývoj a konstrukce strojů a zařízení
- Projekty technologie
- Studie proveditelnosti
- Koordinace projektů a dodávek technologií
- Zajištění výroby a dodávek technologií na klíč
- Výstavba a rekonstrukce sladoven, posklizňových linek obilovin a máku
- Zpracování a realizace technologií pro rekuperaci tepla odcházejícího vzduchu a spalin
- Využití kogeneračních jednotek k vytápění, bioplynové stanice
- Měření hlučnosti a návrh protihlukových opatření včetně realizace v oblasti vzduchotechniky

2 Základní procesy sladovnictví

Existují celkem tři základní procesy při výrobě sladu. Je to máčení, klíčení a hvozdění ječmene. K těmto třem základním procesům patří ještě další. A to příjem, čištění a třídění ječmene (toto jsou úplně první procesy) a po hvozdění následuje odkličování a skladování sladu. Já se zde budu zabývat jen těmi třemi nejzákladnějšími procesy.

Než zde dále popíši jednotlivé procesy, je nutné napsat co to vlastně slad je. Slad je konečný produkt, který vyjde ze sladovny. Po prvních dvou procesech (máčení a klíčení) je slad nazýván zeleným sladem. Existují dva základní druhy sladů a to světlý slad a bavorský slad.

2.1 Zelený slad

Zelený slad je výsledkem máčení a klíčení ječmene. Před nastřením na hvozd má mít zdravou vůni, mírně zavadlé kořínky, má být kyprý a neslehlý. Chybným máčením či vedením je ze sladu cítit zatuchlý nebo nakyslý zápach. Plíseň může být zaviněna vadnou surovinou, předčasným odumřením zrna, přehřátím hromad a jejich podmáčením. Toto vše snižuje jakost sladu.

Nejkvalitnější slad získáme, pokud jsme schopni udržet stejnoměrné klíčení v humně při nízké teplotě po 5 až 6 dní. Zimní slady, které klíčí 6 dní, jsou nejvíce žádány. V letním období mají starší sladovny, které nemají klimatizovaná humna, problém udržet stejnoměrné klíčení po 6 dní. Proto se nedoporučuje vyrábět osmidenní slady v těchto sladovnách.

2.2 Světlý slad

Světlý slad je charakteristický příznivým extraktem. Používá se k výrobě světlého lehkého a speciálního piva. Abychom ho mohli snadno zpracovávat ve varně, je nutné, aby byl rmut dokonale zcukernatělí. Obsah vody v hotovém sladu by se měl pohybovat kolem 4 %.

2.3 Bavorský slad

Je charakteristický svoji barvou a výrazným aromatem. Toho dosáhneme výrazně hlubším rozluštěním při klíčení. Ječmen pro tento typ sladu se klíčí o 1 až dva dny déle. Slad má vyšší obsah vody a klíčení probíhá při vyšší teplotě. Zelený slad je přelůštěn. Hvozdění probíhá odlišně oproti světlému sladu. Obsah vody se pohybuje okolo 2 %.

3 Máčení ječmene

Máčení ječmene je řízený proces, ve kterém zrna určené ke sladování přijímá vodu. Obsah vody musí odpovídat způsobu sladování a vyráběnému typu sladu. Ale musí být zachovány fyziologické vlastnosti zrna. To se týká hlavně čerstvě sklizených a na vodu citlivých ječmenů.

Zrna na začátku máčení přijímá vodu nestejně a je zapotřebí určité doby, než je zrna stejnoměrně namočeno. O tomto se lze přesvědčit ostrým příčným nebo podélným řezem zrna při máčení. Teplota máčicí vody by se měla pohybovat v rozmezí od 9 do 12 °C. Požadavky na technologickou vodu jsou v následující tabulce.

| | |
|-----------------|-----------------------------------|
| Množství | cca 6 - 8 m ³ /t sladu |
| Tvrdost | 25 - 30 °N |
| Obsah Fe | max. 0,5 mg/l |
| Obsah Mn | max. 0,3 mg/l |
| pH | 5,5 - 6,5 |

Tab. 1. Požadavky na technologickou vodu

Stupeň domočení neboli domočení ječmene znamená obsah vody v zrna vyjádřený v procentech, dosažený sladařským máčením. Stupeň domočení ječmene je závislý na odrůdě, původu a zralosti ječmene, jeho citlivosti k vodě. Dále je stupeň domočení závislý na typu vyráběného sladu, na způsobu máčení a klíčení. Stupeň domočení se u sladů plzeňského typu volí na úrovni 43 až 45 %. U sladů bavorského typu je tato úroveň mezi 46 až 48 %.

Zařízení, která umožňují suché vymáčení, je dobré volit vyšší stupně domočení, protože zde v dalším průběhu sladování už nedojde k žádnému nebo jen zcela malému domočení. Při mokřím vymáčení (to je když se ječmen vymáčí společně s poslední máčecí vodou) ve skříňových zařízeních se vodou, která je na povrchu zrna, zvyšuje úroveň domočení o 2 až 3 %. Proto si musíme dávat pozor, abychom u skříňových sladovadel nepřekročili stupeň domočení u světlých sladů. Ten je na úrovni 42 až 43 % a tím také zabráníme nepravidelnému začátku klíčení.

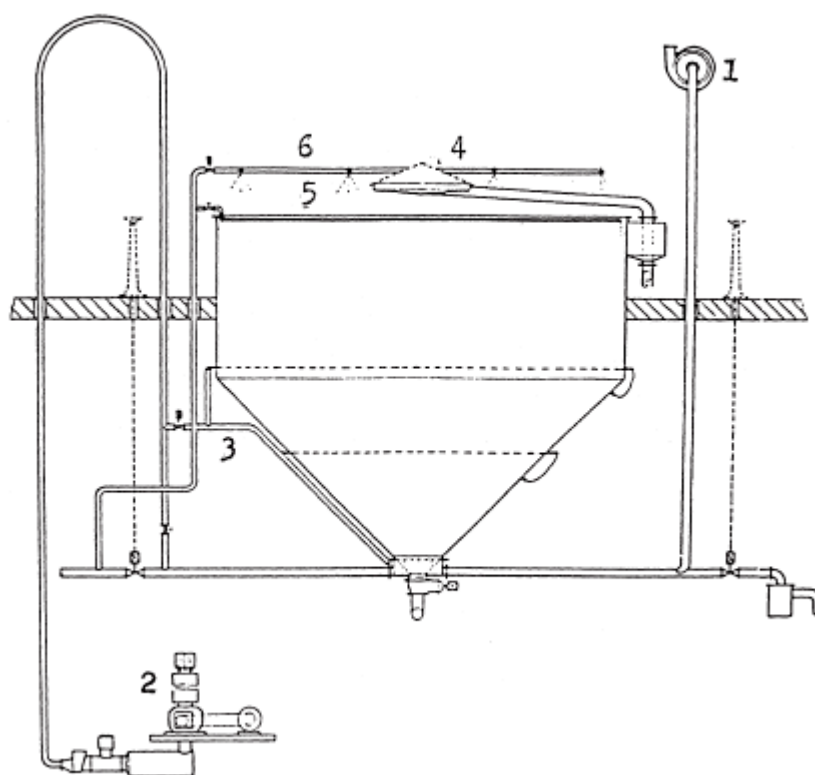
Teplota vody ovlivňuje rozhodujícím způsobem rychlost příjmu vody zrnem. Čím je máčecí voda teplejší, tím rychleji zrna vodu přijme. Teplotu vody určuje typ zdroje vody. Nejvýhodnější je, když má sladovna vlastní, vydatný zdroj podzemní vody, u kterého jsou

změny teploty minimální. Povrchová voda je pro máčení méně vhodná, protože změny počasí mění teplotu vody.

Ječmen je máčen v náduvnících, které jsou v této době vyráběny z legovaných ocelí. Náduvníky bývají válcové nebo čtyřhranné se spádovým kónusem dna 45°. Tento úhel zajišťuje samovolné vytékání ječmene.

Typy náduvníků

- Kónický náduvník
- Plochý náduvník
- Wildův náduvník



Obr. 1. Kónický náduvník s příslušenstvím (1 - odsávání CO₂, 2 - tlakové větrání vzduchem, 3 - kruhy pro rozvod tlakového vzduchu v náduvníku, 4 - rozrážecí plech, 5 - vnitřní kruh trysek pro sběr splavků, 6 - trysky tlakové vody) [1]

V nových a modernizovaných náduvnících je za pomoci dmyhadla vzduch přiváděn do nerezových prstenců. Ty jsou složeny z trubek s drobnými otvory. Tyto prstence se nachází ve spodní části náduvníku. Tento náduvník je zobrazen na obrázku 2.



Obr. 2. Náduvník s provzdušňováním ječmene

Budova, ve které se provádí máčení, se nazývá máčírna. Má být postavena v blízkosti klíčírny, aby transport na klíčírnu byl co nejkratší. Máčírna musí být co nejméně závislá na venkovní teplotě, aby se v létě rychle neohřívala a v zimě rychle neochlazovala. Dnešní máčírny se budují s vytápěním.

Máčírny jsou jednodenní denní nebo dvoudenní, případně i třídní. Jednodenní máčírny, ve kterých trvá máčení maximálně 24 h. V těchto máčírkách se v jednom náduvníku namáčí i vymáčí. Ve dvoudenní či třídních máčírkách trvá máčení 48 nebo 72 h. Mohou být přepouštěcí nebo přečerpávací. V přepouštěcí máčírce jsou náduvníky umístěny pod sebou. Ječmen se přemísťuje mezi náduvníky samospádem. Tento způsob má výhodu v tom, že namočený ječmen se nepoškodí. Nevýhodou máčírny je její velká výška.

Přečerpávací máčírny mají umístěny náduvníky v jednom, maximálně ve dvou patrech. Ječmen se mezi náduvníky přečerpává. Výhodou této máčírny je menší výška budovy, ale zabírá větší plochu. Nevýhodou jsou nutné náklady na čerpadla a zvýšení spotřeby vody. Díky přečerpávání je zde riziko poškození zrna. V dnešní době se nejčastěji staví dvoudenní přepouštěcí máčírny.

3.1 Technologie máčení

V současnosti je nejpoužívanějším způsobem máčení ječmene vzdušné máčení. Dalším způsobem je například sprchové máčení.

3.1.1 Vzdušné máčení ječmene

Vzdušné máčení se provádí v náduvnících na třikrát. První namočení to je na 30 % obsahu vody. To znamená, že ječmen je 2 - 6 hodin pod vodou. Délka namočení je závislá na teplotě vody a stavu zrna. Potom následuje vzdušná přestávka. Ta trvá 14 až 20 h. Druhé namočení je na 38 - 40 % obsahu vody. Namocení trvá 6 - 10 h. Poté následuje vzdušná přestávka, která je nezbytná. Během ní ječmen obeschne, ale také se musí odsávat oxid uhličitý. Poslední částí je třetí namočení a to je na 42 - 44 % obsahu vody. Trvá 4 - 6 h. Potom další 2 - 4 h se nechává okapat, to znamená, že se ječmen za sucha vymáčí, nebo se s třetí vodou vymáčí přímo do pneumatických klíčidel.

Vzdušné máčení se používá při sladování čerstvých neodleželých ječmenů. Nutnou podmínkou používání tohoto způsobu máčení je odsávání oxidu uhličitého. Který se uvolňuje během vzdušných přestávek. Odsávání musí brát ohled na teplotu vzduchu v máčírně. Doba odsávání je velmi důležitá.

3.1.2 Sprchové máčení

Tímto způsobem máčení je ječmen pouze kropen vodou. Nevýhodou je, že ječmen musí být dobře vyčištěn. Tento způsob máčení je obvyklý pro ploché náduvníky. Velkou výhodou je malá spotřeba vody. Další nevýhodou je, že díky tomu že není klasické namočení tak se neodstraní nežádoucí látky, prach a splavky. Proto by se mělo před sprchovým máčením provádět jedno klasické namočení, které zajistí odstranění nečistot. Druhou možností vyčištění zrna je pračka ječmene.

3.2 Spotřeba vody

Spotřeba vody při máčení je obrovská. Je závislá na použitém postupu máčení, typu a zařízení máčírny. Průměrná spotřeba vody bývá kolem 6 m³t⁻¹. Snížení spotřeby vody se dosahuje aktivním provzdušňováním ječmene pod vodou (současně se ječmen propírá).

Mokrý způsob vymáčení má obrovskou spotřebu vody a to hlavně pokud používáme čerpadla. Spotřeba se může ještě zvýšit, pokud je ječmen špatně vyčištěn a vytříděn. To také znamená, že sběr splavků bude trvat dlouho. Spotřebu můžeme snížit vracením vymáčecí vody. A to hlavně na první vymáčení. Zde je zbytečné používat čistou vodu.

3.3 Přísady do máčecích vod

Přípravky upravující máčecí vodu musí být schváleny hlavním hygienikem a ministerstvem zdravotnictví ČR. Použití těchto přísad musí být uvedeno v technologickém postupu výroby sladu při dodržení předpisů bezpečnosti práce. Tímto se zvyšují výrobní náklady. Použití přísad do první máčecí vody je zbytečné a málo účinné. Nejen kvůli velkému znečištění této vody, ale i dávkování daného prostředku do plného náduvníku je těžké. Nelze zaručit dokonalé promíchání vody a ječmene. Nejvhodnější je aplikace přísad do druhé máčecí vody. Během přípravy náduvníku je do něj napuštěno přesné vypočtené množství dezinfekčních prostředků. Promíchání je zajištěno přitékáním vody do náduvníku nebo za pomoci tlakového vzduchu. Do takto připravené máčecí vody se přepustí ječmen. Poté je náduvník doplněn vodou. Délka druhého namočení je mnohem delší, proto je účinek dezinfekčních prostředků neúčinnější. Třetí namočení umožňuje vyprání zbytku dezinfekčních prostředků

4 Klíčení ječmene

Jedná se o nejdůležitější fázi výroby sladu. Cílem klíčení je aktivace a syntéza enzymů, a docílení požadované vnitřní přeměny zrna. A to za minimální náklady a při malých sladovacích ztrátách. Používá se několik technologií (způsobů) klíčení. Ve starých sladovnách probíhá klíčení ve sladařských humnech a v novějších v pneumatických sladovadlech.

4.1 Technologie klíčení

Rozeznáváme celkem dvě základní rozdělení. Jedno je podle teplotního průběhu a druhé podle teploty při klíčení.

Rozdělení podle teplotního průběhu:

- klíčení při konstantní teplotě
- klíčení při vzestupné teplotě
- klíčení při sestupné teplotě
- klíčení při vzestupné - sestupné teplotě

Rozdělení podle teploty při klíčení:

- klíčení studené
- klíčení při střední teplotě
- klíčení teplé

Nízká teplota při klíčení zajišťuje malé ztráty dýcháním ve sladovém květu. Také tomu napomáhá dostatečně dlouhé vedení. Vyšší obsah vody při klíčení umožňuje vyrábět slady bohaté na enzymy a extrakty. To vše s nízkou barvou. Tento způsob má, ale jednu nevýhodu, a to že je energeticky velmi náročný. Vyšší teploty jsou výhodnější pro klíčení tvrdších a vysokobílkových sladů. Dříve se tyto teploty používaly pro nouzové sladování krmných a ozimových ječmenů.

Při sladování ve sladařské humně se používá technologie klíčení při vzestupné teplotě. Ta odpovídá klasickému průběhu klíčení na humně. Používá se tento způsob i při klíčení na pneumatických sladovadlech a to z důvodů energetických úspor.

Technologie klíčení při sestupné teplotě se používá pro výrobu extraktově a enzymaticky bohatých sladů. Denně se zvyšuje obsah vody až o 2 %. Teplota při tom klesá o 1 °C.

4.1.1 Humnová sladovna

Humna je zařízení, ve kterém probíhá klíčení. Má většinou několik pater. Některá nebo všechna patra se mohou nacházet pod povrchem. Základní vlastností humen je velká tepelná setrvačnost a to i při šetrném větrání. Vzduch musí mít vysokou vlhkost, aby nedocházelo k vysychání hromad nebo předčasnému zavadání zeleného sladu. Na obrázku 2 je vyfocena humnová sladovna. Nevýhodou těchto sladoven je velká zastavěná plocha. I přes mechanizaci je nutná manuální práce a to znamená menší výkon na jednoho pracovníka.



Obr. 2. Humnová sladovna [12]

Dodržení předepsané technologie sladování je velmi náročné. Pokud používáme dokrápění musíme mít na paměti, že je nehomogenní a je nutnost mít zkušené pracovníky a dobrý technický stav humny. Na podlaze se nesmí tvořit kaluže, slad by se pak rychle přemočil a rychle by se vytvořila plíseň a začal by i rychle zahnívat.

Výtěžnost tohoto sladování je vysoká, ale již neodpovídá stávajícím požadavkům na homogenitu sladu. Humna byla používána mnoho desítek let. V současné době se stavba nových humnových sladoven nevyplatí. Ještě je, ale možné využívat jako humnovou sladovnu velkou halu, po náležitých stavebních úpravách.

4.1.2 Pneumatická sladovadla

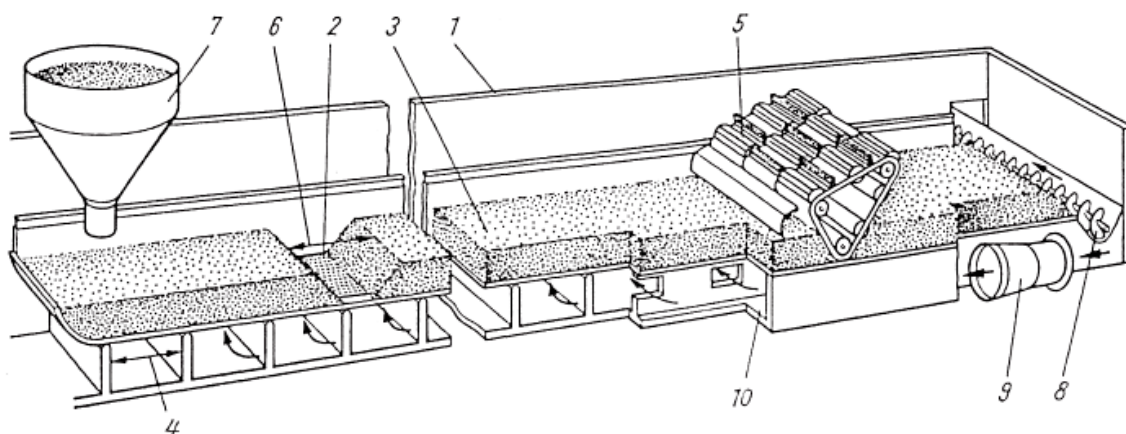
Jsou to zařízení, která jsou vybavena obraceči na kypření a sbírání sladu. Ventilátory zde slouží na větrání klíčícího díla vlhčeným klimatizovaným vzduchem. Toto snižuje nároky na velikost obestaveného prostoru a také výrazně snižuje nutnost manuální práce. Sice tímto snížíme nutnost manuální práce, ale také zvýšíme náklady na technické vybavení, spotřebu vody a elektrické energie. Nezbytnou součástí jsou chladicí jednotky a klimatizační komory. V klimatizačních komorách je vzduch upravován. Chladí se a dosycuje, aby splňoval základní požadavky na kvalitu

Mezi základní pneumatická sladovadla patří linka posuvné hromady, bubnové sklíčidlo, saladinova skříň a systém Lausmann.

4.1.3 Linka posuvné hromady

Jak z názvu tohoto pneumatického sladovadla vyplývá je to zařízení, ve kterém se denní šarže, za pomoci obraceče, dvakrát denně přemísťuje (posouvá). Přemísťuje se z vymáčecího pole (první den linky) k nástěru na hvozdu, to je poslední den linky. Obvykle je délka linky 10 nebo 12 půlpole. To umožňuje 5 nebo 6 denní klíčení. Obraceč má délku jednoho půlpole. Z toho je jasné že linka posuvných hromad dává denní výrobní šarže od prvního do posledního dne klíčení.

Pod jednotlivé pole je přiváděn vzduch. Jeho objem je regulován za pomoci klapek. U starších linek posuvných hromad jsou klapky ovládány manuálně. U nových či modernizovaných jsou klapky řízeny automaticky. Přiváděným vzduchem ovlivňujeme teplotu klíčícího ječmene. Na obrázku 3 je schéma linky posuvné hromady.



Obr. 3. Linka posuvné hromady (1 - linka, 2 - líska, 3 - klíčící ječmen, 4 - půlpole klíčení, 5 - obraceč, 6 - sanitované klíčící pole, 7 - vymáčecí náduvník, 8 - vyklízecí šnek, 9 - ventilátor, 10 - větrací kanál) [1]

Nevýhodou tohoto typu sladovadla je obracení. To musí probíhat tak, aby byla dodržena celková doba klíčení (posouvání) hromady k poli klíčení sladu. A to ne vždy odpovídá tomu, co hromada potřebuje. Velmi těžce lze upravit dobu klíčení. Nastávají vždy přitom provozní problémy.

Vyráběný slad je sice kvalitní, ale je to na úkor výtěžnosti a homogenity sladu. Jedinou asi výhodou je že pokud je více linek na jednom patře tak lze používat na jejich obracení jeden obraceč.

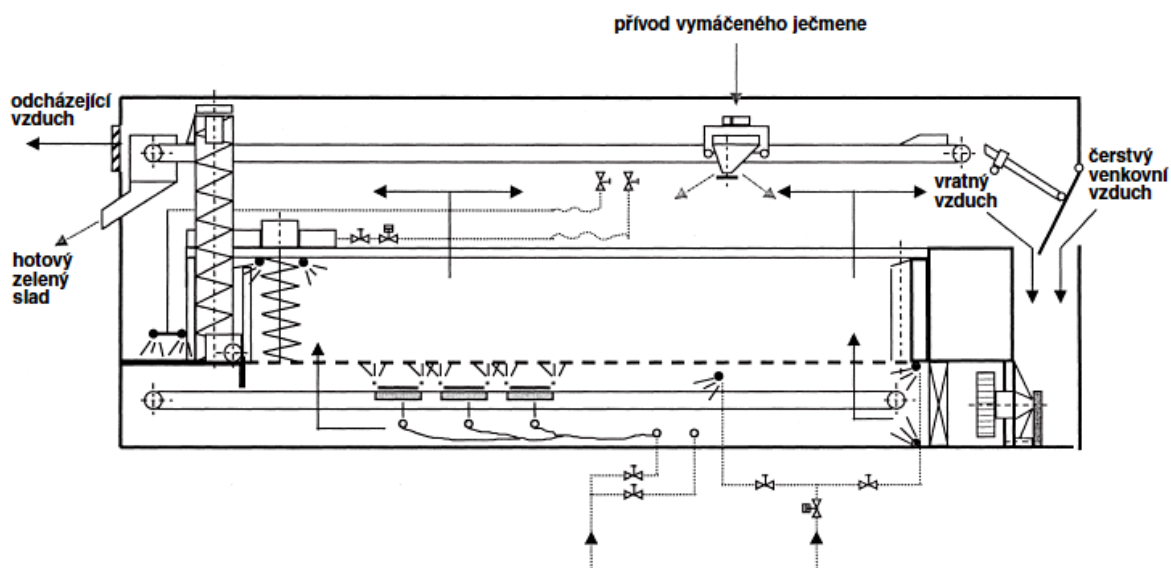
4.1.4 Bubnové klíčidlo

Bubnové sklíčidlo lze považovat za ocelový válec, který je umístěný horizontálně (tento typ se nazývá Galland, Gruber - Topf) nebo vertikálně (tento typ se nazývá Popp), do kterého se vymáčí ječmen s vodou nebo bez vody. Samotné klíčení probíhá za stálého otáčení bubnu. Tím se ječmen promíchává a obrací.

Buben se obvykle otočí jednou za 30 až 60 minut. Doba otáčení a četnost otáčení se reguluje podle úrovně klíčení ječmene. Do bubnu je vháněn vzduch a lze také klíčící hromadu dokrápět. Výhodou této technologie je malá náročnost na pracovní sílu a nejvyšší kvalita sladu (nejšetnější obracení).

4.1.5 Saladinova skříň

Saladinova skříň má šířku od 4 do 7 m a délku až 60 m (v některých případech dosahují až délky 75 m). Je to samostatná klíčící jednotka, které je vybavena vlastními ventilátory, chladící a klimatizační jednotkou, obracečem a regulací. Skříň je naplněna jedinou šarží ječmene. To umožňuje individuální vedení hromady. V českých sladovnách, ve kterých se používají pro klíčení Saladinovi skříně, se ječmen vymáčí do skříně s vodou. Tu přejezdě dvakrát až třikrát obraceč, který urovná vymočený ječmen. Po urovnání je zahájeno větrání nebo vymočení. To vyžaduje přívod kyslíku. Výhodou tohoto systému je že můžeme ječmen obracet i kropit dle potřeby a tím reagovat na požadavky na jakost sladu. Skříň se vyklízí dvěma způsoby. Základní schéma Saladinovi skříně je na obrázku 4.



Obr. 4. Saladinova skříň [1]

První způsob se používá u dlouhých skříní. Zde je k obraceči připojen vyklízecí šnek. Ten vyhrnuje zelený slad do podélného šneku, který je umístěn pod Saladinovou skříní. Zde nastává problém s udržení provozuschopností sklápění krajních dílů lísky a podélného šneku. Po skončení operace je nutné jeho vyčištění.

Druhý způsob je podobný. Zde si obraceč sladu sám přihruje slad k vyklízecím polím. Tento systém je výhodnější. Šneky umístěné pod skříní jsou kratší, prázdných pojezdů je mnohem méně, vyklízení skříně je mnohem rychlejší. Trvá maximálně 2 hodiny a to i u velkých skříní.

Po vyklizení zeleného sladu musí obsluha dno skříně zamést. Poté vyčistit stoje, zavřít sklopnou část a lísku i pod lískou vše umýt tlakovou vodou. Poté je skříň připravena k přijmutí dalšího ječmene na klíčení.

4.1.6 Systém Lausmann

V základě je to automatická přehrnovací (převrstvovací) skříň. Denní kapacita se u tohoto systému pohybuje od 5 do 50 tun na jedno klíčící pole. Oproti ostatním systémům zde jsou dna skříní připojena k zvedákům. To umožňuje při zvedání odebrání sladu do sousední skříně. Sousední skříň oproti této synchronizovaně klesá. Převrstvování sladu je velmi šetrné. Provádí ho listový dopravník, který má délku rovnou délce dvou klíčících polí. Linka mývá obvykle šest polí. Je ukončena koncovým hvozdem, který má větší plochu než klíčící pole, ale pokud je zatížení klíčící lísky velké, je hvozd umístěn samostatně.

Díky plné automatizaci klapek, které jsou určeny pro přívod a odvod vzduchu, čištění lísek je zde kladen nejmenší nárok na pracovní sílu. Další výhodou je možnost individuálního vedení hromad a to i kropení. To umožňuje tomuto systému být na prvním místě v dosažení homogenity sladu, výtěžnosti a minimálního poškození zrna.

5 Hvozdění sladu

Hvozdění je poslední hlavní fází při výrobě sladu. Poté, co je zelený slad dopraven do hvozdu a rozložen na lísku, je předsušen. Předsušení probíhá při teplotách do 60 °C. Následně je slad vyhřát a dotažen. Dotažení probíhá při teplotách v rozmezí od 80 °C do 110 °C. Teplota dotažení je závislá na typu sladu. Světlý slad plzeňského typu je dotažen při teplotě 83 °C a slad bavorského typu při teplotě 110 °C.

Cílem hvozdění je přeměna zeleného sladu. Mění se ze sladu s vysokým obsahem vody na slad dobře skladovatelný, který je ve stabilním stavu. Hvozděním zastavíme životní a lušticí pochody v zrně. Z tohoto všeho vyjde slad s aromatickými a barevnými látkami určitého požadovaného charakteru. To vše za minimální možné náklady.

Během hvozdění probíhají ve sladu chemické a fyzikální změny. Přesněji dochází k přeměně škrobů na cukry. Čím je vyšší teplota hvozdění, tím je slad sladší a to je důvodem toho, že bavorské slady jsou sladší a karamelizovaný (pražený) je ještě sladší. Tyto změny jsou závislé na teplotách a rychlosti odsušování vody. Podle tohoto se dá hvozdění rozlišit na dvě fáze.

První fází je předsoušení sladu. U světlých sladů se v této fázi snižuje obsah vody ze 40 – 45 % na 10 – 12 %. Vstupující vzduch pro předsušovací fázi by měl mít maximálně teplotu 55 °C. Ventilátor vhánějící teplý vzduch musí mít dostatečný tah. Matematický popis předsoušovací fáze je jednoduchý. Rychlost sušení stoupá s klesající vlhkostí vstupujícího vzduchu.

Druhou fází je zvyšování teplot a dotahování sladu. Je to velmi důležitá fáze pro tvorbu aromatických a barevných látek, charakteristický pro daný druh sladu. Průběh sušení v této fázi nelze jednoduše matematicky popsat. Rychlost proudění vzduchu již není tak důležitá jako v předešlé fázi, zaručuje pouze lepší přenos tepla. Rozhodujícím faktorem je teplota vzduchu.

Dále můžeme hvozdění sladu rozdělit do tří fází. Tyto fáze rozdělujeme z hlediska chemických a biochemických změn při hvozdění. A to na růstovou, enzymatickou a chemickou fázi.

5.1 Rozdělení hvozdů

Hvozdy lze rozdělit podle mnoha hledisek. Nejčastěji se ale rozdělují dle následujících předpokladů:

- Podle uspořádání lísek – hvozdy horizontální a vertikální
- Podle počtu a tvaru lísek – na hvozdy s jednou, dvěma nebo třemi lískami, na hvozdy pravouhle nebo kruhové
- Podle zatížení lísek – na hvozdy běžné, normální nebo vysokovýkonné
- Podle způsobu a druhu ohřevu – na hvozdy plynové, parní, horkovodní
- Podle plynulosti pracovního procesu – na hvozdy pracující periodicky, polokontinuálně a kontinuálně

5.2 Způsoby hvozdění – sladu plzeňského typu

Hlavní věc, kterou musíme dodržovat při hvozdění sladů plzeňského typu je omezení spojené s nadměrným vznikem barevných a aromatických sloučenin a maximální možné zachování enzymové aktivity a křehkosti sladu.

Abychom mohli splnit tuto zásadu, musíme zajistit, abychom rychle snížili obsah vody v zeleném sladu. Toho dosáhneme vysokým tahem vzduchu ventilátorem. Obsah vody snižujeme na 10 – 12 % při teplotě 55 °C. Musíme zajistit pozvolné vyhřívání sladu. A na posledním místě je dokonalé dotažení sladu. A to při teplotě do 85 °C.

5.2.1 Na dvoulískovém hvozdu

Pro výrobu sladu na tomto hvozdu se používají dvě technologie. Jsou označeny podle délky hvozdění. První technologie je 2 x 12 h druhá 2 x 24 h.

Technologie 2 x 12 h

Zelený slad je rovnoměrně nastřen na celou plochu lísky. Nerovnoměrnost nastěru způsobuje nestejně odsušení sladu. To samozřejmě zhoršuje kvalitu sladu a ekonomickou výnosnost hvozdění. Výšku nastíraného sladu určuje typ sladu, konstrukce a vybavení hvozdu, době hvozdění, naklíčení zeleného sladu.

Na dvoulískovém hvozdu se slad během hvozdění neobrací. Po 10 – 11 h, je ukončena předsoušecí fáze. To znamená, že je ve sladu snížena vláha na 10 – 12 %. Slad se přesune na spodní lísku. Zde se urovná a hvozdí se dalších 11 h. v tomto čase musí proběhnout vyhřátí sladu a dotažení sladu. Po skončení hvozdění se slad z dolní lísky přesype do sladových košů.

Technologie 2 x 24 h

Hlavním důvodem používání jsou velké ekonomické výhody tohoto způsobu. První výhodou je zvýšený nástěr. Tím se zlepšuje hospodaření s tepelnou energií ve hvozdu.

Druhou velkou výhodou je zjednodušení organizace práce. Hvozdění tímto způsobem se musí držet stejných zásad jako technologie 2 x 12 h.

Předsušení natřeného zeleného sladu na horní lísce probíhá při teplotě vzduchu do 55 °C. Po přesypání sladu z horní lísky na spodní musí proběhnout šetrné vyhřátí sladu na dotahovací teplotu. Při teplotách 80 – 85 °C je slad dotažen.

5.2.2 Na jednolískovém hvozdu

Na jednolískovém hvozdu se používá ke hvozdění technologie 1 x 24 h. Doba hvozdění je při výšce nastěru kolem 1m je asi 18 až 20 hodin. V tomto čase musí proběhnout všechny fáze hvozdění sladu. Jsou to stejné fáze jako na dvoulískovém hvozdu.

5.3 Technická kontrola hvozdění

Pro výrobu kvalitního sladu musíme zabezpečit bezporuchový provoz teplotních čidel ve hvozdu. Čidla se umísťují na vstupu vzduchu do hvozdu, pod lísku, mezi lísky (pokud se nejedná o jednolískový hvozdu) a na výstupu. Někdy se také umísťují před a za rekuperátor. Teplotní čidla nesmí být umístěny ve sladu. Slad by ovlivnil teplotu čidla. Teploměr nesmí být ovlivněn teplem, které sála z konstrukce hvozdu či komín hvozdu. Dále může teploměry ovlivnit různé netěsnosti. Například okolo dveří, dopravníků. Během hvozdění kontrolujeme obsah vody, tah hvozdu, teploty, účinnost. Dále se ve hvozdu nacházejí čidla měřící relativní vlhkost nasávaného vzduchu, relativní vlhkost nad lískou.

5.4 Strojní a technologické vybavení hvozdů

5.4.1 Tepelný výměník

Pokud je hvozd nepřímo ohříván jsou spaliny nebo pára pro vyhřívání vedeny soustavou trubek či desek. Vzduch ve výměníku se ohřívá z těchto desek. Velikost výhřevné plochy se volí adekvátně k množství proudícího vzduchu a teplotě topného média.

5.4.2 Lísky

Líska ve hvozdu může být pevná nebo sklopná. Plocha, na které probíhá hvozdění je zhotovena z perforovaného materiálu, a nejnovější lísky již jsou ze štěrbinových sít. Velikost štěrbin nesmí být větší, než je průměr seschlého ječmene. Nejčastěji to bývá v rozmezí 1,8 až 2 mm. Šířka polí, ze kterých se skládá líska, je asi 1,2 m. Velmi důležité je, aby byla líska utěsněná ke stěně. To zamezí propadávání zrna pod lísku. U malých hvozdů je sklápění lísek ruční. U velkých hvozdů je sklápění řešeno za pomoci

elektrického nebo hydraulického sklápění. Poté co sklopíme slad do sběrných košů, musíme ručně omést zbytky sladu z lísky.

Kruhové hvozdy jsou vybaveny pevnými lískami. Odhovožděný slad je vyklizen strojem, který je součástí hvozdu. Slad na hvozdu dopravuje šnekový dopravník, který i zelený slad nastírá a po skončení hvozdní jej také dopravuje z lísky pryč do zásobníku za lískou. Odtud je slad dopraven k odklíčení.

5.4.3 Ventilátory, tahy hvozdu

Množství vzduchu, které do hvozdu přivedou ventilátory, je rozhodujícím činitelem pro správné a úspěšné hvozdní. Výkon ventilátoru se přepočítává na 1 tunu sbíraného sladu. Každý typ hvozdu má jiné specifické požadavky na přívod vzduchu.

Jednolískové hvozdy mají specifickou spotřebu vzduchu v předsoušecí fázi. Ta má být dokončena do 10 až 12 h hvozdní. Objem vzduchu, který musí být přiveden, je nejméně 4500 m³ na jednu hodinu hvozdní a jednu tunu sbíraného sladu. Ve fázi dotahování je objem vzduchu snížen z důvodů úspory energie. Používají se zde tlačné ventilátory. Ty jsou zabudovány v rovině tepelných ohříváčů. Vzduch je nasáván z venku přes soustavu rekuperátoru. Zde je vzduch přehříván. Tento přehřátý vzduch je veden k ohřevu na požadovanou teplotu hvozdní.

Dvoulískové hvozdy mají sací ventilátory umístění v parníku hvozdu. Tyto ventilátory mají menší výkon než u jednolískových hvozdu. Výkon těchto ventilátorů bývá zpravidla 200 až 2500 m³ za hodinu na tunu sbíraného sladu.

5.4.4 Nastírací a vyklízecí zařízení

V menších hvozdech je slad nastírán pomocí pevného nastíracího zařízení bez možnosti změny výšky nástěru. Ve velkých a modernizovaných hvozdech provádí nastírání automatické nastírací zařízení s možností změny výšky nástěru a automatického krokování. Toto zařízení se skládá ze dvou šnekových dopravníků. Přesněji z jednoho segmentového dopravníku (tak zvaných klapkáčů) a jednoho finišeru. Finišer má prázdné dno šnekového dopravníku a slad se posouvá dál přes nastřenou vrstvu pod ním. Výška zdvihu finišeru určuje výšku nástěru. To zajišťuje rovnoměrné rozvrstvení sladu na lísku hvozdu. Předmětem této práce je pouze finišer. Klapky a další součásti segmentového dopravníku nejsou předmětem této práce. Výška nastírané vrstvy se nastavuje pomocí výšky spodního mostu. Větší utužení vrstvy u klapkového dopravníku je upravováno pomocí mírného zvyšování vrstvy ve směru pohybu příčného šneku. Toto převýšení bývá asi 1 cm na 1 m šířky hvozdu, to zaručuje rovnoměrný prostup vzduchu a tepla. To je

důležité z technologického a energetického hlediska. Pokud je stroj opatřen koncovými spínači, je řízení hvozdu plně automatické.

5.4.5 Sběrání hotového sladu

Hotový slad je ve většině sladovných sbírán za pomoci sklopných lísek. Ty vyklopí slad do sběrných košů. Ty jsou umístěny pod lískou. U kruhových hvozdu a u hvozdu s pevnou lískou je slad z lísky vyklízen za pomoci šnekového dopravníku do otvoru uprostřed lísky. Velkou výhodou pevné lísky je pod ní nejsou umístěny sběrné koše. Díky tomu je lepší prostup vzduchu pod lískou a snižují se investiční náklady na budovu a další technologie.

5.4.6 Zchlazování sladu

Je to velmi důležitý proces. Zchlazování provádíme proto, abychom zabránili přibarvování sladu. Také pokud nezchladíme, poškodíme tím jeho enzymatickou aktivitu. Také by došlo ke zhoršení chuti piva.

Slad se zchlazuje až na teplotu 35 °C a to z důvodu využití tepelných energií naakumulovaných ve sladu (v případě dvoulískových hvozdu a tandemových hvozdu) a u dalších typů hvozdu z důvodů snížení opotřebení ložisek v následných dopravních cestách a odkličovače, které jsou tepelně namáhány.

5.4.7 Zařízení na zpětné získávání a vracení tepla

Hvozdní je energeticky nejnáročnější část výroby sladu. Představuje to až 90% nákladů za celý proces sladování. To je důvod proč se musíme snažit snížit náklady na hvozdní. Hvozdní se dá přirovnat k sušárně. Spotřebu tepla ovlivňuje množství odpařené vody, teplota, vlhkost a množství vstupujícího vzduchu. K úsporám nákladů vede několik cest:

- Předehřívání vstupujícího vzduchu a užití směsného vzduchu

Pro předehřívání vstupujícího vzduchu se používá rekuprátor (výměník tepla) a spalínový výměník. Výměník tepla bývá složen s velkého množství skleněných trubek. Přenos tepla zajišťuje velká plocha výměníku, která musí být nekorozivní a dobře čistitelná. Používají se dva typy těchto výměníků a to křížový a protiproudý. Moderní spalínový výměník je složen z nerezových tenkostěnných trubiček.

- Recirkulace odcházejícího vzduchu

Míchání odcházejícího a čerstvého vzduchu na začátku hvozdní je jednoduché a finančně nenáročné. Malou nevýhodou je, že míchání vzduchu zvyšuje celkovou

spotřebu vzduchu, ale na druhé straně snižuje tepelnou náročnost. Při 10 °C je celková úspora asi 5 %, ale při teplotě -10 °C je již úspora až 16 %. Recirkulace se provádí až po snížení relativní vlhkosti nad lískou pod 35 % v závěru hvozdění.

Toto vše je, ale závislé na klimatických podmínkách venkovního prostředí odkud je vzduch nasáván. V letních měsících se může nastat, že při nízkých předsoušecích teplotách se vyhřátý letní vzduch bude v rekuperátoru ochlazovat a to zhorší energetickou bilanci hvozdění.

- Izolace hvozdu

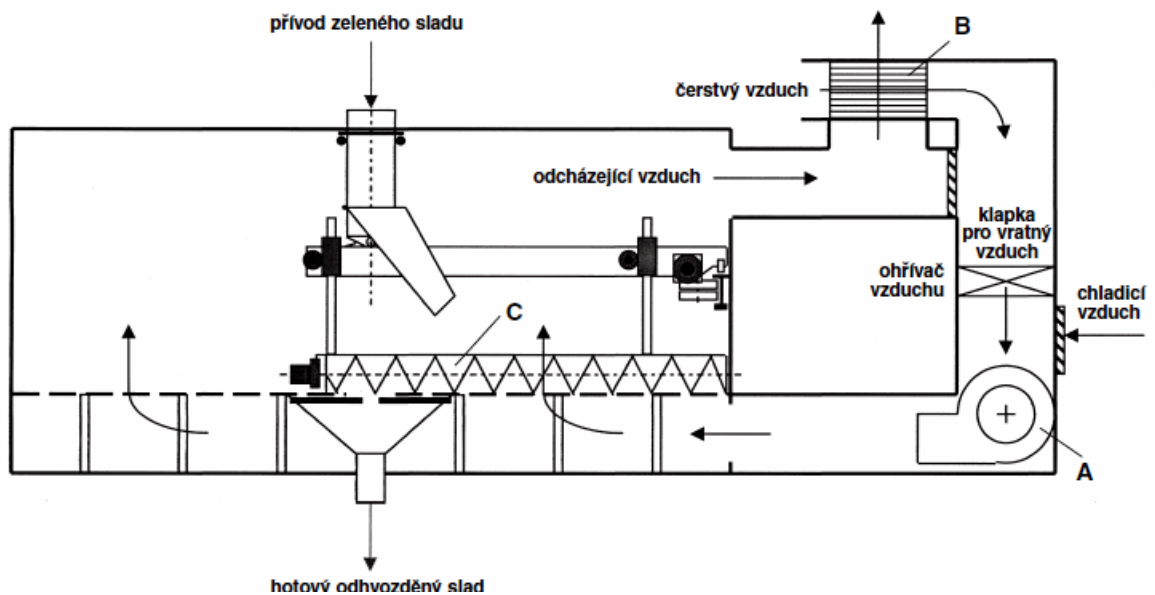
U nově stavěných hvozdů je to již samozřejmostí. U starších nezaizolovaných jednolískových hvozdů mohou být ztráty 4 až 12 %. Staré hvozdy nebyli sice izolované, ale měli velmi široké zdi a to izolaci nahradilo. Celkové ztráty jsou závislé na venkovní teplotě velikosti hvozdu.

5.5 Typy hvozdu

5.5.1 Jednolískový hvozd

V tuto dobu jsou tyto hvozdy považovány za vysokovýkonné. Slad bývá natřen do výšky od 0,8 do 1,2 m. To odpovídá zatížení lísky v rozmezí od 300 až do 450 kg/m² v přepočtu na hotový slad. Hvozd je přetlakový a je větrán tlakovým ventilátorem. Výkon tohoto ventilátoru musí mít specifický výkon a to nejméně 4500 m³/h v přepočtu na tunu sbíraného sladu. Při dotahování je spotřeba vzduchu snížena cca na 60 %. Regulace se provádí za pomoci snižování otáček ventilátoru. Pokud hvozd pracuje s neomezeným přívodem vzduchu, je doba hvozdění snížena na polovinu, ale za cenu zvýšení nákladu na teplo.

Hvozd regulujeme za pomoci řízení teploty pod lískou. Hlavní zásadou úspěšného hvozdění, při kterém máme za úkol dosáhnout co nejsvětlejších barev sladů, je co nejrychlejší snížení obsahu vody během předsušování sladů. To se odehrává při teplotách do 60 °C nebo lépe jen do 55 °C. Po celou dobu předsušovacího procesu je potřebný velký tah vzduchu hvozdem. Nedostatečný výkon ventilátoru prodlouží dobu předsoušení a je nutno zvýšit teplotu pod lískou pro předsoušení. Zvýšení teploty způsobuje zvýšení barvy sladu. Může to způsobit zhoršení kvality hvozděného sladu. Schematický obrázek jednolískového hvozdu s pevnou lískou je na obrázku 5.

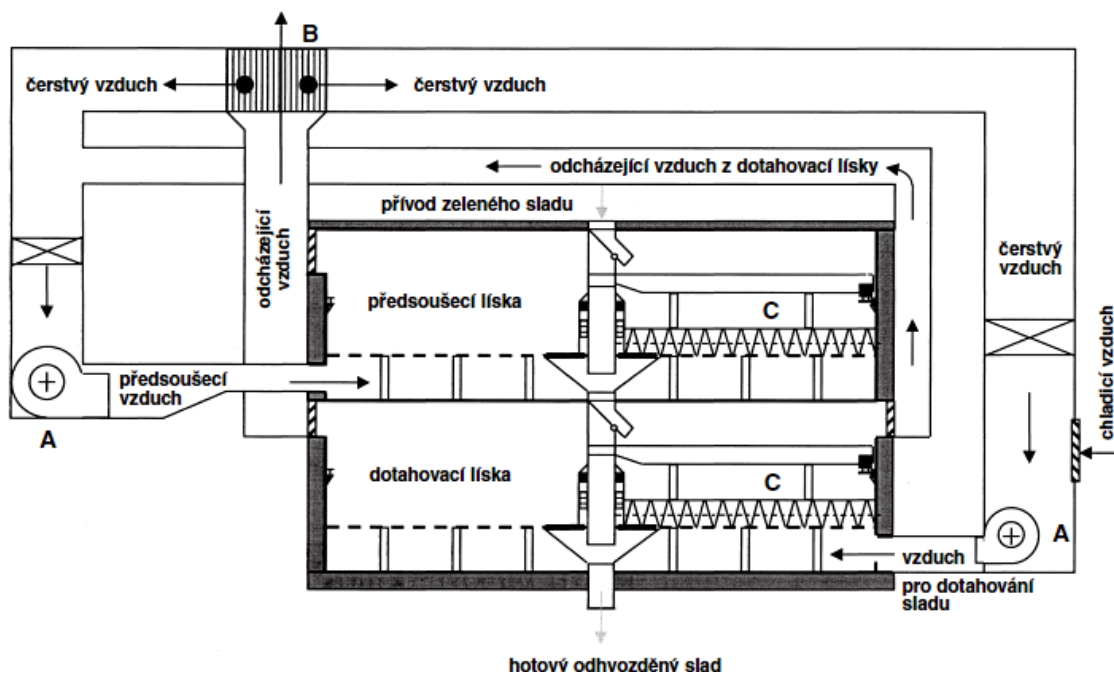


Obr. 5. Schéma jednolískového kruhového hvozdu s pevnou lískou (A - ventilátor hvozdu, B - tepelný výměník, C - zařízení pro nastření zeleného sladu a pro skladnění hotového sladu) [1]

5.5.2 Dvoulískový hvozd

Dříve tyto hvozdy převládaly. Z technologického hlediska jsou tyto hvozdy velmi vhodné pro výrobu světlých sladů. Hvozd je vybaven sklopnými lískami a sběrnými koši. Sběrné koše jsou umístěny tak aby nebránili tahu vzduchu. V parníku (komíně) je umístěn sací ventilátor, který má obvykle výkon 2200 až 2500 m³h⁻¹ na tunu hotového sladu. Jedná se o podtlakový hvozd. Ventilátory běží během celého hvozdění a otáčky ventilátoru regulujeme za pomoci frekvenčního měniče. Teplota pod horní lískou nesmí být vyšší než 60 °C.

Pro hvozdění zeleného sladu na této lísce, je nutné předsušit zelený slad na 10 až 12 % obsahu vody. Předsoušení se provádí při teplotě 55 °C. Tuto teplotu také nesmíme překročit na začátku hvozdění pod spodní lískou. Ostatní zásady vyhřívání a dotahování sladu jsou stejné jako u jednolískového hvozdu. Schéma dvoulískového kruhového hvozdu s pevnou lískou je na obrázku 6.



Obr. 6. Schéma dvouliskového kruhového hvozdu s pevnou lískou (Zelený slad je trvale nastírán na horní lísce a po předsušení je přemístěn na spodní lísce, na které je dotažen. A - ventilátor hvozdu, B - tepelný výměník hvozdu, C - zařízení pro nastření zeleného sladu a pro vyskladnění hotového sladu) [1]

Dvouliskový hvozd je výhodnější z hlediska menší spotřeby tepla a vyšší homogenity sladu. To je způsobeno nižší vrstvou nastřeného sladu. Hlavními nevýhodami dvouliskového hvozdu jsou vysoké investiční náklady, větší nároky na obsluhu hvozdu, po sklopení horní lísce je nutno slad na spodní lísce urovnat, obtížnější je také regulace a automatizace hvozdícího procesu.

6 Stávajícího nastíracího zařízení

Stávající nastírací zařízení, které je předmětem této diplomové práce se nachází ve hvozdu číslo 3. Jedná se o jednolískový hvozdu. Na obrázku 7 je znázorněno stávající nastírací zařízení v Plzeňském Prazdroji a.s. v Plzni. Toto zařízení pracuje již více jak 20 let. Používá se zde technologie hvozdu 1 x 18 h. Samotné nastírání trvá 1,5 h. Výška nastíraného sladu je v rozmezí 50 cm až 1 m. Ve všech hvozdech jsou stejná nastírací zařízení. Některé fotografie, které jsem použil v následujících kapitolách, jsou z jiného hvozdu.

6.1 Popis starého nastíracího zařízení

Zařízení je rozděleno celkem na dvě základní části a to na finišer a segmentový dopravník. Finišer se skládá ze spodního mostu a dvě horní části. Na horních částech jsou umístěné pohonné jednotky pro posun a zdvih. Jak již bylo zmíněno stávající nastírací zařízení je zobrazeno na obrázku 7.



Obr. 7. Stávající nastírací zařízení [18]

Ve spodním mostu je umístěn šnekový dopravník o průměru 630 mm. Pro pohon šneku je použit asynchronní elektromotor. Šnekový dopravník je zobrazen na obrázku 8.



Obr. 8. Šnekový dopravník [18]

V horních částech, jak je vidět na obrázku 7 jsou umístěny pohony pro posuv a zdvih. Pohony pro posuv jsou propojeny hřídelí. Hřídel se skládá z 3 kusů. Navzájem jsou sešroubovány. V místě spojů jsou i dodatečně vyztuženy. Toto propojení zajišťuje synchronní chod obou asynchronních elektromotorů. Na obrázku 9 je fotografie, která vysvětluje jak se stávající nastírací zařízení posouvá. Celé zařízení se samozřejmě pohybuje po kolejnici.



Obr. 9. Posun stávajícího nastíracího zařízení [18]

6.2 Klady a záporny stávajícího nastíracího zařízení

Největším a možná i jediným kladem stávajícího zařízení je to, že neustále provozu bez závažných poruch. Toho je dosahováno i díky pravidelné údržbě. Díky tomu bylo jeho nahrazení novým zařízením odkládáno. Hlavním důvodem toho, že zatím nebylo nahrazeno novým zařízením, je cena nového zařízení. S výměnou stávajícího zařízení je spojena i výměna dopravníku, který k nastíracímu zařízení dopravuje naklíčený slad. Dopravník je zobrazen na obrázku 10.



Obr. 10. Dopravník zásobující nastírací zařízení [18]

Hlavním nevýhodou stávajícího zařízení je jeho stáří a opotřebení. Na předešlých obrázcích 8 a 9 je vidět opotřebení. To bylo způsobeno nejen nepřetržitým provozem, ale také neustálými změnami teplot a relativní vlhkosti, které jsou spojeny s procesem hvozdění.

Druhou nevýhodou zařízení je spojovací hřídel, která spojuje motory pro posun. Ta musí být silná a vyztužená, aby nedošlo k průhybu. Další nevýhodou je velké zatížení na spodním mostě v místě, kde je umístěn pohybový šroub, který zajišťuje zdvih.

6.3 Nejčastější zdroje poruch

Nové nastírací zařízení musí být navrženo a vyrobeno tak, aby bylo eliminováno co nejvíce poruch. Proto zde nelze vyjmenovat zdroje poruch. Jak jsem již zmínil v předešlé kapitole zařízení je staré a opotřebované. To je hlavní důvod výměny zařízení za nové.

7 Návrh nového nastíracího zařízení

Návrh nového zařízení jsem provedl v programu SolidWorks 2011. Vypracování práce v tomto programu patřilo k požadavkům firmy Project Malt.

7.1 Požadavky na nové zařízení

Některé požadavky již vyplívají z předchozího textu. Proto jsem všechny požadavky shrnul do několika bodů a přidal jsem i požadavky od zadavatele diplomové práce.

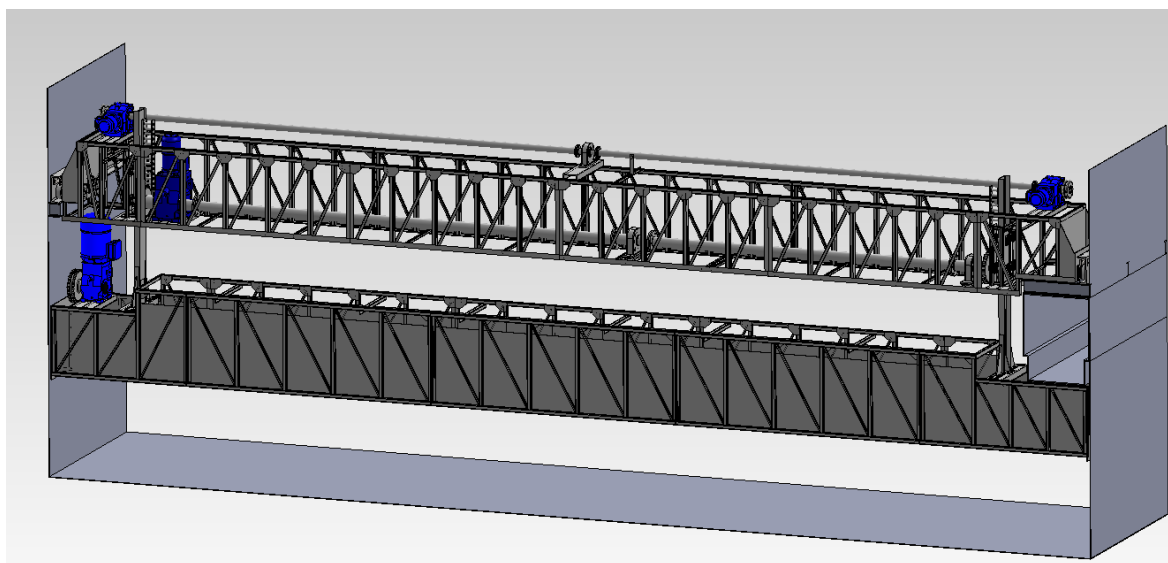
- Materiál konstrukce musí odolávat velké vlhkosti, a také musí splňovat hygienické normy pro zařízení v potravinářském provozu.
- Vzhledem k tomu, že většina dílů bude svařovaná, musí být materiál použitý na konstrukci dobře svařovatelný.
- Zařízení musí být navrženo na velmi dlouhou životnost, s možností výměny nejvíce opotřebovávaných dílů (především ložiska).
- Délka jednotlivých dílů nesmí být delší než tři metry. To je dáno velikostí dopravního výtahu, kterým se jednotlivé díly budou vyvážet do patra, ve kterém je hvozdu. Šířka jednotlivých dílů je omezena dvěma hvozdu. Z toho plyne maximální možná šířka 80 cm. Některé díly mohou přesáhnout zadané 3 metry, ale musí jich být co nejméně, protože budou vynášeny k hvozdu po schodišti.
- Navrhované zařízení bude umístěno do stávajícího hvozdu. Kde není možné provádět jakékoliv stavební úpravy.
- Měla by být zajištěna možnost mazání ložisek, hlavně těch, které jsou nejčastěji v chodu.
- Výška nastírané vrstvy bude v rozmezí od 0,5 m do 1 m (podle požadavků zákazníka).
- V nastíracím zařízení bude pro dopravu sladu použit šnek o průměru 630 mm (podle požadavků zákazníka).
- Posuv zařízení musí být zkonstruován na jiném principu, než je to u toho stávajícího zařízení (podle požadavků zákazníka). Stávající posuv je zobrazen na obrázku 9.

7.2 Popis nového zařízení

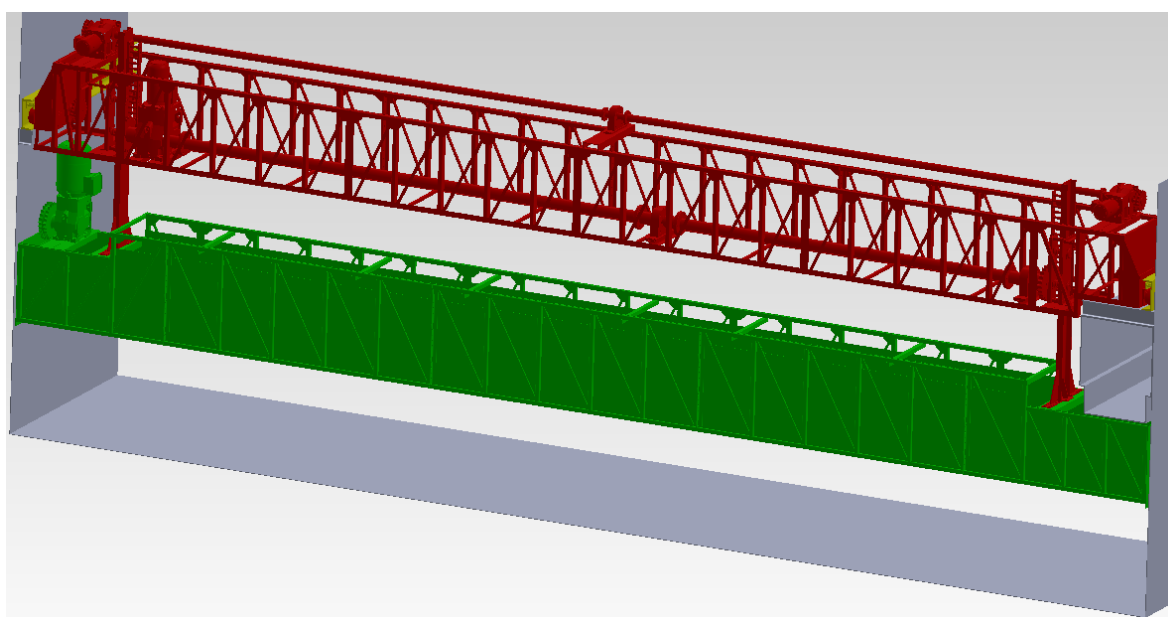
Zařízení, které jsem navrhl, je zobrazeno na obrázku 12. Na obrázku je zařízení umístěno v pomocném modelu hvozdu. Jedná se o malou část hvozdu. Při konstrukci nového zařízení bylo zbytečné modelovat celý hvozdu. Všechny důležité rozměry jsou dány touto jednodušší verzí. Základní rozměry hvozdu jsem získal z ofocených

technologických výkresů nebo jsem je ve výkresu změřil a rozměr vypočítal z měřítka. Výkresy zde nemohu přiložit, z důvodů dohody o nezveřejňování utajovaných informací.

Samotné nastírací zařízení (myšlen je pouze finišer segmentový dopravník nebyl úkolem práce) jsem konstrukčně rozdělil na dva základní konstrukční díly. Tyto základní díly se nazývají horní a spodní most. Na obrázku 11 je nastírací zařízení. Pro zvýraznění jsem na obrázku 12 obarvil horní most do červené barvy a spodní most má barvu zelenou. K těmto dvou základním dílům jsem musel vytvořit i pojezdovou dráhu. Ta má na obrázku 12 barvu žlutou.



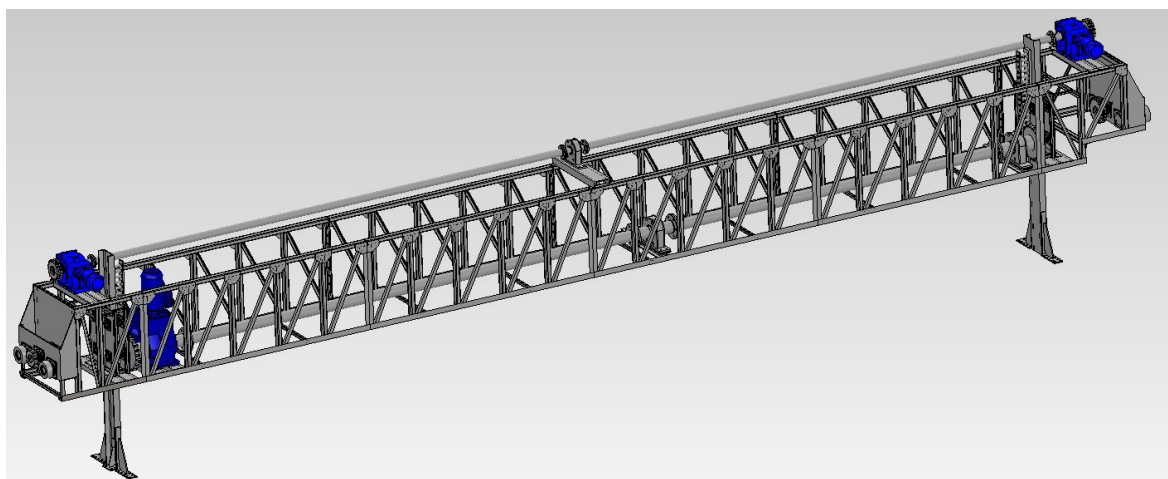
Obr. 11. Nastírací zařízení umístěné v pomocném modelu hvozdu



Obr. 12. Nastírací zařízení umístěné v pomocném modelu hvozdu s barevným rozlišením jednotlivých konstrukčních dílů

7.2.1 Horní most

Konstrukce horního mostu je složena celkem z pěti dílů. Díly jsou spolu spojeny za pomoci šroubů. Tři z těchto dílů jsem vymodeloval stejné, a to hlavně z důvodů zjednodušení výroby. Hlavními konstrukčními prvky na celém horním mostě jsou obdélníkové profily a L profily. Na spodní část jsem použil různostranné L profily 70x50x6. Na vyztužení jsou použity stejnostranné L profily 30x30x3. Svislé profily jsou obdélníkové 60x40x3,2. Stejný typ profilu jsem použil i na horní část. Obrázek horního mostu je na obrázku 13.



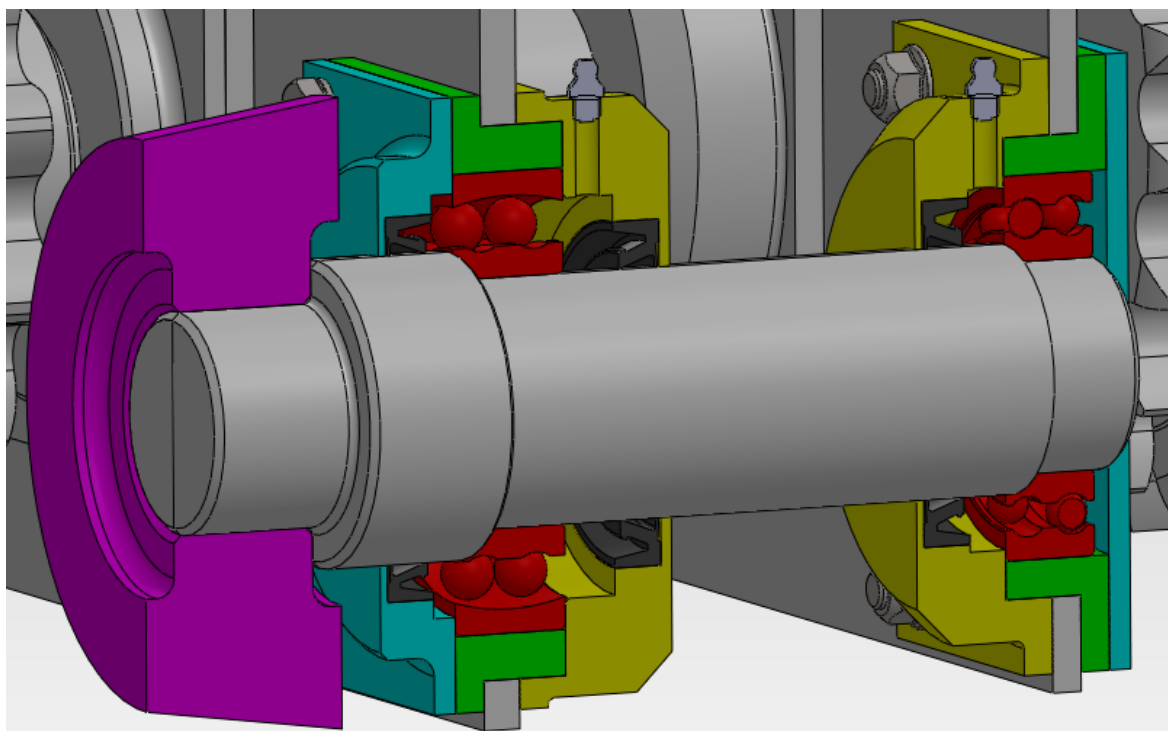
Obr. 13. Horní most

Na horním mostě se nachází celkem tři pohonné jednotky. Dvě zajišťující posuv a jedna, která zajišťuje zdvih spodního mostu. Tímto pohonem se nastavuje výška nastírané vrstvy. Výška je v rozmezí 0,5 m až 1 m. Vyšší výšku nastírání nebylo možné zkonstruovat, protože by se již musel upravit hvozd, a protože nebylo povoleno upravovat hvozd je to maximum.

Obě pohonné jednotky zajišťující posuv zařízení jsou umístěny v horní části hvozdu. Umístil jsem je na dva U profily. Pohonné jednotky jsou k těmto U profilům přišroubovány. Pohonné jednotky jsou navzájem propojeny dutou hřídelí. Mechanické propojení zajišťuje synchronizaci obou pohonů. Hřídel není v jednom kuse. Jednotlivé díly jsou spojeny šrouby. Byl přidán i ložiskový domek, jako podpora, aby zabránil průhybu takto dlouhé hřídele. Přenos výkonu z pohonných jednotek na hřídele s ozubenými koly zajišťuje řetězový převod. Jeho technické specifikace jsou v příloze A.

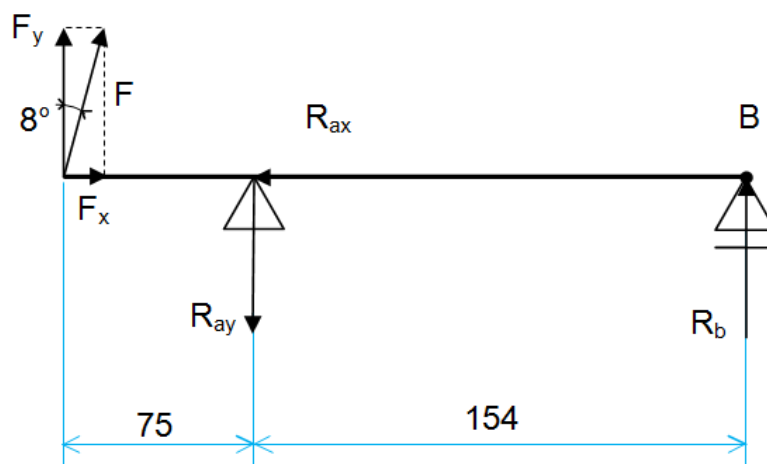
Stejným způsobem jakým jsem řešil posuv, jsem řešil i zdvih (nastavování výšky nastírané vrstvy). To znamená, že ozubené kolo se odvaluje po cévové tyči. Zdvih zajišťuje jen jedna pohonná jednotka. Ta je připevněna na dva U profily. Ty jsou přivařeny ke spodnímu L profilu.

Pro pojezdová kola jsem použil dvouřadá kuličková ložiska od firmy SKF. Ložiska mají označení ložiska velikosti 2213 ($C = 57,2 \text{ kN}$) a 1211 ($C = 20,4 \text{ kN}$). Mazání ložisek jsem zajistil mazacím otvorem, který je vždy ve víčku. Pro hřídel, na které jsou ozubená kola zajišťující posuv (na každé straně jedno takové kolo), jsem zvolil soudečková ložiska od firmy SKF s označením velikosti 22214E a 22212E. Vše je vidět na obrázku 14 a 15.



Obr. 14. Detailní pohled na část horního mostu s pojezdovými koly

Použitá ložiska bylo nutné zkontrolovat. Proto jsem provedl základní kontrolní výpočet životnosti ložiska. Abych byl schopen provést výpočet, musel jsem vypočítat reakční síly v ložiscích. Vše vychází z následujícího obrázku. Úhel zkosení je 8° . Písmeno x zde označuje počet kol.



Obr. 15. Reakce sil v ložiscích

Síla působící na pojezdové kolo

$$F = \frac{(m_h + m_s + 2 * m_{m1} + m_{m2} + m_{m3}) * g * k_1}{x}$$

$$F = \frac{(2016 + 1660 + 2 * 62 + 201 + 187) * 9,81 * 1,2}{4}$$

$$F = 12\,354,714\, N$$

$$F_x = F * \sin 8^\circ = 12\,354,714 * \sin 8^\circ = 1\,719,44\, N$$

$$F_y = F * \cos 8^\circ = 12\,354,714 * \cos 8^\circ = 12\,234,479\, N$$

Výpočet reakcí sil podle obrázku

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_{ax} + F_x = 0$$

$$-R_{ax} + 1\,719,44 = 0$$

$$R_{ax} = 1\,719,44\, N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_{ay} + R_b + F_y = 0$$

$$-R_{ay} + R_b + 12\,234,479 = 0$$

$$-18\,192,829 + R_{by} + 12\,234,479 = 0$$

$$R_b = 18\,192,829 - 12\,234,479$$

$$R_b = 5\,958,35\, N$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_{ay} * 154 + F_y * (154 + 75) = 0$$

$$-R_{ay} * 154 + 12\,234,479 * (154 + 75) = 0$$

$$R_{ay} = \frac{12\,234,479 * (154 + 75)}{154}$$

$$R_{ay} = 18\,192,829\, N$$

Kontrola životnosti ložisek (minimální životnost ložisek $L_{h10min}=50\ 000h$)

Ložisko A

Ložisko B

$$P = X * F_r + Y * F_a$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{R_{ax}}{R_{ay}} = \frac{1\ 719,44}{18\ 192,829} = 0,095$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{R_{bx}}{R_b} = \frac{0}{5\ 958,35} = 0$$

$$0,095 < e \ (e = 0,3) \rightarrow X = 1; Y = 0$$

$$0 < e \ (e = 0,3) \rightarrow X = 1; Y = 0$$

$$P_a = 1 * 18\ 192,829 + 0 * 0 = 18\ 192,829\ N$$

$$P_b = 1 * 5\ 958,35 + 0 * 1\ 719,44$$

$$P_b = 5\ 958,35\ N$$

$$L_{h10A} = \left(\frac{C}{P_A}\right)^p * \frac{10^6}{60 * n_k}$$

$$L_{h10B} = \left(\frac{C}{P_B}\right)^p * \frac{10^6}{60 * n_k}$$

$$L_{h10A} = \left(\frac{57\ 200}{18\ 192,829}\right)^3 * \frac{10^6}{60 * 5,667}$$

$$L_{h10B} = \left(\frac{20\ 400}{5\ 958,35}\right)^3 * \frac{10^6}{60 * 5,667}$$

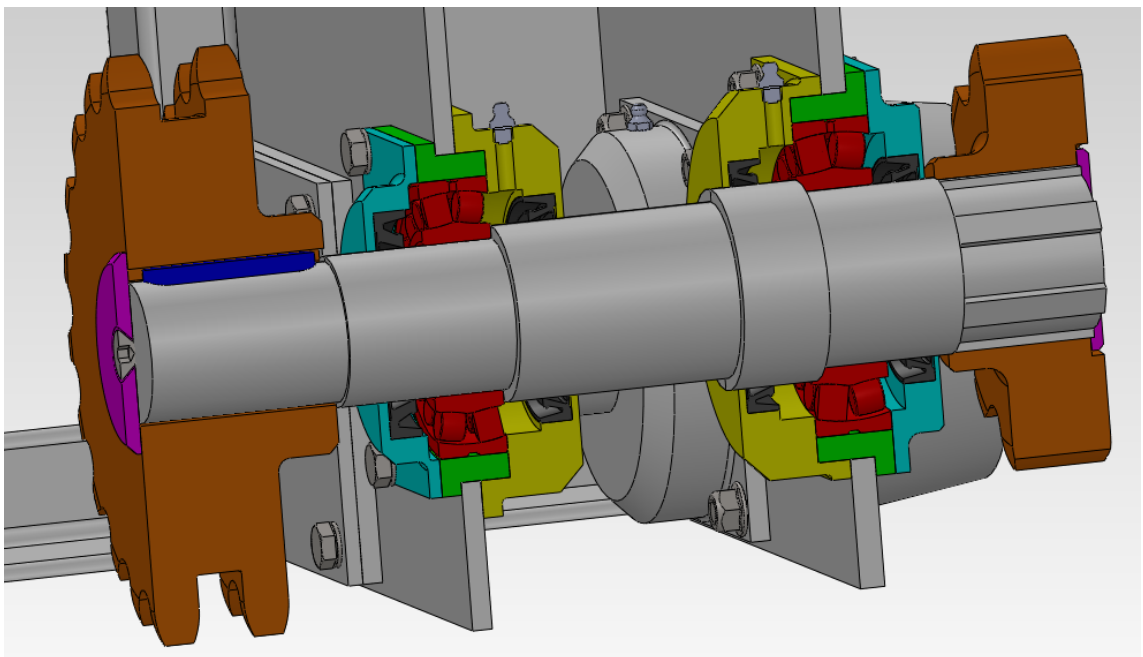
$$L_{h10A} = 91\ 407,7\ h$$

$$L_{h10B} = 118\ 034,24\ h$$

$$73\ 506,95\ h > 50\ 000h \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$161\ 194,93\ h > 50\ 000h \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Všechny údaje o ložiscích jsem našel na stránkách výrobce ložisek a ve strojnických tabulkách. Jak je z výpočtu patrné, obě ložiska splňují mnou danou podmínku. Podmínkou byla minimální životnost ložiska 50 000h.



Obr. 16. Detailní pohled na část horního mostu zajišťující posuv

Kontrola drážkování na otláčení

Základní rozměry drážkování nutné pro výpočet jsou šířka drážky $B = 12$ mm, velký průměr $D = 68$ mm a počet drážek $i = 8$. Průměr hřídele s drážkováním je $d = 62$ mm. Další potřebné informace o drážkování, které jsou nutné pro výpočet, jsou střední průměr drážkovaného profilu $D_s = 65$ mm a výška drážky $h = 3$ mm. Délka drážky je $l = 58$ mm. Rozměry jsou ze strojnických tabulek podle normy ČSN ISO 14 (01 4942). Krouticí moment je $M_k = 1238,6$ Nm. Koeficient bezpečnostní jsem zvolil $k_2 = 1,1$ a korekční součinitel je pro rovnoboké drážkování $K = 0,75$. Dovolené hodnoty jsou v příloze A.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2 * M_k * k_2}{D_s * l * h * K * i}$$

$$p = \frac{2 * 1238,6 * 10^3 * 1,1}{65 * 58 * 3 * 0,75 * 8}$$

$$p = 40,155 \text{ MPa}$$

$$p \leq p_D \rightarrow 40,155 \text{ MPa} < 92,86 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola pera na stříh a otláčení

Základní rozměry pera nutné pro výpočet jsou šířka pera $b = 18$ mm, výška pera $h = 11$ mm (výška pera v hřídeli $t = 6,8$ mm výška pera v náboji $t_1 = 4,2$ mm) a délka pera je $l_p = 80$ mm. Průměr hřídele je $d = 56$ mm. Rozměry jsou ze strojnických tabulek podle normy ČSN 02 2562. Krouticí moment je $M_k = 1238,6$ Nm. Koeficient bezpečnostní jsem zvolil $k_2 = 1,1$. Konečné výsledky jsem ještě dodatečně děлил dvěma, protože jsem v návrhu použil dvě pera.

Kontrola pera na smyk

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{\frac{2 * M_k * k_2}{d}}{b * l_p} = \frac{2 * M_k * k_2}{b * l_p * d}$$

$$\tau_s = \frac{2 * 1238,6 * 10^3 * 1,1}{18 * 80 * 56}$$

$$\tau_s = \frac{33,79}{2} = 16,895 \text{ MPa}$$

$$\tau_s \leq \tau_{sD} \rightarrow 16,895 \text{ MPa} < 64,3 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola pera na otláčení

$$p = \frac{F}{S}$$

$$p_1 = \frac{F_1}{t * l_p} = \frac{\frac{M_k * k_2}{\frac{d}{2} - \frac{t}{2}}}{t * l_p} = \frac{2 * M_k * k_2}{t * l_p * (d - t)}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{(l_p - b) * t_1} = \frac{\frac{M_k * k_2}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}}}{(l_p - b) * t_1}$$

$$p_2 = \frac{2 * M_k * k_2}{(l_p - b) * t_1 * (d + t_1)}$$

$$p_1 = \frac{2 * 1238,6 * 10^3 * 1,1}{6,8 * 80 * (56 - 6,8)}$$

$$p_2 = \frac{2 * 1238,6 * 10^3 * 1,1}{(80 - 18) * 4,2 * (56 + 4,2)}$$

$$p_1 = \frac{101,81}{2} = 50,905 \text{ MPa}$$

$$p_2 = \frac{173,83}{2} = 86,915 \text{ MPa}$$

$$p_1 \leq p_D \rightarrow 50,905 \text{ MPa} < 92,86 \text{ MPa} \\ \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$p_2 \leq p_D \rightarrow 86,915 \text{ MPa} < 92,86 \text{ MPa} \\ \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola hřídele na krut

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k * k_2}{\frac{\pi * d_s^3}{16}}$$

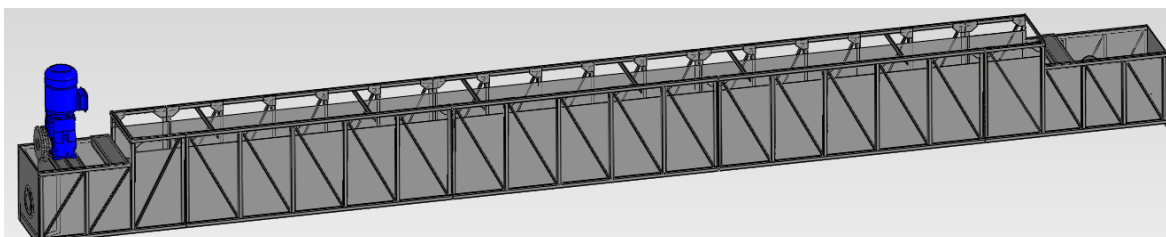
$$\tau_k = \frac{1023,139 * 10^3 * 1,1}{\frac{\pi * 46,933^3}{16}}$$

$$\tau_k = 55,445 \text{ MPa}$$

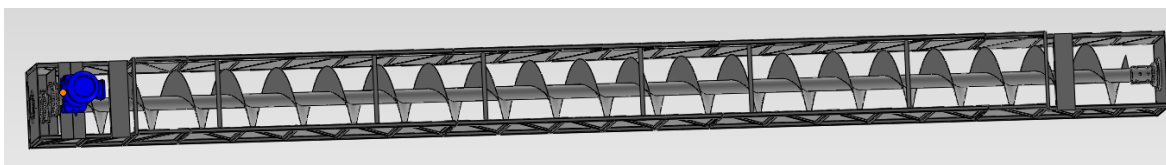
$$\tau_k \leq \tau_{kD} \rightarrow 55,445 \text{ MPa} < 64,3 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

7.2.2 Spodní most

Konstrukce spodního mostu se skládá celkem z pěti dílů. Vzájemně jsou spojeny za pomoci šroubů. Stejně jako u horního jsou tři konstrukční díly stejné. Jako hlavní konstrukční prvky jsou zde použity čtvercové uzavřené profily a stejnostranné L profily. Plechování spodního mostu je z plechu o tloušťce 3 mm. Na následujících obrázcích je znázorněn spodní most ve dvou pohledech. Na obrázku 16 je pohled z přední strany a na obrázku 17 je pohled shora. Pohled shora je zde z důvodu toho, aby byl vidět šnekový dopravník, který je ve spodním mostě.

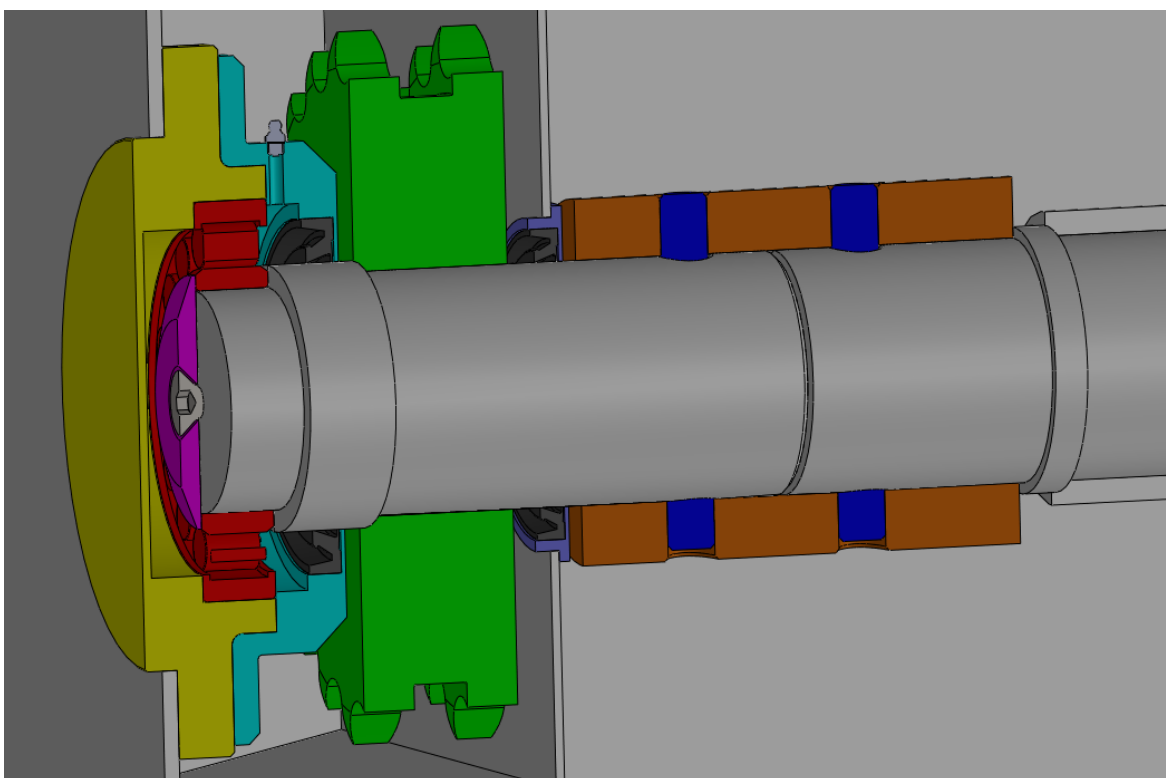


Obr. 17. Spodní most z přední strany



Obr. 18. Spodní most se shora

Šnekový dopravník je uložen v radiálních válečkových ložiscích. Jedná se o dvě ložiska ISO 15 RCR - 02100. Šnek má průměr 630 mm. Šnek a jeho uložení je vidět na obrázku 19. Uložení šneku je na obou stranách stejné, a proto je zde obrázek jen z jedné strany. Pohon dopravníku je připevněn na dva U profily. Výkon z pohonné jednotky na šnekový dopravník zajišťuje řetěz. Jeho technické specifikace jsou v příloze B.



Obr. 19. Uložení šnekového dopravníku

Pro nalisovaný spoj (hřídel a ozubené kolo) provedu kontrolní výpočet. Abych se ujistil, že navržené spojení vydrží. Dále zkontroluji navržené spojovací kolíky.

Ve výpočtech použijí stejný koeficient bezpečnosti jako předtím $k_2 = 1,1$. Krouticí moment na hřídeli $M_k = 1722,004 \text{ Nm}$.

Kontrola nalisovaného spoje

Uložení je tolerováno v soustavě jednotné díry a to H7/s6. Průměr hřídele je zde $d = 110 \text{ mm}$ a průměr náboje (řetězového kola) je $D = 324 \text{ mm}$. Délka náboje je $l = 72 \text{ mm}$. Součinitel tření $f = 0,13$.

$$p = \frac{2 * M_k * k_2}{\pi * d^2 * l * f}$$

$$c = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2}$$

$$p = \frac{2 * 1722,004 * 10^3 * 1,1}{\pi * 110^2 * 72 * 0,13}$$

$$c = \frac{324^2 + 110^2}{324^2 - 110^2}$$

$$p = 10,647 \text{ MPa}$$

$$c = 0,134$$

podle uložení H7/s6

$$p_{max} = \frac{\Delta d_{max} * E}{d * (C + 1)}$$

$$\Delta d = 0,023 \text{ mm}$$

$$p_{max} = \frac{0,042 * 2,1 * 10^5}{110 * (1,26 + 1)}$$

$$\Delta d_{max} = 0,042 \text{ mm}$$

$$p_{max} = 70,71 \text{ MPa}$$

Kontrola spoje

$$\sigma_{Rquest} = p_{max} * C + p_{max}$$

$$\sigma_{Rquest} = 70,71 * 0,134 + 70,71$$

$$\sigma_{Rquest} = 80,19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rquest} \leq \frac{Re}{1,5} \rightarrow 80,19 \text{ MPa} < 166,7 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kontrola kolíkového spoje

Rozměry potřebné pro výpočet jsou průměr kolíku $d = 22 \text{ mm}$, průměr hřídele $D = 110 \text{ mm}$ a průměr náboje je $D_1 = 165 \text{ mm}$.

Smyk kolíku

$$\tau_s = \frac{4 * M_k * k_2}{\pi * d^2 * D}$$

$$\tau_s = \frac{4 * 1722,004 * 10^3 * 1,1}{\pi * 22^2 * 110}$$

$$\tau_s = 45,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_s \leq \tau_{sD} \rightarrow 45,3 \text{ MPa} < 64,3 \text{ MPa} \\ \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Krut hřídele

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k * k_2}{\frac{\pi}{16} * \frac{D^4 - d^4}{D}}$$

$$\tau_k = \frac{M_k * k_2 * 16 * D}{\pi * (D^4 - d^4)}$$

$$\tau_k = \frac{1722,004 * 10^3 * 1,1 * 16 * 110}{\pi * (110^4 - 22^4)}$$

$$\tau_k = 7,26 \text{ MPa}$$

$$\tau_k \leq \tau_{kD} \rightarrow 7,26 \text{ MPa} < 64,3 \text{ MPa} \\ \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Tlak v hřídeli

$$p_{1max} = \frac{6 * M_k}{D^2 * d}$$

$$p_{1max} = \frac{6 * 1722,004 * 10^3}{110^2 * 22}$$

$$p_{1max} = 38,813 \text{ MPa}$$

$$p_{1max} \leq p_D \rightarrow 38,813 \text{ MPa} < 92,86 \text{ MPa} \\ \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Tlak v náboji

$$p_2 = \frac{4 * M_k}{d * (D_1^2 - D^2)}$$

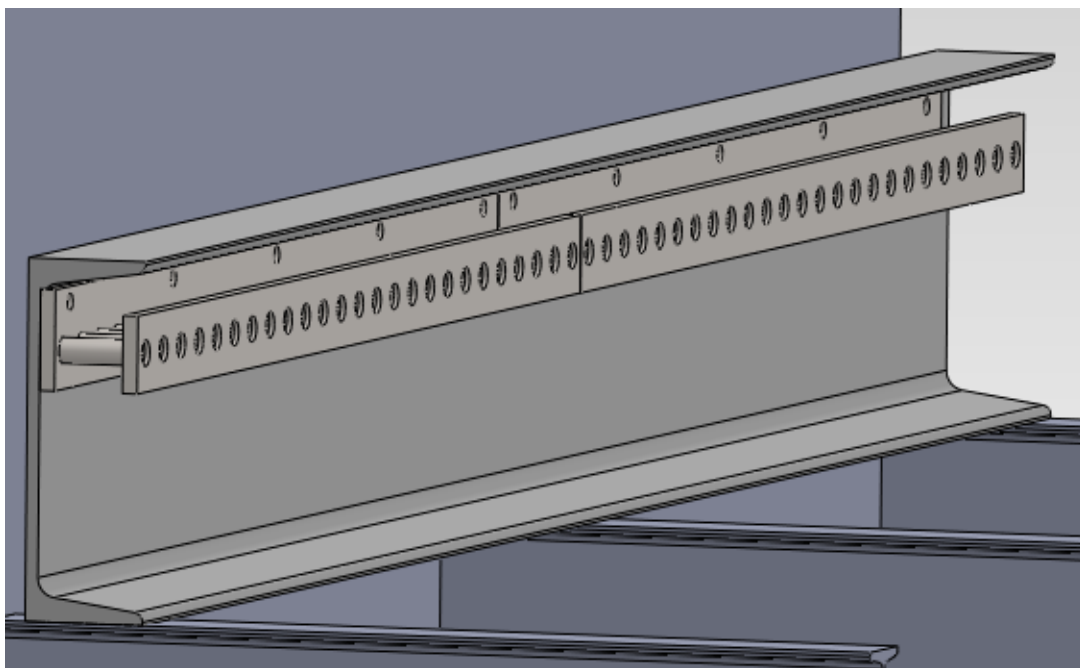
$$p_2 = \frac{4 * 1722,004 * 10^3}{22 * (165^2 - 110^2)}$$

$$p_2 = 20,7 \text{ MPa}$$

$$p_{1max} \leq p_D \rightarrow 20,7 \text{ MPa} < 92,86 \text{ MPa} \\ \rightarrow \text{vyhovuje}$$

7.2.3 Pojezdová dráha

Pojezdová dráha se skládá z U profilu. Přesněji se jedná o profil U280. K tomuto profilu je připojena cévová tyč. Do tyče zabírá ozubené kolo horního mostu (na každé straně). Toto zajišťuje posuv. Návrh nové pojezdové dráhy je vidět na obrázku 19. Pojezdová dráha je montována na stávající nosné profily. Podle výkresů se jedná o profily I120. Ve skutečnosti, jak je vidět na obrázku 10 a hlavně obrázku 20 nejsou použity I profily, ale dva svařené U profily.



Obr. 20. Nová pojezdová dráha v pomocném modelu hvozdu



Obr. 21. Stávající nosníky [18]

Výměna stávajících profilů zabudovaných do zdi (ocelové konstrukce) za nové není finančně reálná. Pokud bychom přistoupili k výměně, museli by jsme rozebrat plechové obložení hvozdu a izolaci. Tímto krokem se dostaneme k hlavní nosné konstrukci a budeme mít přístup i k daným nosným profilům. Toto by nejenom prodloužilo dobu odstávky daného hvozdu, ale samozřejmě dojde ke zvýšení ceny.

Pokud by se prováděla demontáž plechového krytu, dalo by se to využít k následujícím věcem. V první řadě můžeme nově natřít odryté nosníky antikorozi

barvou. Za druhé můžeme vyměnit stávající izolaci za novou. To by mělo zmenšit tepelné ztráty.

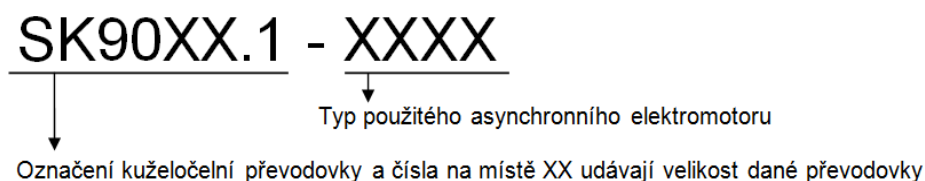
Jestliže se nosné profily měnit nebudou, což je mnohem pravděpodobnější, bylo by dobré nechat do smlouvy dopsat dodatek. Ve kterém bude uvedeno, že za technický stav nosných profilů (ke kterým se bude montována pojezdová dráha) odpovídá majitel stavby (hvozdu).

Ke zjištění technického stavu nosníků lze použít metody nedestruktivní diagnostiky. V první řadě je třeba provést vizuální kontrolu. Následně poté provést kontrolu pomocí ultrazvuku. Tato metoda slouží hlavně ke zjištění vnitřních vad materiálu.

7.3 Technické parametry nového nastíracího zařízení

Všechny elektromotory a převodovky jsem vybíral na stránkách firmy NORD. Za pomoci jejich programu jsem je pak následně vytvořil ve 3D a vložil do počítačového modelu vytvořeného zařízení.

Na následujícím obrázku 22 je vysvětlena zkratka označující zvolenou převodovku a zvolenou velikost motoru. Všechny zvolené motory jsou asynchronní a zvolené převodovky jsou 3 stupňové s kuželovými a čelními ozubenými koly.



Obr. 22. Popis základního označení pohonných jednotek

7.3.1 Posuv

Pro posuv (pojezd) jsem použil dvě pohonné jednotky SK 9032.1 - 80L/4. Výkon motoru jsem zvolil po konzultacích u zadavatele práce. Abych dosáhl co největšího momentu, zvolil jsem třístupňovou kuželočelní převodovku.

Specifikace pohonné jednotky

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| $P_m = 0,75 \text{ kW}$ | $f_b = 1,5$ |
| $n_2 = 7 \text{ min}^{-1}$ | $i_{Ges} = 197,45$ |
| $M_2 = 1023 \text{ Nm}$ | $m_{m1} = 67 \text{ kg}$ |

Tab. 1. Specifikace pohonné jednotky pro posun

Pro přenos výkonu jsem použil dvouřadý válečkový řetěz 20B - 2. Jeho návrh jsem provedl v programu Autodesk Inventor 2012. V příloze A jsou obrázky z výsledků návrhového výpočtu.

7.3.2 Zdvih

Pro zvedání spodního mostu jsem zvolil pohonnou jednotku SK9052.1 - 100LA/4 BRE 40. Výkon motoru jsem zvolil po konzultacích u zadavatele práce. Abych dosáhl, co největšího momentu zvolil jsem třístupňovou kuželočelní převodovku. Tato pohonná jednotka je navíc vybavena prachotěsnou brzdou (v označení převodovky BRE 40 SR).

K úpravě chodu pohonné jednotky bylo třeba použít frekvenční měnič. Použil jsem frekvenční měnič od firmy NORD s označením SK 500E.

Specifikace pohonné jednotky SK9052.1 - 100LA/4 BRE40 SR

| | |
|------------------------------|---------------------------|
| $P_m = 3 \text{ kW}$ | $f_b = 0,8$ |
| $n_2 = 4,9 \text{ min}^{-1}$ | $i_{Ges} = 289,61$ |
| $M_2 = 5847 \text{ Nm}$ | $m_{m2} = 201 \text{ kg}$ |
| $M_b = 40 \text{ Nm}$ | |

Tab. 2. Specifikace pohonné jednotky pro zdvih

7.3.3 Šnekový dopravník

Pro pohon šnekového dopravníku jsem zvolil pohonnou jednotku SK9052.1 - 180 MX/4. Výkon motoru jsem zvolil stejný jako u starého zařízení, protože motor pohání stejný šnek (o stejném průměru a o stejných otáčkách). Musel jsem zvolit kuželovou převodovku, a to z důvodů nedostatku místa. Původně jsem chtěl použít obyčejnou převodovku s čelními zuby. Ta by splnila všechny dané požadavky a mírně by se snížila cena zařízení. V následující tabulce jsou základní vlastnosti zvolené pohonné jednotky.

Specifikace pohonné jednotky SK9042.1 - 160 M/4

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| $P_m = 11 \text{ kW}$ | $f_b = 1,6$ |
| $n_2 = 61 \text{ min}^{-1}$ | $i_{Ges} = 23,89$ |
| $M_2 = 1722 \text{ Nm}$ | $m_{m3} = 187 \text{ kg}$ |

Tab. 3. Specifikace pohonné jednotky pro šnekový dopravník

Pro přenos výkonu jsem použil dvouřadý válečkový řetěz 24B - 2. Jeho návrh jsem provedl v programu Autodesk Inventor 2012. V příloze B jsou obrázky z výsledků návrhového výpočtu.

7.4 Použitelné materiály

Konstrukce zařízení a šnekový dopravník musí být vyrobeny z nerezové oceli. Jedná se o třídu oceli 17. Typ materiálu vyplývá z daných požadavků na zařízení. Z mnoha druhů nerezových ocelí jsem vybral dva druhy, které lze podle mého názoru použít.

Nerezová ocel 17 240 (DIN 1.4301)

Jedná se o klasickou nerezovou ocel s vynikající odolností vůči korozi okolního prostředí. Tím je myšlena hlavně voda a také venkovská a městská atmosféra. Okolní prostředí by nemělo obsahovat velké množství chloridů a kyselin. Ocel lze bez problému svařovat a to i bez přídavného materiálu a není také potřeba žádná tepelná úprava po svařování. Při obrábění si musíme dát pozor na správné řezné údaje, protože má ocel vysokou houževnatost. Kujnost tohoto materiálu je dobrá. Ocel má toto složení max. 0,07 % C, max. 1 % Si, max. 2 % Mn, 17 % až 19 % Cr, 8,5 % až 10,5 % Ni. Využití této oceli je obrovské. Používá se například v potravinářském a farmaceutickém průmyslu, k výrobě různých druhů vybavení pro pivovarský a tukový průmysl.

Nerezová ocel 17 347 - 17 348 (DIN 1.4571)

Nerezová ocel, která je stabilizovaná titanem a molybdenem. Molybden zajišťuje větší odolnost proti kyselinám. Má nejlepší možnou odolnost proti korozi, kterou by způsobilo přírodní prostředí s mírnou koncentrací chloridů a kyselin. Další výhodou je dobrá pevnost oceli za tepla. Svařitelnost oceli je zaručená a to i bez přídavného materiálu. Po svařování je materiál odolný mezikrystalové korozi a tepelná úprava není nutná. Ke kování se tento materiál moc nehodí. Karbidy titanu zhoršují obrobiteľnost materiálu. Ocel má toto složení max. 0,08 % C, max. 1 % Si, max. 2 % Mn, 16,5 % až 18,5% Cr, 2 % až 2,5 % Mo, 10,5 až 13,5 % Ni, max. 5 % Ti.

Z těchto dvou nerezových ocelí jsem na návrhu nového zařízení použil ocel 17 240 (podle německé normy DIN 1.4301). Zvolený materiál splňuje všechny požadované vlastnosti a je finančně dostupnější než 17 347 - 17 348 (DIN 1.4571). Ten také splňuje všechny požadavky. Základní mechanické vlastnosti vybrané nerezové oceli jsou na následujícím obrázku.

| Značka oceli | | Mechanické vlastnosti | | |
|--------------------|----------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| dle EN EN 10088 | dle AISI | Mez skluzu - Re min. / max. | Mez pevnosti - Rm min. / max. | Tažnost - A80 min. % |
| 1.4301 | 304 | 230 - 260 | 540 - 750 | 45 |
| 1.4307 | 304L | 220 - 250 | 520 - 700 | 45 |
| 1.4401 | 316 | 240 - 270 | 530 - 680 | 40 |
| 1.4436 | 316 | 240 - 270 | 550 - 700 | 40 |
| 1.4404 | 316L | 240 - 270 | 530 - 680 | 40 |
| 1.4435 | 316L | 240 - 270 | 550 - 700 | 40 |
| 1.4571 | 316Ti | 240 - 270 | 540 - 690 | 40 |
| 1.4541 | 321 | 220 - 250 | 520 - 720 | 40 |
| 1.4016 | 430 | 260 - 280 | 450 - 600 | 20 |

Obr. 23. Mechanické vlastnosti některých nerezových ocelí

Hřídelová těsnění musí splnit kladené požadavky. Pro gumová těsnění je nejdůležitějším požadavkem teplotní odolnost. To znamená, že je možné použít tyto materiály pro těsnění:

MVQ

Jedná se o silikonovou pryž. Má teplotní odolnost od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Krátkodobě může být těsnění vystaveno teplotě do $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je vhodná pro automobilové oleje a tuky. Maximální přípustné otáčky jsou $10\ 000\ \text{ot}/\text{min}$.

FKM

Jedná se o fluorokaučukovou pryž. Teplotní odolnost tohoto materiálu je od $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Krátkodobě může být těsnění vystaveno teplotě do $+160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro vodu a prací roztoky má tato pryž teplotní odolnost do $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a krátkodobě do $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Materiál je vhodný pro všechny typy minerálních olejů a tuků, vodu a prací roztoky, benzín, naftu, líh a to maximálně do $10\ 000\ \text{ot}/\text{min}$. Tato pryž má nejlepší možné vlastnosti. Proto jsem ji navrhl pro dané zařízení.

7.5 Návrh snímačů a jejich omezení

Na daném nastíracím zařízení je třeba sledovat několik provozních ukazatelů. V první řadě to je objem naklíčeného sladu dopravovaného šnekovým dopravníkem ve spodním mostě. Také musíme kontrolovat otáčky šneku. V horní části zařízení, na horním mostě,







musíme sledovat otáčky obou dlouhých hřidelí, které se zde nachází. Pro nastavení výšky nástěru musíme přesně určit polohu spodního mostu.

7.5.1 Technické požadavky na snímače

Všechny požadavky na snímače vychází již z předešlého textu. Hlavním požadavkem, a také tím nejtěžším na splnění, je teplotní odolnost snímače. Snímače musí vydržet teplotu, která dosahuje až 110 °C. Dále musí snímač odolávat vysoké relativní vlhkosti. Teplota i vlhkost nejsou na stálé úrovni. S postupem hvozdění se mění.

7.5.2 Snímač pro určení výšky nástěru

Pro určení polohy spodního mostu (to znamená výšky nastírané vrstvy, která je od 50 cm do 1 m) jsem zvolil lankový snímač MSZ - T8. Technická specifikace daného snímače je na následujícím obrázku. Vybraný lankový snímač je zvýrazněn zeleným ohraničením. Umístění snímače je zobrazeno na obrázku číslo 27, v kapitole umístění snímačů.

| Type | MSZ-T5 | MSZ-T8 | MSZ-81 | MSZ-122 | MSZ-T9 | MSZ-T9X |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| |  |  |  |  |  |  |
| Data | | | | | | |
| Full stroke ranges [mm] | 6250 | 1500 | 6250 | 4300 | 13750 | 42500 |
| Accuracy [±% FS] | 0.28 ... 0.02% | 0.28 ... 0.02% | 0.02% | 0.02% | 0.12 ... 0.02% | 0.12 ... 0.02% |
| Repeatability [±% FS] | 0.05 ... 0.02% | 0.05 ... 0.02% | 0.02% | 0.02% | 0.05 ... 0.02% | 0.05 ... 0.02% |
| Enclosure | | | | | | |
| Enclosure material | anod. alu | anod. alu or stainless steel | anod. alu | coated alu (or stainless steel) | coated alu or stainless steel | coated alu or stainless steel |
| Protection class | IP65 ... 67 dep. on model | IP65 ... 68 dep. on model | IP65 | IP65 | IP65 ... 68 dep. on model | IP65 ... 67 dep. on model |
| Measuring cable | | | | | | |
| Nylon-coated stainless steel | ● | ● | ● | ● | ● | ● (Stainless steel for larger stroke ranges) |
| Stainless steel | ● | ● | - | ● | ● | - |
| Thermoplastic | ● | ● | - | ● | ● | - |
| Signal output | | | | | | |
| Voltage divider (Potentiometer) | ● | ● | - | - | ● | ● |
| Position / DC-velocity output | ● | - | - | - | ● | ● |
| 0 ... 10 VDC | ● | ● | - | - | ● | ● |
| 4 ... 20 mA | ● | ● | - | - | ● | ● |
| Incremental encoder | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| RS 232 | ● | ● | - | - | ● | ● |
| CAN Bus | ● | ● | - | - | ● | ● |
| Devicenet | ● | ● | - | - | ● | ● |
| Absolute encoder | - | - | (●) | (●) | - | - |
| Connections | | | | | | |
| Cable | ● | ● | (●) | (●) | ● | ● |
| Connector | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Features | | | | | | |
| Special features | - | 1) various connections 2) Hazardous area version | - | - | 1) increased cable tension opt. 2) Hazardous area version | Hazardous area version |
| Typical applications | Harsh applications with high accel. and high cycle life | Rugged model for harsh production applications | Lifts, stages, mobile vehicles | Lifts, stages, mobile vehicles | ideal for hydraulic and telescope applications | Extremely long stroke and velocity feedback applications |

Obr. 24. Parametry lankového snímače MSZ - T8 [16]

7.5.3 Snímače otáček

Snímače otáček budou sloužit pro snímání otáček šneku, spojovací hřídele pro posuv a spojovací hřídele pro zdvih. Pro všechny tyto tři místa snímání jsem použil stejný snímač. Snímač má označení ISN 1521. Výrobce snímačů je firma Aura a.s.. Jedná se o snímač, který se často používá pro kontrolu otáček šnekových dopravníků dopravující obilí a to přímo odpovídá této aplikaci. Technické specifikace jsou na následující obrázku. Označení čidla, které jsem navrhl je 520.1.

| Technické údaje | | | | |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|--------------|
| napájecí napětí: | 230 V / 50 Hz | | | |
| příkon: | 4 VA | | | |
| rozsah měřitelných otáček n_0 : | 1 - 3000 ot.min ⁻¹ při 1 impulsu na otáčku | | | |
| pasivní sonda ISN 520.1, 520.2 | | | | |
| | typická citlivost na feromagnetický předmět pohybující se rychlostí 100 mm.s ⁻¹ kolmo na osu čidla: | | | |
| | - pro hmotnost 10 g: | 25 mm | | |
| | - pro hmotnost 100 g: | 80 mm | | |
| sonda Proximity Switch | | | | |
| | pracovní rozsah: | sepnuto: < 6 mm, rozepnuto > 8 mm | | |
| nastavení parametrů a vyhodnocení stavu otáček: | | pomocí tlačítek a displeje v ovládacím menu | | |
| zobrazení otáček: | | číslicové: 0,0 - 3,0 . 1000 ot/min | | |
| zobrazení stavu otáček: | | pomocí LED diod | | |
| zatížení přepínacího kontaktu relé (ISN 1521.0): | | max. 250 V, max. 8 A ss i st | | |
| proudový výstup (ISN 1521.1): | | 0 - 20 mA nebo 4 - 20 mA | | |
| komunikační výstup (ISN 1521.2, ISN 1521.3): | | RS485, protokol volitelný (Modbus RTU, ASCII ...) | | |
| Pracovní podmínky: | čidlo 520.1 | čidlo 520.2 | čidlo Prox.Switch | modul 1521.x |
| pracovní teplota okolí: | -25 až +150 °C | -25 až +250°C (90 minut) | -30 až +85°C | -25 až +55°C |
| krytí: | IP65 | | | |
| tlak vzduchu: | 86 až 106 kPa | | | |

Obr. 25. Technické údaje indukčního snímače otáček ISN 1521 [17]

7.5.4 Kapacitní snímače

Kapacitní snímače jsou umístěny v segmentovém dopravníku. Musíme použít dva tyto kapacitní snímače. První tento snímač slouží k řízení finišeru, přesněji k řízení popojíždění. Zařízení pojede vždy o šířku nastírání. Šířka nastírání je rovna délce klapky. Druhý tento snímač slouží jako bezpečnostní a chrání segmentový dopravník před zahlcením. Snímač má označení BCS00A5 a jeho technické údaje jsou na následujícím obrázku.

| Keyfeatures ⤴ | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Connection | Connector, Special connector |
| Trade name / Technology | Standard |
| Sensitivity | to be adjusted at base unit |
| Size | M18 |
| Mechanical installation condition | non-flush |
| Special properties | High temperature |
| General attributes ⤴ | |
| Mechanical installation condition | non-flush |
| Series | Level Sensor |
| Series | 3/8 NPTF |
| Enclosure Type per IEC 60529 | IP68/IP54 on connector output |
| Short-circuit protected | |
| Protected against polarity reversal | |
| Utilisation category | DC 13 |
| Basic standard | IEC 60947-5-2 |
| Scope of delivery | |
| Additional text | Required accessory, signal amplifier BAE SA-... and connection cable BCC Z003-020 |
| Electrical attributes ⤵ | |
| Mechanical attributes ⤴ | |
| Connector type | Special connector |
| Housing material | 1.4301 |
| Sensing surface material | PTFE |
| Cover material | 1.4301 / MS / Cr |
| Pressure resistance | 6 bar |
| Ambient temperature Ta min. | -10 °C |
| Ambient temperature Ta max. | 180 °C |
| Diameter d1 | M18x1.0 |
| Thread (A) | 3/8 NPTF |
| Tightening torque | 60 Nm |

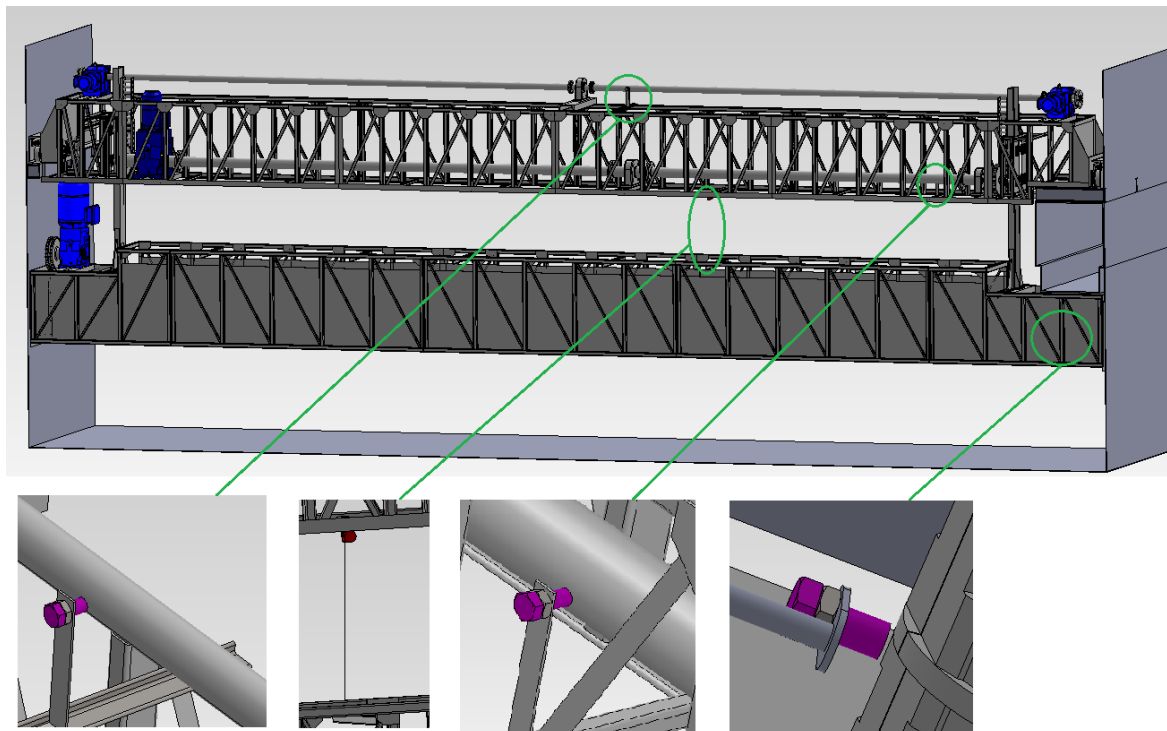
Obr. 26. Technické údaje kapacitního snímače BCS00A5

7.5.5 Umístění snímačů

Dva snímače otáček jsem umístil na horní most. Jeden kontroluje otáčky spojovací hřídele mezi motory, které zajišťují posuv. Druhý snímač má za úkol snímat otáčky hřídele, která přenáší výkon z motoru na zvedání spodního mostu. Snímač je umístěn na opačné straně, než je motor. Poslední snímač otáček je umístěn ve spodním mostě a kontroluje otáčky šnekového dopravníku. Snímač se nachází na opačné straně, než je motor. Na snímaných součástech musí být dodatečně přidán materiál, aby byly splněny podmínky kladené snímačem.

Lankový snímač se nachází uprostřed horního mostu. Je zavěšen ze spodu hornímu mostu a připevněn šrouby

Toto je zobrazeno na obrázku číslo 27. Umístění snímačů otáček je zvýrazněno zeleným kruhem. Lankový snímač je v červeném kruhu.



Obr. 27. Umístění snímačů na nastíracím zařízení

8 Závěr

V této práci se zabývám návrhem nastíracího zařízení do hvozdu. Nastírací zařízení je složeno z finišeru a segmentového dopravníku. Cílem práce je návrh konstrukce finišeru. Nově navržené zařízení má nahradit stávající, které pracuje více jak 20 let. Hlavním důvodem výměny je opotřebení, které způsobil nejen dlouhý provoz, ale i klimatické podmínky panující ve hvozdu. Tyto podmínky se neustále mění a to podle fáze hvozdnění.

Podle teoretické části práce jsem vypracoval seznam požadavků na nové zařízení. K těmto požadavkům přibyly další požadavky od zákazníka, pro kterého bylo zařízení navrženo. Nové zařízení je složeno z horního a spodního mostu. Na horním mostě jsou celkem tři pohonné jednotky, z toho dvě zajišťují posuv a jedna zajišťuje zdvih zařízení. Posuvné pohonné jednotky jsou propojeny mezi sebou hřídelí, která zajišťuje synchronizaci obou jednotek. Ve spodním mostě je umístěna pohonná jednotka zajišťující pohyb šneku. Pro nové zařízení jsem navrhl tři druhy snímačů, jejichž úkolem je zajištění bezproblémové kontroly a ovládání hvozdu.

Původní zařízení je vyrobeno z oceli a pokryto povrchovým nátěrem, který chránil ocel před vnějšími vlivy. Nátěr nebyl zcela vhodný, protože se musely dodržovat přísné hygienické normy. Nově navržené zařízení mnohem lépe odolá veškerým nepříznivým vlivům ve hvozdu, což jsem zajistil použitím nerezové oceli, ze kterého je celé zařízení navrhuto. Dále jsem navrhl pohonné jednotky, které zajistí plynulejší chod celého zařízení a zároveň dojde k malé úspoře energie, oproti stávajícím.

9 Seznam literatury

- [1] KOSAŘ, Karel et al. *Technologie výroby sladu a piva*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.
- [2] MOŠTEK, Josef. *Sladařství: Biochemie a technologie sladu*. Vyd. 1. Praha, 1975.
- [3] BASAŘOVÁ, Gabriela a ČEPIČKA, Jaroslav. *Sladařství a pivovarství: určeno pro posl. fak. potravinářské a biochem. technologie*. 2., nezm. vyd. Praha: SNTL, 1986. 256 s.
- [4] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. xv, 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [5] LHOTSKÝ, Alois. *Technická kontrola sladařské a pivovarské výroby: Určeno techn. zaměstnancům sladoven a pivovarů a studujícím odb. škol*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1957. 353, [1] s. Řada potravinářské literatury.
- [6] Korozivzdorné a žárupevné oceli třídy 17, jejich složení a tepelné zpracování. *TUMLIKOVO.CZ* [online]. 2011 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/korozivzdorne-a-zarupevne-oceli-tridy-17jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [7] Specifikace nerezových materiálů. *ARMAT spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.armat.cz/pdf/specifikace-nerezovych-oceli-chemicke-slozeni.pdf>
- [8] Technická guma. *K&F TECHNICKÁ GUMA* [online]. 2014 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.guma.cz/gufero.htm>
- [9] Sladařství. *VŠCHT Praha* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/kch/download/sylaby/sladarstvi.pdf>
- [10] Slad. *Svět - piva.cz* [online]. 2012 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.svet-piva.cz/clanky-o-pivu/2012/10/12/slاد/>
- [11] *NORD-Poháněcí technika, s. r. o.* [online]. 2014 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: http://www5.nord.com/cms/cz/hp_home_CZ.jsp
- [12] Slad. *SLADOVNA, spol. s r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.sladovnabruntal.cz/slاد/>

- [13] *MICRO EPSILON* [online]. 2014 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.micro-epsilon.cz/index.html>
- [14] *MAREK Industrial, a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.marek.eu/>
- [15] *TECHNOLINE s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://eshop.technoline.cz/>
- [16] *Messotron* [online]. 2014 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: http://www.messotron.com/assets/Uploads/PDF/Produkte_en/Seilzugaufnehmer/en_draw_wire.pdf
- [17] Indukční snímač otáčení ISN 1521. *Aura a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: http://www.auranet.cz/fotky/1521_CZ.pdf
- [18] Vnitro podnikové materiály fy *PROJECT MALT s. r. o.*, Makarenkova 163/3, Bystrovany, 779 00
- [19] *BALLUFF* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.balluff.com/balluff/MCZ/cs/products/catalogue/products_details.jsp?id=BCS00A5-367408

10 Seznam příloh

| | |
|-----------------|----|
| Příloha A | 65 |
| Příloha B..... | 65 |
| Příloha C..... | 66 |
| Příloha D..... | 68 |

Příloha A

Dovolená napětí jsem určil ze strojnických tabulek pro daný materiál. Dovolené hodnoty jsou v následující tabulce. Dané dovolené hodnoty jsou pro nejtěžší možné zatížení.

| | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| dovolené napětí v krutu | $\tau_{kD} = 64,3 \text{ MPa}$ |
| dovolené napětí ve smyku | $\tau_{sD} = 64,3 \text{ MPa}$ |
| dovolené napětí v tlaku (otlačení) | $p_D = 92,86 \text{ MPa}$ |

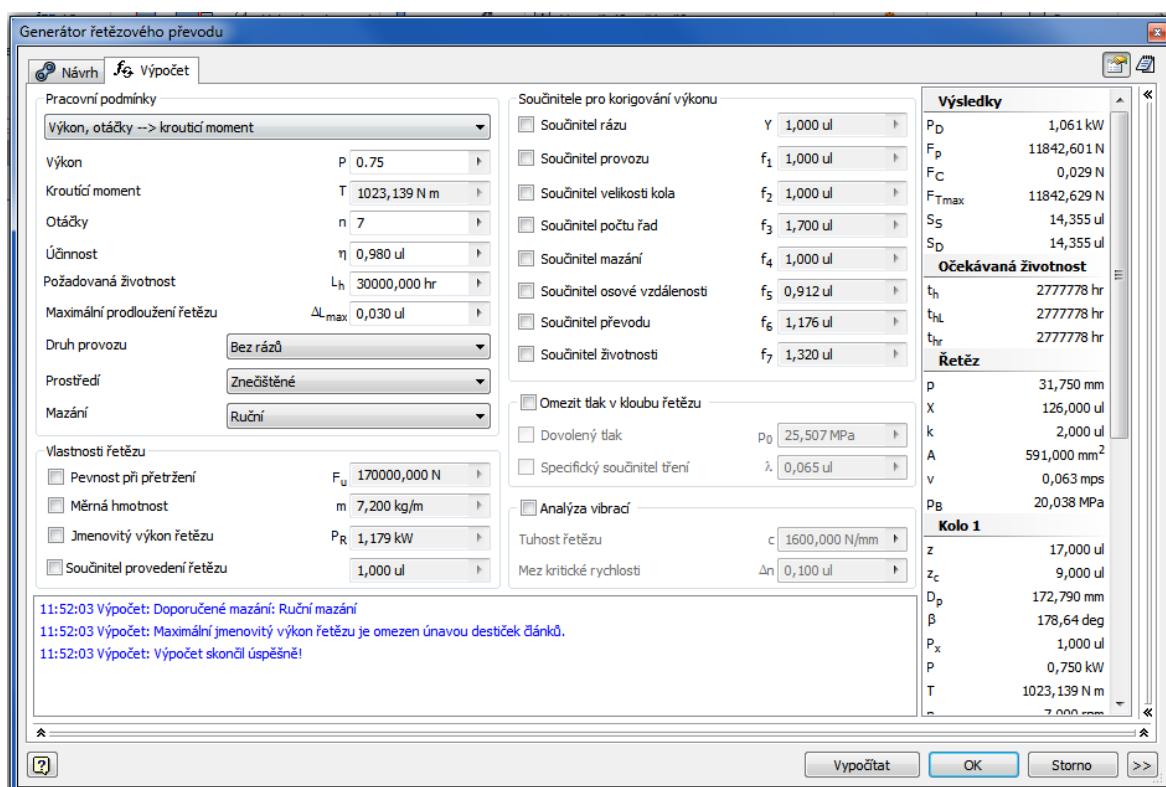
Tab. 4. Dovolené hodnoty pro použitý materiál

Příloha B

K této práci jsem vytvořil tři výkresy. Jedná se o výkresy tří hlavních sestav. Ale protože mám dohodu se zadavatelem této diplomové práce o nezveřejňování utajovaných informací, budou výkresy k dispozici pouze komisy u obhajoby státní závěrečné práce. Na příložených CD discích tyto výkresy ani žádný výstup z programu SolidWorks nebude.

Příloha C

Pro návrh řetězu 20B - 2 v programu Autodesk Inventor 2012 jsem zadal počet zubů, výkon motoru, výstupní otáčky z převodovky a požadovanou životnost ($z_1=17$, $z_2=21$, $P=0,75\text{ kW}$, $n=7\text{ min}^{-1}$, $L_h=30\,000\text{ h}$). Nastavená životnost je pro stroje pracující 8 - 16 hodin denně. Touto volbou jsem zajistil dostatečné předdimenzování řetězu. Ostatní koeficienty jsem ponechal.



Obr. 28. Návrh řetězového převodu část 1

Generátor řetězového převodu

Návrh **Výpočet**

Pracovní podmínky
 Výkon, otáčky --> kroučící moment

Výkon P 0,75
 Kroučící moment T 1023,139 N m
 Otáčky n 7
 Účinnost η 0,980 ul
 Požadovaná životnost L_h 30000,000 hr
 Maximální prodloužení řetězu ΔL_{max} 0,030 ul
 Druh provozu Bez rázů
 Prostředí Znečištěné
 Mazání Ruční

Vlastnosti řetězu
 Pevnost při přetřetí F_u 170000,000 N
 Měrná hmotnost m 7,200 kg/m
 Jmenovitý výkon řetězu P_R 1,179 kW
 Součinitel provedení řetězu 1,000 ul

Součinitele pro korigování výkonu
 Součinitel rázu Y 1,000 ul
 Součinitel provozu f_1 1,000 ul
 Součinitel velikosti kola f_2 1,000 ul
 Součinitel počtu řad f_3 1,700 ul
 Součinitel mazání f_4 1,000 ul
 Součinitel osové vzdálenosti f_5 0,912 ul
 Součinitel převodu f_6 1,176 ul
 Součinitel životnosti f_7 1,320 ul

Omezit tlak v kloubu řetězu
 Dovolенý tlak p_0 25,507 MPa
 Specifický součinitel tření λ 0,065 ul

Analýza vibrací
 Tuhost řetězu c 1600,000 N/mm
 Mez kritické rychlosti Δn 0,100 ul

11:52:03 Výpočet: Doporučené mazání: Ruční mazání
 11:52:03 Výpočet: Maximální jmenovitý výkon řetězu je omezen únavou destiček čánků.
 11:52:03 Výpočet: Výpočet skončil úspěšně!

| | |
|---------------|--------------|
| z_c | 9,000 ul |
| D_p | 172,790 mm |
| β | 178,64 deg |
| P_x | 1,000 ul |
| P | 0,750 kW |
| T | 1023,139 N m |
| n | 7,000 rpm |
| F_r | 11842,658 N |
| F_1 | 11842,629 N |
| F_2 | 0,029 N |
| L_f | 1698,357 mm |
| Kolo 2 | |
| z | 21,000 ul |
| z_c | 11,000 ul |
| i | 1,235 ul |
| D_p | 213,027 mm |
| β | 181,36 deg |
| P_x | 1,000 ul |
| P | 0,735 kW |
| T | 1238,600 N m |
| n | 5,667 rpm |
| F_r | 11842,658 N |
| F_1 | 0,029 N |
| F_2 | 11842,629 N |
| L_f | 1698,357 mm |
| C | 1698,477 mm |

Vypočítat OK Storno >>

Obr. 29. Návrh řetězového převodu část 2

Příloha D

Pro návrh řetězu 20B - 2 v programu Autodesk Inventor 2012 jsem zadal počet zubů, výkon motoru, výstupní otáčky z převodovky a požadovanou životnost ($z_1=17$, $z_2=21$, $P=0,75\text{ kW}$, $n=7\text{ min}^{-1}$, $L_h=30\,000\text{ h}$). Nastavená životnost je pro stroje pracující 8 - 16 hodin denně. Touto volbou jsem zajistil dostatečné předdimenzování řetězu. Ostatní koeficienty jsem ponechal.

Generátor řetězového převodu

Návrh Výpočet

Pracovní podmínky

Výkon, otáčky --> kroutící moment

Výkon P 11 kW

Kroutící moment T 1722,004 N m

Otáčky n 61 rpm

Účinnost η 0,980 ul

Požadovaná životnost L_h 30000,000 hr

Maximální prodloužení řetězu ΔL_{max} 0,030 ul

Druh provozu Bez rázů

Prostředí Znečištěné

Mazání Ruční

Vlastnosti řetězu

Pevnost při přetřetí F_u 280000,000 N

Měrná hmotnost m 13,500 kg/m

Jmenovitý výkon řetězu P_R 21,892 kW

Součinitel provedení řetězu 1,000 ul

Součinitele pro korigování výkonu

Součinitel rázu Y 1,000 ul

Součinitel provozu f_1 1,000 ul

Součinitel velikosti kola f_2 1,000 ul

Součinitel počtu řad f_3 1,700 ul

Součinitel mazání f_4 0,300 ul

Součinitel osové vzdálenosti f_5 0,956 ul

Součinitel převodu f_6 1,196 ul

Součinitel životnosti f_7 1,320 ul

Omezit tlak v kloubu řetězu

Dovolený tlak P_0 25,507 MPa

Specifický součinitel tření λ 0,065 ul

Analýza vibrací

Tuhost řetězu c 1600,000 N/mm

Mez kritické rychlosti Δn 0,100 ul

Výsledky

P_D 16,590 kW

F_p 10895,784 N

F_C 13,759 N

F_{Tmax} 10909,543 N

S_S 25,666 ul

S_D 25,666 ul

Očekávaná životnost

t_h 257777 hr

t_{HL} 2777778 hr

t_{br} 1637305 hr

Řetěz

p 38,100 mm

X 112,000 ul

k 2,000 ul

A 1109,000 mm²

v 1,010 mps

P_B 9,837 MPa

Kolo 1

z 26,000 ul

z_c 14,000 ul

D_p 316,086 mm

β 180,42 deg

P_x 1,000 ul

P 11,000 kW

T 1722,004 N m

Žádná hlášení nejsou dostupná.

Vypočítat OK Storno >>

Obr. 30. Návrh řetězového převodu část 1

Generátor řetězového převodu

Návrh f_6 Výpočet

Pracovní podmínky
 Výkon, otáčky --> kroutící moment

Výkon P 11 kW
 Kroutící moment T 1722,004 N m
 Otáčky n 61 rpm
 Účinnost η 0,980 ul
 Požadovaná životnost L_h 30000,000 hr
 Maximální prodloužení řetězu ΔL_{max} 0,030 ul
 Druh provozu Bez rázů
 Prostředí Znečištěné
 Mazání Ruční

Vlastnosti řetězu
 Pevnost při přetřetí F_u 280000,000 N
 Měrná hmotnost m 13,500 kg/m
 Jmenovitý výkon řetězu P_R 21,892 kW
 Součinitel provedení řetězu 1,000 ul

Součinitele pro korigování výkonu
 Součinitel rázu Y 1,000 ul
 Součinitel provozu f_1 1,000 ul
 Součinitel velikosti kola f_2 1,000 ul
 Součinitel počtu řad f_3 1,700 ul
 Součinitel mazání f_4 0,300 ul
 Součinitel osové vzdálenosti f_5 0,956 ul
 Součinitel převodu f_6 1,196 ul
 Součinitel životnosti f_7 1,320 ul

Omezit tlak v kloubu řetězu
 Dovolený tlak p_0 25,507 MPa
 Specifický součinitel tření λ 0,065 ul

Analýza vibrací
 Tuhost řetězu c 1600,000 N/mm
 Mez kritické rychlosti Δn 0,100 ul

Žádná hlášení nejsou dostupná.

| | |
|---------------|--------------|
| z_c | 14,000 ul |
| D_p | 316,086 mm |
| β | 180,42 deg |
| P_x | 1,000 ul |
| P | 11,000 kW |
| T | 1722,004 N m |
| n | 61,000 rpm |
| F_r | 10923,302 N |
| F_1 | 10909,543 N |
| F_2 | 13,759 N |
| L_f | 1647,799 mm |
| Kolo 2 | |
| z | 25,000 ul |
| z_c | 13,000 ul |
| i | 0,962 ul |
| D_p | 303,990 mm |
| β | 179,58 deg |
| P_x | 1,000 ul |
| P | 10,780 kW |
| T | 1622,658 N m |
| n | 63,440 rpm |
| F_r | 10923,302 N |
| F_1 | 13,759 N |
| F_2 | 10909,543 N |
| L_f | 1647,799 mm |
| C | 1647,810 mm |

Vypočítat OK Storno >>

Obr. 31. Návrh řetězového převodu část 2