

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

FAKULTA  
STROJNÍ

KATEDRA  
KONSTRUOVÁNÍ

# PREZENTACE

## DOKTORANDŮ KATEDRY 340/2021

KOLEKTIV AUTORŮ

SBORNÍK PREZENTACÍ  
SEMINÁŘE DOKTORANDŮ KATEDRY



Horní Lomná, 2021

ISBN 978-80-248-4536-4

## Obsah

Analýza průběhu provozního zatížení vstupních pastorků převodové skříně pohonu kola na rýpadle KU 800.....	2
Návrh řešení snížení hlučnosti tratí pásových dopravníků.....	51
Návrh a optimalizace světel pro filmové a laboratorní účely .....	61
Norma jako doporučení při vyhodnocování vibrací.....	70
Materiálová analýza vnějších klik dveří historického vozidla Tatra 87 .....	78
Ekologizovaný pásový dopravník PD E1 1600 .....	84
Top Fuel Dragster.....	92
Výzkum možností nasazení technické diagnostiky za účelem reengineeringu systému údržby ofsetového tiskového stroje .....	101
Od masa k automobilu.....	110
Kompatibilita 3D tisku a reaktoplastů.....	113
Tribologie důlních strojů ve spolupráci s TOTAL ČR s.r.o. ....	119
Tlumení hluku železničních soukolí .....	130
Strojařina v potápění .....	143
Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů.....	152
Nové trendy v údržbě .....	158
Proposal to increase the service life of soil cultivator tools.....	172
Využití parametrického modelování při návrhu průmyslového schodiště.....	180
Unifikace a automatizace procesu návrhu výložníkového rozbíjecího zařízení .....	189
Rozbor používaných materiálů pro výrobu lopatových rýpadel a jejich příslušenství v technické praxi.....	197

**Analýza průběhu provozního zatížení vstupních pastorků převodové skříně  
pohonu kola na rýpadle KU 800**

*Autor: Jiří Kolman*

**VŠB-Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra konstruování**



**Seminář studentů doktorského stupně studia Katedry  
konstruování**

***Analýza průběhu provozního zatížení vstupních pastorků převodové  
skříně pohonu kola na rýpadle KU 800***

Příprava disertační práce

Studijní program:	P2346 Strojní inženýrství
Studijní obor:	2302V019 Stavba výrobních strojů a zařízení
Školitel:	prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.
Doktorand:	Ing. Jiří Kolman

**Horní Lomná, 09/2021**

## **Anotace**

Předkládaná prezentace je obecně směřována na pohon rypného orgánu kolesových rýpadel s podrobným zaměřením na sumarizaci specifické poruchovosti současného provedení převodovky pohonu kola rýpadla typové řady KU 800.

Výkon, uspořádání, provozní spolehlivost a technická životnost pohonu kola patří mezi určující parametry těžebních schopností velkstroje. Za dobu své existence absolvovala za účelem maximalizace rypné síly kolesová rýpadla KU 800 celou řadou rekonstrukcí. Zásadní změnu přinesla modernizace v podobě instalace inovativní převodové skříně, která se stala hlavním nosným prvkem intenzifikace těžebního výkonu rýpadla.

Začátky provozu nové převodové skříně doprovázela řada opakujících se poruch, které se ve většině případů podařilo prostřednictvím dílčích modernizací odstranit. Doposud přetrvávajícím provozním nedostatkem je nadlimitní skokový axiální posun plovoucího pastorku, který je zapříčiněn selháním svěrného spojení ozubeného kola navazujícího převodového stupně v důsledku neznámého silového účinku.

Cílem připravované disertační práce bude prostřednictvím provedených měření analyzovat průběh zatížení pohonu kola ve dvou variantách regulace vstupních otáček. Úkolem pro praktickou využitelnost, bude odvodit z výsledků provedené analýzy specifikaci kritérií směřujících k významnému snížení rizika poruchových stavů na třetím převodovém stupni při těžbě vyžadující využití výkonových parametrů velkstroje na horní hranici únosnosti.

### **Klíčová slova:**

kolesové rýpadlo, převodová skřín, analýza, regulace otáček, převody, plovoucí pastorek



## **Annotation**

The present are generally aimed at driving the digging organ of wheel excavators with a detailed focus on summarizing the specific failure rate of the current design of the wheel drive of the excavator type KU 800.

The performance, configuration, operational reliability and technical durability of the wheel drive are among the decisive parameters of the mining capacity of the large machine. During its existence, KU 800 has undergone a number of reconstructions to maximize digging power. A major change was brought by the modernization in the form of the installation of an innovative gearbox, which became the main supporting element of the intensification of excavator output.

The beginning of operation of the new gearbox was accompanied by a series of repeated failures, which in most cases were managed by partial upgrades. A still existing operational deficiency is the over-limit step axial displacement of the floating pinion, which is caused by the failure of the clamping connection of the gear of the downstream gear due to the unknown force effect.

The aim of the follow-up dissertation thesis will be to analyze the course of load of the wheel drive in two variants of the input speed control by means of measurements. The task for practical applicability will be to derive from the results of the analysis the specification of criteria leading to a significant reduction of the risk of failure conditions in the third gear during mining requiring the utilization of the performance parameters of the large excavator at the upper limit of the bearing capacity.

### **Keywords:**

wheel excavator, gearbox, analysis, speed control, gears, floating pinion

# 1 Seznam použitého značení, symbolů a zkratek

ZNAČKA	VÝZNAM	JEDNOTKA
ČR	Česká republika	
BSD		
DAP	dodavatel pojistného tenzometrického zařízení	
DB	Doly Bílina	
EU	Evropská unie	
HPG	metoda obrábění pro velká kuželová kola s modulem 15 – 35	
HY-PRO	výrobce olejových filtrů	
K 300	typ kolesového rýpadla	
K 800	typ kolesového rýpadla	
K 1000	typ kolesového rýpadla	
K 2000	typ kolesového rýpadla	
K 10 000	typ kolesového rýpadla	
KK 1300	typ kolesového rýpadla	
KU 300	typ kolesového rýpadla	
KU 800	typ kolesového rýpadla	
NDR	Německá demokratická republika	
SRs 1300	typ kolesového rýpadla	
SRs 1500	typ kolesového rýpadla	
SRs 2000	typ kolesového rýpadla	
PC	osobní počítač	
USSD	typ pojistného tenzometrického zařízení	
$F_{MR}$	rypná síla	$[\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}]$
$i$	převodový poměr	$[-]$
$M_K$	kroučící moment	$[\text{Nm}]$
$\text{m}^3 \text{ r.z.}$	metr krychlový rostlé zeminy	$\text{m}^3 \text{ r.z.}$
$\text{m}^3 \text{ r.z.}$	metr krychlový sypané zeminy	$\text{m}^3 \text{ r.z.}$
$n_1$	vstupní otáčky převodové skříně	$[\text{min}^{-1}]$
$n_2$	výstupní otáčky převodové skříně	$[\text{min}^{-1}]$
$P$	výkon	$[\text{kW}]$
$\alpha$	koeficient přetížení	$[-]$

## 2 Úvod

Těžba a zpracování hnědého uhlí je v současnosti velice ožehavým tématem. Na úvod si lze tedy položit primární otázku, za jakým účelem hledat řešení problematiky spojené se strojním zařízením těžební technologie?

Elektrická energie je strategická komodita napříč spektrem celé civilizované společnosti, která je na jejím využití životně závislá. Elektrickou energii lze z pohledu reálně dostupných technologických možností získat prostřednictvím několika různých zdrojů. V zásadě se zdroje výroby elektrické energie dělí na obnovitelné a neobnovitelné. Obnovitelné zdroje jsou ty, které jsou z definice českého zákona č. 17/1992 Sb. o životním prostředí schopny při postupném spotřebovávání částečně, nebo úplné obnovy, a to samy, nebo za přispění člověka. Do skupiny obnovitelných zdrojů patří energie slunečního záření, energie větrná, vodní, geotermální, energie biopaliv a energie mořského přílivu. Oproti tomu neobnovitelné zdroje elektrické energie jsou vyčerpitelné maximálně v horizontu stovek let a jejich případná obnova by trvala nesrovnatelně dlouhé období. Typickým příkladem neobnovitelných zdrojů jsou fosilní paliva v podobě uhlí, ropy, zemního plynu a rašeliny. Rovněž sem patří i látky určené k získání jaderné energie. Jedná se o uran a v blízké budoucnosti pravděpodobně i thorium.

Česká republika byla v uplynulém desetiletí účastníkem řady událostí, které významnou měrou ovlivnili budoucí směřování energetiky. Na začátku byl vstup České republiky do EU, došlo k liberalizaci trhu s elektrickou energií a nově se začal formulovat pohled na environmentální politiku v oblasti ovlivňování klimatických změn zapříčiněných lidskou činností, označovaný jako globální oteplování. Zastaralá a nevyhovující státní energetické koncepce z roku 2004 už nadále nemohla držet krok s dynamickým vývojem energetické politiky. Proto vláda ČR svým usnesením z 18. května 2015 vydala aktualizovanou verzi státní energetické koncepce. Nový dokument má za cíl nastavení nasměrovat výrobu a dodávky elektrické energie z pohledu podílu zastoupení obnovitelných a neobnovitelných zdrojů elektrické energie. Strategické rozložení podílu zdrojů je označováno jako energetický mix ČR a jeho základní prioritou má být energetická soběstačnost s důrazem na využívání vyspělých konvenčních technologií šetrných k životnímu prostředí. Správně zvolené strategické záměry státu v sektoru energetiky zajistí především bezpečnost, stabilní podmínky podnikatelského trhu a kontinuitu ve státní správě.

V současnosti je kladen velký důraz na optimalizaci energetického mixu ve prospěch zlepšení životního prostředí. V souvislosti s klimaticko-energetickou politikou je ve všech průmyslových oblastech vyvozen enormní tlak na dekarbonizaci, která se dožaduje zvyšování podílu obnovitelných zdrojů a zároveň poklesu významu fosilních paliv včetně využívání metody zachycování a ukládání oxidu uhličitého. Česká republika má vzhledem ke své malé rozloze

a existujícím přírodním podmínkám značně omezený potenciál pro výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Přes veškeré snahy zatím zaujímají v českém energetickém průmyslu dominantní postavení hnědouhelné zdroje. Jedná se nejen o výrobu elektrické energie, ale i o výrobu tepla. Podle roční zprávy o provozu elektrizační soustavy ČR vydávané každoročně energetickým regulačním úřadem se jedná o podíl z celkové výroby elektrické energie na úrovni 43 %. Zásoby hnědého uhlí jsou v ČR v takovém množství, které umožňuje pokrýt uvedený podíl výroby elektrické energie a tepla na minimálně další tři dekády.

Přes všechna negativa se jedná o domácí strategickou surovinu, kterou v ČR umíme efektivně těžit a upravovat do podoby pro konečné užití. Tento fakt výraznou měrou přispívá k energetické stabilitě a soběstačnosti ČR.

Efektivním průmyslovým modelem zajištění výroby elektrické energie z hnědého uhlí je navázání elektrárenského komplexu přímo na povrchový důl. Ideální situace zejména z pohledu dopravy nastává, pokud jsou oba subjekty umístěny v jedné lokalitě. Typickým případem je logistické napojení Dolů Bílina na Elektrárnu Ledvice, která leží na úpatí krušných hor u města Bílina. Původně elektrárna disponovala 5 bloky o celkovém výkonu 640 MW. V rámci procesu postupného vyčerpání životnosti došlo v devadesátých letech minulého století k odstavení bloků 1 a 5. Následně byly v letech 2013 a 2015 odstaveny bloky 2 a 3. Zásadní rekonstrukci prodělal výrobní blok č. 4. V roce 1998 byl původní granulační kotel nahrazen kotlem s fluidním spalováním a následně v roce 2007 byla vyměněna i turbína. Nyní je v provozu již jen blok č. 4 o výkonu 110 MW a od listopadu 2017 se k němu přidal takzvaný nový zdroj, což je výrobní blok č. 6 o výkonu 660 MW. Jedná se jednu z nejmodernějších elektráren ve střední Evropě, která disponuje vysoce ekologickým výrobním blokem s nadkritickými parametry. Nový zdroj je opatřen nejmodernější dostupnou technologií, díky které došlo k poklesu veškerých sledovaných emisí v lokalitě Ledvice v průměru o 50 procent.

Hnědé uhlí se na Dolech Bílina získává povrchovým dobýváním. Jedná se systematický způsob provádění těžebních, přepravních, pomocných a doplňkových prací, zajišťující efektivní vytěžení ložiska nerostné suroviny. Těžbu provádí organizace v dobývacím prostoru, který je vymezen na základě geologického průzkumu podle rozsahu, uložení, tvaru a mocnosti daného ložiska. Dobývání a úprava uhlí je prováděna dle platných pravidel, s přihlédnutím k dosažitelným technickým a ekonomickým možnostem, za současného dodržování zásad báňské technologie, bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu. Těžební výkon Dolů Bílina se za poslední dekádu pohybuje na průměrné roční úrovni 9,5 mil. [t] hnědého uhlí, čemuž odpovídá cca 55 mil. [m<sup>3</sup> r.z.] nadložní zeminy.

K provádění prací vyplývajících z principu činnosti na povrchovém dole neboli lomu, se využívá celý komplex na sebe vzájemně navazujících zařízení. Tento uzavřený komplex se nazývá technologický celek. Klíčovou roli v sestavě technologického celku sehrávají velkostroje, a to zejména velkostroje nasazené na porubní frontě. Převážně jsou tyto velkostroje řešeny jako kolesová rýpadla různých typů, odlišného provedení a rozdílné výkonnosti.

Rozhodující část výrobních zdrojů v oblasti tepla a elektřiny z hnědého uhlí se blíží hranici ekonomické a fyzické životnosti. I přes některé ekologické aspekty využití uhlí není tato domácí surovina v horizontu uvažování státní energetické koncepce v plné míře nahraditelná, a to z bezpečnostního i ekonomického hlediska. Zejména proto musí být dalším cílem energetické politiky zajištění moderní vysoce účinné technologie jejího využívání. Spotřeba hnědého uhlí bude v dohledné budoucnosti se snižující se dostupností postupně klesat. Snižování podílu uhlí na výrobě elektřiny a tepla v ČR by mělo být v dlouhodobém horizontu plynulé a mělo by být provedeno takovým způsobem, aby se zbývající uhelné zásoby využívaly co nejefektivnějším a nejekologičtějším způsobem. V kontextu uvedených faktů lze dovodit, odpověď na úvodní otázku. Pokud máme efektivně využívat zbývající uhelné zdroje, je nutné zajistit optimalizaci těžební technologie v oblasti efektivity a spolehlivosti s příznivým dopadem na ekonomické náklady.

### 3 Cíle disertační práce

Primárním cílem disertační práce bude prostřednictvím provedených měření analyzovat průběh proměnlivého charakteru zatížení pohonu kola rýpadel typu KU 800 nasazených na Dolech Bílina. Měření bude koncipováno pro dvě varianty regulace vstupních otáček převodové skříně, a to jak s momentovou korekcí ve zpětné vazbě, tak s technologickým regulátorem ve zpětné vazbě.

Objasnění skutečných příčin havarijních stavů ovlivňujících nadlimitní axiální posuv plovoucích pastorků obou větví převodové skříně bude podkladem specifikace kritérií s dopadem na významné snížení rizika poruchových stavů při těžbě vyžadující využití výkonových parametrů velkstroje na horní hranici únosnosti.

Disertační práce bude zaměřena na hlavní témata problematiky:

- rozbor teorie možných příčin poruch způsobujících axiální posuv plovoucích pastorků v obou větvích převodové skříně
- vliv dílčích rekonstrukcí převodové skříně na eliminaci poruchových stavů
- analýza průběhu zatížení pohonu kola při regulaci otáček pohonu s momentovou korekcí ve zpětné vazbě a s technologickým regulátorem ve zpětné vazbě
- porovnání odchylek a stanovení úrovně významnosti výsledků obou způsobů měření
- specifikaci kritérií směřujících k významnému snížení rizika poruchových stavů při těžbě vyžadující využití výkonových parametrů velkstroje na horní hranici únosnosti

## 4 Pohony kola kolesových rýpadel

Pohon kola je z hlediska důležitosti jedním z nejsledovanějších uzlů kolesového rýpadla a jeho technické parametry významně ovlivňují těžební výkon samotného velkostroje. Pohon kola má velmi složitou charakteristiku zatížení, která je ovlivněna celou řadou faktorů. Mezi hlavní aspekty ovlivňující průběh zatížení se řadí těžba materiálů s různorodým spektrem geofyzikálních vlastností, způsob zvolené technologie dobývání, změna geometrie navolené třísky, periodická změna směru otáčení hlavní stavby ve vazbě na vrcholový úhel špičky kolesového výložníku, kondice řezných hran rypného orgánu a v neposlední řadě i konstrukční řešení pohonu kola.

Níže uvedený popis pohonů kola není podrobnou mapou výskytu pohonů na všech typech rýpadel a zejména pak těch historicky zastaralých, ale jde o přehled základních konstrukčních typů. Vzhledem ke znalosti místních poměrů se detailnější popis zaměřen převážně na typy pohonů kolesových rýpadel nasazených na Dolech Bílina.

Z principiální podstaty se každý pohon kola skládá z několika ze základních částí:

- motor
- spojka
- brzda
- převodová skříň
- táhlo záchyty reakce
- pojistné zařízení
- agregát oběhového mazání
- monitorovací diagnostický systém
- příslušenství – kryty, snímače, pochůzná lávky, ochrana proti nárazu

V souladu se specifikací konstrukčního uspořádání je možné pohony kola rozdělit na základní typy podle:

- typu hnacího motoru
  - elektromotor
  - hydromotor
- typu převodové skříně
  - s přímým ozubením
  - kuželočelní
  - planetová
  - pseudo planetová

- počtu pohonů
  - jednopohonový
  - dvoupohonový
  - vícepohonový
- způsobu přenosu kroutícího momentu
  - ozubeným věnce s pastorkem
  - přes hřídel kola
  - přes výstupní hřídel převodové skříně přímo na koleso
  - kombinovaný
- způsobu připojení převodové skříně
  - uložení v samostatném rámu mimo hřídel kola
  - drážková hřídel
  - svěrné spojení
  - spojení pomocí rozpěrných kroužků
  - přírubou se šroubovým spojem

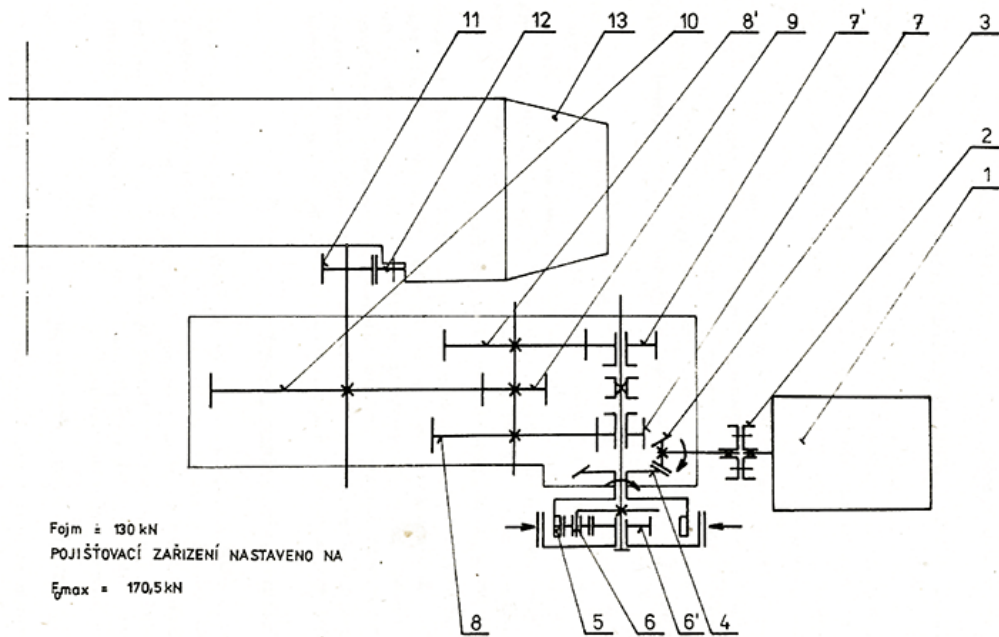
#### **4.1 Pohon kola přes pastorek a ozubený věnec**

U tohoto typu pohonu je přenos kroutícího momentu realizován letmo uloženým pastorkem převodové skříně, který zabírá do ozubeného věnce kola. Ozubený věnec je upevněn na vnitřním průměru obvodového prstence kola a převodová skříň s motorem jsou připojeny k samostatnému rámu, který tvoří odnímatelnou součást přilehlé části ocelové konstrukce kolesového výložníku. Koleso je pevně spojeno s hřídelí kola, která je na obou koncích uložena ve valivých ložiscích. Hřídel kola u tohoto typu pohonu žádný kroutící moment nepřenáší. Proti přetížení je pohon opatřen pojistnou lamelovou spojkou, umístěnou mezi motorem a vstupním pastorkem převodové skříně.

Předností pohonu je díky velkému převodovému poměru vysoký kroutící moment při poměrně nízké hmotnosti, jednoduchá montáž a demontáž a dobré možnosti pro ustavování souososti spojovaných hřídelí motoru a vstupu převodové skříně.

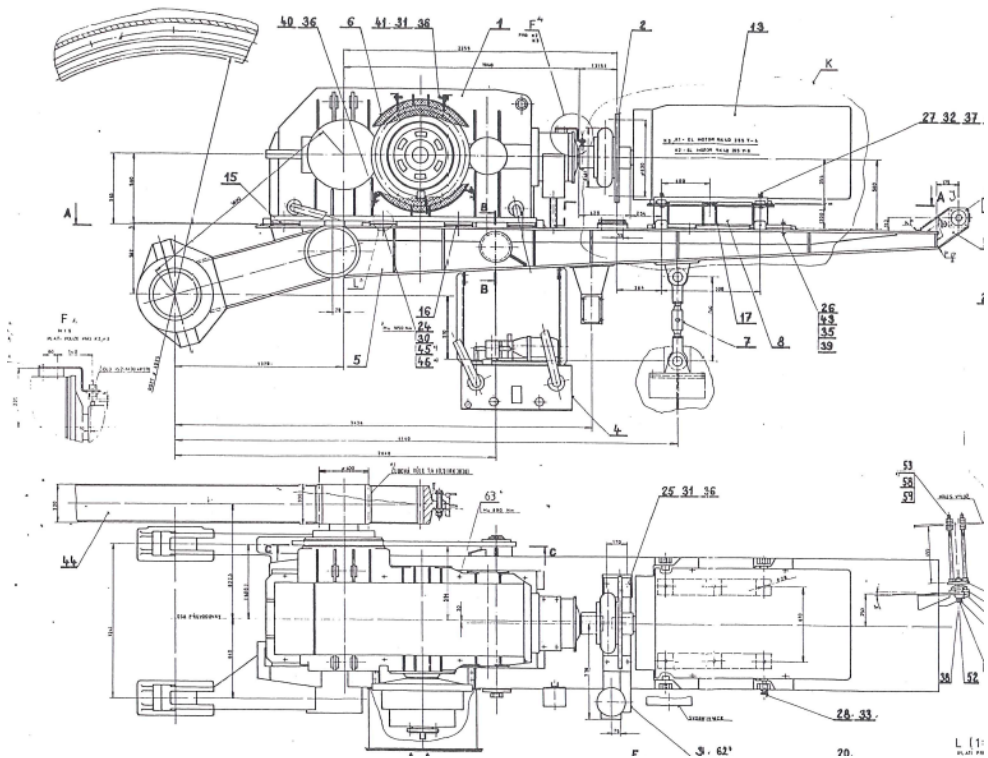
Významnou nevýhodou tohoto řešení je díky pružnosti ocelové konstrukce obtížná udržitelnost optimálně nastaveného zubového záběru výstupního pastorku převodové skříně do ozubeného věnce kola. Další podstatnou nevýhodou jsou omezené technické možnosti utěsnění otevřeného převodu. Nevyhnutelné vnikání nečistot v podobě abrazivních částic těžného materiálu na pracovní plochy ozubení vede ke zvýšené míře opotřebení. Tento typ pohonu se využívá například u velkostrojů K 300, K 1000 a K 800 u starších typů kolesových rýpadle řady KU 300.





Obr. 1 – Kinematické schéma pohonu kola rýpadla K 800 B

Na Dolech Bílina byl pohon kola ozubeným věncem využíván až do roku 2018 na velkostrojích řady KU 300.



Obr. 2 – Pohon kola ozubeným věncem rýpadla KU 300

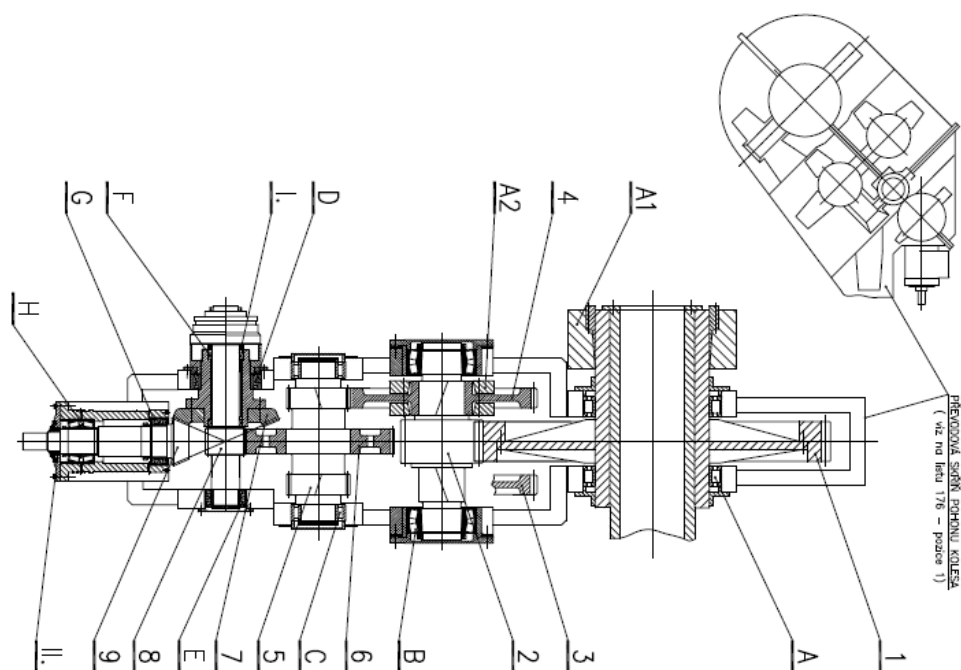
## 4.2 Pohon kola přes kolesovou hřídel

Postupný vývoj pohonů kola vzhledem k nedostatkům otevřeného převodu u pohonu kola ozubeným věncem vedl k novému uspořádání, které je koncipováno jako uzavřená převodová skříň nasunutá na hřídel kola. Spojení pro přenos kroutícího momentu může být realizováno několika způsoby. Jedná se o drážkovanou hřídel, spojení pomocí svěrných nebo rozpěrných kroužků, nebo pomocí příruby s pevnostním šroubovým spojem. U všech variant je koleso spojeno pevně s hřídelí kola, která je plně nositelem kroutícího momentu.

Pohon kola přes kolesovou hřídel může být řešen jako jednostranný, nebo oboustranný. Konstrukce převodové skříně se volí v závislosti na celkovém uspořádání špičky kolesového výložníku jako planetová, kuželočelní nebo, s přímým ozubením.

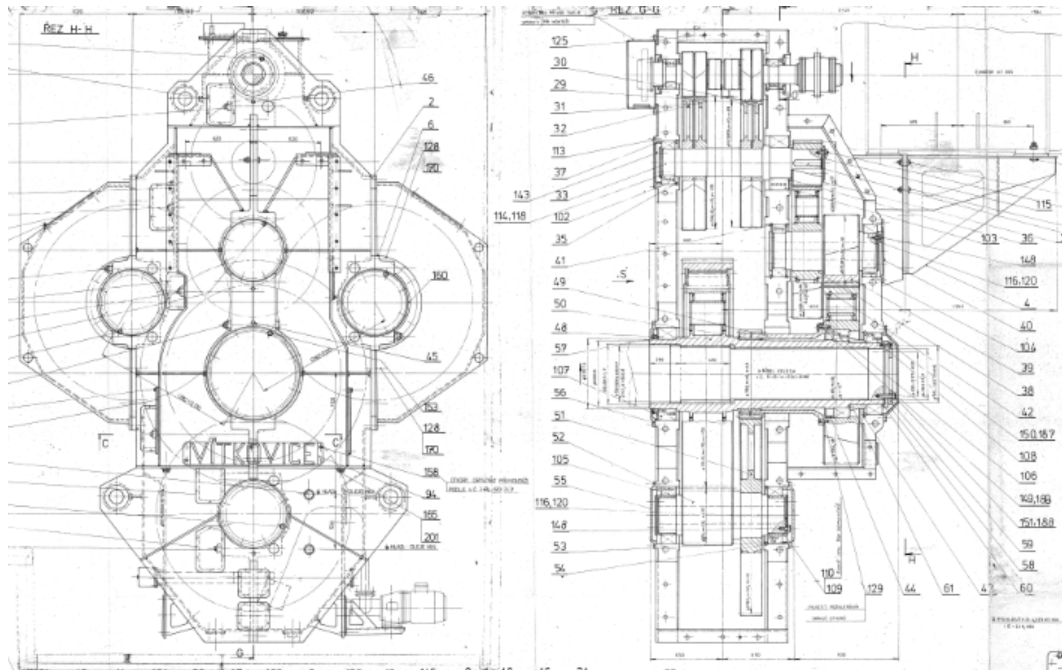
Typickým příkladem jednostranného pohonu přes kolesovou hřídel je modernizovaný pohon kolesového rýpadla řady KU 300. Kuželočelní převodová skříň s pojistnou lamelovou spojkou na první předlohové hřídeli je svou dutou výstupní hřídelí letmo nasunutá na hřídel kola a přenos kroutícího momentu zajišťuje třecí spoj prostřednictvím svěrného kroužku STÜWE.

Nikterak zásadní, ale přesto nevýhodou jednostranného pohonu jsou nerovnoměrně rozložené váhové poměry na špičce kolesového výložníku. Výroba pohonu je náročná na přesnost a montážní a demontážní práce jsou složitější než u předchozího typu pohonu. Vyvážením těchto nevýhod je spolehlivý provoz s poměrně nízkou náročností na údržbu.



Obr. 3 – Jednostranný pohon kola rýpadla KU 300

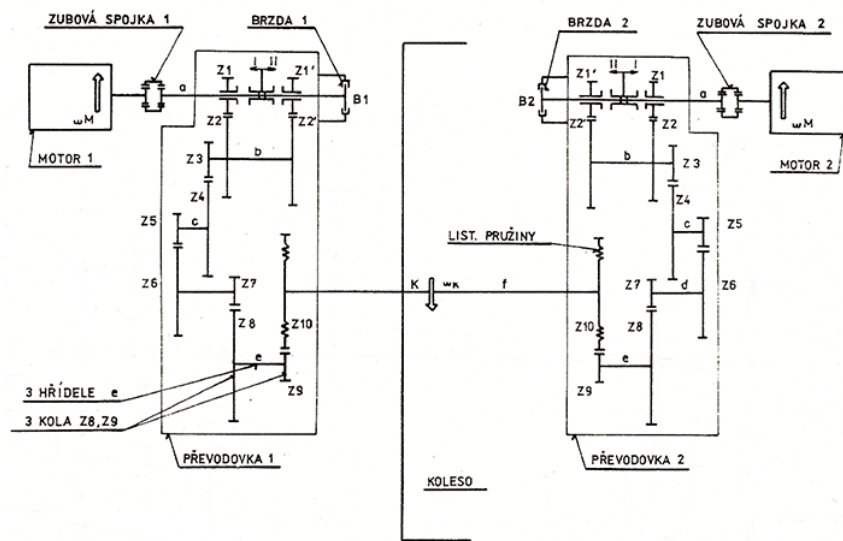
Varianta oboustranného pohonu přes hřídel kola je provozována na kolesovém rýpadle K 10 000, což je jeden z největších velkostrujů v ČR, nasazený na prvním skrývkovém řezu Dolů Bílina. Jedná se o dvě pseudo planetové převodové skříně, kde je každá z nich letmo uložená na volný konec kolesové hřídele přesahující vně uložení v ocelové konstrukci kolesového výložníku.



**Obr. 4 – Převodová skříň pohonu kola K 10 000**

Převodová skříň je řešena jako pětistupňová s jedním vstupem a jedním výstupem. Na čtvrtém stupni je tok kroutícího momentu rozdělen na tři větve pomocí satelitních kol, jejichž pastorkové hřídel společně zabírají do ozubeného věnce centrálního kola duté výstupní hřídele. Vnitřní obvod ozubeného věnce a vnější obvod náboje centrálního kola jsou opatřeny axiálními drážkami pro vložení pružných desek. Toto unikání řešení jednak zachycuje rázy při přenosu kroutícího momentu a současně dovoluje mírné radiální vychýlení ozubeného věnce, které je příznivé pro rovnoměrné rozložení toku kroutícího momentu mezi všechny tři zabírající pastorky satelitů čtvrtého stupně.

Koleso je upevněno na hřídeli kola pomocí šesti rozpěrných kroužků. Kroutící moment z převodové skříně na koleso přenáší drážkované spojení hřídele kola a duté výstupní hřídele převodové skříně.



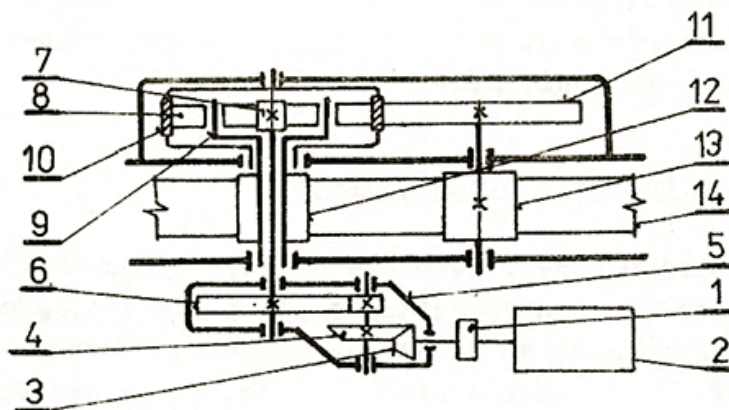
Obr. 5 – Kinematické schéma pohonu kola rýpadla K 10 000

U oboustranného pohonu je výhodou příznivé rozložení váhových poměrů na špičce kolesového výložníku mezi pravou a levou stranu.

### 4.3 Vícemotorové pohony

Pro pohon dobývacího orgánu kolesových rypadel na vyšší výkonnostní úrovni se používají ve většině případů vícemotorové pohony, které zajišťují dělený tok momentů.

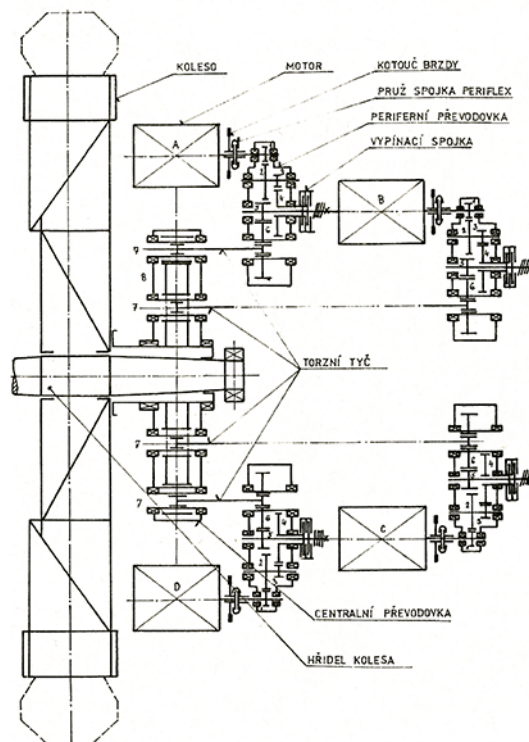
Jednou z možných variant, jak dělit tok momentů na více větví a více převodových stupňů je vícemotorový pohon s planetovým diferenciálem. Tento pohon má dva čelní převody a třetí je planetový. Planetové převody mají vyšší převodové poměry než čelní převody, ale velkou nevýhodou je značná složitost pohonu, která komplikuje vlastní výrobu a následnou údržbu.



Obr. 6 - Schéma dělení toku krotícího momentu planetovým diferenciálem

Po rekonstrukci původních pohonů rýpadel KU 800, které byly řešeny jako dvoupohonové, vzniklo provedení s centrální převodovou skříní se čtyřmi periferními pohony. Pohon kola je proveden jako vícemotorový, satelitní, s přenosem krouticího momentu na kolo pomocí kombinace třecího a šroubového spojení. Kolo a výstupní dutá hřídel jsou na hřideli kola upevněny pomocí rozpěrných kroužků a příruba duté výstupní hřídele je knáboji kola připojena prostřednictvím šroubového spoje. Každá periferní převodová skříň je řešena jako třístupňová, s přímým ozubením. Za účelem ochrany proti přetížení je druhá předlohová hřídel periferní převodovky opatřena pojistnou lamelovou spojkou. Tok krouticích momentů je z jednotlivých periferních pohonů předáván torzní drážkovanou hřídelí dutému pastorku zabírajícímu do ozubeného věnce centrálního kola duté výstupní hřídele převodové skříně.

Hřídel kola přenáší zhruba 25 % krouticího momentu od centrální převodové skříně pomocí svěrného spojení, zbytek je přenášen dutou hřídelí na přírubu kola.

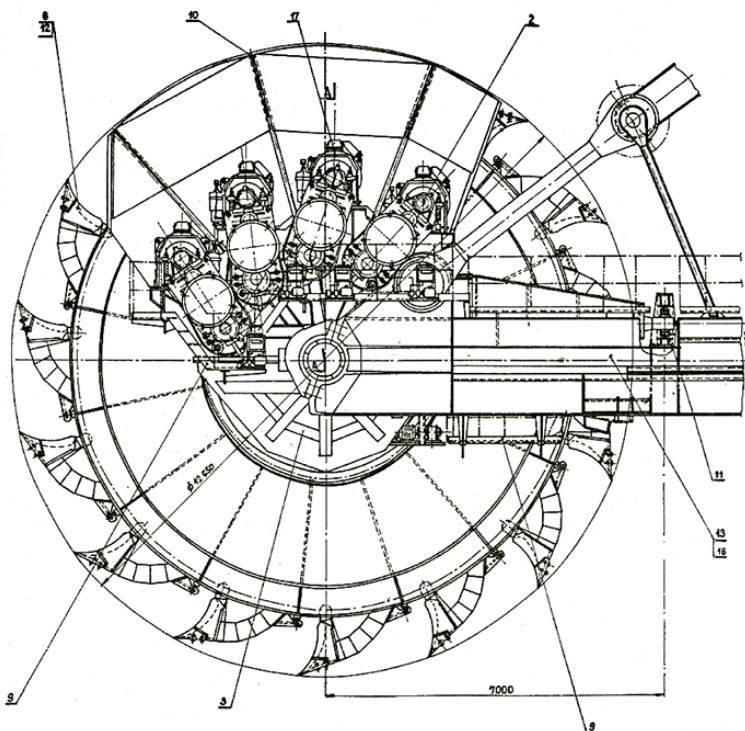


Obr. 7 – Kinematické schéma pohonu kola s periferními převodovkami na rýpadle KU 800

Tento pohon má prakticky dvě zásadní nevýhody. První je nevhodné rozmístění váhových poměrů. V důsledku velké hmotnosti pohonu dochází k většímu zatížení levé strany špičky kolesového výložníku. Další těžkostí jsou silové účinky rypného odporu ve spojení s nízkofrekvenčním kmitáním kolesového výložníku, které zatěžují kolesovou hřídel kombinovaným namáháním krutem a ohybem. Svěrné spojení duté výstupní hřídele a svěrné spojení náboje kola s hřídelí kola vytváří tuhý prvek, který brání rovnoměrnému rozložení průhybu hřídele kola. Při provozování tohoto typu pohonu v extrémně náročných těžebních podmínkách Dolů Bílina docházelo v důsledku těchto nedostatků k častým poruchám v podobě prasklé hřídele kola, nebo trhlin ocelové konstrukce náboje kola.

Přednosti jsou především v zástavbovém prostoru, neboť umožňuje ostrý vrcholový úhel špičky kolesového výložníku. Výhodou je menší hmotnost než u normálního jednomotorového pohonu se stejným výkonem.

Mezi další výhody pohonu patří možnost odpojení poškozené periferní převodové skříně vytažením torzní tyče ze záběru a dočasný provoz se sníženým výkonem na tři pohony. Tato operativa získává čas na přípravu opravy s minimální dopadem na ztráty jak z pohledu časového využití stroje, tak z pohledu úbytku množství vytěženého materiálu.



**Obr. 8 – Pohon kola KU 800 s periferními převodovými skříněmi**

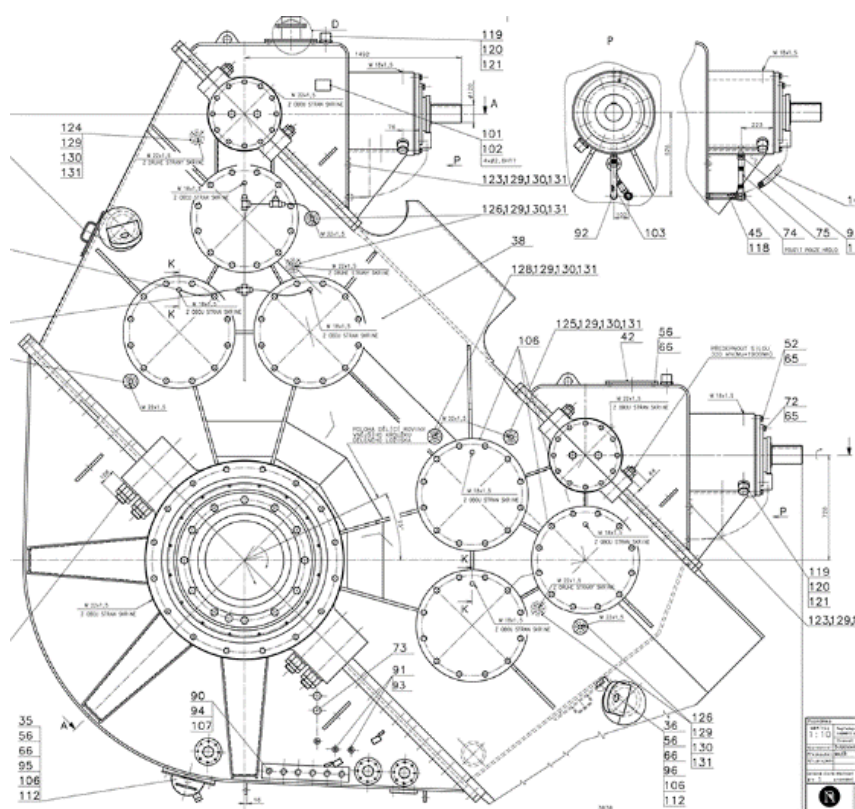


#### 4.4 Pohon kola přes výstupní hřídel převodové skříně přímo na koleso

Tento druh pohonu je použit strojů vyrobených v bývalé NDR - SRs 1300, SRs 1500, SRs 2000. Na Dolech Bílina tento typ pohonu využívají kolesová rýpadla řady KU 800 a koncepčně shodné, ale s větším výkonem kolesová rýpadla K 2000 a KK 1300.

Poslední rekonstrukce pohonů kola rypadel KU 800 nahradila centrální převodovou skříň a periferní převodovky, jednou převodovou skříň se dvěma kuželočelnými vstupy. Z posledního ozubeného kola se krouticí moment přenáší dutou hřídelí s přírubou, která je pomocí třecího šroubového spoje, nebo prostřednictvím lícovaných šroubů spojena s nábojem kola.

Nové technické řešení prošlo několika stupni vývoje. Základ převodové skříně zůstal stejný, ale k postupnému vylepšení došlo zejména v oblasti uložení vstupních kuželových pastorků a uložení duté výstupní hřídele převodové skříně na osu kola. Zcela nové je provedení ocelové konstrukce jednotěnového kola. Zásadní koncepční změna oproti předchozím verzím spočívá ve způsobu přenosu krouticího momentu.



Obr. 9 - Současné provedení převodové skříně kola rypadla KU 800

## Jištění pohonu kola proti přetížení

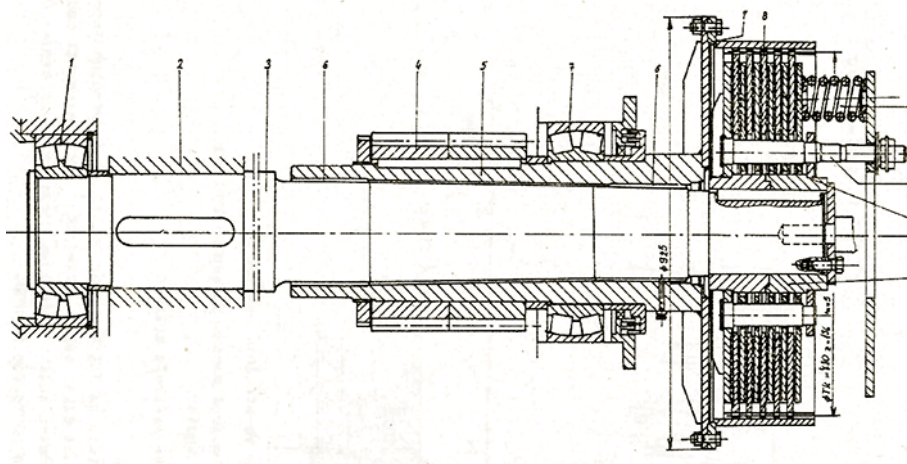
Jištění je potřebné pro ochranu pohonu kola před přetížením, zejména vzniklém po nárazu řezných hran korečků rotujícího kola na překážku v řezu. Omezení ve formě elektrického jištění, které chrání především motor, je nedostatečné, neboť kinetická energie obsažená v rotoru motoru a rychloběžných částech pohonu by vedla k destrukci nejen kontaktních částí rypného orgánu, ale měla by i negativní dopad na stav celého pohonu a ocelové konstrukce kolesového výložníku.

Vhodně zvolené pojistné zařízení musí mít schopnost při dosažení nastavené hodnoty kroutícího momentu okamžitě bez zpoždění odpojit podstatnou část kinetické energie rotujících součástí od hnacího momentu motoru.

Jako pojistné zařízení je možné použít:

- pojistné tenzometrické zařízení
- lamelové třecí spojky
- spojky se střižným kolíkem
- elektromagnetické práškové spojky
- planetový převod s brzdou
- odstředivé spojky
- hydraulické spojky
- spojky s pružinou tlačným válečkem do žlábků

Omezení přetížitelnosti nastavením frekvenčních měničů sice není typickým pojistným zařízením, ale standardně se využívá ve všech současně provozovaných pohonech kola



Obr. 10 - Pojistná lamelová třecí spojka



## 5 Současný stav řešené problematiky

Problematika analýzy průběhu provozního zatížení vstupních pastorků bude řešena konkrétně na převodové skříní pohonu kola rýpadla KU 800. Jedná se o kolesové, výsuvové rýpadlo o celkové hmotnosti 4 613 [t], uložené na kráčivém podvozku se systémem čtyř přímočarých hydromotorů. Rýpadlo je určeno k rypání, nakládání a přepravě všech hornin do 3. třídy rozpojitelnosti. Pro posouzení výkonnosti rýpadla slouží diagram závislosti teoretického výkonu na rypném odporu, kde maximální dosažitelná hodnota měrné rozpojovací síly  $F_{MR} = 120 \text{ [kN} \cdot \text{m}^{-1}]$  odpovídá teoretickému výkonu  $5\,500 \text{ [m}^3 \text{ s.z.} \cdot \text{h}^{-1}]$  s koeficientem přetížitelnosti pohonu kola  $\alpha = 2,25$ .



Obr. 11 – Kolesové rýpadlo KU 800

V rámci požadavků na intenzifikaci těžebních výkonů byla koncem devadesátých let minulého století navržena pro kolesová rýpadla KU 800 nová koncepce pohonu kola. Technické řešení je tvořeno zavěšenou převodovou skříní se dvěma kuželočelními vstupy, jedním výstupem a s dělením toku kroutícího momentu na čtyři pastorky, zabírajícími do ozubeného věnce centrálního kola duté výstupní hřídele, jejíž prodloužený náboj je ukončen pružnou membránou připojenou třecím šroubovým spojem k náboji kola.

Již v rámci ověřovacího provozu byla prokázána schopnost nového pohonu kola dosáhnout rypné síly v hodnotách téměř o 30 % přesahujících možnosti předchozích typů. Splnění tohoto kritéria modernizovaného pohonu zajistilo očekávaný nárůst těžebních objemů skrývkových hmot, což bylo hlavním cílem realizace intenzifikace.

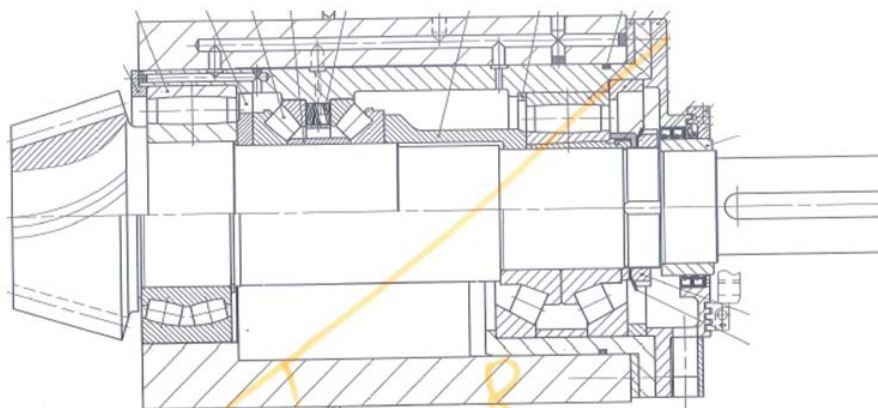
Přesto, že moderní nově navržený pohon splňoval výkonnostní požadavky, vykazovaly dílčí uzly vážnější nedostatky nevyhnutelně doprovázející novou vývojovou koncepci pohonu kola s dopadem na vznik poruch a havárií. Některé se podařilo úspěšně analyzovat a opravit, ale problematika skokového axiálního posuvu druhé předlohy hřídele způsobená ztrátou únosnosti svěrného spojení ozubeného kola třetího převodového stupně přetrvává dodnes.

Mezi vyřešené nedostatky inovované převodové skříně patří:

- porucha uložení vstupních pastorků
- poruchovost pojistné spojky
- degradace olejové náplně vlivem vnikání nečistot
- nespolehlivost agregátu oběhového mazání

Původní varianta uspořádání uložení vstupního pastorku nebyla dostatečně dimenzovaná. Hřídel vstupního pastorku u ozubení byla uložena ve dvouřadém soudečkovém ložisku 22 336 CC/W33, které zachycovalo především síly působící od ozubeného převodu v radiálním směru a v zadní části se jednalo o kuželové axiální spárované ložisko 31 330 XJ2/DF pro zachycení osových sil pastorku v obou směrech. Axiální ložiska byla uložena v samostatném domku. Celá sestava byla nasunuta do vstupního krku, který tvořil součást víka převodové skříně. Ložiska nedosahovala očekávané životnosti a téměř pravidelně po cca šesti měsících provozu zhavarovala. Dalším zásadním problémem byly otlaky od vnějšího kroužku dvouřadého soudečkového ložiska ve vnitřní dosedací ploše krku. Tyto otlaky byly velmi obtížně opravitelné.

V rámci naléhavosti řešení tohoto problému došlo k rekonstrukci uložení vstupů. Nová verze měla pastorek na obou koncích uložen pro zachycení radiálních sil v toroidních ložiscích, CARB C 3236 u ozubení a C 3232K na straně u spojky. Osově zatížení nesla dvojice soudečkových axiálních ložisek 29 334E, uložených ve střední části hřídele. Vnější kroužky obou axiálních ložisek byly rozepřeny pomocí tlačných pružin umístěných ve vnitřním osazení tubusu. Velkým přínosem tohoto řešení byl samostatný tubus pro uložení všech ložisek pastorku. Kompletní sestava s tubusem byla nasunuta opět do vstupního krku. K otlakům od vnějšího kroužku ložiska opět docházelo, ale vzhledem ke snadno demontovatelnému tubusu byla možná vcelku snadná oprava dosedacích ložiskových ploch. Ložiska typu CARB se ukázala pro tuto aplikaci nevhodná a nově navržená sestava uložení byla z pohledu složitosti uspořádání velmi náchylná na sebemenší montážní nedostatky. Hlavní cíl rekonstrukce směřující ke zvýšení životnosti nebyl naplněn, ba naopak. Životnost tohoto systému uložení vstupních pastorků klesla ještě pod úroveň šesti měsíců.

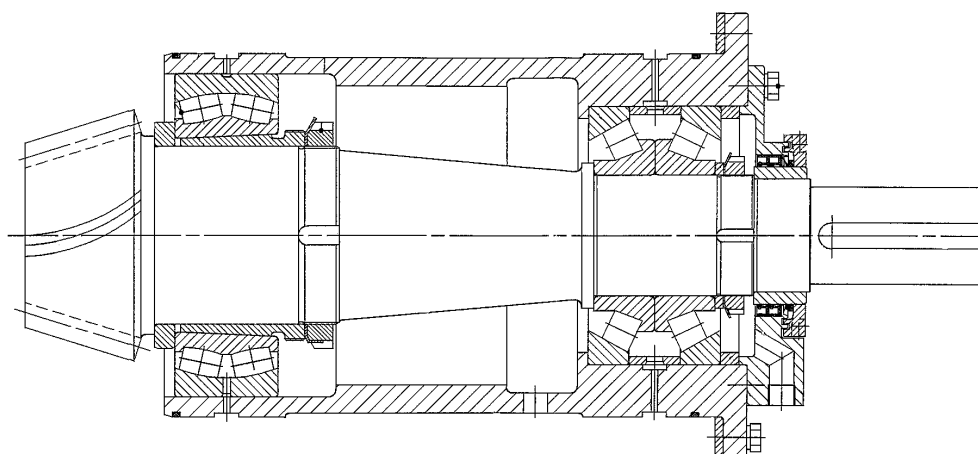


**Obr. 12 – Původní varianty uložení vstupního pastorku**

Neutěšený stav vyvolal potřebu hledání spolehlivého konstrukčního návrhu a jeho zavedení do skutečného provozu. Výsledné technické řešení bylo odrazem všech nabytých provozních zkušeností a jeho realizace ve výsledku přinesla očekávané zvýšení životnosti bez vzniku nahodilých nepředvídatelných havárií.

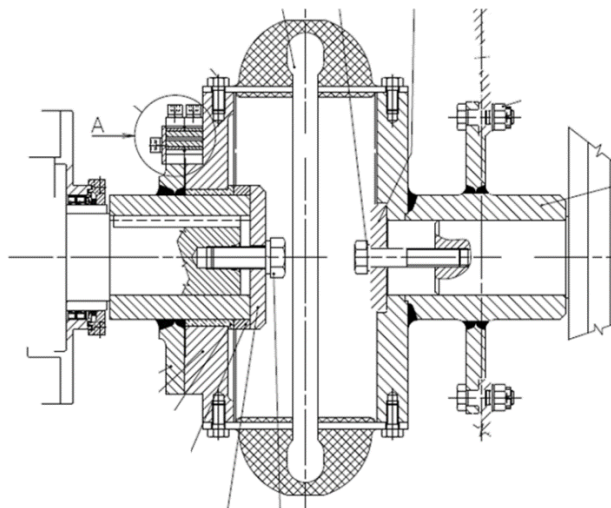
Nové řešení disponuje zesílenou hřídelí vstupního pastorku za kuželovým ozubením, která je uložena ve dvouřadém soudečkovém ložisku 23 148 CCK s vyšší únosností, než tomu byly u předchozích verzí. Na straně spojky je pro zachycení axiálních sil v obou směrech umístěno spárované axiální ložiseko 31 330 XJ2/DF. V prostoru těchto ložisek je vylepšený systém odtoku zbytkového oleje pro snížení valivého odporu a lepší odvod tepla.

Celková životnost se v závislosti na těžebních podmínkách pohybuje na úrovni čtyř a pěti let, takže se tento uzel dá považovat za vyřešený.



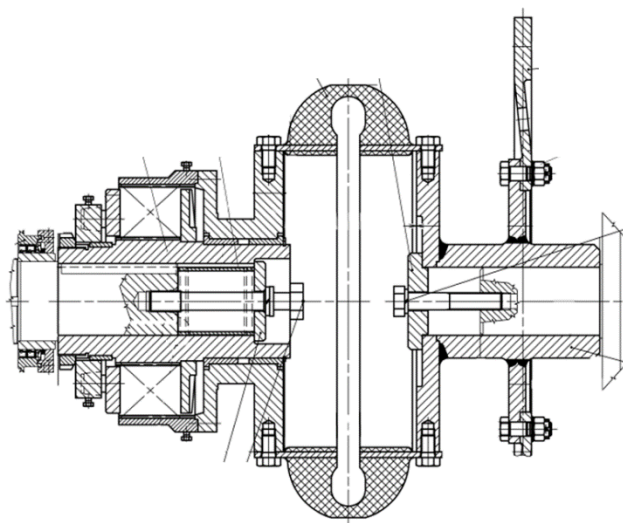
**Obr. 13 - Uložení vstupního pastorku varianta č.3 – současná**

Další problematickou částí byla pojistní spojka. Jako první byla instalována pojistná spojka se střížným kolíkem, která je pro tento typ pohonu naprosto nevhodná. Výroba spojky je velice náročná na kvalitu materiálu a při přestřížení kolíku je opětovné uvedení do provozu časově náročné.



**Obr. 14 – Pojistná spojka se střížným kolíkem**

Provedení se střížným kolíkem záhy nahradila pojistná lamelová spojky s přítlakem vyvozeným na lamely pomocí talířových pružin. V případě prokluzu spojky došlo k zastavení pohonu kola s možností opětovného najetí, na rozdíl od předchozího typu bez zásahu údržby. Značnou nevýhodou spojky s pevně nastaveným přítlakem je nestabilita nastavení hraniční hodnoty momentu prokluzu. Při opotřebení vodícího kluzného pouzdra mezi hnanou a hnací částí spojky vznikne jejich nesouosost znemožňující řádné ustavení pohonu v rámci souososti hřídele motoru a vstupní hřídele převodové skříně.



**Obr. 15 – Pojistná třecí lamelová spojka**

Poslední, doposud nasazenou variantou, která splňuje veškeré nároky na spolehlivý provoz těžby v náročných geologických podmínkách Dolů Bílina je pojistná lamelová spojka s hydraulickým přítlakem. Podrobný popis spojky je uveden v kapitole „**Technický popis převodové skříně pohonu kola rýpadla KU800**“. Instalací této varianty pojistné spojky došlo k vyřešení dalšího z problémů nového pohonu kola.

Ztráta čistoty oleje byla v průběhu provozu vyřešena jednak instalací sofistikovaného krytu labyrintu výstupní hřídele převodové skříně, který je spolehlivou ochranou před kontaktem se spadáním těžným materiálem a změnou konstrukce vzdušníku umístěného na víku nahlížecího otvoru uložení horního vstupu. Vylepšená konstrukce nového vzdušníku odolává zvýšené míře vibrací pohonu.

Agregát oběhového mazání rovněž prodělal změny ve prospěch spolehlivosti. Zastaralé typy volně upevněných čerpadel nahradila moderní přírubová čerpadla s konstrukčně definovanou souosostí. Modernizován byl systém snímání průtoku oleje s cílem zamezit možnosti tvorby chybového signálu o ztrátě průtoku. I tento uzel je v současné době vyřešen k provozní spokojenosti.

Vážným problémem stávajícího pohonu je porucha vyznačující se skokovou změnou axiální polohy druhé předlohy hřídele, která je způsobena protočením svěrného spojení ozubeného kola třetího převodového stupně. K takovým poruchám dochází v případech, kdy se kolesové rýpadlo pohybuje delší časový interval v extrémně složitých podmínkách.

Nejsložitější podmínky jsou v severní části lomu, která je budována velmi heterogenním systémem složeným z vrstev silně prachovitých a písčitých jíílů, proložených symsedimentárně deformovanými písčitymi deltoými tělesy, místy mineralizovanými do formy pískovce minerálem dolomitem. V místě zpevnění pískovce dosahují pevnosti skalních hornin (pevnost v prostém tlaku kolem 40 - 120 MPa) a metroých mocností a jejich těžba kontinuálními technologií je vyloučena. Těžba v takových polohách je odhadnutelná, velkostroj je odstaven a k vytěžení proplátek se využívá pomocná mechanizace v podobě hydraulických lopatových rýpadel a dozerů. Odlišná situace je při těžbě velmi tvrdých poloh s výskytem nahodile uložených pískovcových útvarů, které jsou nepředvídatelné. V takovém případě může opakovaně nastat situace, kdy koreček kola narazí do tělesa z velmi pevného materiálu, který je z pohledu technických parametrů rypného orgánu mimo dosah rozpojitelnosti. Následně dojde k náhlému zastavení celého rypného orgánu. Značně vysoká hodnota setrvačné energie rotujících součástí pohonu v mžiku nabývá nulové hodnoty. Důsledkem je ráz, přetěžující aktivní části korečků, ocelovou konstrukci kola a kolesového výložníku, ale především všechny konstrukční prvky převodového ústrojí pohonu.

V průběhu kritického zatížení dochází ke vzniku stochastických jevů v oblasti silového působení jednotlivých ozubených převodů s dopadem na vznik závažných poruch a na celkové snížení živostnosti určitých částí převodové skříně.

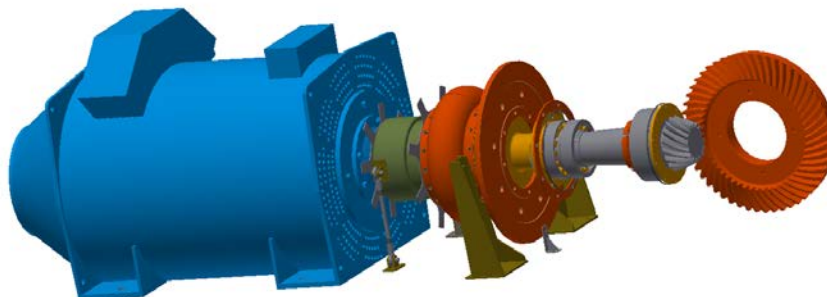
## 6 Technický popis převodové skříně pohonu kola rýpadla KU 800

### 6.1 Základní technické údaje

1. krouticí moment jmenovitý	$M_k = 2\,504\,000$	[Nm]
2. Výkon	$P = 2 \times 800 = 1600$	[kW]
3. okamžité přetížení	$\alpha = 2,25$	[-]
4. převod	$i = 180,65$	[-]
5. otáčky hnacího hřídele	$n_1 = 992$	[min <sup>-1</sup> ]
6. otáčky hnaného hřídele	$n_2 = 5,49$	[min <sup>-1</sup> ]
7. provozní množství oleje	1 400	[l]
8. hmotnost	65 260	[kg]
9. Viskozita oleje ISO VG	100	[mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> /40°C]

### 6.2 Technický popis

Pohon kola rýpadla KU 800 je tvořen převodovou skříní se dvěma kuželočelními vstupy a jednou výstupní hřídelí nasazenou na ose kola připojenou přes pružnou membránu k náboji kola. Každý ze vstupů je poháněn asynchronním motorem s kotvou nakrátko, napájeným frekvenčním měničem s možností regulace otáček v rozsahu od 50% do 120% otáček jmenovitých. Frekvenční měnič s ohledem na okamžité zatížení reguluje rovnoměrné rozložení krouticích momentů mezi horní a spodní pohon převodovky. Krouticí moment z motoru na vstupní pastorek převodovky přenáší sestava složená z pojistné lamelové třecí spojky s hydraulickým přtlakem, pružné spojky OMEGA a brzdovým kotoučem pro hydraulicky ovládané brzdové třmeny Svendborg řady 200. Spolu s lamelovou spojkou je pohon kola proti přetížení chráněn pojistným tenzometrickým zařízením.

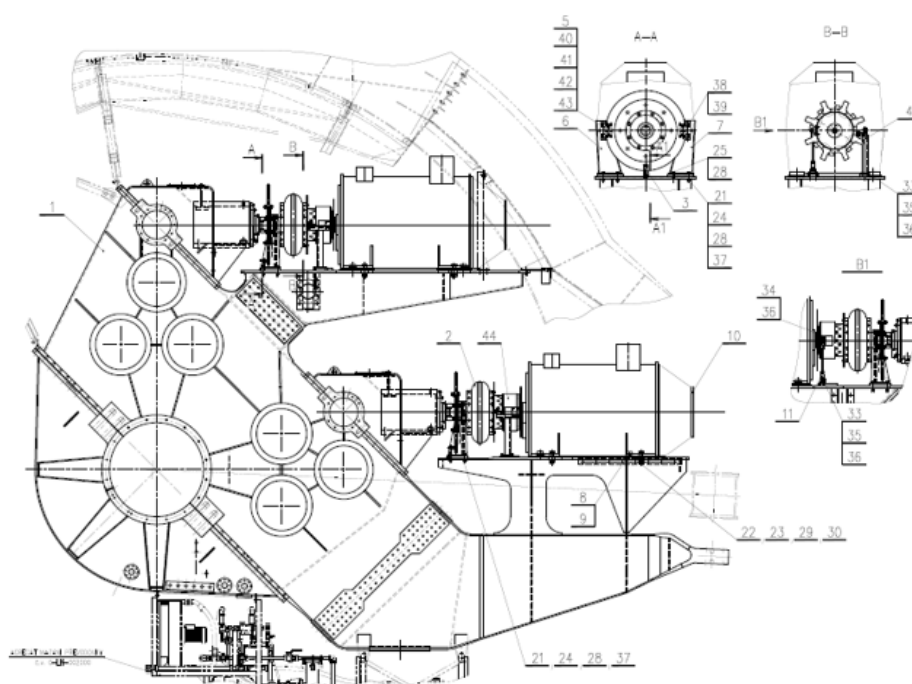


Obr. 16 - 3D model pohonné jednotky vstupu převodové skříně

Vybrané části pohonu jsou monitorovány a naměřené údaje autonomní systém informativně přenáší do řídicího systému rýpadla a plnohodnotně do sledovacího diagnostického systému mimo rýpadlo.

Mazání převodovky je oběhové. Všechny rotující části pohonu kola jsou chráněny kryty, konstruovanými v souladu s ČSN EN 953+A1 a ČSN EN ISO 13857. Celý pohon kola je chráněn proti přepadávajícím kusům těžného materiálu krytem, umístěným mezi koleso a převodovku.

Převodová skříň pohonu kola je složena ze středního dílu, spodního víka skříně, dvou horních vík pro uložení vstupních kuželových pastorků, dvou převodových větví, výstupní hřídele, nosníku pro záchyt reakce a dvou konzol pro upevnění hnacích elektromotorů.



Obr. 17 - Pohon kola KU 800

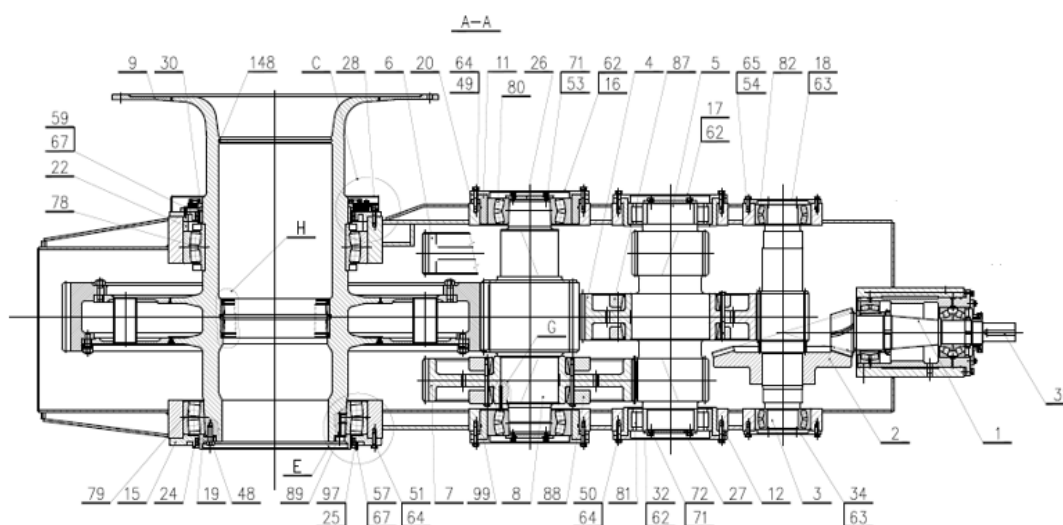
Všechna ozubení čelních převodů jsou cementovaná, kalená a broušená. Ozubení kuželového převodu je rovněž cementované a kalené, obráběné metodou Klingelberg HPG.

Každá převodová větev je složena z jednoho kuželového stupně a třech čelních stupňů s dělením toku výkonu na třetím stupni. Vstupní kuželový pastorek je uložen ve dvouřadém soudečkovém ložisku, které zachycuje radiální síly a ve dvou spárovaných kuželíkových ložiscích pro zachycení axiální síly v obou směrech. Druhý stupeň tvoří čelní soukolí s přímým ozubením. Pastorek je uložen ve dvouřadých soudečkových ložiscích. Kolo druhého převodového stupně je uchyceno na pastorkovou hřídel pomocí svěrného spojení. Na třetím převodovém stupni dochází



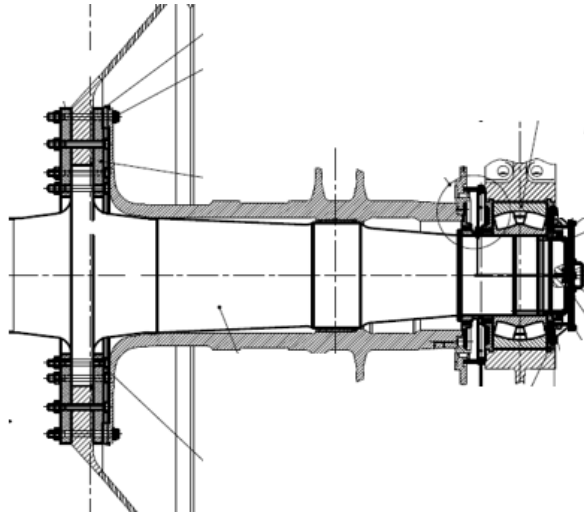
k dělení toku výkonu do dvou větví pomocí plovoucího pastorku s dvojitým šikmým (ve výsledku šípovým) ozubením.

Pastorková hřídel je uložena prostřednictvím válečkových ložisek. Ozubená kola třetího stupně jsou opatřena šikmým ozubením, které tvoří ve své dvojici šíp a každé z nich je uloženo na vlastní pastorkové hřídeli. Kolo je na hřídeli upevněno pomocí svěrného spojení, které se dotahuje při montáži, po ustavení předepsané axiální polohy plovoucího pastorku. Pastorkové hřídele každého kola třetího převodového stupně jsou uloženy ve dvouřadých soudečkových ložiscích s kuželovou dírou. Ozubení pastorků je přímé. Oba pastorky zabírají do ozubení věnce výstupní hřídele a tím dochází na čtvrtém stupni ke spojení toku výkonu.



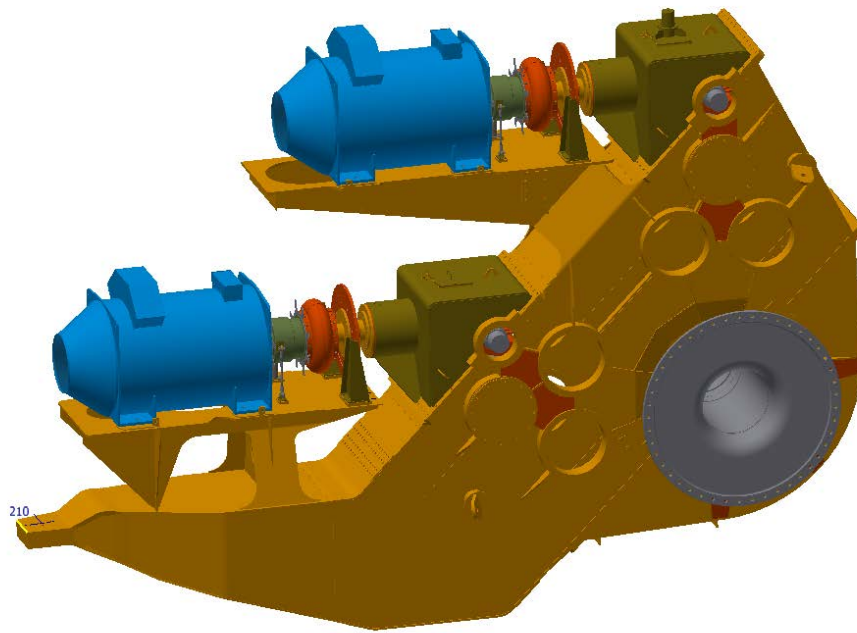
Obr. 18 – Řez převodové skříně pohonu kola KU 800

Přenos krouticího momentu z ozubeného věnce výstupní hřídele na rozetu je zajištěn pomocí lícovaných šroubů. Rozeta je přivařena k duté výstupní hřídeli, která je na pravém čele opatřena přivařenou pružnou membránou, zajišťující připojení ke kolesu za účelem přenosu výstupního krouticího momentu. V duté hřídeli je nalisované, zajištěné a utěsněné tvrzené pouzdro, za které je převodová skříň nasazena na osu kolesa. Tvar kontaktní plochy pouzdra umožňuje průhyb osy kolesa, a to bez následného ovlivňování náklonu samotné převodovky. Výstupní hřídel je na straně mezi ozubeným věncem a pružnou membránou uložena v děleném valivém válečkovém ložisku a na straně druhé v neděleném válečkovém ložisku. Obě ložiska jsou utěsněna labyrintem k zamezení vnikání prachových nečistot do vnitřku převodové skříně a speciálně uspořádaným těsněním pro rotační prvky k zamezení úniku oleje z převodové skříně ven.

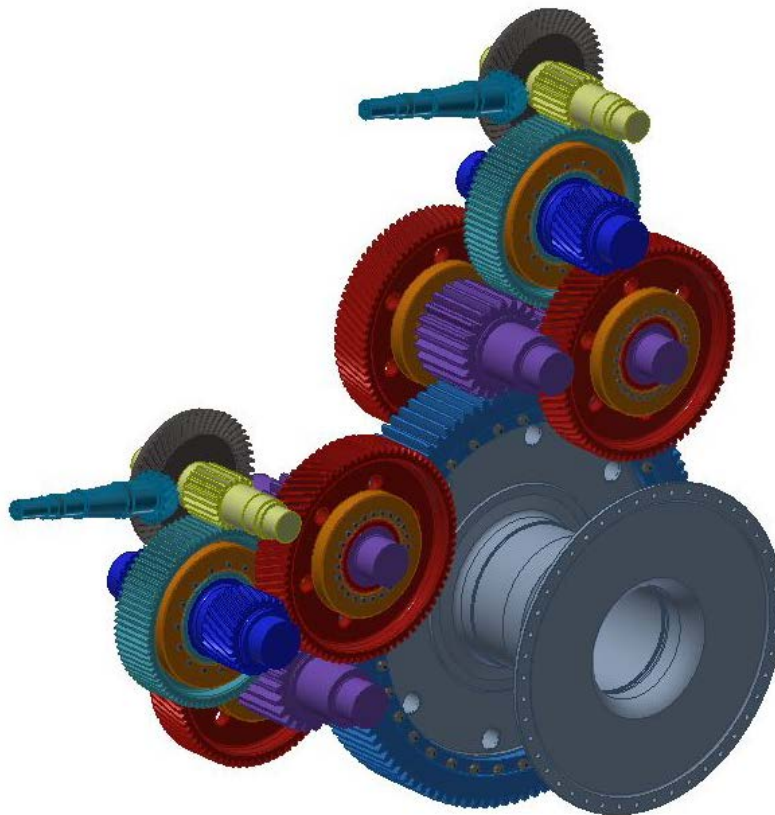


**Obr. 19 - Uložení výstupní hřídele převodové skříně na ose kola**

Ve středním dílu převodové skříně je uložení pro pastorkové hřídele třetího a čtvrtého převodového stupně. Pastorková hřídel druhého převodového stupně je uložena v dělicí rovině mezi středním dílem a víkem pro uložení kuželového vstupního pastorku. Výstupní hřídel je uložena v dělicí rovině mezi středním dílem a spodním víkem. K zadní stěně středního dílu je připojeno rameno záchyty reakce pomocí třecího šroubového spoje. Konec ramene záchyty je připojen do ocelové konstrukce kolesového výložníku přes odpružení, tvořené soustavou diskových pryžových pružin, které tlumí reakci krouticího momentu výstupní hřídele převodovky pohonu kola v obou směrech. Spodní víko slouží jako olejová nádrž. Za účelem provozování převodové skříně pohonu kola při nízkých teplotách disponuje spodní víko sadou topných těles. Převodová skříň je opatřena vzdušníkem a sadou nahlížecích otvorů.



Obr. 20 – 3D model převodové skříně pohonu kola KU 800



Obr. 21 – 3D model uspořádání ozubení převodové skříně pohonu kola KU 800

### 6.3 Mazání převodovky

Mazání převodové skříně pohonu kola je oběhové s olejovou náplní ve skříně a skládá se ze tří samostatných mazacích okruhů a jednoho pomocného okruhu pro chlazení a filtraci oleje. Kompletní mazací agregát je zavěšený pod převodovou skříní a přístupný prostřednictvím sestavy pochůzných lávek a žebříků.

Prvním mazacím okruhem je mazaná celá skříň vyjma vstupů. Tento okruh tvoří přírubové čerpadlo o výkonu  $186 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$  poháněné elektromotorem, které dodává olej do mazacího vedení převodové skříně. Výstupy mazacího okruhu jsou vyvedeny k ložiskům a kontaktním plochám ozubení jednotlivých převodových stupňů.

Druhý a třetí mazací okruh tvoří dva prvkově shodné obvody, každý pro mazání jednoho vstupu. Každý tento mazací okruh má své přírubové čerpadlo o výkonu  $31 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$  poháněné elektromotorem. Samostatné výtlaky vedou každý k jednomu vstupnímu pastorku, kde se pomocí škrťících ventilů rozdělí tok na dvě větve. Jedna větev slouží k mazání ložisek uložených vstupního kuželového pastorku a vyústění druhé větve rozstříkuje olej na ozubení kuželočelního převodu.

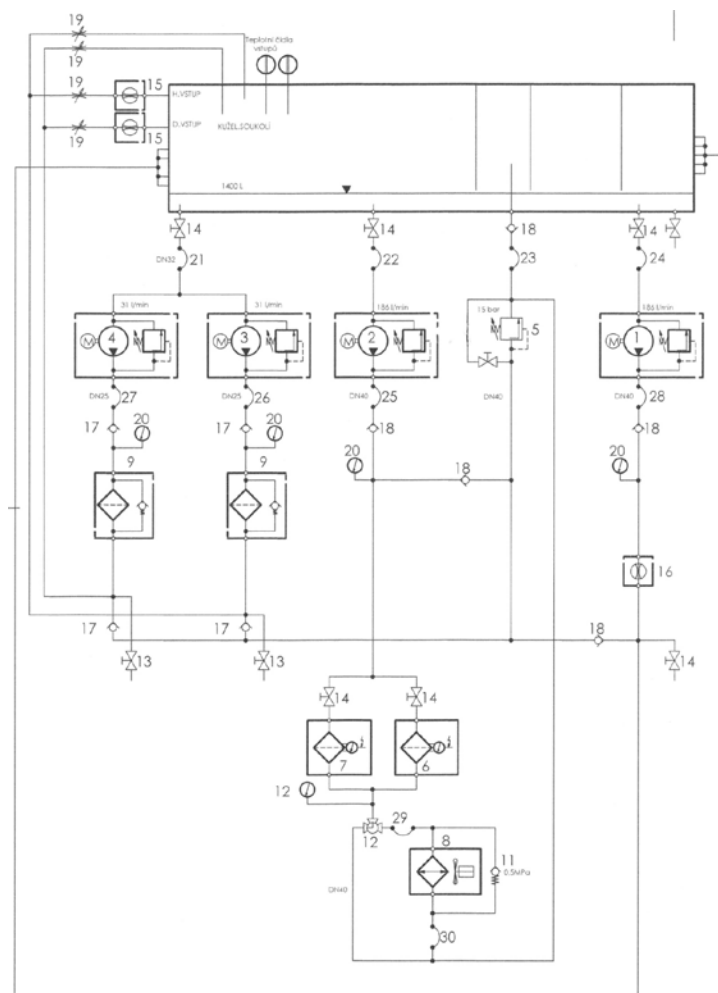
Okruh filtrace a chlazení je samostatný bez vazby na dodávku oleje k mazacím místům. Přírubové čerpadlo o výkonu  $186 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$  poháněné elektromotorem tlačí olej do chladiče vybaveného vlastním ventilátorem poháněným elektromotorem. Ventilátor je spínán automaticky, na základě velikosti teploty oleje. V okruhu jsou paralelně zabudovány dva filtry HY-PRO s vyměnitelnými filtračními vložkami hrubosti  $50 \text{ [}\mu\text{m}]$ . Filtry jsou vybaveny diferenciálním snímačem pro vyhodnocení rozdílu tlaku před a za filtrem. Za filtry je v okruhu zabudován ručně ovládaný trojcestný kulový kohout, jímž se olej pouští buďto přes chladič, nebo mimo chladič. Chladič je chráněn proti přetlaku paralelně připojeným zpětným ventilem

Okruhy všech čtyř čerpadel jsou proti vzrůstu tlaku nad přípustnou úroveň chráněny jedním společným pojišťovacím ventilem. Sání všech čerpadel je osazeno hrubým filtrem.

Dostatečné množství oleje v každém ze tří mazacích obvodů indikuje průtokový snímač typu SF5200, který pracuje na principu snímání otáček oběhového kola umístěného v tělese průtokoměru a hnaného proudícím olejem. Každý z průtokových snímačů je vybaven seřiditelnou vyhodnocovací jednotkou a elektronickým displejem zobrazujícím hodnotu průtoku v  $[\text{l}\cdot\text{min}^{-1}]$ . Průtokové snímače v obvodu vstupních pastorků jsou nastaveny tak, aby signalizovaly snížení dodávky oleje pod hodnotu cca  $10 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$ , v obvodu pro mazání převodovky na hodnotu pod cca  $115 \text{ [l}\cdot\text{min}^{-1}]$ .

Maximální a minimální hladinu oleje lze kontrolovatelně pomocí olejoznaků a hladinových šroubů ve vodorovné poloze kolesového výložníku.

Rozvody mazání jsou vedeny na vnější části pláště převodovky tak, aby nepřesahovaly jeho půdorysný profil a jsou upevněné v plastových rozebíratelných příchýtkách.



Obr. 22 – Schéma mazání převodové skříně

## 6.4 Pojistná zařízení

Základním principem pojistných zařízení je rozpojení toku kroutícího momentu při dosažení limitních hodnot zatížení pohonu kola v souladu se zachováním stability horní stavby velkostroje. Odpojení podstatné části kinetické energie rotujících součástí od hnacího momentu motoru se děje okamžitě a bez zpoždění. Převodová skříně pohonu kola je chráněna proti přetížení jednak pojistnou lamelovou spojkou a zároveň pojistným tenzometrickým zařízením.

#### **6.4.1 Pojistné tenzometrické zařízení**

Pojistné tenzometrické zařízení je řešeno jako tenzometr, který snímá poměrnou deformaci ocelové konstrukce spodní pásnice krabicového nosníku ramene záchyty reakce převodovky pohonu kola. Jedná se o zařízení typu USSD firmy DAP Centrum Brno, vyhodnocující okamžitý stav zatížení kola. Signál pro vypnutí pohonu kola je nastaven na hodnotu odpovídající 850 [kN] obvodové síly kola. Pro zamezení vypínání spojky kola vlivem extrémních mžikových kmitů soustavy je do signálu pojistného tenzometrického zařízení vřazeno po dosažení mezní hodnoty, určité časové zpoždění.

#### **6.4.2 Pojistná lamelová spojka**

Oba pohony převodové skříně jsou opářeny pojistnou lamelovou spojkou BSD, typ 7600-400-001 REXNORD. Jedná se o třecí výsuvnou spojku s radiálním přívodem tlakového oleje, který je vyvozen externím speciálním hydraulickým agregátem. Požadovaná přitlačná síla na třecí lamely je vytvářena pomocí tlaku oleje na pracovní plochu pístu. Velikost přitlačné síly je dána velikostí tlaku a je možné ji měnit pomocí regulačního tlakového ventilu v hydraulickém obvodu. Tento způsob řešení zajišťuje ustálenou hodnotu nastaveného momentu při opakovaném prokluzu a zároveň při postupném opotřebování lamel.

Tlakové připojení se nachází ve statorové části spojky, zajištěné proti pootočení reakční podpěrou. Podpěra je namontována bez napětí, aby chránila radiálně axiální kuličková ložiska před poškozením. Axiální sílu na svazek lamel na jedné straně zachycuje pojistný kroužek a na druhé straně koncová deska. Kroutící moment mezi hnací a hnanou částí spojky přenáší pomocí třecí síly lamely přes vnější a vnitřní ozubení. Tlačné vinuté pružiny zajišťují bezproblémový chod spojky naprázdno. Maznice pro mazání radiálně axiálních kuličkových ložisek a odvětrávací filtr jsou umístěny na obvodu statorové části spojky. Pohyb mezi hnací a hnanou částí spojky v případě proklouznutí zajišťují dvě kuličková ložiska.

Spojky jsou nastaveny tak, aby přenášely maximální kroutící moment odpovídající 900 [kN] obvodové síly kola. Prokluz lamel kontrolují indukční snímače otáček na hnané a hnací části spojky. K vyhodnocení prokluzu dojde při rozdílu otáček větším než 10 % a trvajícím déle než 0,4 sekundy.

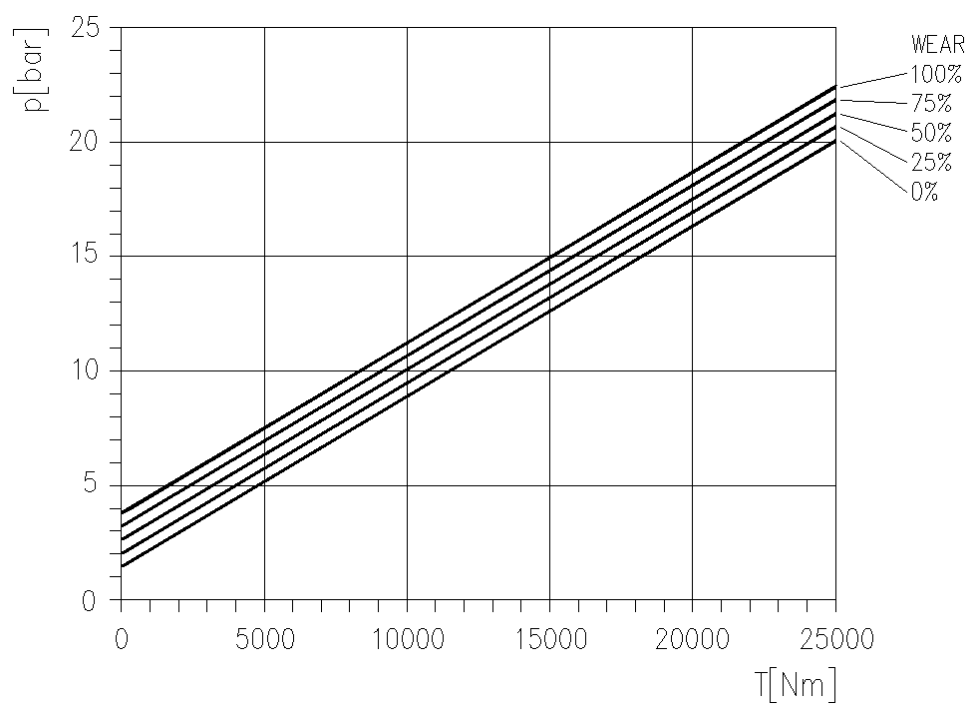
K rozpojení spojky dochází uvolněním tlaku oleje v případě, že řídicí systém vyhodnotí naměřenou frekvenci otáček hnané a hnací části spojky jako rozdíl odpovídající prokluzu ve spojce, nebo v případě, že pojistný tenzometrický systém dosáhne hodnot odpovídajících 850 [kN] obvodové síly kola.

Při zapůsobení pojistných lamelových spojek dojde k rozpojení hnané a hnací části pohonu kola. Hnaná část (převodová skříně) je pomocí brzd zastavena okamžitě, hnací část (elektromotor) se vlivem setrvačnosti točí ještě cca patnáct a ž dvacet sekund. Z tohoto důvodu je další spuštění pohonu kola možné až po úplném

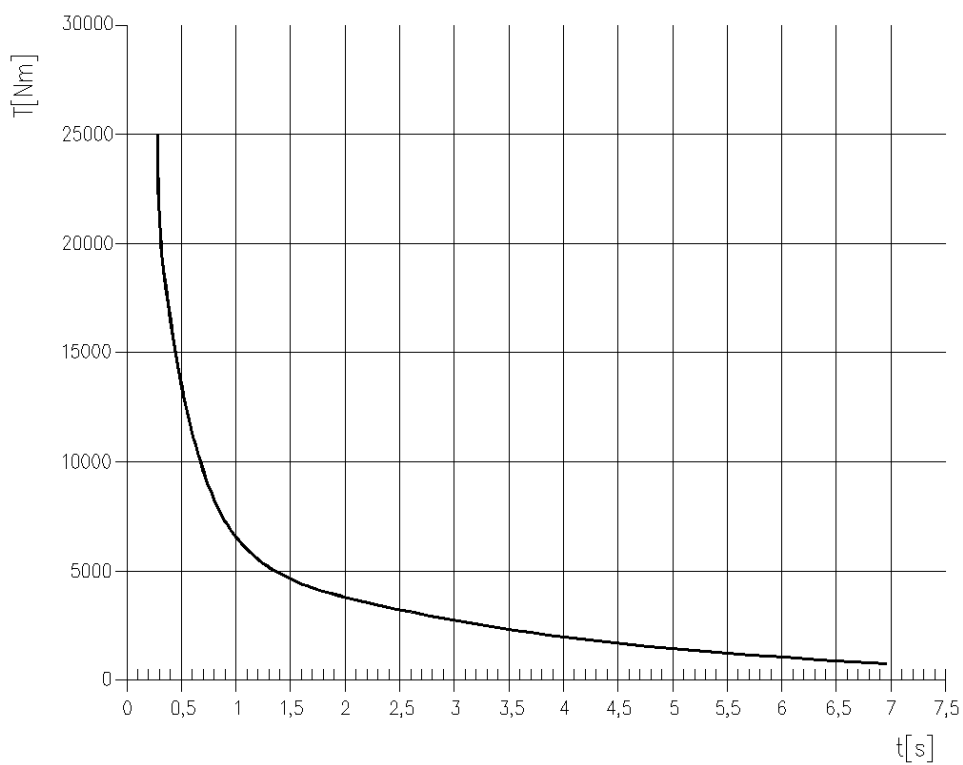
zastavení elektromotorů. K opětovnému natlakování spojek dojde automaticky, po uplynutí třiceti sekund od vygenerování signálu pro rozpojení.

### **Schéma lamelové spojky BSD, typ 7600-400-001 REXNORD**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Hnaná část                          | 17. Radiální kuličkové ložisko             |
| 2. Hnací část                          | 18. Radiální kuličkové ložisko             |
| 3. Válec                               | 19. Sada těsnění                           |
| 4. Píst                                | 20. Sada těsnění                           |
| 5. Podložka                            | 21. Sada těsnění                           |
| 6. Koncová deska                       | 22. PTFE-vodicí pásek                      |
| 7. Vnější lamela                       | 23. Pojistný kroužek                       |
| 8. Vnitřní lamela                      | 24. Pojistný kroužek                       |
| 9. Víko ložiska                        | 25. Pojistný kroužek                       |
| 10. Přítlačná deska                    | 26. Šroub s válcovou hlavou                |
| 11. Rozpěrný kroužek                   | 27. Šroub s válcovou hlavou                |
| 12. Rozpěrné pouzdro                   | 28. Šroub s válcovou hlavou                |
| 13. Hlava                              | 29. Šroub s válcovou hlavou                |
| 14. Pružná spojka, typ Omega           | 30. Tlačná pružina                         |
| 14.1 Omega – Poloprvek                 | 31. Válcový kolík                          |
| 14.2 Šroub se šestihrannou hlavou      | 32. Maznice                                |
| 15. Radiálně axiální kuličkové ložisko | 33. Filtr provzdušnění a odvětrávací filtr |
| 16. Radiálně axiální kuličkové ložisko |  |



**Obr. 23 – Momentová charakteristika pojistné lamelové spojky**



**Obr. 24 – Tepelná charakteristika pojistné lamelové spojky**

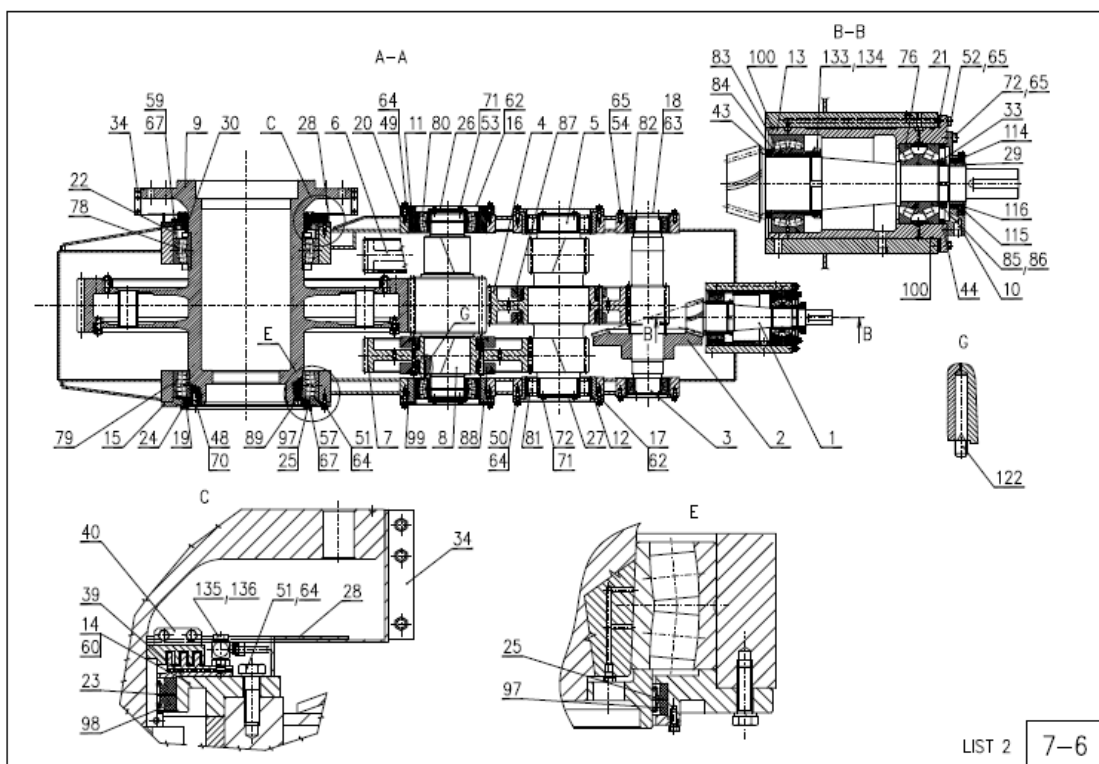


### **6.4.3 Monitorovací systém převodovky pohonu kola**

Za účelem optimalizace provozu pohonu kola je na převodové skříni instalován monitorovací systém firmy SKF. Úkolem systému je on-line sledování stavu vibrací, teploty ložisek a axiálního posuvu vybraných hřídelí. Na vstupním pastorku jsou instalovány snímače vibrací v horizontálním, vertikálním a axiálním směru. Jeden ze snímačů je sdružený pro snímání teploty ložisek a jeden ze snímačů sledujících vibrace ve směru kolmém k ose vstupního pastorku bude sdružený pro vibro-diagnostiku ložisek. Dále je vstupní pastorek opatřen snímačem výchylky v axiálním směru, schopným zachytit posun s přesností 0,1[mm]. Plovoucí pastorek třetího převodového stupně je osazen snímačem výchylky v axiálním směru, schopným zachytit posun s přesností 1 [mm]. Signál ze snímačů je zálohován ve vyhodnocovací jednotce a datovým přenosem převeden do vyhodnocovacího PC.

## 7 Problematika axiálního posuvu plovoucích pastorků

Z obrázku č.23 – Katalogový list převodové skříně pohonu kola KU 800 je zřejmé, že výkon (krouticí moment) vstupuje do převodovky dvěma větvemi přes vstupní pastorky (poz.1) a je v každé větvi přenášen kuželovým soukolím na hřídel (poz.3). Dále je přenášen čelním soukolím s přímými zuby na hřídel (poz.5). Při tomto přenosu by teoreticky neměly vznikat žádné axiální síly v ozubení. Na tomto hřídeli dochází k větvení výkonu (krouticího momentu) na hřídele (poz.8), které přes ozubená kola pohání výstupní hřídel (poz.9). Hřídele (poz.5) jsou uložena ve válečkových ložiscích NU 2260, které umožňují axiální posuv. Ozubená kola na hřídelích (poz.8) jsou vyrobena vždy ve dvojicích tak, že mají stejný úhel, ale opačný sklon boční křivky zubu. Tímto by mělo docházet k eliminaci případných rozdílných axiálních sil. Axiální poloha hřídelí (poz.5) je dána správnou polohou montáže ozubených kol na hřídeli (poz. 8). Ozubená kola jsou na této hřídeli připevněna pomocí svěrného spojení, které je pro zvýšení únosnosti proti vzájemnému pootočení doplněno axiálními kolíky, montážně zavrtanými do dělicí plochy svěrného spoje (poz.122). Pokud je montážní seřízení provedeno správně, musí při vzájemném nalehnutí pracovních boků zubů všech převodových stupňů zůstat hřídel (poz. 5) axiálně ve střední poloze a nesmí se vychylovat ani do jedné strany.



Obr. 25 – Katalogový list převodové skříně pohonu kola KU 800

## **7.1 Analýza možností způsobující posouvání**

Teoreticky by tedy k axiálním posunutím hřídelí (poz.5) nemělo docházet. Jednou z příčin axiálního posuvu hřídele (poz.5) může být při chybné provedení svěrného spojení vzájemného pootočení kol na hřídeli (poz.8). Spoj by se mohlo vlivem působení tlaku v ozubení uvolnit a zapříčinit axiální posun.

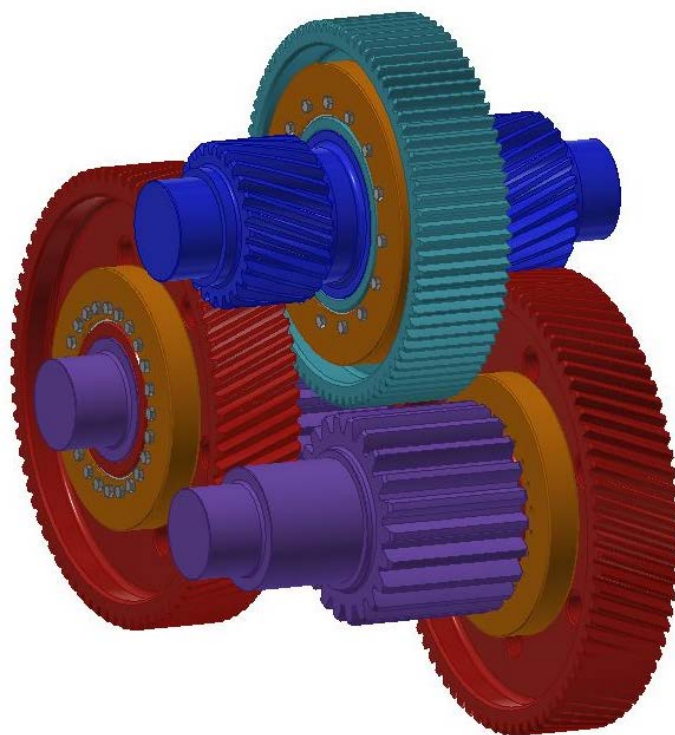
K určitým axiálním posuvům může také docházet vlivem zubové vůle, a to v závislosti na nerovnoměrném charakteru zatížení při rozběhu a zastavení pohonu. Tyto příčiny, na rozdíl mžikových mezních hodnot přenosu kroutícího momentu nejsou přímou hroznou vedoucí ke vzniku poruchy.

Další teoretickou možností způsobující axiální posuv hřídele by mohl být chybný signál zapříčiněný uvolněným snímačem axiálního posuvu. Opakovaná kontrola snímače při registraci posuvu vždy potvrdila jeho správné připevnění, takže tato příčina je velmi málo pravděpodobná a lze ji prakticky vyloučit.

Při dostatečně přesné výrobě ozubených kol a správném montážním ustavení by nemělo docházet k významným axiálním posuvům hřídele (poz. 5).

Každá větev pohonu je uzavřená soustava ozubených převodů s vyrovnaným dělením toku kroutícího momentu. Proto ani při nepřesné regulaci pohonů obou větví teoreticky nevzniká žádný rozdíl silových účinků vedoucí k porušení únosnosti svěrného spojení mezi ozubeným kolem hřídelí (poz. 8).

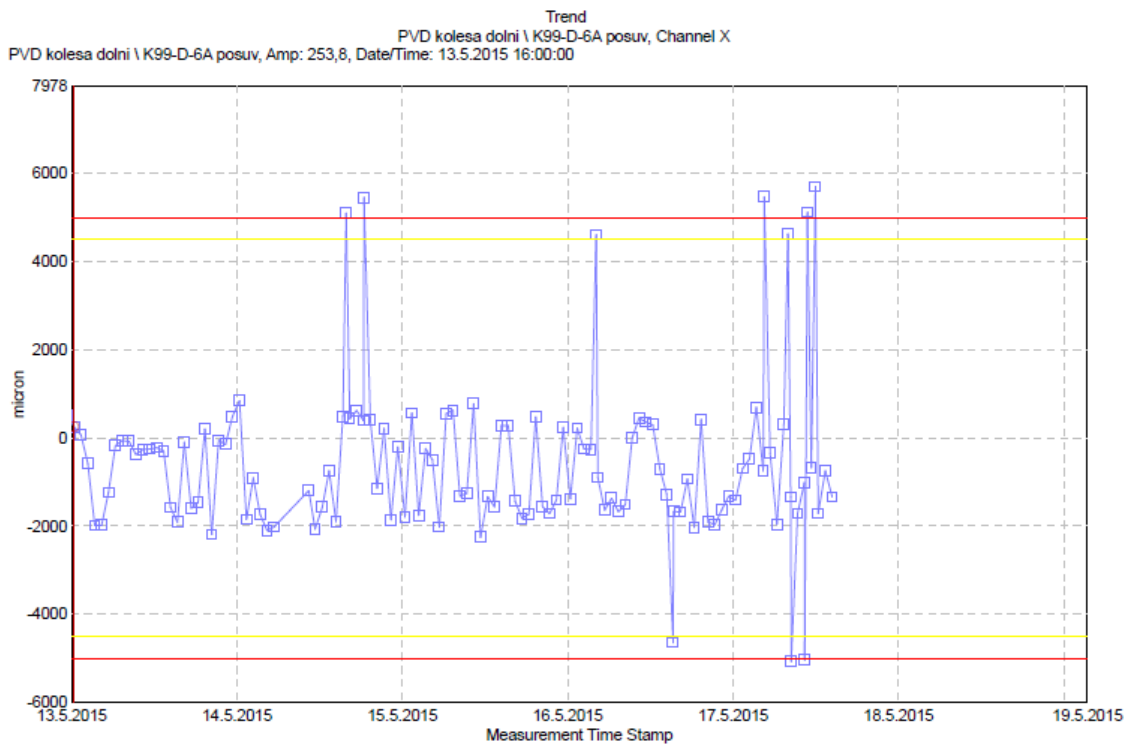
I přes uvedená fakta dochází vlivem neurčitých jevů uvnitř převodové skříně ke ztrátě únosnosti svěrného spojení na hřídel (poz. 8)., kterým je následně ovlivněno neúměrné axiální posunutí hřídele (poz. 5).



Obr. 26 – Třetí převodový stupeň



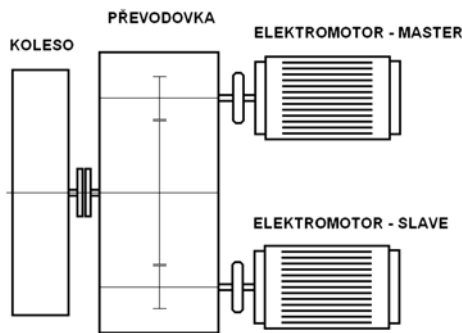
**Obr. 27 – Porucha svěrného spojení**



**Obr. 28 – Záznam průběhu axiální posuvu**

## 8 Regulace otáček a momentu asynchronních motorů velkého výkonu prostřednictvím měniče kmitočtu SIMENS Masterdrives

Pro další popis regulace otáček pohonu kola KU 800 je nutné vycházet ze zjednodušeného schématu propojení hnacích motorů s převodovou skříní a následného napojení hnací soustavy na kolo.

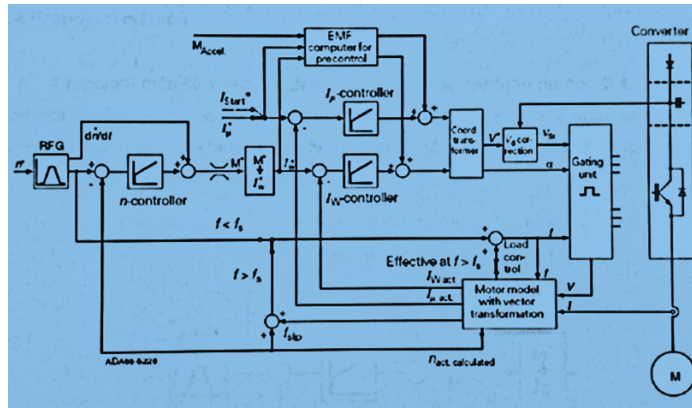


Obr. 29 – Zjednodušeného schéma pohonu

Uvedená soustava se skládá ze dvou asynchronních motorů s kotvou nakrátko, převodové skříně se dvěma vstupy a jedním výstupem, poháněného kola a řídicí a regulační soustavy.

Z principu technického řešení se v podstatě jedná o propojení dvou motorů na společnou hřídel. Charakter takového upořádání vyžaduje pro správný chod pohonu stejnou rychlost obou motorů, které je v případě pohonu kola KU 800 dosaženo regulací frekvenčních měničů v režimu „**Master – Slave**“.

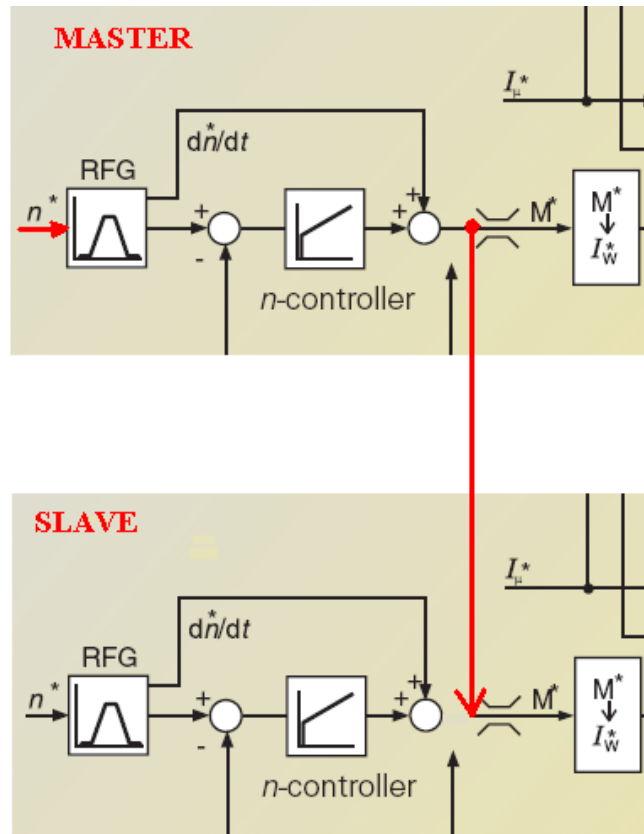
Princip spočívá v tom, že elektromotor Master je řízen v otáčkové vazbě a výstup z otáčkového regulátoru je přiváděn na vstupy regulátoru momentu (proudu) obou měničů současně. Předpokládá se využití vektorového řízení asynchronních motorů, které umožňuje dosáhnout velkého kroutícího momentu i při malých otáčkách. Jedná se o možnost regulace bez čidla otáček.



Obr. 30 – Vektorové řízení bez čidla otáček

## 8.1 Propojení měničů

V případě propojení měničů v režimu „Master – Slave“ je žádaná hodnota otáček zavedena pouze do měniče Master, který je s měničem Slave propojen na úrovni žádané hodnoty momentu.



Obr. 31 – Blokové schéma propojení měničů v režimu Master – Slave

Uvedené propojení zajišťuje rovnoměrné rozložení momentů při dodržení požadovaných otáček. Zadání žádané hodnoty otáček je možné buď ručně nebo prostřednictvím nadřazeného řídicího systému.

## 8.2 Nastavení pohonu

K nastavení měničů SIEMENS Masterdrives je používán software „**Drive Monitor**“, který umožňuje optimální parametrizaci pohonu v režimu offline i online a měření požadovaných žádaných a skutečných hodnot pohonu. Na základě rozdílu mezi žádanou a skutečnou hodnotou jsou upravovány parametry otáčkového a proudových (momentových) regulátorů. V rámci tohoto software je zároveň zajištěna i identifikace požadovaných parametrů motoru, potřebných pro vektorové řízení. V případě, že tato optimalizace není úspěšně provedena, je úspěšné nastavení pohonů v podstatě nemožné.

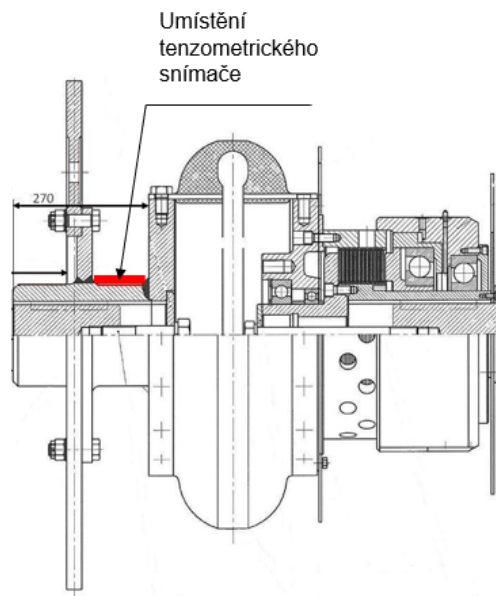


## 9 Vyhodnocení řízení motorů z výsledků měření

Vlastní měření kroutících momentů na vstupech převodovky pohonu kola rýpadla KU 800 je velice komplikovanou záležitostí. Cílem je porovnání průběhu momentů na horním a na dolní vstupu dvěma odlišnými metodami měření při dvou rozdílných způsobech regulace otáček vstupů.

Jedna metoda měření spočívá v odečtení hodnot přímo z výstupů frekvenčního měniče pohonu kola, které jsou ve výsledku přepočítány na hodnotu kroutícího momentu.

Princip druhé metody měření snímání skutečné hodnoty velikosti kroutícího momentu pomocí tenzometrického snímače umístěného přímo na hřídeli vstupního pastorku. Snímač registruje poměrnou deformaci při zatížení v krutu, které následně převede na hodnotu kroutícího momentu.



Obr. 32 – Pozice tenzometru na spojce kola

Za účelem identifikace vhodně zvolené regulace otáček pohonu kola je nutné oběma způsoby změřit jednotlivé typy regulátorů, jak pro regulaci momentovou korekcí ve zpětné vazbě, tak pro technologický regulátor ve zpětné vazbě.

Časový průběh kroutících momentů bude nutné porovnat ve třech pracovních režimech:

- Rozběh pohonu
- Kontinuální chod pohonu při souvislé těžbě
- Doběh a zastavení pohonu

## 10 Závěr

Kolesová rýpadla jsou svou obecnou charakteristikou a velikostí specifické stroje, s možností využití pouze na povrchovém dole. Navazující disertační práce bude zaměřena na pohon kola, což je z pohledu těžebních výkonů a technického života jednou z nejdůležitějších částí velkstroje. Využitelnost konkrétních výsledků bude mít svá omezení, přesto by se mohlo jednat z hlediska současné predikce životnosti Dolů Bílina o finanční úspory v řádech desítek miliónů korun.

### ***Praktická využitelnost dosažených výsledků disertační práce:***

- úspora nákladů na údržbu v souvislosti s poruchovostí převodové skříně
- zvýšení časové využitelnosti rýpadel řady KU 800 na DB
- podklady pro optimalizaci částí převodového ústrojí s nedostatečně dimenzovanou mezí únosnosti, využitelné při tvorbě nových konstrukčních návrhů

## 11 Použitá literatura

- [1] GONDEK, Horst; ŠEVČÍK, Arnošt. *Těžební a zpracovatelské stroje II*. Dotisk 1. vydání. Ostrava: VŠB - TUO; 17. listopadu 15/2172; 708 33 Ostrava - Poruba, 2010. 104 s. ISBN 978-80-248-1273-1.
- [2] HOJDAR, Josef; HELEBRANT, František; GONDEK, Horst. *Povrchové dobývací stroje I*. 1. vydání. Ostrava: VŠB v Ostravě; Ostravské tiskárny, s.p.; Novinářská 7; Ostrava 1, 1991. 305 s. ISBN 80-7078-125-4.
- [3] GONDEK, Hors; KLIMECKÝ, Oldřich. *Povrchové dobývací stroje*. 1. vydání. Ostrava: Metasport Ostrava, 1987. 128 s.
- [4] ČSN 27 7013. *Kolesová rýpadla a nakládače: Termíny a definice*. Praha: Český normalizační ústav Praha, 1992. 18 s.
- [5] BOLEK, A. *Části strojů - 1. svazek*. 6. vydání. Praha: SNTL, 1989. 707 s. ISBN 80-03-00426-7.
- [6] HAJŽMAN, Michal; BYRTUS, Miroslav; ZEMAN, Vladimír; *Dynamická analýza a optimalizace převodových ústrojí*. 1. vyd. Plzeň, 204. 33 s. Závěrečná výzkumná zpráva z řešení projektu FRV© 2282/2003/G1. Západočeská univerzita v Plzni-Fakulta aplikovaných věd.
- [7] FOLTA, Zdeněk. *Příspěvek k navrhování strojních součástí na základě vyhodnocení provozního zatížení*. 1. vyd. Ostrava, 2004. 133 s. Habilitační práce. VŠB-TUO Fakulta strojní.
- [8] ČSN ISO 7144. *Dokumentace - Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. Praha: Český normalizační institut, 1996, 24 s.
- [9] DARSLÍK, František. *Strojnické tabulky pro konstrukci a dílnu*. Ostrava – Mariánské Hory: Montanex, 1999. ISBN 80-85780-95-X. 727 s.
- [10] Roční zpráva o provozu ES ČR 2018; Energetický regulační úřad, 2019; [http://www.eru.cz/documents/10540/4580207/Rocni\\_zprava\\_provoz\\_ES\\_2018.pdf/](http://www.eru.cz/documents/10540/4580207/Rocni_zprava_provoz_ES_2018.pdf/)
- [11] Státní energetická koncepce; <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statni-energeticka-politika/statni-energeticka-koncepce--223620/>

## 12 Vlastní publikace

1. GONDEK. H., KOLMAN. J., Rozwiązania konstrukcyjne wałków rolkowych przenośników taśmowych dalekiego transportu taśmowego na kopalniach odkrywkowych. XIV. Mezinárodní konference, BEZPIECZEŃSTWO PRACY URZĄDZEN TRANSPORTOWYCH W GÓRNICTWIE”. Wisła 7 – 9. listopadu 2018, Centrum Badań i Dozoru Gornictwa Podziemnego Sp.Z.o. Ledziny ,
2. GONDEK. H. MARASOVÁ. D., KOLMAN. J. BOHÁČ. D., Nové směry při řešení snížení dynamiky dopadové stolice s impaktními“, XX. Medzinárodná konferencia, „Výskum, výroba a použitie ocelových lan, dopravníkov a ťažebných zariadení “. Podbanské 18. –21. September 2018, Technická Univerzita Košice 2018, ISBN: 978-80-553-2742-6, s 61 – 64.
3. GONDEK. H. BOHÁČ. D., KOLMAN. J., „ Řešení problematiky snížení průrazů dopravníkových pásů u pásových dopravníků na povrchových lomech.“ XX. Medzinárodná konferencia, „Výskum, výroba a použitie ocelových lan, dopravníkov a ťažebných zariadení “. „Podbanské 18. –21. September 2018, Technická Univerzita Košice 2018, ISBN: 978-80-553-2742-6, s 67 - 74
4. GONDEK. H.,BOHÁČ. D., BOHÁČ. L.,KOLMAN, J. „Zwiększenie żywotności przenośników taśmowych, przy użyciu nowego typu stacji usuwania odpadów w kopalniach węgla.“ XXVI Miedzynarodowa konferencja naukowo – techniczna, Trwalość Elementów i Wezłów Konstrukcyjnych Maszyn Gorniczycy TEMAG 2018“.Biblioteka TEMAG, Ustron, 25 – 27 pazdernika 2018 , s 40 – 48, ISBN 978-83-65547-14-9
5. GONDEK. H.,KOLMAN J. „ Zwiększenie żywotności ostrzy czepaków wielonaczyniowych koparek kolowych przy pomocy napawania twardym materiałem i ich ocena.“ VI Miedzynarodowa Konferencja, Mechanizacja, Automatyzacja i Robotyzacja w Gornictwie, MARG 2019, Wisla 12 – 14. czerwca 2019, , Centrum Badań i Dozoru Gornictwa Podziemnego Sp.Z.o. Ledziny , AGH Akademia Górnictwo – Hutnicza Krakow. Sborník bude v listopadu 2019.
6. GONDEK. H.,KOLMAN J.,, Problemy smarowania smarem plastycznym i smarowania lin maszyn na odkrywkowych kopalniach,“ XIII. Miedzynarodowa Konferencja, Teoretyczne i praktyczne aspekty stosowania środków smarnych i eksploacyjnych w przemyśle, Wisla 10 – 12. Kwietnia 2019, Centrum Badań i Dozoru Gornictwa Podziemnego Sp.Z.o. Ledziny , ISBN 978 – 83 – 951352 – 3-1
7. GONDEK. H.,KOLMAN J. „Problematika mazání plastickými mazivy a mazání lan strojů na povrchových dolech.“ IX. Mezinárodní konference Strojní zařízení používaná při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem,

jejich bezpečnost a nové trendy.“ Hotelu Sepetná na Ostravici, 4. a 5. dubna 2019. Český báňský úřad a MONTANEX a.s., Cihelní 760/35, 702 00 Ostrava, Sborník je na CD.

8. GONDEK, Horst, KOLMAN, Jiří. Zwiększenie żywotności łożysk kulowych i lin stalowych wielkogabarytowych maszyn w kopalniach odkrywkowych. KOMTECH 2019, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2019 s. 96-108. ISBN 978-83-65593-19-1,
9. KOLMAN, Jiří, GONDEK, Horst, BOHÁČ, Daniel, PLCHOVÁ, Anna. Obliczanie sił obciążenia na poziomej stopie rolkowej podwozia koparki kroczącej. In *Trwałość elementów i węzłów konstrukcyjnych maszyn górniczych : TEMAG 2019 : Ustroń, 17-19 października 2019*. Gliwice 2019, s. 53-61. ISBN 978-83-65547-17-0.
10. KOLMAN, Jiří, GONDEK, Horst. Problematika mazání plastickými mazivy a mazání lan strojů na povrchových dolech. In. *Prezentace doktorandů katedry 340/2019: Katedra výrobních strojů a konstruování: Ostrava 2019*, 9s. ISBN 978-80-248-4319-3
11. MARASOVÁ Daniela, CEHLAR Michal, KOLMAN Jiří. *Diagnostics of the residual service life of steel frames of large-scale excavators*. 19 th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2019. 30.6. – 6.7.2019 Albena, Bulgaria, 8 s. ISBN 978-619-7408-78-2.

## 13 Curriculum vitae

### Osobní údaje:

Jméno: Jiří Kolman  
Datum narození: 5.11.1969  
Adresa: Dvořákova 89  
Světec – Chotějovice; PSČ 418 04  
Mobil: +420 606 631 617  
E-mail: [kolman.jdk@centrum.cz](mailto:kolman.jdk@centrum.cz)

### Vzdělání:

*09/2012 - 06/2014*

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Fakulta strojní**

**Katedra výrobních strojů a konstruování**

Studijní obor: Konstrukční a procesní inženýrství  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Navazující magisterské studium řádně zakončeno získáním titulu „inženýr“

*09/2009 - 06/2012*

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**Fakulta strojní**

**Katedra výrobních strojů a konstruování**

Studijní obor: Konstrukce strojů a zařízení  
Studijní program: Strojírenství  
Bakalářské studium řádně zakončeno získáním titulu „bakalář“

*09/1984 - 05/1988*

**STŘEDNÍ ODBORNÉ UČILIŠTĚ – STROJÍRENSKÉ, Meziboří**

Studijní obor: Mechanik důlních strojů a velkostrojů  
Studium na SOU řádně zakončeno maturitní zkouškou

### Průběh zaměstnání:

*06/1988 – trvá*

**Severočeské doly a.s.**

Pracovní zařazení: 01/2016 - trvá  
Vedoucí oddělení péče o majetek – strojní  
(řízení údržby komplexního zařízení na Dolech Bílina)

09/2008 – 12/2015

Technik oddělení péče o majetek – strojní  
(řízení údržby velkostrojů TC2 a TC3 na Dolech Bílina)

09/2002 – 08/2008

Mechanik provozního úseku – strojní  
(organizace údržby kolesových rýpadel KU 800)

06/1988 – 08/2002

Osádka a údržba velkostroje KU 800

- Řidič velkostroje
- Zámečnick - hydraulikář
- Řidič podpěrného vozu
- Pasaž

### **Jazykové znalosti:**

Anglický jazyk: mírně pokročilý  
Ruský jazyk: pokročilý  
Slovenský jazyk: expert

### **Ostatní údaje:**

Znalosti IT: MS Office – pokročilý  
INVENTOR – pokročilý  
SAP – pokročilý

Další kvalifikace: Projektant strojních zařízení pro HČ a ČPHZ  
Řidičský průkaz: A, B, C, E, T

Zájmy: Rodina, dům, zahrada, hudba, četba  
Aktivně: lyžování a motorismus

# Návrh řešení snížení hlučnosti tratí pásových dopravníků

*Autor: Ing. Daniel Boháč*

## 1. Úvod

Obzvláště v dnešní době jsou kladeny vysoké požadavky na ekologická řešení problémů spojených s veškerou lidskou činností, a proto vzniká u těžby surovin velký tlak na snižování prašnosti a hluku. Těžební společnosti se pod tímto tlakem snaží najít řešení, které by bylo výhodné pro všechny strany – jak z hlediska ekologického, tak z hlediska ekonomického. Hlučnost pásové dopravy, obzvláště v nočních hodinách, přesahuje hranici 60 dB, což nemalou měrou ruší okolní obydlené oblasti. V některých případech jsou důlní společnosti nuceny překročení tohoto limitu finančně kompenzovat obyvatelům přilehlých oblastí, což je finančně velmi zatěžuje.

Cílem je navržení řešení způsobu umožňujícího snížení hlučnosti pásových dopravníků na dálkové pásové dopravě používané zvláště u pásových dopravníků na přijatelnou mez hlučnosti.

Dalším požadavkem je dlouhá životnost a nízká údržba. Řešení, které by vyžadovalo častý servis a údržbu a tím způsobovalo dlouhé prostoje těžby, by bylo v celkovém hledisku mnohem nákladnější a tím pádem nepřijatelné.

## 2. Současný stav řešené problematiky

V současné době se pro snížení hlučnosti a prašnosti pásových dopravníků hojně používá a udává směr:

- zakrytování, jehož řešení zjednodušeně spočívá v postavení stříšky nad pásový dopravník. Kryty stříšky jsou vyrobeny buď z ocelového pozinkovaného vlnitého plechu nebo z vysoce odolného transparentního PVC. Tyto kryty lze jednoduše přizpůsobit na jakýkoliv dopravník a na jakoukoliv nosnou konstrukci. Zabraňují hlavně šíření prachu do okolí, ale také snižují šíření hluku v daném směru.
- U pásových dopravníků dochází ke snaze nasazovat vyvážené válečky dopravníků tak, aby se dosáhlo tiššího chodu nepřetržitě pracující pásové dopravy. Současnou novinkou je nasazení speciálních odhlučněných válečků pásových dopravníků. Kvalitní válečky HM 150 s nižšími vibracemi a výraznou redukcí emisí hluku výrobce Sandvik se vyznačují sníženou hladinou hluku oproti běžným válečkům až o 15 dB. Tyto válečky se zatím testují na zakladači. Účinnost tohoto precizně rotačně vyváženého válečku potvrdilo měření hlučnosti z dopravní linky zakladače provedené akreditovanou laboratoří. Při provozu pásu s materiálem klesla hlučnost o 15 dB, bez materiálů o 10 dB (při nasazení 372 speciálních válečků). Lze tedy předpokládat, že tyto válečky budou nasazovány na další technologické celky [1]
- V současné době je snaha o použití celoplastových válečků, jejichž nasazení je z ekonomických důvodů nedosažitelné.
- Důležitým prvkem snižující hlučnost pásové dopravy je také vhodně zvolené mazivo ložisek válečků.



- Dalším řešením, které se používá na snížení hlučnosti na povrchových dolech, je budování zemních protihlukových bariér a valů a vysazování vzrostlých stromů do souvislých lesních pásů.

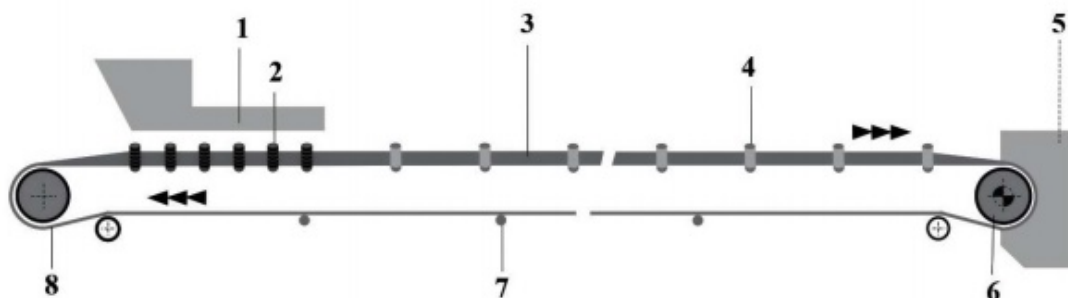
### 3. Dálková pásová doprava na povrchových dolech

Pod pojmem pásová doprava je obecně zahrnuta veškerá doprava sypkých materiálů prováděná pásovými dopravníky, ať již samostatnými či dopravníky tvořícími funkční část jednotlivých strojů a zařízení (např. velkostrojů). Mezi hlavní výhody pásové dopravy patří vysoká rychlost, vysoký výkon, možnost použití na dlouhé dopravní vzdálenosti, jednoduchá údržba, plynulost a nízká spotřeba energie. Omezení pásových dopravníků představuje zejména úklonná doprava, kdy je možné dopravníky použít v maximálním rozmezí podle zvoleného typu od 12° až do 23°

Dálková pásová doprava (DPD) se skládá z pásových dopravníků (jsou její hlavní součástí) a z technologického příslušenství, které zahrnuje shazovací vozy, pásové vozy, vynášecí mosty atd.

DPD je v převážné většině nasazována jako součást technologického dobývacího celku (TC) a proto musí být její dopravní objemová výkonnost sladěna s výkonností nasazených velkostrojů. Z toho důvodu je důležitá volba šíře pásu a rychlost pásových dopravníků. Přepravní výkon dosahuje obvykle do 5000 m<sup>3</sup> hod<sup>-1</sup> při standardních šířkách dopravního pásu od 1200 do 2400 mm. Jednotlivé dopravníky dosahují délky až 1000 m.

Pásové dopravníky lze použít při přepravě materiálu ve vodorovném popř. mírně úklonném směru. Nosný a zároveň i tažený prvek dopravníku tvoří nekonečný pás, který „obíhá“ mezi hnacími bubny a vratným bubnem. [2], [3]



1. Násypka, 2. Dopadové válečky, 3. Dopravní pás, 4. Horní nosné válečky, 5. Přepad materiálu, 6. Hnací buben, 7. Dolní vratné válečky, 8. Vratný buben

Obrázek 2- Dopravník včetně jeho základních částí [3]

#### **4. Hlavní příčiny hlučnosti provozu pásových dopravníků**

Mezi hlavní příčiny hlučnosti pásových dopravníků patří vibrace osy válečku přenášená do ložiska, u kterých při následném snížení své funkce nebo při vyšším opotřebením dochází k zadírání a tudíž ke zvýšení kmitání a tím hlučnosti, která se přenáší do rámu tratě a tím pádem zvyšuje i hluk celého dopravníku.

Dalšími prvky, které způsobují vysokou hlučnost pásového dopravníku, jsou elektromotory na poháněcím bubnu, převodové skříně, spojky a ostatní rotující části pásového dopravníku.

#### **5. Hluk**

Zvuky mohou mít na člověka uklidňující ale i dráždivý dopad. Také emoce, které vyvolávají, mohou být nejen pozitivní, ale i negativní. Jde o zvuky, které ruší, obtěžují, takové, které jsou příliš silné, časté nebo se vyskytují v nevhodné situaci či době. Tyto „nelibé“ zvuky, které obecně nazýváme hlukem, mohou na člověka působit nepříznivě a mnohdy mají i škodlivé účinky.

Každý člověk může za hluk považovat něco jiného, má jiný stupeň tolerance k rušivému účinku zvuku. Jedná se proto o bezprahový působící škodlivý faktor, to znamená, že nemá žádnou dolní mez začátku působení. Někdy je hluk zjednodušeně označován jako nechtěný zvuk, jehož účinek závisí na jeho intenzitě, časové historii a vlnové délce.

Pojmem hluk označujeme zvuk, který je vnímán jako škodlivý, rušivý, nepříjemný a který vyvolává biologickou reakci člověka nebo jiných živočichů.

##### **5.1 Vliv hluku na zdravotní stav**

Samotný výskyt obecného škodlivého faktoru, jako je hluk, v prostředí, nemusí nutně znamenat, že dochází k ohrožení zdraví, ale může mít nepříznivý vliv na náladu, schopnost soustředění a možnost komunikace.

V horších případech může dojít i k ohrožení zdravotního stavu. Při krátkodobém působení extrémně vysokých úrovní hluku nebo při dlouhodobém působení vysokých úrovní hluku (jako např. hluk z dopravy a průmyslových zdrojů) může dojít dokonce k nevratnému poškození sluchu. V tomto případě je díky dlouhodobému působení hluku možné, na základě dotazníkových metod, stanovit závislost reakce organismu na dlouhodobé účinky hluku. [4]

#### **6. Návrh řešení snížení hlučnosti pásových dopravníků na povrchových dolech.**

Tento návrh spočívá v realizaci opačného směru odhlučnění pomocí plastových válečků a to usazením běžných válečků v plastových lůžcích na konstrukci tratě pásového dopravníku tzv. kazet odpružení – což jsou v podstatě úchyty válečků vyrobené z polyuretanu a zpevněné ocelovou vložkou tak, aby odolaly zatížení, opotřebením a dalším okolním vlivům. Tyto kazety by měly absorbovat kmity a tím i zvuk způsobený válečky při provozu a tím i zabraňovat jejich šíření do konstrukce pásového dopravníku. Pokud

alespoň z části tyto kmity pohltí, do konstrukce pásových dopravníků se přenese jejich mnohem menší množství a tím by se měla snížit hlučnost tratě.

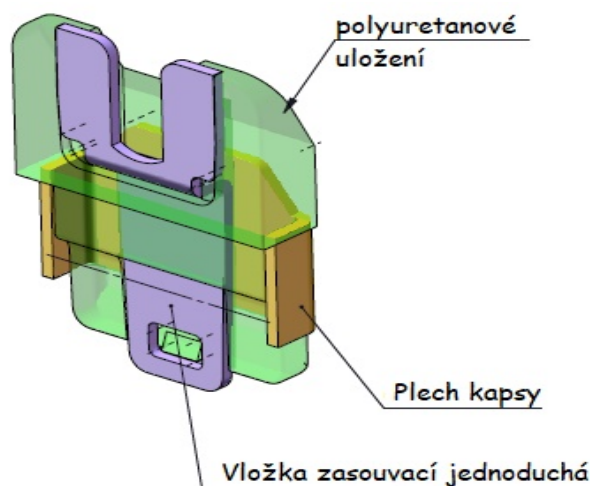
Při vývoji kazet se muselo počítat jednak s jejich pevností a odolností proti teplotě a prostředí a rovněž s jejich náročností na výrobu i celou ekonomikou výroby. Kazeta se skládá ze tří částí:

- z plechu kapsy
- polyuretanového uložení
- z ocelové (litinové) vložky

Vývoj kazety probíhal v několika etapách.

### 6.1 1. etapa

1. etapa byla dobrá pro její pevnostní vlastnosti. Tato vložka (jednoduchý ohýbaný plech) podepírá polyuretanové lůžko v celé své výšce, je pojištěna proti vyjetí zámekem v dolní části polyuretanového lůžka. Praktickou nevýhodou byla síla plechu 3 mm, která tvořila krátkou vodící plochu pro osu válečku a tím umožnila vymačkání tohoto uložení.

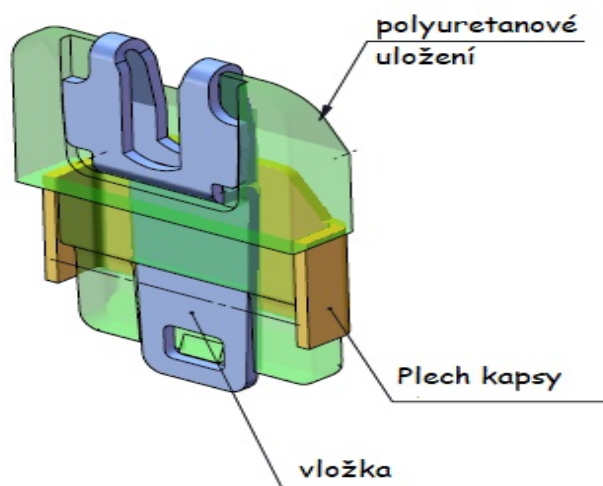


Obrázek 4- Vložka, varianta 1

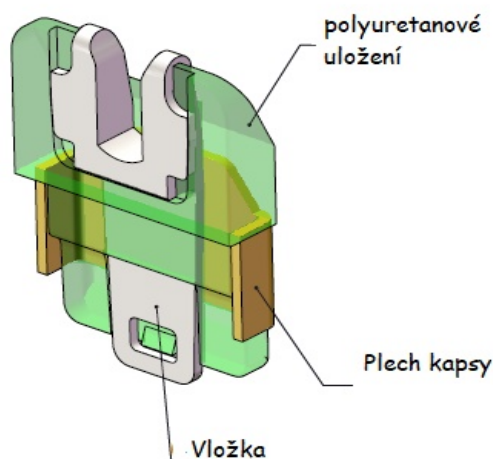
### 6.2 2. a 3. etapa

Následně se přistoupilo k etapě číslo 2, pro kterou se vyrobil dvojitý plech, který se však musel ohýbat a svařovat. Byla to etapa náročnější na výrobu, avšak byla výhodnější z hlediska pevnostních vlastností. Vložka (ohýbaný svařenec) podepírá polyuretanové lůžko v celé své výšce.

I když při testech odolnosti tato varianta obstála, ba naopak byla zdokonalena nahrazením plechu odlitkem, čímž došlo k větší a pevnější styčné ploše osy válečku touto vložkou a obdobně jako u varianty 1 je tako vložka uzamčena ve spodní části polyuretanového lůžka. Tím se přešlo k etapě č. 3.



Obrázek 5- Vložka, varianta 2



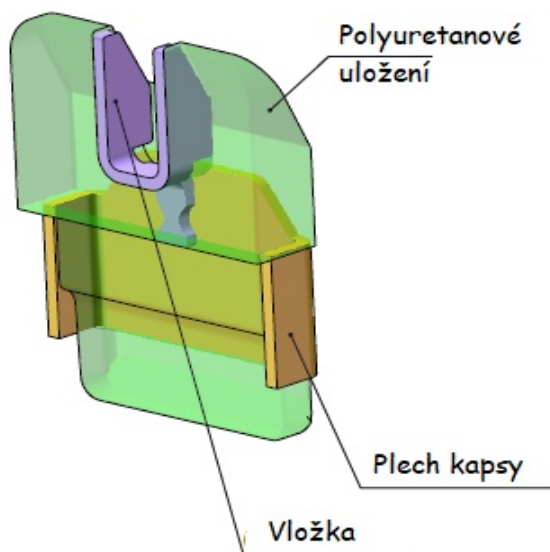
Obrázek 6- Vložka, varianta 3

U všech těchto variant se následně objevila jiná nevýhoda a to zámek ve spodní části kazety, kdy polyuretan zajišťuje zámek plech. Toto se mi při praktických zkouškách jevilo jako obtížně použitelné.

### 6.3 4. etapa

Čtvrtou etapou byla varianta ohýbaného plechu zalitého v polyuretanovém lůžku. Plech se vložil do formy odlívání polyuretanového lůžka, nevyčníval z polyuretanu ven, takže se nikde nespojoval navzájem zámek a zámek se v podstatě stal podélný klín. Z tohoto hlediska se tato varianta stala nejvýhodnější.

Varianta 4 vyhovuje pevnostním charakteristikám a zajišťuje dostatečné vedení osy válečků v jeho uložení a obavy z vymačkávání polyuretanového lůžka osovou silou šikmého válečku odpadla a tím se potvrdila dostatečná styčná opěrná plocha.



Obrázek 7- Vložka varianta 4

Protože se varianta osvědčila z hlediska odolnosti na kozlíku, přistoupilo se k jejímu testování v podmínkách provozu. Na provozovně SD důl Bílina bylo osazeno na DPD 20 kozlíků, tzn., že na každý kozlík bylo uchyceno 6ks kazet odpružení. Celkem tedy bylo nainstalováno 120 ks kazet odpružení. Na této DPD jsou kazety v provozu již 1 rok a půl a v testu odolnosti za provozních podmínek obstály. To již můžeme konstatovat. Byly provedeny 4 kontroly během tohoto časového období a nebyly nikdy nalezeny žádné závady z hlediska poškození kazet. Kazety drží všechny bez výjimky.

Díky pozitivním testům odolnosti se může v nejbližší době přejít na testování odhlučnění. Dále se ještě třeba zabývat otázkou tvrdosti polyuretanové vložky – tzv. – shore. Nikde v literatuře nebylo nalezeno, jaký vliv má shore polyuretanového uložení a vložky na pohlcení hluku. Ani výrobci polyuretanu to neřeší. Proto před měřením hlučnosti budou nasezeny na kozlíky různé varianty tvrdosti – shore – polyuretanu a pečlivě změřeno její odhlučnění. Po vyhodnocení testu hlučnosti se vyhodnotí nejlepší varianta z hlediska tvrdosti.

## 7. Metodika měření nového návrhu snížení hlučnosti

Existuje několik způsobů sledování pásových dopravníků. Monitorování je z hlediska jeho provádění poměrně obtížný proces. Obtížnost spočívá v potřebě monitorovat více parametrů a zdrojů vzhledem k délce přepravní trasy a objemu sledování dat.

Obtížné je také sledovat válečky a bubny. Je to kvůli jejich množství a také kvůli skutečnosti, že obsahují mnoho pohyblivých, ale uzavřených součástí, které nelze pozorovat.

## 8. Předběžná analýza zdrojů hluku a akustického pozadí.

V případě zjištěného hluku je třeba před měřením zjistit následující

1. Jednotlivé hlučné části tratě a jejich umístění
2. Provozní parametry a zatížení pásové dopravy

3. Zjistit, zda jsou to nedostatky trvalého charakteru – pokud ne, tak tyto nedostatky odstranit
4. Zjistit, zda jiné části dopravníku nebo nějaké jiné zařízení v okolí nevydává vysoký hluk, který by mohl ovlivnit výsledky našeho měření a pokusit se ho utlumit ne-li úplně odstranit
- 5.

## 8.2 Výběr měřících bodů a provozních režimů

Během měření zdrojů hluku je nutno brát v úvahu zásady aplikace vybraných měřících zařízení, umístění stroje a bezpečnost technika provádějícího práci. Při měření akustickou kamerou je třeba brát v úvahu parametry měřícího zařízení, to znamená rozsah nejmenší a největší vzdálenosti senzoru od zdroje, u kterého může být měření provedeno s ohledem na eliminování nedostatků a chyb. Zařízení by mělo být umístěno kolmo ke zdroji hluku.

V našem případě bude nejlepší snímat část tratě s válečky, které je dostatečně vzdálená od jiných zdrojů hluku, tj. daleko od poháněcích stanic a vratných bubnů. Jelikož v minulosti na dané lokalitě bylo provedeno měření hlučnosti, tak kamera bude umístěna ve stejném místě jako v době, kdy měřila hlučnost minule.

## 8.3 Měření

Měření se bude provádět pomocí akustických kamer, kterých je více druhů – nejlépe však akustickou kamerou Gfal (protože pomocí této kamery bylo už v minulosti na dané lokalitě provedeno měření hluku a tím pádem se mohou porovnat výsledky). Akustická kamera se sestává z mikrofonního pole a kamery. Výstupem měření budou digitální snímky s vizualizací zvukového pole.

Před měřením bude celá část pásového dopravníku, kterou kamera bude zachytávat osazena kazetami tak, aby šlo na konci porovnat výsledky.

Měření se provede za normálního provozu - bude použit průměrný výkon nebo průměrné množství dopravovaného materiálu během roku a druhé měření proběhne za provozu s maximálním zatížením – tzn. za maximálního výkonu stroje a maximálního množství přepravovaného materiálu.

## 8.4 Zpracování a vyhodnocení měření

Zpracování měření závisí na softwaru měřícího zařízení. Obvykle se používá NoiseImage, pomocí kterého lze po výpočtu doby šumu provést následující:

- FFT spektrální analýza (závislost akustického tlaku na frekvenci),
- Spektrogramová analýza (závislost frekvence a akustického tlaku na čase),
- úzkopásmová filtrace,
- Lineární nebo logaritmické vážení A,
- Poslech označeného bodu na snímku,
- Vytváření akustických obrazů a filmů pro vizuální lokalizaci zdroje šumu.

Z hlediska analýzy kmitočtových složek jednotlivých částí mechanického systému nebo zařízení, se používá spektrální analýza pomocí metody rychlé Fourierovy transformace,

příčemž zvukový signál je rozložen na vlastní a harmonické frekvence prvků. Pokud zařízení nefunguje správně, FFT spektrum nám poskytne informace, které nám pomohou lokalizovat poruchu a určit její příčinu. Stejně rušení charakterizuje určité frekvence, a proto při analýze frekvenčního spektra jsou změny amplitudy těchto frekvencí monitorovány.

Spektrogram zaznamenává čas - můžeme sledovat změny času různých náhodných a nežádoucích jevů nebo opakujících se cyklů spojených s pásovým dopravníkem.

V zobrazeném frekvenčním spektru nebo spektrogramu s použitím NoiseImage, mohou být identifikovány kritické frekvence nebo frekvenční pásma a mohou být generovány akustické obrazy a filmy těchto pásem. Přesná lokalizace a vizualizace zvukových polí závisí na konstrukci a tvaru použitého mikrofonního pole. Pomocí Array si můžeme vizualizovat a vyhledat frekvence od přibližně 100 Hz do 13 kHz. Akustické obrazy a filmy lze také vytvářet pro celý frekvenční rozsah. [5] [6]

## 8.5 Klasifikace zdrojů hluku

V tomto bodě vytváříme tzv. Pořadí zdrojů hluku od nejdominantnějšího po nejméně dominantní. Poškozené nebo nesprávně dané provozní části dopravníku produkují hluk s vyšší hladinou akustického tlaku, to však neznamená, že musí být dominantní zdroj hluku. Hodnocení zdrojů hluku je tedy důležitější z hlediska plánování opatření proti hluku a snížení hluku z nejvíce hlasitějších zařízení.

V našem případě se zaměříme pouze na zdroje hluku vycházející z válečků (což v dané části trati pásového dopravníku bude zajisté ten nejsilnější zdroj hluku). Pokud bude nutné provést podrobnější měření (např. Array ring z menší vzdálenosti, musí se toto měření provést.

V takovém případě budou menší prvky a součásti zařízení (zdroje hluku) lépe „pozorovatelné“ a může být provedena analýza jejich frekvenčního složení. Zde bychom se hlavně zaměřili na:

- a) podrobnou analýzu složek kmitočtu a jejich vztah k jednotlivým komponentům a prvkům zařízení
- b) porovnání amplitud jednotlivých složek kmitočtu v různých režimech nebo v různých časech,
- c) detekci složek kmitočtu (harmonických kmitočtů), které mohou souviset s opotřebením ložisek, vysokého tření a nevyváženosti). [5] [6]

Zpracované výsledky měření budou porovnány s minulým měřením, vyhodnoceny a budou učiněny závěry o funkčnosti našeho řešení.

## 10. Laboratorní měření

Ve spolupráci s Technickými laboratoři Opava bude září provedeno měření hluku v laboratorních podmínkách tohoto institutu. K tomuto účelu byl sestaven tzv. Testovací přípravek (viz. Foto 8).



Testovací přípravek je poháněn elektromotorem, který je přes klínový řemen spojen s poháněným válečkem. Pod poháněným válečkem je sestrojeno napínací zařízení, které nám umožňuje simulovat zatížení válečku na kozlíku. Pomocí šroubu jde nastavit větší propnutí pásu a tím i větší přitlak válečku a větší zatížení ložisek (zdroj hluku). Nekonečný pás vedoucí přes poháněcí váleček vede na druhém konci přes středový váleček kozlíku. Kozlík lze pomocí šroubu jednoduše vyměnit. K dispozici bude jeden kozlík originální (bez kazet) a jeden kozlík osazený kazetami. Ty jdou také jednoduchým způsobem vyměnit a tak snadno můžeme porovnávat výsledky měření při osazení kozlíku kazetami s různou tvrdostí (shore).

Při laboratorních zkouškách bude přítomna i externí firma na měření kmitání a tak budeme porovnávat výsledky i přes tuto veličinu.

Pokud vše dopadne dle našich úvah a kazety budou účinné, provedeme následné měření hluku na trati osazené kazetami na Severočeských dolech a.s. důl Bílina





## 9. Závěr

Předložením tohoto řešení snížení hlučnosti pásových dopravníků jsem chtěl přispět k částečnému snížení hlučnosti na DPD.

Uvědomuji si, že řešení hlučnosti je problémem velmi náročným a to především jeho měření.

Právě stanovení konstrukčního řešení, jeho odzkoušení a vlastní měření by mělo být cestou ke snížení této hlučnosti dálkové pásové dopravy a tím částečné odstranění nebezpečí pro pracovníky obsluhy, tak pro celé životní prostředí.

Použitá literatura:

[1] – internetové stránky Severočeské doly, a.s. <https://www.sdas.cz/posts/odhlucnene-valecky-na-dopravni-lince-zakladace-zp-10-000-z-81.aspx>

[2] – Ing. Oldřich MAŠÍN, CSc. – Doprava a dopravní zařízení pro povrchové doly – Ostrava 1987

[3] – Stanislav Kulich – Dálková pásová doprava (Long-distance belt conveyance) – bakalářská práce – Vysoké učení technické v Brně - 2018

[4] – stránky Ministerstva zdravotnictví České republiky - [http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/co-je-to-hluk\\_3416\\_30.html](http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/co-je-to-hluk_3416_30.html)

[6] Gabriel Fedorkoa, Pavol Liptaib, Vierošlav Molnára - Proposal of the methodology for noise sources identification and analysis of continuous transport systems using an acoustic camera (*Návrh metodiky pro identifikaci zdrojů hluku a analýzu kontinuálních dopravních systémů pomocí akustické kamery*)

[7] DLNDB-16-013 Analýza hluku pasových tratí na SD – firma Wikov Gear s.r.o - 2016

# Návrh a optimalizace světel pro filmové a laboratorní účely

*Autor: Ing. Radim Dittrich*

## **3D tištěné studiové světlo**

3D tisk je dnes velmi rychle rozvíjející se výrobní metodou. Dříve se 3D tisk využíval převážně pro tisk prototypových dílů, dnes je ale možné 3D tiskem vyrábět funkční díly, především pak v kusové výrobě a v menší sériové výrobě. Nabízí se tak využití 3D tisku v oblastech, kde se doposud vyráběly díly pouze konvenčními metodami. Výhody dílů vyrobených 3D tiskem jsou následující:

- 1) Levná výroba tvarově složitých dílů.
- 2) Možnost výroby v domácích podmínkách.
- 3) V kombinaci s kupovanými díly možnost vysoké pevnosti, životnosti a funkčnosti.

Jedním z odvětví, do kterého prozatím 3D tisk neprorazil, je studiové osvětlení. Fotografování a natáčení videí je dnes velmi populární i mezi amatéry, ti ovšem často nemají dostatek financí na nákup drahé osvětlovací techniky. Přitom osvětlovací technika je při fotografování či u videotvorby velmi důležitá.

Výroba osvětlovací techniky v domácích podmínkách nemusí být složitá, většina potřebných komponent se totiž dá koupit za nízké ceny. Těmito základními komponenty jsou:

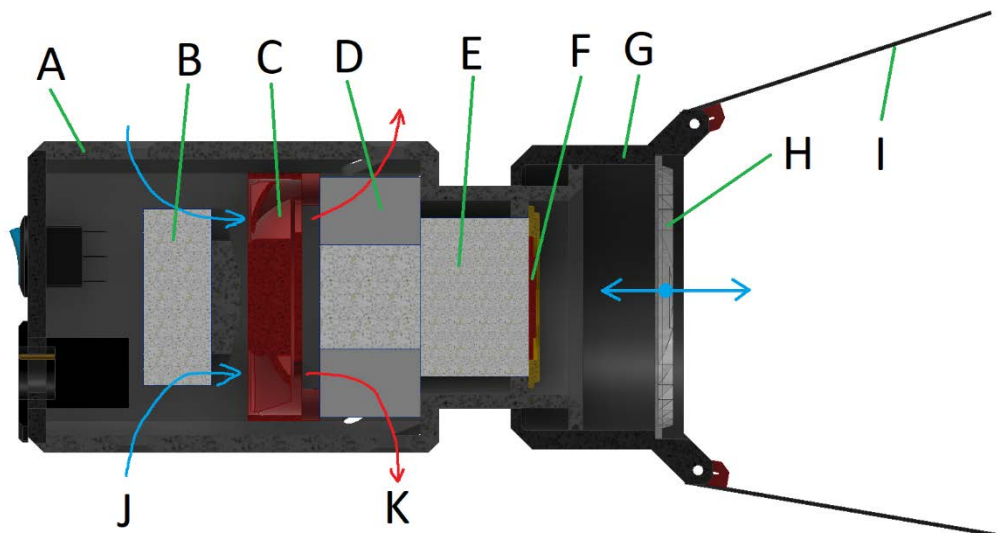
- 1) LED dioda.
- 2) Chladič pro LED diodu (pasivní či s ventilátorem).
- 3) Řídicí modul pro LED diodu.
- 4) Napájecí zdroj pro LED diodu.
- 5) Zaostrovací čočka pro LED diodu.

Problém nastává v momentě, kdy potřebujete tyto komponenty umístit do nějakého krytu, který zaručí správnou funkčnost a ochranu těmto komponentům. Výroba takového krytu může být velmi složitá a v sériové výrobě se pro ni často využívá tlakových forem (ať už pro kryty z plastu, či z kovů). Takováto výroba není v domácích podmínkách možná a neoplatí se ani pro kusovou výrobu či u malých sérií.

Řešením by mohl být kryt vyrobený 3D tiskem.

## **1. Koncept studiového světla**

Koncept jednoduchého studiového světla není moc složitý, můžeme ho vidět na obr. 1.



Obr. 1 - Koncept studiového světla

Studiové světlo z Obr. 1 se skládá z:

- A) Kryt světla
- B) Řídicí modul LED diody
- C) Ventilátor chladiče
- D) Chladič
- E) Hliníkový nástavec chladiče
- F) LED dioda
- G) Posuvný nástavec s čočkou, který umožňuje zaostřování světla z LED
- H) Čočka
- I) Klapky pro dodatečné tvarování světelného kužele z LED
- J) Sání studeného vzduchu, které prochází okolo řídicího modulu a tím ho chladí
- K) Výstup horkého vzduchu, který prochází skrz chladič LED diody.

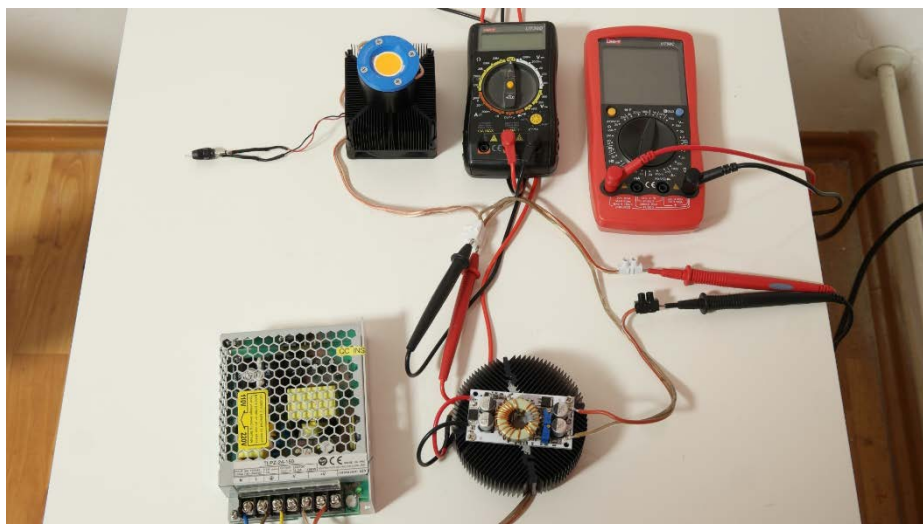
Jako chladič diody byl použit model pro počítačové procesory. Tyto chladiče se vyrábí v mnoha provedeních, bývají za dobrou cenu a jejich chladičský výkon bývá dostatečný, neboť jsou určeny pro 100-150W procesory. Ventilátor použitého chladiče má vlastní regulaci otáček v závislosti na okolní teplotě. Pokud budou teploty diody v rozumných číslech, měl by ventilátor zůstat tichý.

Dioda byla použita s výkonem 120W, ovšem provozována bude jen na 100W. Není vhodné provozovat výkonné LED diody na hranici jejich možností, neboť u horních hodnot rychle roste spotřeba a tím i vyzařované teplo, což má negativní vliv na energetickou účinnost a životnost celého světla.

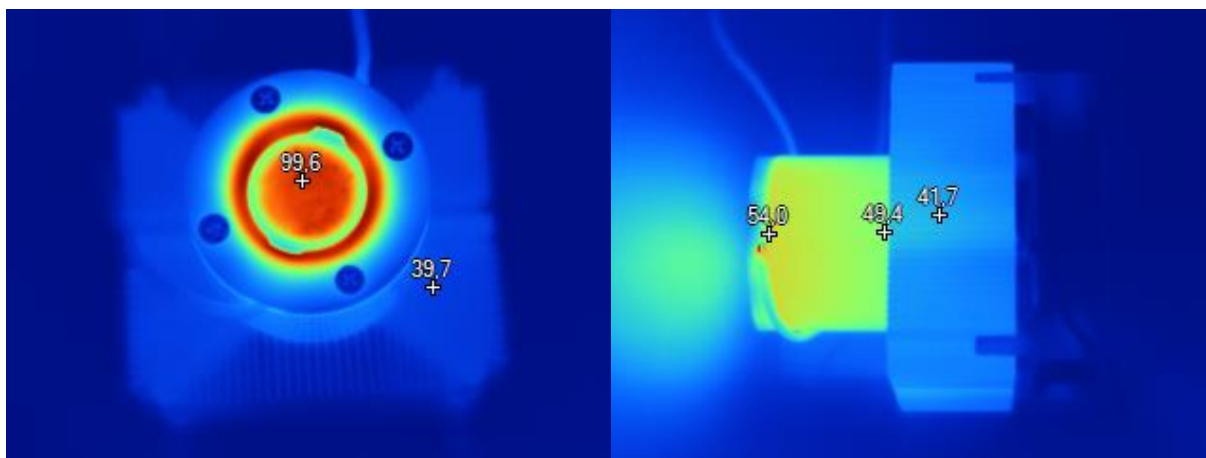
Uchladit diodu o výkonu 100W není jednoduché a vyžaduje to chladič s aktivním chlazením, tedy s ventilátorem. Procesorový chladič je určen pro 100W+ procesory, s diodou by tedy neměl mít problém. Ověříme si to s pomocí termokamery.

## 2. Chlazení LED diody – základní uskupení

Abychom zjistili, zda je chladič schopen uchládit LED diodu, vyzkoušíme nejprve samotný chladič s diodou, tedy nezabudovaný do krytu světla. Kryt světla totiž omezuje proudění vzduchu chladičem a pokud by byl chladič nedostatečný, velmi snadno by mohlo dojít ke spálení diody.



Obr. 2 – testovací uskupení. Chladiče byly černě eloxovány pro správný odečet teplot termokamerou.

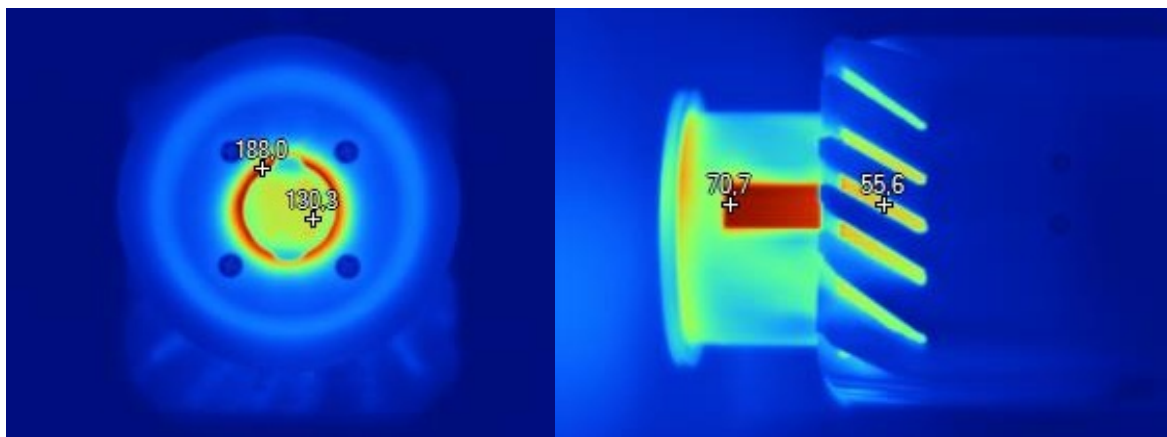


Obr. 3 – teploty po 10 minutách.

Na obr. 3 můžeme vidět teploty po 10 minutách, tyto teploty byly ustálené a dále již nestoupaly. Teplota na čipu diody dosáhla 100°C. Doporučená provozní teplota od výrobce je 85-120°C a neměla by přesáhnout 150°C. Teplotu na čipu diody tedy můžeme považovat za vyhovující, ovšem je potřeba brát v úvahu, že chladič byl na volném vzduchu a teploty s krytem porostou nahoru.

Je dobré si všimnout, že hliníkový nástavec chladiče poměrně špatně přenáší teplo z čipu diody do bloku chladiče. Koncept světla s hliníkovým nástavcem tedy není ideální, nástavec zde ale musí být kvůli možnosti posunu čočky a tím zaostřování světelného kužele diody.

### **3. Chlazení LED diody – s krytem**



**Obr. 4 – teploty s krytem po 10 minutách**

Po deseti minutách dosáhla teplota na čipu diody 130°C, navíc ventilátor uvnitř krytu běžel na maximální otáčky a vytvářel velký hluk, který by byl při natáčení videa velmi rušivý. Chlazení s krytem je tedy velmi špatné.

Opět můžeme vidět špatný přenos tepla z čipu diody na tělo chladiče. Dioda má 130°C, zatímco chladič pouze 56°C. Toto je způsobeno hliníkovým nástavcem, zmíněným v předchozí kapitole.

Také si můžeme povšimnout vysoké teploty 188°C v okolí diody. Jedná se o plastový díl, který diodu obepíná a přitlačuje ji na hliníkový nástavec. Tento plastový díl v okolí diody vystupoval příliš vysoko nad čip diody a byl zahříván silným světlem z diody. Vysoké zahřívání tohoto dílu je nežádoucí, protože by se mohl zdeformovat a snížit tak přítlak diody na hliníkový nástavec, což by vedlo ke zhoršení přenosu tepla a riziku zničení diody.

#### **Poznátky**

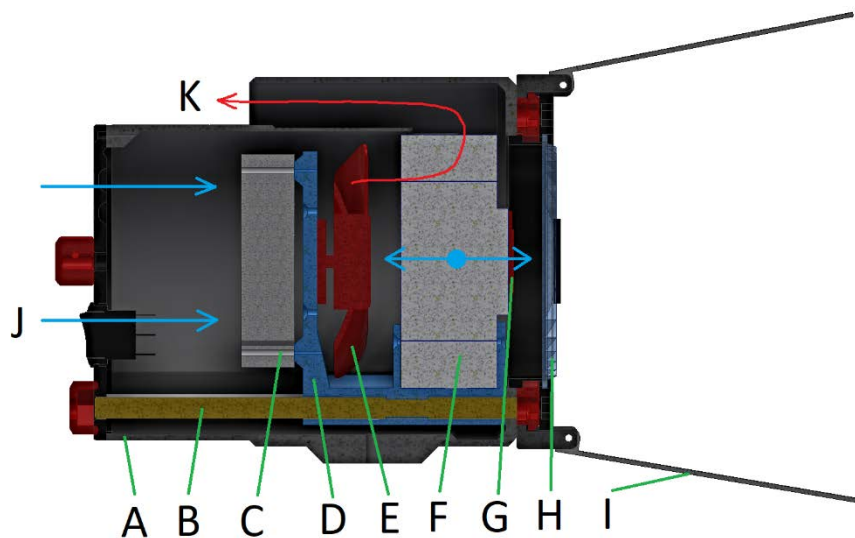
Tyto testy prokázaly, že lze vyrobit 3D tištěný kryt a funkční studiové světlo, ovšem u této verze světla bylo podceněno chlazení LED diody a ta by se tedy musela provozovat na mnohem nižší výkon. Je tedy možné provozovat v 3D tištěném krytu silnější diody? Ano, ale musí se tomu přizpůsobit chlazení celého světla.

### **4. Chlazení LED diody – změna konceptu**

S poznatky získanými z předchozích kapitol byl koncept světla předělán s ohledem na lepší chlazení.

Na obr. 5 můžeme vidět, že byl odstraněn problematický hliníkový nástavec chladiče. Ovšem aby bylo možné nadále zaostřovat světelný kužel, musí být zachována možnost posunu diody vůči čočce. Nyní se dioda společně s chladičem pohybuje uvnitř krytu světla. Kryt tedy musí být větší a tvarově složitější, ovšem díky 3D tisku je možné ho vyrobit.

Byl změněn i samotný chladič, ten je nyní kruhový a má ventilátor s konstantními otáčkami, který by měl zajistit tišší provoz.



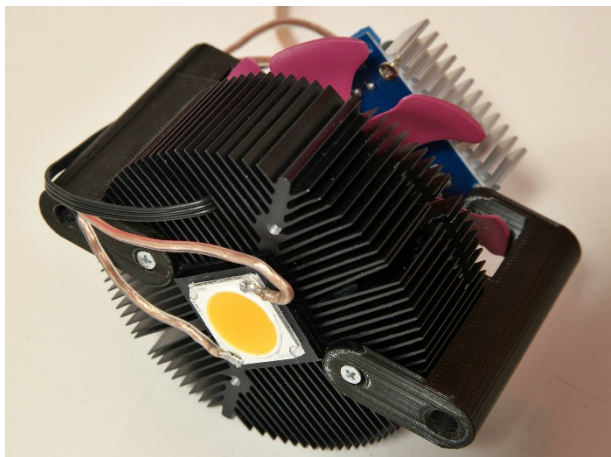
Obr. 5 – změna konceptu světla

Nový koncept světla se skládá z:

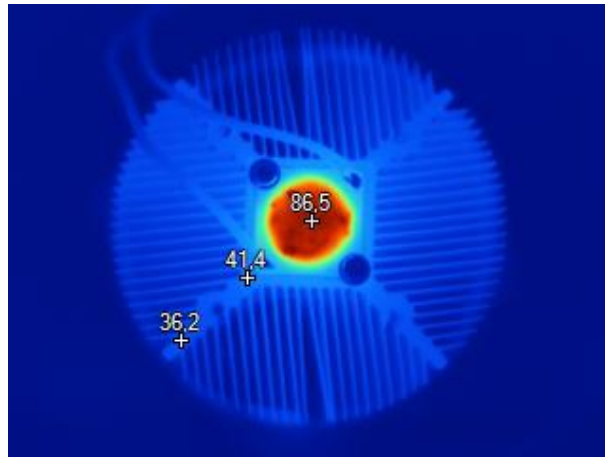
- A) Kryt světla
- B) Stavací šroub umožňující posun modulu s chladičem a diodou
- C) Řídící modul LED diody
- D) Unašeč
- E) Ventilátor
- F) Chladič
- G) LED dioda
- H) Čočka
- I) Klapky pro dodatečné tvarování světelného kužele z LED
- J) Sání studeného vzduchu
- K) Vyfukování horkého vzduchu (na obr. pouze horní stranou, ovšem otvory pro odvod horkého vzduchu jsou po celém obvodu světla kromě místa se stavacím šroubem).

## 5. Chlazení LED diody – nový chladič

Nový chladič nemá hliníkový nástavec, teplo tedy jde z diody přímo do chladiče. Chladič je nyní kruhový, díky tomu má i větší ventilátor, který by měl nabídnout tišší chod.

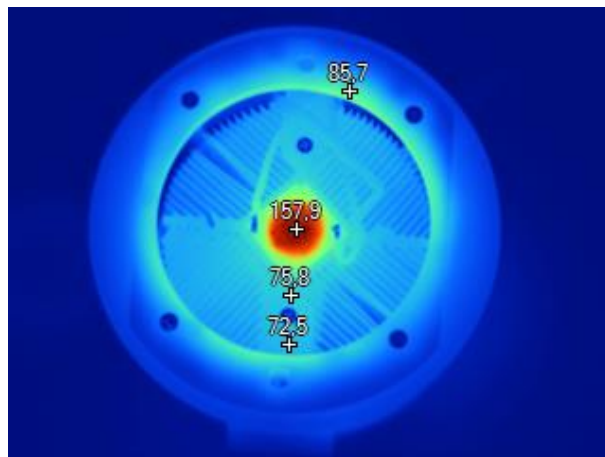


Obr. 6 – modul světla s novým chladičem



**Obr. 7 – teplota s novým chladičem bez krytu po 10 minutách**

Na obr. 7 můžeme vidět teplotu čipu diody a chladiče. Teplota na čipu diody dosáhla 86,5°C, tedy o 15 stupňů méně, než u chladiče s nástavcem. Teplota samotného chladiče je podobná, jako u předchozí verze.



**Obr. 8 – teplota s novým chladičem s krytem po 10 minutách**

**Pozn. – test proběhl včetně čočky, ovšem pro vyfocení snímku termokamerou je nutné čočku sundat, proto na snímku není.**

Na obr. 8 můžeme vidět teploty po vložení chladiče do krytu světla. Teploty jsou velmi vysoké a teplota na čipu diody dosáhla na 158°C, což je vysoko nad doporučením výrobce. Provozování diody při této teplotě by vedlo k jejímu rychlému zničení.

Rovněž můžeme vidět vysoké teploty na okraji krytu světla (85°C). Kryt je z plastu a takto vysoká teplota by časem mohla vést k jeho poškození.

Vysoká je i teplota samotného chladiče (75°C).

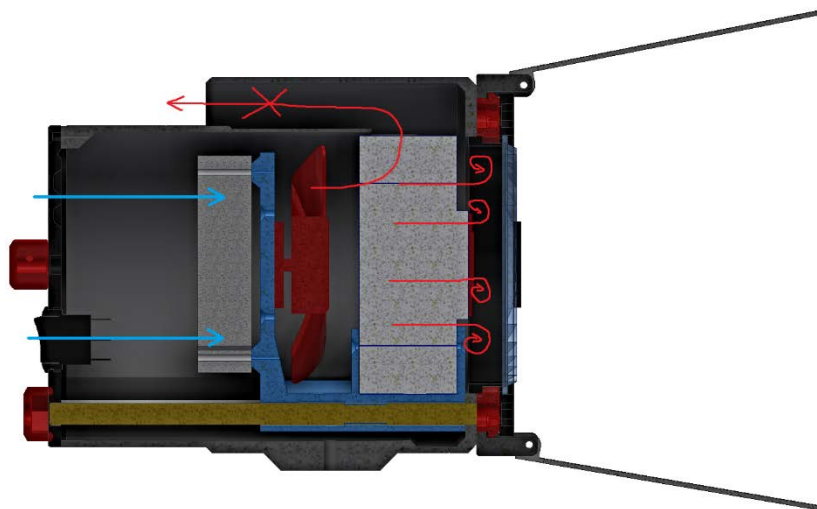
### **Poznatky**

Je evidentní, že chlazení v novém konceptu světla nefunguje a světlo se přehřívá dokonce více, než u původního konceptu. I přes velké chladicí otvory v krytu světla musí docházet ke špatnému odvodu tepla z krytu. Větší ventilátor by tento problém vyřešil jen částečně, navíc by mohla narůst hlučnost.

Bylo zjištěno, že teplo se kumuluje v oblasti mezi chladičem a čočkou. Ventilátor protlačí studený vzduch chladičem, ten ale za chladičem nezmění směr, aby vyšel z krytu ven a hromadí se tak v oblasti



za chladičem, viz obr. 9. To vede k přehřívání světla a nový koncept tak nelze označit za plně funkční (jedině s velmi omezeným výkonem).



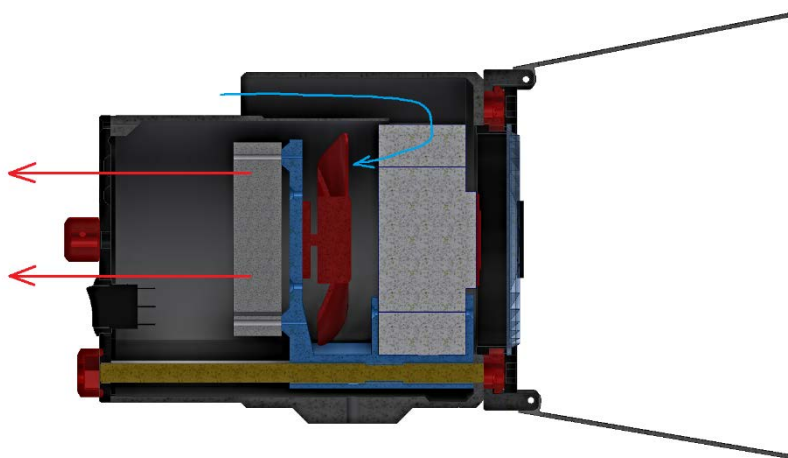
Obr. 9 – schéma hromadění horkého vzduchu za chladičem

Opět si tedy položíme otázku - je možné provozovat v 3D tištěném krytu silnější diody? Zatím to tak nevypadá, možné to ovšem je, jen je potřeba věnovat se problematice chlazení ještě více.

## 6. Chlazení LED diody – úprava konceptu

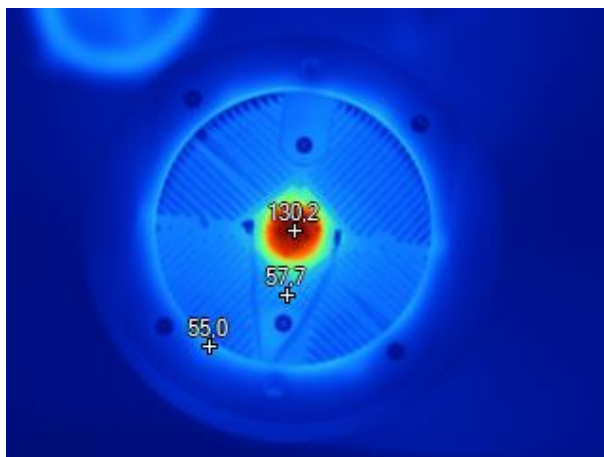
Problém předchozího konceptu spočívá v tom, že proud vzduchu špatně mění svůj směr a neodchází chladičnými otvory z krytu ven. Toto bylo zjištěno pro proud vzduchu, který je tlačný ventilátorem ven z krytu. Platí neochota měnit směr i pro proud vzduchu, který je ventilátorem nasáván do krytu? Toto se dá zjistit poměrně jednoduše – otočením ventilátoru a tím i směru proudění vzduchu. Vzduch nyní bude nasáván do krytu těla, projde horkým chladičem, změní svůj směr a bude vytlačen ventilátorem z krytu ven bez další potřeby měnit směr. Toto předpokládané proudění vzduchu je znázorněno na obr. 10.

Aby takovýto koncept proudění fungoval, musí být splněna jedna podmínka – ventilátor nesmí nasávat falešný vzduch, okolo chladiče tedy musí být co nejméně mezer, aby byl vzduch nucen projít chladičem. Náš koncept naštěstí tuto podmínku splňuje.



Obr. 10 – otočení proudění vzduchu krytem světla





Obr. 11 – teploty po otočení ventilátoru po 10 minutách

Na obr. 11 vidíme výsledky měření. Lze vidět, že teploty klesly o 20-30°C, i přesto ale teplota na čipu diody zůstává na vysokých 130°C. S touto teplotou lze diodu dlouhodobě provozovat, ale optimální to stále není. Jedná se vlastně o stejnou teplotu, jako u úplně prvního krytu, ovšem s tím rozdílem, že u nové verze je ventilátor s nízkými otáčkami a tichý, zatímco u první verze běžel ventilátor s vysokými otáčkami a byl nepoužitelně hlučný. Toto je zásadní rozdíl.

Dobrou zprávou je, že klesly teploty plastových dílů a nyní nedosahují kritických hodnot.

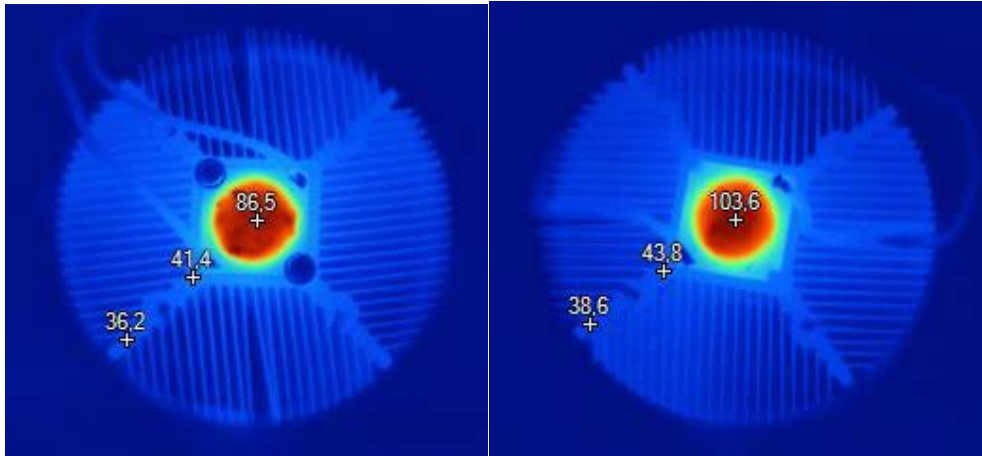
**Tato verze studiového světla tedy umožňuje dlouhodobý provoz i na plný výkon.**

## **7. Chlazení LED diody – přenos tepla z diody na chladič**

Po podrobnějším zkoumání výsledků si lze všimnout jedné zvláštnosti – u úplně prvního konceptu světla byla teplota čipu diody 130°C a teplota chladiče 56°C. U posledního konceptu je teplota čipu rovněž 130°C a teplota chladiče 58°C, tedy skoro stejně, jako u prvního konceptu. Přitom poslední koncept nemá hliníkový nástavec, který podstatně zhoršoval přenos tepla z diody do chladiče. Jak je tedy možné, že teplota čipu diody není blíže teplotě chladiče?

Bylo zjištěno, že u prvního konceptu byla pod diodou nanесena teplovodivá pasta, zatímco u posledního konceptu byla dioda přilepena teplovodivým lepidlem. **Nebyla tedy použita stejná pasta pro přenos tepla.** Může rozdílnost teplovodivé vrstvy způsobit zásadnější rozdíly ve výsledných teplotách?

V předchozí kapitole na obr. 7 byla použita teplovodivá pasta jako u úplně prvního konceptu. Tento test byl zopakován s teplovodivým lepidlem.



**Obr. 12 – porovnání teplovodivé pasty (vlevo) a teplovodivého lepidla (vpravo)**

Na obr. 12 můžeme vidět porovnání teplovodivé pasty a teplovodivého lepidla. Teplovodivé lepidlo vykazuje mnohem horší přenos tepla z diody na chladič, teplota s lepidlem je vyšší o 17°C, což není zanedbatelná hodnota.

Pokud by byla teplovodivá pasta použita i u poslední verze světla, dala by se výsledná teplota čipu očekávat na úrovni 113°C namísto původních 130°C. Test světla s tímto typem pasty bude proveden, aby se ověřil přínos pasty.

## **Závěr**

Cílem práce bylo zjištění, zda se dá pomocí 3D tisku v domácích podmínkách vyrobit levné, přesto funkční studiové světlo.

Bylo zjištěno, že problém netkví v možnostech či omezeních 3D tisku. Hlavním problémem je správné chlazení celého světla a dobrý odvod tepla z čipu LED diody.

Zajímavé bylo rovněž zjištění, že mezi proudem vzduchu nasávaným a tlačným je zásadní rozdíl v tom, jak dobře daný proud zvládá změny směru proudění.

Podstatný rozdíl byl objeven i ve schopnosti přenášet teplo mezi teplovodivou pastou a teplovodivým lepidlem.

Výsledné světlo si při plném výkonu zachovává přijatelné teploty a je tak plně použitelné. Teplota čipu byla sice vyšší, než by bylo vhodné, ovšem dá se předpokládat, že s použitím teplovodivé pasty namísto lepidla by byla teplota čipu lehce přes 110°C a to už je rozumná hodnota.

Dalším laděním a úpravami by jistě bylo možné tuto teplotu ještě snížit, například s využitím simulačních programů pro optimalizaci proudění vzduchu. Nicméně už nyní je světlo plně funkční, kompaktní, s nízkou hmotností a stále se dá vyrobit s průměrnou 3D tiskárnou v domácích podmínkách.

# Norma jako doporučení při vyhodnocování vibrací

*Autor: Vít Kostecký*

## Norma pouze jako doporučení při vyhodnocování vibrací

Ing. Vít Kostecký

Norma pouze jako doporučení při vyhodnocování vibrací

### Řešený případ

- asynchronní 4 pólový motor, 200 kW, regulovaný frekvenčním měničem,
- stálý provoz kritický pro provozovatele,
- po 3 měsících provozu zvýšená hlučnost – řešení s dodavatelem motoru.



1

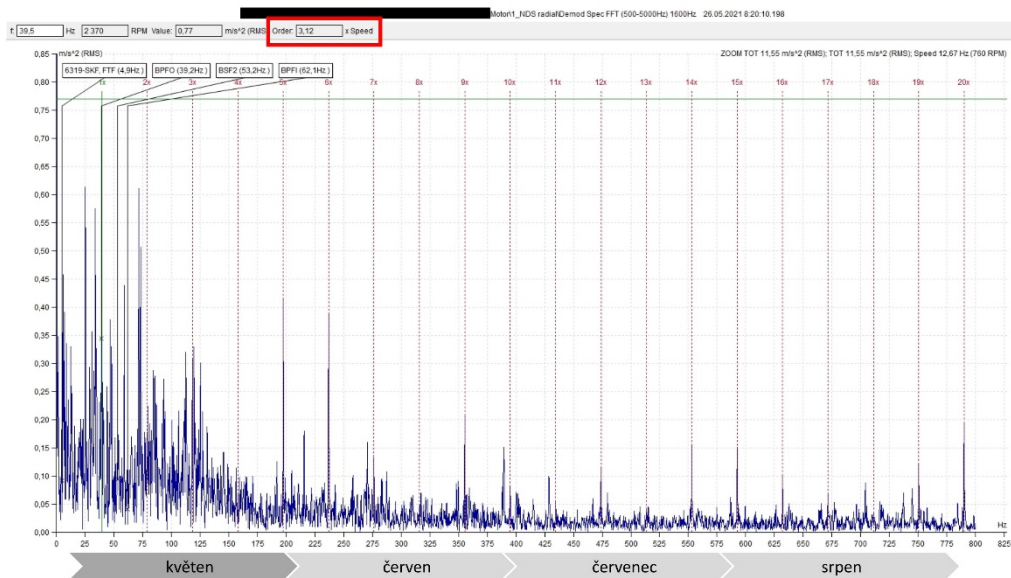


### První měření

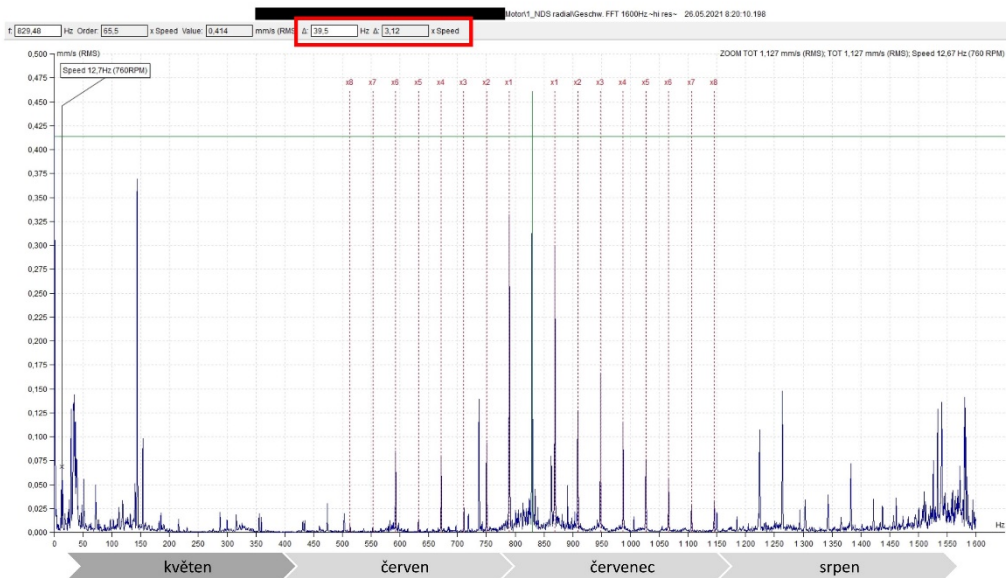
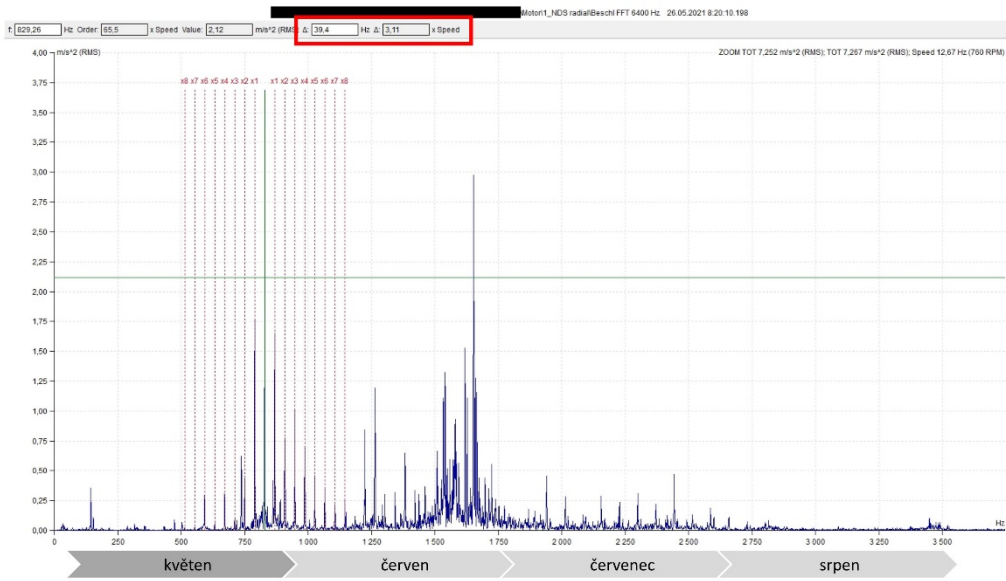
- v rámci úvahy provozovatele o zavedení vibrodiagnostiky a prediktivní údržby,
- pochůzkové měření (radiální směr),
- závěr: poškozené ložisko v bodě 1 (NDE)



2



3



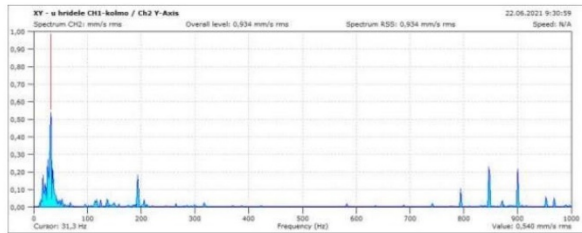


### Druhé měření

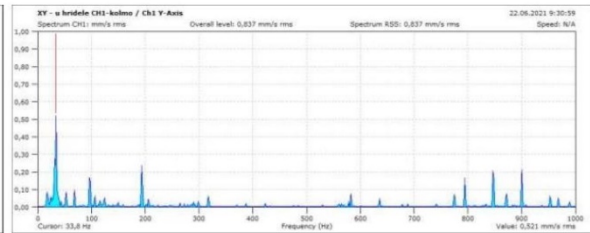
- vyžádáno dodavatelem motoru (zajištěno externě),
- k dispozici protokol z prvního měření,
- výsledný protokol zohlednil pouze celkové RMS hodnoty a porovnal je s normou.



NDS u hřídele (bez ventilátoru) - Vertikálně - Rychlost Vef = 0,934 mm/s



NDS u hřídele (bez ventilátoru) - Horizontálně - Rychlost Vef = 0,837 mm/s



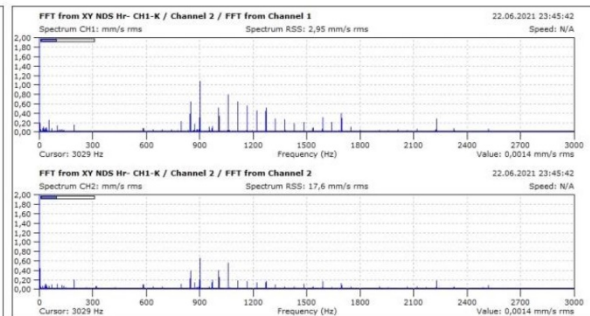
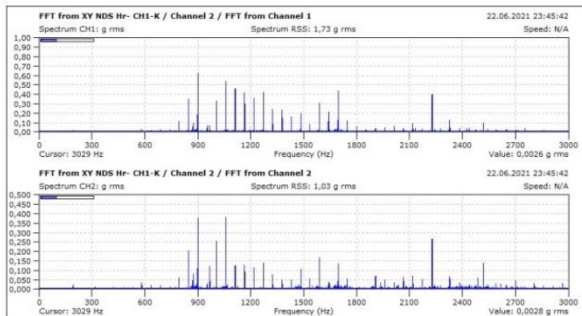
květen

červen

červenec

srpen

6



květen

červen

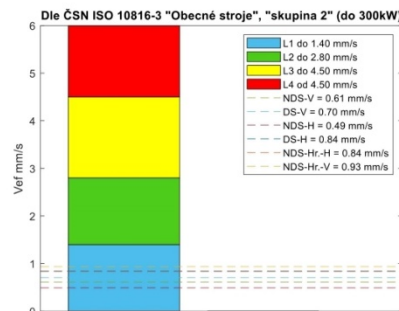
červenec

srpen

7

### Závěr protokolu druhého měření

Měřicí místo	Hodnota $V_{ef}$
NDS Vertikální	0,611 mm/s
DS Vertikální	0,703 mm/s
NDS Horizontální	0,490 mm/s
DS Horizontální	0,842 mm/s
NDS u hřídele (bez ventilátoru)	0,837 mm/s
NDS u hřídele (bez ventilátoru)	0,934 mm/s



Provedena analýza měření vibrací se soustředila na dvě části, a to měření efektivní hodnoty rychlosti v pásmu 10-1000 Hz, která měla určit aktuální stav stroje dle doporučení ČSN ISO 10816-3 „Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech“... Tyto porovnání jsou ... a jasně z nich vyplývá, že žádné měřené místo nepřekračuje hodnoty pro dlouhodobý provoz.

V druhé části byla prováděna širokospektrální měření, které také nevykazují výrazně zvýšené hodnoty vibrací. Pro podrobnou analýzu spekter je nutné vyhodnotit více informací, zejména přesné měření otáček, konstrukce připojené řemenice a typy ložisek (ty jsou uvedené na štítku a jedna se o dva různé konstrukční typy s různými echovými frekvencemi).



8

Dodavatel motoru plně souhlasil s výsledkem druhého měření – považuje motor za bezproblémový („v normě“). Akustické projevy považuje za vliv regulování frekvenčním měničem.

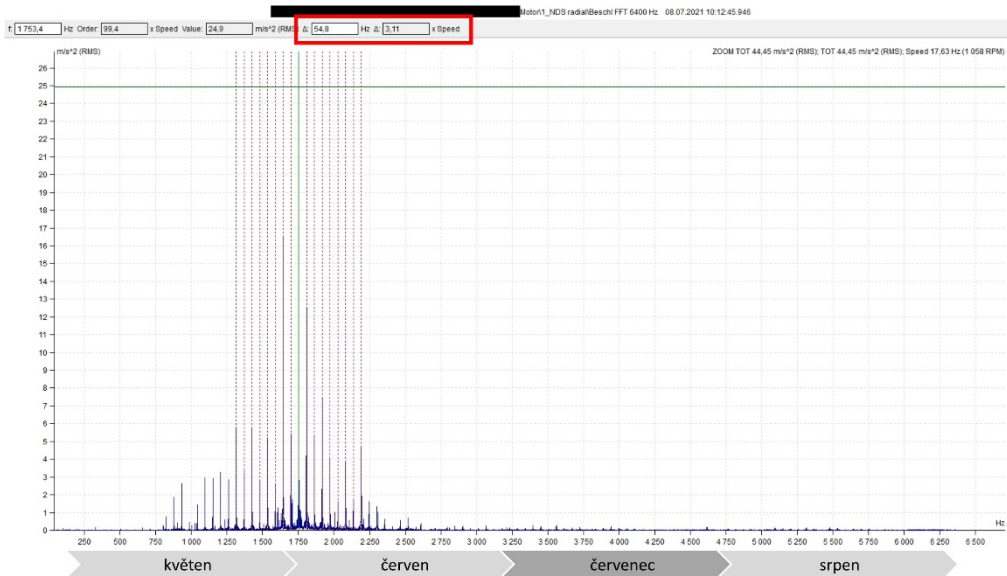
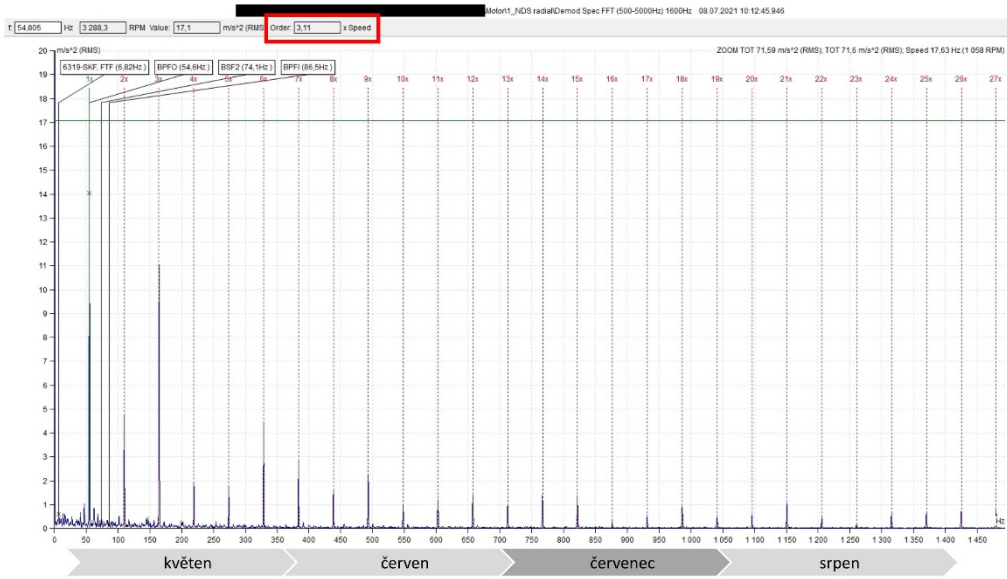
Podle subjektivního hodnocení obsluhy stav motoru, respektive akustický projev se dále zhoršuje.

### Třetí měření

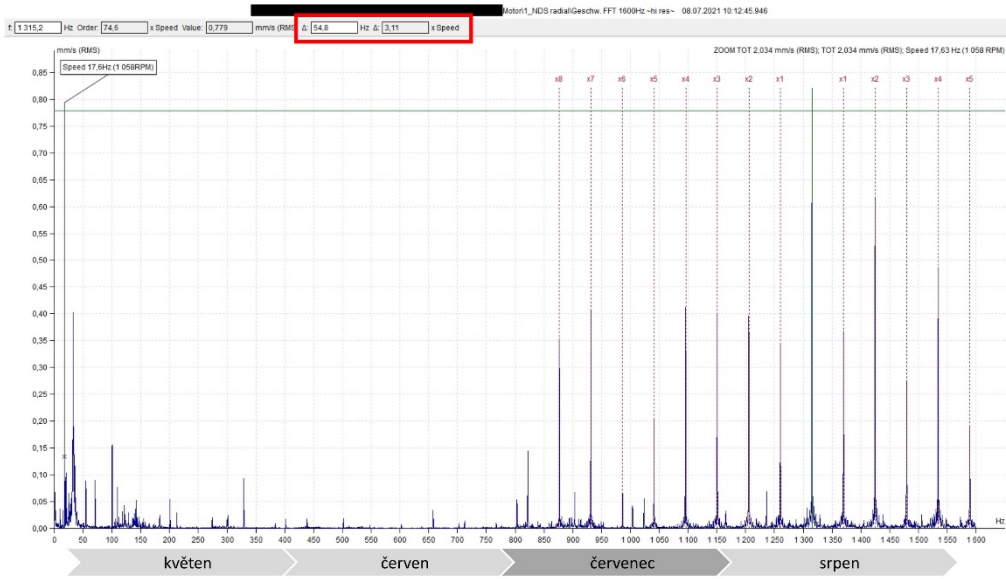
- sledování vývoje trendu vibrací na tomto i jiných strojích,
- pochůzkové měření (radiální směr),
- závěr: poškozené ložisko v bodě 1 (NDE), zhoršení hodnot.



9







12

### Závěr případu

Začátkem srpna došlo k výměně ložiska i jeho izolace. Vše řešeno s dodavatelem motoru, který uznal problém.

### Poučení

- hodnocení „podle normy“ nemůže nahradit rozbor spekter,
- norma nezohledňuje začínající vady.



květen červen červenec srpen

13

## Děkuji za pozornost

Ing. Vít Kostecký

[vit.kostecky.st@vsb.cz](mailto:vit.kostecky.st@vsb.cz)

[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

# Materiálová analýza vnějších klik dveří historického vozidla Tatra 87

*Autoři: Lukáš KUDRNA, Petra VÁŇOVÁ, Jitka MALCHARCZIKOVÁ, Jiří FRIES*

---

## MATERIÁLOVÁ ANALÝZA VNĚJŠÍCH KLIK DVEŘÍ HISTORICKÉHO VOZIDLA TATRA 87

<sup>1</sup>Lukáš KUDRNA, <sup>2</sup>Petra VÁŇOVÁ, <sup>3</sup>Jitka MALCHARCZIKOVÁ, <sup>4</sup>Jiří FRIES

<sup>1</sup>VSB - Technical University of Ostrava, Department of Production Machines and Design, Ostrava, , Czech Republic, EU, [lukas.kudrna@vsb.cz](mailto:lukas.kudrna@vsb.cz)

<sup>2</sup>VSB - Technical University of Ostrava, Department of Material Engineering, Ostrava, Czech Republic, EU, [petra.vanova@vsb.cz](mailto:petra.vanova@vsb.cz)

<sup>3</sup>VSB - Technical University of Ostrava, Department of Material Engineering, Ostrava, Czech Republic, EU, [jitka.malcharczikova@vsb.cz](mailto:jitka.malcharczikova@vsb.cz)

<sup>4</sup>VSB - Technical University of Ostrava, Department of Production Machines and Design, Ostrava, , Czech Republic, EU, [jiri.fries@vsb.cz](mailto:jiri.fries@vsb.cz)

### Abstract

Tento článek pojednává o chemickém složení a mikrostruktuře vnějších klik automobilu TATRA 87. Automobil TATRA 87 se vyráběl v letech 1937 až 1950. Jednalo se o nadčasový automobil s aerodynamickou samonosnou karosérií s osmiválcovým motorem uloženým vzadu. Materiálová analýza byla provedena na čtyřech kusech historických vnějších klik o různém stáří i stavu. Jednalo se o kliky, které zapůjčila firma ECORRA s. r. o.. Chemické složení všech čtyřech klik bylo zjišťováno pomocí rentgenového spektrometru metodou ED – XRF, které bylo možno provádět bez významného poškození historických kusů. U dvou vzorků klik byly mimo to použity i další metody, a to metoda optické emisní spektroskopie s doutnavým výbojem (GDOES) a metalografická analýza, které však byly spojené s destruktivní přípravou vzorků. Bylo zjištěno, že čtyři vzorky klik za stejného typu automobilu měly různou povrchovou úpravu. I když se v automobilce Tatra od začátku třicátých let používalo modernější chromování, tak překvapivě na dvou klikách byl pro povrchovou úpravu použit nikl. Důvodů, proč tomu tak bylo, mohlo být více. S největší pravděpodobností za to mohla odstávka části provozu, či nedostatečné zásobování v časech druhé světové války. Výsledky měření budou využívány ve výrobě přesných kopií vnějších klik, které již nejsou v dnešní době na trhu s veterány k dostání. Vnější kliky se budou odlévat. K zjednodušení prací poslouží 3D tisk, pro výrobu modelů.

**Klíčová slova:** vnější kliky dveří, složení, historie, povrchová úprava

### 1. ÚVOD

V současné době je sběratelství a péče technické kulturní dědictví velmi populární a tím vzniká i větší zájem o náhradní díly a výrobu s tím spojenou. Jedná se o komplexní problematiku, která zahrnuje znalost materiálového inženýrství, metody zpětného navrhování a v neposlední řadě technologii výroby.

Materiálová analýza spočívala ve stanovení chemického složení vnějších klik automobilů Tatra 87 a jejich mikrostruktury. K dispozici jsme měli čtyři kliky o různém stavu a stáří. Nepocházeli z jednoho automobilu. Jednotlivé vzorky jsme označili A až D. V článku jsou zmíněny i povrchové úpravy, které se u klik překvapivě lišily.

Galvanické niklování patří k nejstarším technicky používaným postupům elektrolytického vylučování kovů. Nikl (Ni) je používán především k dekorativním účelům na technické výrobky vyrobené z mědi, slitin mědi (mosaz,

bronz) i železa. Nikl se nanáší na vrstvu mědi (Cu). Nikl se vyznačuje velmi dobrou korozní odolností, zvláště v atmosférických podmínkách [1,2]. Velká část dílů u automobilů a motocyklů se niklovala až do roku 1930 [2].

Chromování je galvanické (elektro-chemické) nanesení několika vrstev kovů na připravený podklad. Vrstvy se nanáší v pořadí měď (Cu), nikl (Ni) a chrom (Cr). Tato povrchová úprava se používá především pro svůj charakteristický lesk, ale upravené povrchy také vynikají velmi dobrou mechanickou odolností a charakteristickým vzhledem [2].

Moderní dekorativní roztoky pro pokovování niklem obsahují organická aditiva a zajišťují, že se přímo z roztoku vylučují zrcadlovitě lesklé, vysoce rovinné niklové povlaky. Před zavedením těchto lázní s organickými aditivy byly dekorativní niklové povlaky vyráběny mechanickým leštěním poniklovaných součástí, což se praktikovalo mezi léty 1870 až přibližně 1945. V roce 1927 byly poprvé elektrolyticky nanášeny na leštěné niklové povlaky tenké vrstvy chromu, které zabráňují žloutnutí nebo poškrábání niklových povlaků. Vícevrstvé niklové povlaky se začaly používat začátkem padesátých let a mikrodiskontinuální chromové povlaky od poloviny šedesátých let 20. století. Moderní vícevrstvé niklové povlaky v kombinaci s mikrodiskontinuálním chromem jsou schopny dlouhodobě chránit a vylepšovat vzhled většiny kovů a slitin, plastů a dalších materiálů [3].

## 2. ANALÝZA VZORKŮ A, B

Kličky A a B se na první pohled lišily vzhledem povrchu. Klička A měla matný, drsný povrch (Figure 1). U kličky B bylo patrné, že povrch byl opatřen kovově lesklou vrstvou, avšak poškozenou nerovnoměrnou korozí (Figure 1). U kličky A a B (Figure 1) bylo hodnoceno pouze chemické složení pomocí rentgenového spektrometru Delta Professional metodou ED-XRF z důvodu co nejmenšího poškození historických kliček. Nevýhodou této metody je, že neumožňuje u ocelí stanovit spolehlivě obsah uhlíku, a tedy danou jakost oceli. Nejprve bylo provedeno měření na odmaštěném povrchu, poté byly kličky v místě uchycení ke karosérii obroušeny s cílem odstranit povrchovou vrstvu a zajistit místo pro měření chemického složení základního materiálu (Figure 2). Bylo zjištěno, že klička A neobsahovala povrchovou vrstvu a byla vyrobena z nelegované, uhlíkové oceli (Table 1). Na povrchu kličky B byl zjištěn vysoký obsah niklu a mědi, z čehož vyplývá, že klička byla povrchově upravena niklováním, přičemž měď se používá jako podkladová vrstva (Table 1). Po obroušení vrstvy se v analýze chemického složení základního materiálu sice vyskytuje zvýšené procento Ni a Cu, ale tato analýza je ovlivněna okolním povrchem, který nebyl obroušen (Table 2). Předpokládá se, že základní materiál bude tvořit opět uhlíková ocel.

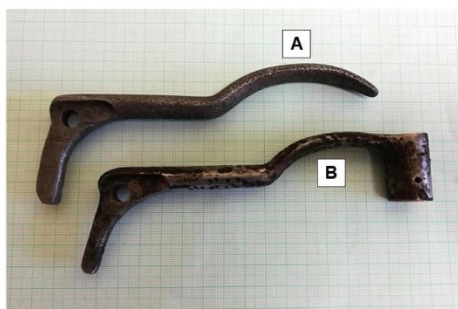


Figure 1 kličky dveří A a B



Figure 2 Detail povrchu a místo měření chemického složení metodou ED-XRF

**Table 1** Chemické složení kliky A a B stanovené metodou ED-XRF v hm. % (pozn.: ovlivněno oxidací, nezahrnuje kyslík a uhlík)

Klika A			Klika B		
Element	Bez broušení povrchu	Po obroušení povrchu	Element	Bez broušení povrchu	Po obroušení povrchu
Si	1.75	0.05	Si	0.70	0.76
Mn	0.43	0.47	Mn	0.10	0.46
Al	0.93	0.19	Al	0.50	0.38
Cr	0.03	0.02	Cr	0.51	0.03
P	0.18	0.04	P	-	0.03
S	0.34	0.04	S	0.46	0.07
Ni	0.17	0.04	<b>Ni</b>	<b>34.22</b>	6.84
Cu	0.61	0.12	<b>Cu</b>	<b>47.17</b>	5.28
Fe	zbytek	zbytek	Fe	zbytek	zbytek

### 3. ANALÝZA VZORKŮ C, D

Kličky C a D (Figure 3 a 4) již bylo možné rozřezat a provést na nich metalografickou analýzu a měření chemického složení pomocí přesnější metody optické emisní spektrometrie s doutnavým výbojem (GDOES) na zařízení GDA 750 firmy Spektruma, která umožňuje stanovit i obsah uhlíku. Pro srovnání s předchozími klikami bylo provedeno také měření chemického složení pomocí rentgenového spektrometru Delta Professional metodou ED-XRF. Obě kliky C i D byly povlakovány (Figure 3 a 4), o čemž svědčí lesklý povrch. U kliky D prosvítala pod lesklou povrchovou vrstvou vrstva mědi. Obě kliky byly napadeny nerovnoměrnou korozí, i když výraznější koroze byla pozorována u kliky D (Figure 3). Klika C byla povlakována chromovou vrstvou na rozdíl od kliky D, která byla povlakována niklovou vrstvou, pod níž se nacházela vrstva mědi (Table 2). Základní materiál tvořila nelegovaná, uhlíková ocel (Table 2 a Table 3). GDOES analýzou bylo zjištěno, že klika C byla vyrobena z oceli s obsahem uhlíku 0,30 hm. % a klika D z oceli s obsahem uhlíku 0,17 hm. % (Table 3).

Mikrostruktura klik byla hodnocena na příčných metalografických výbrusech pomocí světelného mikroskopu Olympus GX51 (zkr. LM) ve vyleštěném a naleptaném stavu v 4% roztoku HNO<sub>3</sub> v alkoholu (Nital). Na spodní a boční části klik je vidět na povrchu nerovnoměrná koroze zasahující do hloubky 50-100 μm (Figure 5), v naleptaném stavu pak velmi tenká (řadově jednotky mikrometrů) povrchová vrstva (Figure 6). V mikrostruktuře ve vyleštěném stavu jsou patrné nekovové vměstky na bázi MnS (Figure 7 and Figure 9), ve větší míře u kliky C (Figure 7), což odpovídá zvýšenému obsahu síry (Table 3). Místy byly nalezeny hrubší vměstky typu hlinitanů. Po naleptání v roztoku Nital se zviditelnila feriticko-perlitická mikrostruktura (Figure 8 a 10). U horního povrchu kliky C mikrostruktura obsahuje mírně hrubší zrna perlitu než na boční a spodní straně. Podíl perlitu byl u kliky D nižší, což odpovídá nižšímu obsahu uhlíku v matici (Figure 8 a 10).

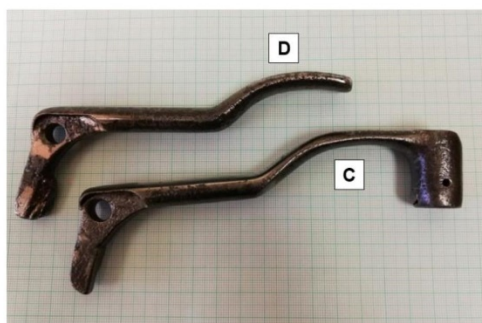


**Table 2** Chemické složení kliky C a D stanovené metodou ED-XRF v hm. % (pozn.: ovlivněno oxidací, nezahrnuje kyslík a uhlík)

Klika C			Klika D		
Element	Bez broušení povrchu	Po obroušení povrchu	Element	Bez broušení povrchu	Po obroušení povrchu
Si	0.24	0.15	Si	0.31	0.21
Mn	-	0.45	Mn	0.34	0.53
Al	-	0.20	Al	-	0.15
P	-	0.03	P	0.03	0.04
S	0.05	0.13	S	0.24	0.09
<b>Cr</b>	<b>20.82</b>	0.03	Cr	0.74	0.03
Ni	-	0.04	<b>Ni</b>	<b>16.59</b>	0.07
Cu	0.13	0.20	<b>Cu</b>	<b>14.09</b>	0.32
Fe	zbytek	zbytek	Fe	zbytek	zbytek

**Table 3** Chemické složení základního materiálu kliky C a D stanovené metodou GDOES v hm. %

Klika	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
<b>C</b>	0.30	0.50	0.01	0.043	0.063	0.03	0.05	0.19	zbytek
<b>D</b>	0.17	0.56	<0.001	0.033	0.033	0.04	0.08	0.26	zbytek



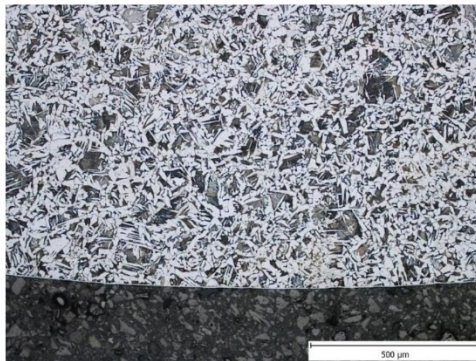
**Figure 3** kliky dveří C a D



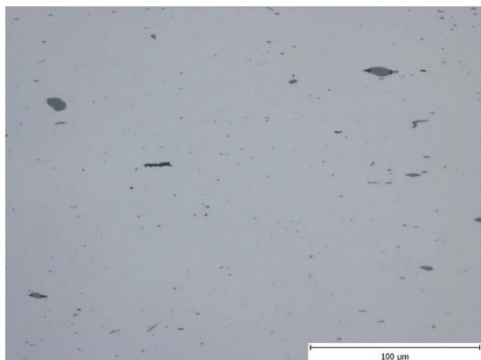
**Figure 4** Povrch klik C a D



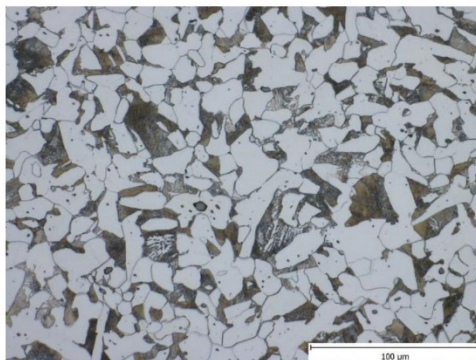
**Figure 5** Mikrostruktúra dveřní kliky D, povrch s korozi, lepané v Nitalu (LM)



**Figure 6** Mikrostruktúra dveřní kliky C, povrch s tenkou vrstvou, lepané v Nitalu (LM)



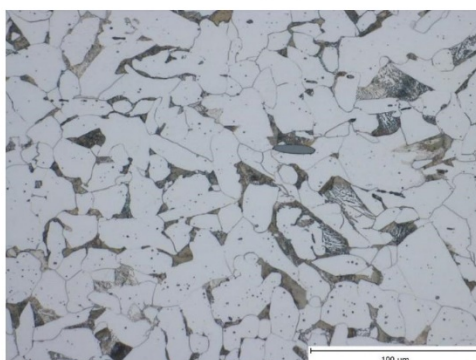
**Figure 7** Dveřní klika C, vyleštěný stav, inkluze



**Figure 8** Mikrostruktúra dveřní kliky C, lepané v Nitalu (LM)



**Figure 9** Dveřní klika D, vyleštěný stav, inkluze



**Figure 10** Mikrostruktúra dveřní kliky D, lepané v Nitalu (LM)

---

Na klikách C a D bylo provedeno měření tvrdosti podle Vickerse HV 30 podle normy ČSN EN ISO 6507-1. Klikka C měla tvrdost  $144 \pm 3$  HV30. Klikka D měla tvrdost nižší, tj.  $124 \pm 1$  HV30, což odpovídá menšímu množství uhlíku v matrici.

#### 4. ZÁVĚR

Analýza chemického složení vnějších klik automobilu Tatra 87 byla provedena z důvodu získání informací o materiálu, který byl použit na výrobu dílu pro dnes již historický automobil. Výsledek z měření může být použit jako podklad pro výrobu nového dílu, kterým se může nahradit buď díl chybějící, nebo díl v již v neopravitelném stavu. Problematika výroby dílů na historické dopravní prostředky, či technické památky je obecně velmi obsáhlá. Je důležité, aby výrobní procesy a materiály zůstaly zachovány. Z tohoto důvodu má materiálová analýza velký význam a v budoucnu se jí u obnovy kulturních technických památek nevyhneme. Zjištěné informace mohou pomoci restaurátorům při výrobě, či opravě poškozených dílů. Získané výsledky lze použít o na Tatra 97, která používala stejné vnější kliky, jako větší model Tatra 87.

#### ZDROJE

[1] <http://galvanika.cz/niklovani.html>

[2] <http://www.superchrom.cz/niklovani-super-chrom-cz/>

[3] LAMPMAN, Steve, Tina M. LUCARELLI, Kelly FERJUTZ, Nikki D. WHEATON a Mara S. WOODS, ed. *ASM handbook*. Volume 5, Surface engineering. Materials Park: ASM International, [1994]. ISBN 0-87170-384-X.



# Ekologizovaný pásový dopravník PD E1 1600

Autor: Petr Kunz

Interní



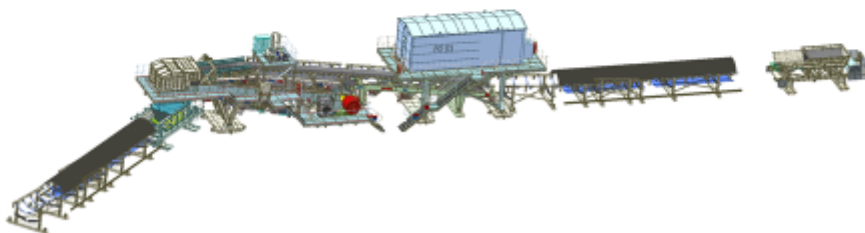
## Ekologizovaný pásový dopravník PD E1 1600

Ing. Petr Kunz



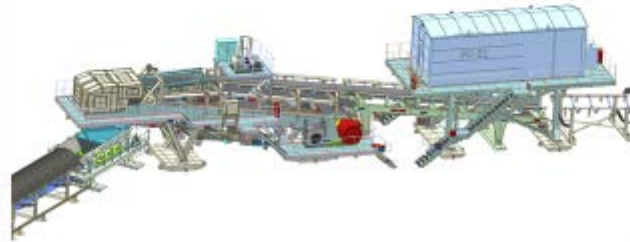
### Úvod

Pásový dopravník E1 je navržen v ekologizovaném provedení s ohledem na maximální snížení emisí prašnosti a hlučnosti. Hlavními částmi dopravníku jsou: Poháněcí stanice, střední díly a vratná stanice.

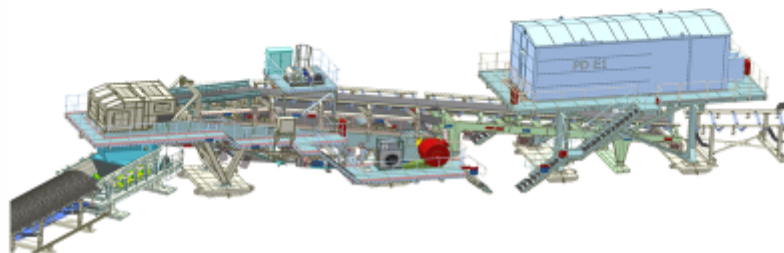


SD GROUP

2

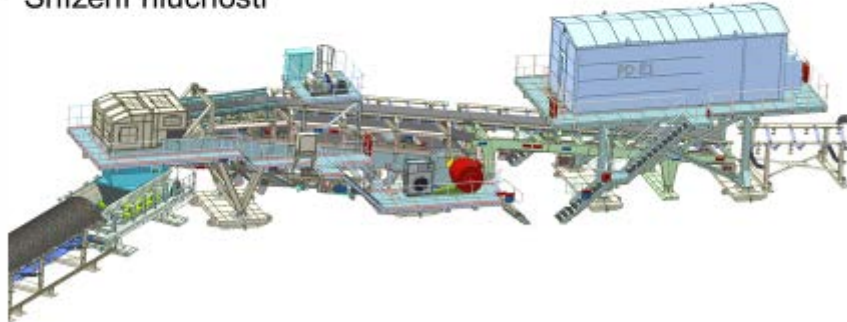


- **Technická data poháněcí stanice:**
  - šíře pasu 1600 mm,
  - dopr. výkon  $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ , rychlost pasu  $3,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,
  - hlavní pohony  $2 \times 250 \text{ kW}$ ,
  - navržena pro dopravník E1 pro SD - DB, s délkou 314 m, převýšení 14 m, vypočítaný potřebný výkon 343 kW.



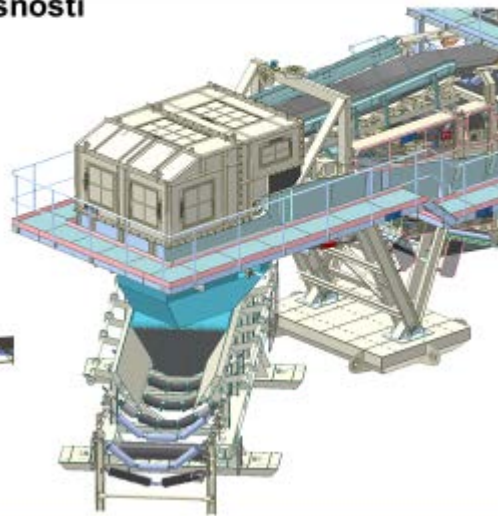
„Ekologizovaná“ stanice ve smyslu:

- Snížení prašnosti
- Snížení hlučnosti



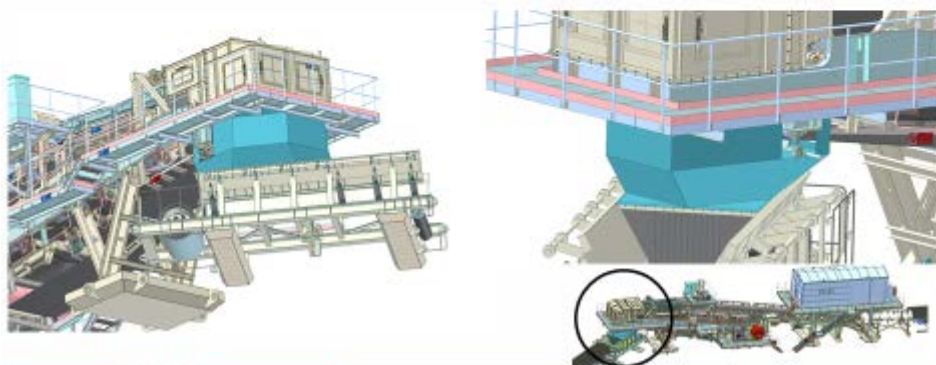
**Opatření pro snížení prašnosti**

- Zakrytování přesypu:
  - nahlížecí otvory,
  - kryt je dělený pro snadnou demontáž.



### Opatření pro snížení prašnosti

- Násypka:
  - celouzavřená na následující dopravník V1,
  - uzavření prostoru dělenou gumovou plentou.

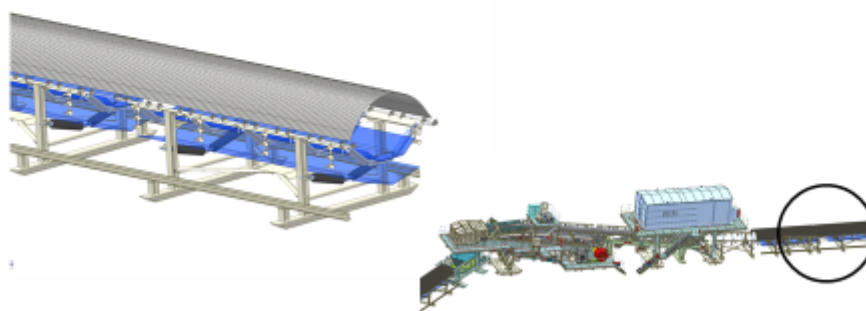


SD GROUP

7

### Opatření pro snížení prašnosti

- Zakrytování středních dílů dopravní trasy.



SD GROUP

8

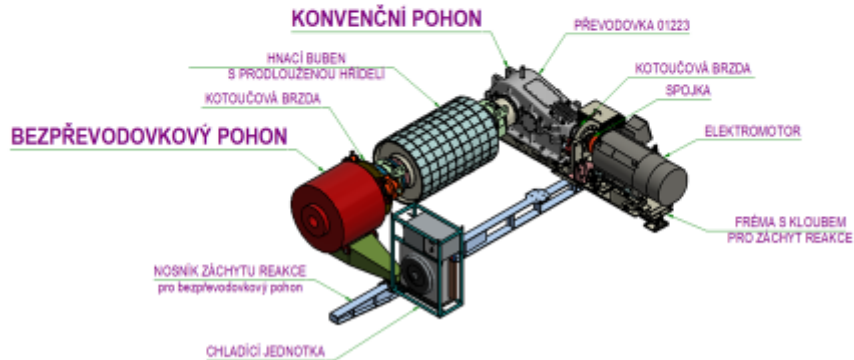
## Opatření pro snížení prašnosti

- Použití impaktního dopadového lože pro možnost zatěsnění přesypu i zdola.



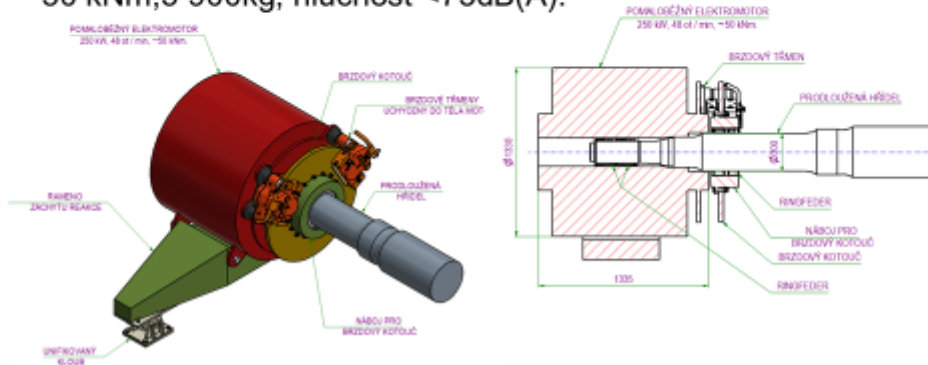
## Opatření pro snížení hlučnosti

- Experimentální použití bezpřevodkových pohonů
- Unifikovaný způsob připojení pohonů, výměna do 24 h.



## Opatření pro snížení hlučnosti

Přímý, bezpřevodkový, kapalinou chlazený, elektromotor s permanentními magnety řízený FM, 250 kW, 48 ot.min<sup>-1</sup>, 50 kNm, 5 900kg, hlučnost <73dB(A).

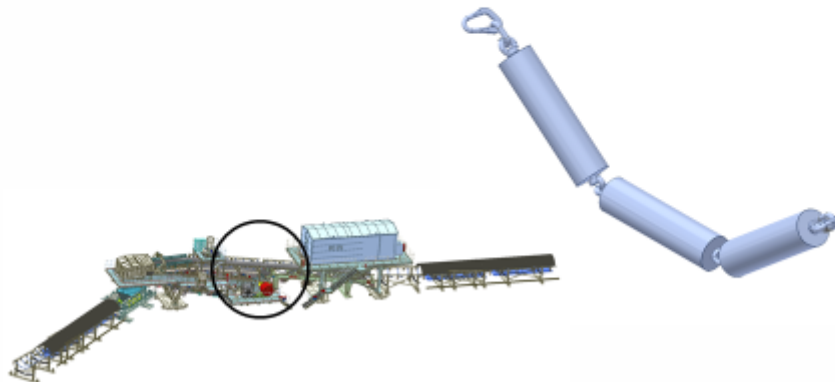


SD GROUP

11

## Opatření pro snížení hlučnosti

- Použití válečků se sníženou hlučností na celé trase.



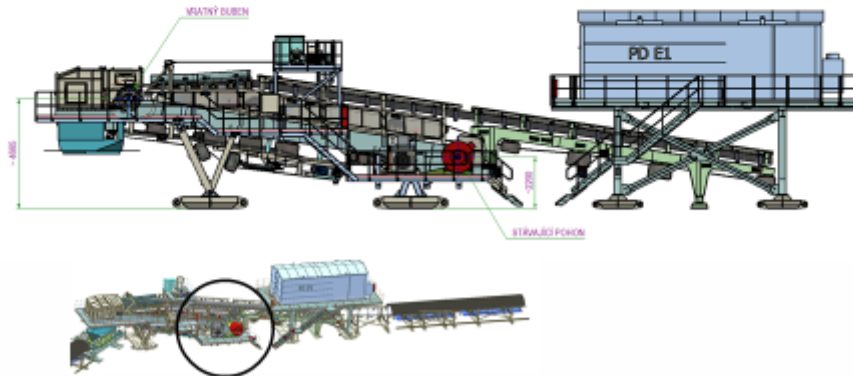
SD GROUP

12



### Opatření pro snížení hlučnosti

- Umístění pohonu v nejnižší části – pouze spodní pohon.



### Shrnutí

#### Opatření pro snížení prašnosti:

- Zakrytovaný přesyp
- Uzavřená násypka, čelní plenta
- Zakrytování dopravní trasy
- Použití dopadového lože

#### Opatření pro snížení hlučnosti:

- Použití bezpřevodkových pohonů
- Použití válečků se sníženou hlučností na celé trase
- Nízká stavební výška poháněcích jednotek

Děkuji za pozornost



# Top Fuel Dragster

*Autor: Daniel Kurač*

## Top Fuel Dragster

Ing. Daniel Kurač

### Základní informace

- ▶ Rozměry: 1,3 x 2,2 x 10,5 m
- ▶ Hmotnost: 1060 kg
- ▶ Přibližné zrychlení: 0-540km/h za 3,7 s (přetížení 5-6 G)
- ▶ Cena: ±11 mil. Kč
- ▶ Přítlak: ±4500 kg



## Závody

- ▶ Vyřazovací systém
- ▶ Délka tratě: 305 m
- ▶ Trvání závodu: 3,6-3,8 s
- ▶ Rychlost v cíli: 530-540 km/h
- ▶ Hlasitost: 150-160 dB
- ▶ Otřesy: 2-3° Richtera



## Mezizávodní příprava

- ▶ Oprava a výměna poškozených částí
- ▶ Zahřívání motoru ( $\pm 1,5$  min)
- ▶ Nastavení auta podle atmosférických a traťových podmínek
- ▶ Zahřívání pneumatik





## Údržba

- ▶ Přestavba po každém závodě (40 minutové okno)
- ▶ Důkladnější opravy po závodním víkendu

Životnost [Závodů]	Součásti	Přibližná cena [Kč]
1	Svíčky, Ventilové pružiny, Ložiska, Pístní kroužky, Palivo, 2x Olej, (Blok motoru, Rám)	300 000
1-3	Kotouče spojky	20 000
4-5	Písty	-
6-7	Pneumatiky	40 000
6-10	Ojnice	32 000
12	Blok motoru	20 000

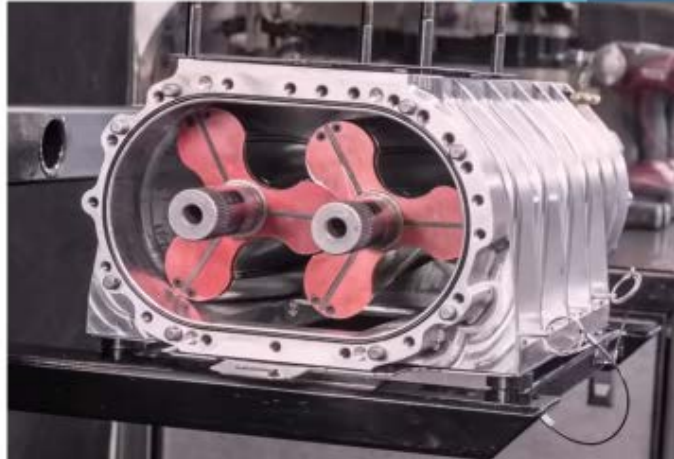
## Specifikace motoru

- ▶ Motor: 8L V8 Hemi
- ▶ Výkon: ±11 000 koní
- ▶ Otáčky: 9000 min<sup>-1</sup>
- ▶ Přepínání kompresorem
- ▶ Zážehový → Vznětový
- ▶ Životnost: ±1000 otáček
- ▶ Cena: ±1 100 000 Kč



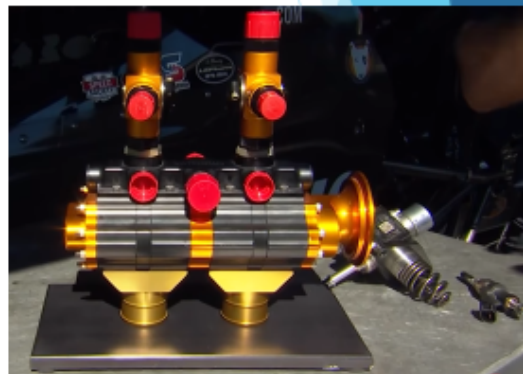
## Kompresor

- ▶ Otáčky: 12 500 min<sup>-1</sup>
- ▶ Rozměr šroubu: Ø148 x 480 mm
- ▶ Spotřeba výkonu: 900 koní
- ▶ Průtok: 1,5 m<sup>3</sup>/s
- ▶ Tlak: 4 bary



## Palivo

- ▶ Směs: 90% Nitromethan a 10% Methanol
- ▶ Spotřeba: ±70 l (příprava + závod)
- ▶ Spotřeba během závodu: 6 l/s
- ▶ Spalovací poměr paliva se vzduchem: 1:2
- ▶ Poměr ve válci: 2,5:1 (chlazení palivem)
- ▶ Stlačováno na hranici stlačitelnosti



## Odstředivá spojka

- ▶ 5-6 spojkových kotoučů
- ▶ 5 stádií záběru
- ▶ Hydraulické časování
- ▶ Plný záběr kolem půlky závodu



## Pneumatiky

- ▶ Rozměry v klidu:  $\varnothing 910 \times 450$  mm
- ▶ Rozměry v pohybu:  $\varnothing 1110 \times 300$  mm
- ▶ Nahrazují převodovku
- ▶ Tlak: 0,45 bar
- ▶ K ráfku přichyceny 56 šrouby







Poruchy



## Zdroje obrázků

- ▶ [www.TeamKalitta.com](http://www.TeamKalitta.com) [1,5,14,16]
- ▶ NHRA [2,3,4,6,10,15,17,18,19]
- ▶ [www.Youtube.com/user/DonSchumacherRacing](http://www.Youtube.com/user/DonSchumacherRacing) [7,8]
- ▶ [www.Youtube.com/Hagerty](http://www.Youtube.com/Hagerty) [9,11]
- ▶ [www.JohnForceRacing.com](http://www.JohnForceRacing.com) [12]
- ▶ [www.Youtube.com/user/CarAndDriver](http://www.Youtube.com/user/CarAndDriver) [13]

## Zdroje informací

- ▶ NHRA (Webové stránky, Youtube, Facebook, 2021 Rulebook)

### Webové stránky:

- ▶ [www.automobilemag.com/news/top-fuel-dragsters/](http://www.automobilemag.com/news/top-fuel-dragsters/)
- ▶ [www.enginebuildermag.com/2017/03/top-fuel-racing-engines-containing-explosions/](http://www.enginebuildermag.com/2017/03/top-fuel-racing-engines-containing-explosions/)
- ▶ [www.caranddriver.com/features/columns/a26089565/drag-rac](http://www.caranddriver.com/features/columns/a26089565/drag-rac)
- ▶ [www.popularmechanics.com/cars/a12596/anatomy-of-a-top-fuel-dragster/ing-tires-explainer/](http://www.popularmechanics.com/cars/a12596/anatomy-of-a-top-fuel-dragster/ing-tires-explainer/)
- ▶ [www.motortrend.com/how-to/ccrp-1009-8000hp-top-fuel-engine/](http://www.motortrend.com/how-to/ccrp-1009-8000hp-top-fuel-engine/)
- ▶ [www.motortrend.com/reviews/top-fuel-numbers/](http://www.motortrend.com/reviews/top-fuel-numbers/)
- ▶ [blog.diamonddracing.net/the-life-of-a-top-fuel-pistons-as-told-by-antron-browns-crew-chief-brad-mason-](http://blog.diamonddracing.net/the-life-of-a-top-fuel-pistons-as-told-by-antron-browns-crew-chief-brad-mason-)
- ▶ [auto.howstuffworks.com/auto-racing/motorsports/top-fuel-dragster.htm](http://auto.howstuffworks.com/auto-racing/motorsports/top-fuel-dragster.htm)
- ▶ [antronbrown.com/dragster/](http://antronbrown.com/dragster/)

### Youtube:

- ▶ [www.Youtube.com/Driver61](http://www.Youtube.com/Driver61)
- ▶ [www.Youtube.com/SnapOnScanner](http://www.Youtube.com/SnapOnScanner)
- ▶ [www.Youtube.com/channel/UCIT3GT7hxlBnNypukfyxelQ](http://www.Youtube.com/channel/UCIT3GT7hxlBnNypukfyxelQ) - Clay Millican
- ▶ [www.Youtube.com/channel/UCiJAQNA6An-xrRGjUhsTmA](http://www.Youtube.com/channel/UCiJAQNA6An-xrRGjUhsTmA) - Angry Hornet
- ▶ [www.Youtube.com/channel/UCe4GA3ScCl1zAnVHUOL7XrA](http://www.Youtube.com/channel/UCe4GA3ScCl1zAnVHUOL7XrA) - Rob Wendland



**Děkuju za pozornost**

# Výzkum možností nasazení technické diagnostiky za účelem reengineeringu systému údržby ofsetového tiskového stroje

*Autor: Kristýna Kutiová*

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

FAKULTA  
STROJNÍ

KATEDRA  
KONSTRUOVÁNÍ

## TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE

Výzkum možností nasazení technické diagnostiky za účelem reengineeringu systému údržby ofsetového tiskového stroje

Ing. Kristýna Kutiová

P 2346 Strojní inženýrství

2302V019 – Stavba výrobních strojů a zařízení

## Úvod do problematiky

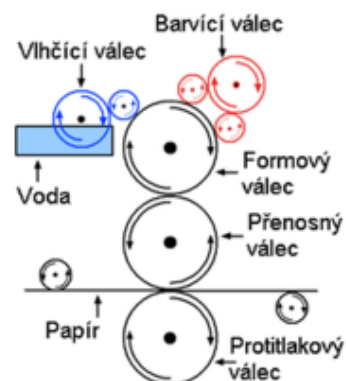
- ofsetové tiskařské stroje pro nepřímý tisk – Heidelberg Speedmaster XL 75
- z tiskové formy se tiskne na pryžový válec a z něj na papír
- vhodné i pro tisk detailů (cenin) nebo k tisku na méně kvalitní povrch (kartony)
- klasický ofset / bezvodný ofset

## Úvod do problematiky

### Princip tisku

- rozdílné fyzikálně-chemické vlastnosti TF obepínající formový válec
- TF = Al deska se 2 vrstvami
- barva = hydrofobní kapalina nemísící se s vodou ani alkoholy
- vrchní nenarušená vrstva TF je hydrofobní = odpuzuje vodu, přijímá mastnou barvu
- nanesením tiskového vzoru se naruší hydrofobní povrch v místech, kde se nebude tisknout = vzniká spodní vrstva
- spodní vrstva přijímá vodu, kt. zabraňuje barvě nalepit se na netisknoucí místa
- narušení povrchu pomocí laserového vypalování TF

## Úvod do problematiky



- TF se napne na formový válec
- po válci rolují zpravidla 4 barevné válce a 1 válec s vodou
- válec s formou se dotýká také s přenášečím válcem, na který se nanáší barva z TF
- z přenášečeho válce se barva přenesou na papír
- protitlakový válec pod papírem zajišťuje vyšší tlak mezi papírem a přenosným válcem
- přívod barvy a vlhčícího roztoku je řízen počítačem či tiskařem

## Cíle disertační práce

- posouzení možností zavedení technické diagnostiky při reengineeringu údržby
- návrh na zavedení prediktivní údržby
  - analýza a definování klíčových kritických skupin, uzlů a prvků
  - FMEA analýza
  - výběr vhodných metod testování
  - zpracování metodik
  - tvorba katalogu poruch ve formě příručky údržby včetně návrhu mezních stavů

## Výchozí premisy

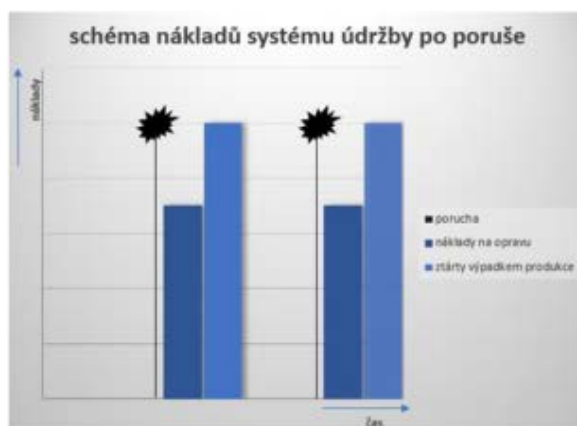
### 1. SYSTÉM ÚDRŽBY

- firma, která provádí reengineering údržby: Printo, spol. s r.o.
- základní údržba ve formě čištění, výměny filtrů vzduchového systému, seřízení válců
- ostatní údržbu včetně oprav provádí outsourcovaná servisní firma TipCat Servis
- údržba po poruše

## Výchozí premisy

### Údržba po poruše

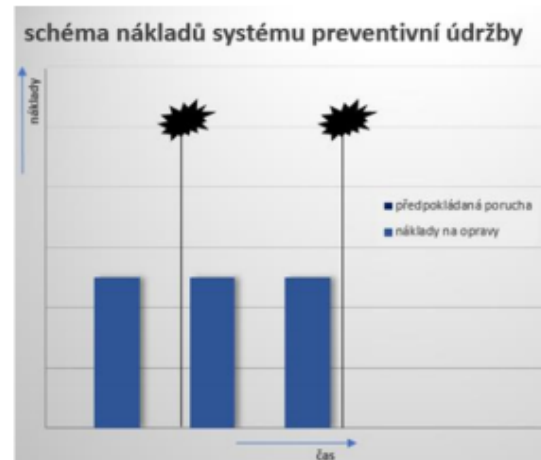
- zdánlivě ekonomická
- opravy náročné časově i ekonomicky
- dlouhodobá odstávka stroje = výpadek produkce



## Výchozí premisy

### Preventivní údržba

- na základě teoretické spolehlivosti = vysledovaných časových intervalech
- předchází se samotné poruše
- náklady na odstranění případné poruchy nižší než v přechozím případě
- údržba v určitých intervalech = poměrně často = výpadek produkce
- rovnoměrněji rozložené náklady v čase



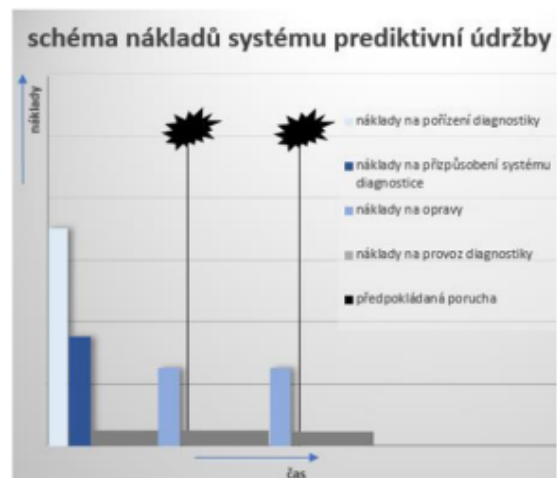
21/08/2021 Ing. Kristýna Kutlová - Výzkum možností nasazení technické diagnostiky za účelem reengineeringu systému údržby ofsetového tiskového stroje

8

## Výchozí premisy

### Prediktivní údržba

- výměna uzlů a celků v optimálním předstihu
- predikce zbytkové životnosti na základě TD
- pokles nákladů na minimum
- vyšší pořizovací náklady diagnostických přístrojů
- nutnost trvale či periodicky sledovat



21/08/2021 Ing. Kristýna Kutlová - Výzkum možností nasazení technické diagnostiky za účelem reengineeringu systému údržby ofsetového tiskového stroje

9

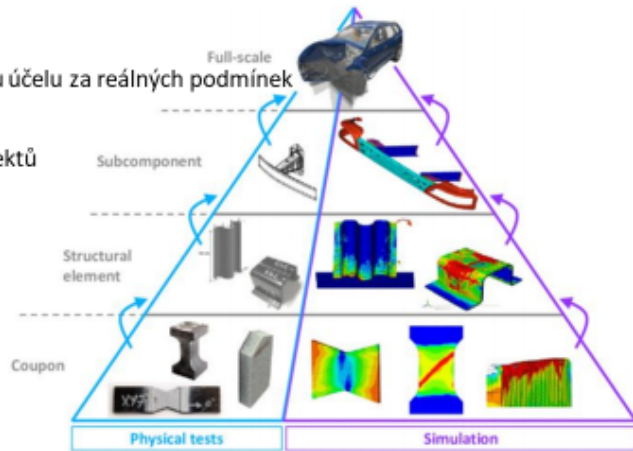
## Výchozí premisy

### 2. PROVOZNÍ SPOLEHLIVOST

- v období provozu, kdy je stroj používán ke svému účelu za reálných podmínek
- kvalifikace pracovníků v obsluze a údržbě
- technické příručky, zásobování ND, vybavení objektů
- dokumenty – příručka údržby, postup činnosti,

Intervaly údržby, zápis o údržbě

- dvoustavová/vícestavová spolehlivost
- NDT testování – materiály, díly, sestavy, stroj



21/08/2021 Ing. Kristýna Kutíková - Výzkum možností nasazení technické diagnostiky za účelem reengineeringu systému údržby ofsetového tiskového stroje

10

## Výchozí premisy

### 3. Analýza možného výskytu a vlivu vad – FMEA analýza

- k identifikování míst možného vzniku vad
- nutná znalost zkoumaného produktu
- tvorba více osobami
- postup:
  - kompletizace základních údajů
  - analýza chyb
  - hodnocení chyb
  - vyhodnocení výsledků -> vybrání komponent pro NDT a TD kontrolu
  - shrnutí

21/08/2021 Ing. Kristýna Kutíková - Výzkum možností nasazení technické diagnostiky za účelem reengineeringu systému údržby ofsetového tiskového stroje

11



## Výchozí premisy

### 4. Nasazení technické diagnostiky

- k odhalení vnějších i vnitřních vad
- ke zjištění skutečného technického stavu objektu
- nutná metodika zkoušení (písemná procedura) => jen pracovník s profesní certifikací v oboru

## Metody práce a postupy řešení

### 1. tvorba FMEA analýzy

### 2. možné využití metod TD:

- defektoskopie
  - vizuální kontrola
  - kapilární metoda
  - ultrazvuková metoda
- tribodiagnostika
- termodiagnostika
- vibrodiagnostika

## Metody práce a postupy řešení

### 3. podklady pro tvorbu metodiky práce

- stručný popis ofsetového tiskařského stroje
- katalog možných vad pro budoucí údržbové inspekce
- popis jednotlivých metod TD a doporučených přístrojů pro měření
- návod pro vykonání zkoušek
- návod na vyhodnocení výsledků zkoušek

## ZPRACOVÁNO

### Vytipování kritických dílů ofsetových strojů:

- Vytipování kritických dílů probíhá – data za 5 let servisu, velké množství
- Časové období pro hodnocení četnosti poruch – životnost různých komponent se liší. Některé důležité komponenty, jako jsou kompresory pro rozvod vzduchu do rozfuků, nebo barevníkové motory pro řízení zón barevnic mají životnost cca 10 let, rolny na přenosových válcích otevírajících chytače papírů cca 5 let atd. vždy v závislosti na údržbě a vyčíslenosti stroje.
- Z toho důvodu bude bráno v úvahu období hodnocení četnosti poruch 5 let, za které máme data k dispozici. Při výběru poruch bude přihlédnuto také ke zkušenostem z jiných tiskových strojů stejného typu.

## ZPRACOVÁNO

### Prozatím zjištěné nejčastější poruchy ofsetového tiskového stroje:

- vadné těsnění pneumatických pístů (pro přístavení vlhčících a barevníkových válců)
- popraskání hadic rozvodu vzduchu
- prasklé sací koše a zadřená ložiska vodních čerpadel
- zanesené chytače na přenosových válcích (nesedící soutisk jednotlivých věží)
- opotřebované rolny přenosových válců (přenosový válec nepřenáší papír dle požadavků)
- problém s potenciometry elektromotorů pro seřízení soutisku a další závady elektromotorů
- opotřebovaný řemen a zadřená ložiska rozvodu pohonů pro nakládací hlavu
- mechanické poškození různých částí vlivem nesprávného počtu papírů v tisku (zanesené rozfuky, chytače)
- běžné spotřební materiály jako jsou vzduchové filtry, kalibrační podložky pod tiskovou formu, fólie barevnic, pásy archových brzd, sací gumičky

## Děkuji za pozornost

# Od masa k automobilu

*Autor: Jakub Lomozník*

## OD MASA K AUTOMOBILU (SWIFTOVA TOVÁRNA NA BALENÍ MASA)

Ing. Jakub Lomozník, Ph.D.<sup>1</sup>

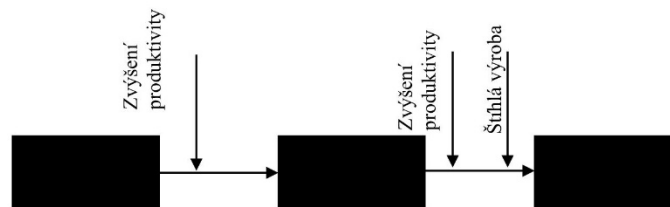
<sup>1</sup>VŠB-Technická universita Ostrava, Katedra konstruování

### ABSTRAKT

Tento článek pojednává o předchůdci montážní linky Henryho Forda. Zaměřuje se především na historický vývoj této linky a dále na popis principů a procesů, jež ovlivňují výrobu i dnes.

### ÚVOD

Řešení montážních linek se v průběhu času vyvíjelo od jednoduchých pásových dopravníků až po sofistikované lineární transportní systémy (LTS). Celkový proces tohoto vývoje směřoval jen k jednomu cíli, a to zvýšení efektivity produkce.



Obrázek 1 – Vývoj montážních linek

Současný stav techniky využívající z velké míry lineární transportní systémy se dostal na technologickou úroveň, která vykazuje známky technické složitosti. Jedná se o stav, který překračuje hranice potřebné pro funkčnost zařízení a tvoří komplexní konstrukční řešení, které je zbytečně složité. Nejlepší cestou pro optimalizaci tohoto stavu je nahlédnout do počátků jejich vývoje.

## SWIFTOVA TOVÁRNA NA BALENÍ MASA

Jedním ze vzorů moderních montážních linek je takzvaná Swiftova továrna na balení masa (The Swift Meat Packing Plant) v americkém městě Chicago. V 19. století v Americe byl proces zpracování masa neorganizovaný a neefektivní. Čerstvé maso se muselo přepravovat na krátké vzdálenosti, aby nedocházelo k jeho zkažení. Jednotlivá řeznictví pracovala nezávisle na balících továrnách a technologií pro chlazení masa byl nedostatek. Tyto aspekty nakonec vedly k revoluci. Hlavním principem této revoluce se stala centralizace, tak aby bylo možno maso zpracovávat a balit na jednom místě, čímž se snížily náklady na přepravu a nutnost budování jatek v každém městě. Dalším krokem vedoucím k snížení nákladů bylo využití méně zručné pracovní síly. Aby toho mohlo být dosaženo, byl původně komplexní pracovní proces rozčleněn na větší množství menších úkonů, které mohli provádět i nekvalifikovaní dělníci. Tento krok vedl ke snížení mezd a díky snadnějším úkonům bylo možno personál snadněji řídit.



Obrázek 2 - Swiftova továrna na balení masa

Principy a procesy plynulého toku materiálu, implementované v této továrně, sloužily jako inspirace pro návrh montážních linek tak, jak je známe dnes. Některé zdroje [1] [2] uvádějí, že tyto principy inspirovaly Henryho Forda k jeho montážní lince, jež je považována za jednu z prvních linek vůbec.

## **SEZNAM ZDROJŮ**

- [1] YORK, M J, Henry Ford: Manufacturing Mogul, Essential Library, 2010.
- [2] WILSON, FIONA, „Organizational Behaviour and Work: A Critical Introduction,“ OUP Oxford, 2010.

# **Kompatibilita 3D tisku a reaktoplastů**

*Autor: Ing. Jiří Mlčoch*

## **KOMPATIBILITA 3D TISKU A REAKTOPLASTŮ**

Vypracoval: Ing. Jiří Mlčoch



## Úvod

3D tisk se dnes využívá v mnoha odvětvích, ale i 3D tisk má své limity. Kromě limitů samotné technologie bývají limitující i vlastnosti termoplastů, které se k 3D tisku používají. Nabízí se tedy 3D tisk skombinovat s jinými materiály k vytvoření dílu, který bude levnější, pevnější, s lepším designem či s kombinací všech těchto vlastností. Cílem této práce bylo vyzkoušet možnost kombinace 3D tisku a dvousložkových reaktoplastů.

### **1. Reaktoplasty**

Reaktoplast je materiál (typicky v kapalné podobě), který lze vlivem tepla, záření či katalyzátoru vytvrdit do pevné podoby. Nově vzniklý pevný materiál může mít nejrůznější vlastnosti a tyto materiály jsou dnes hojně využívány napříč různými odvětvími.

Velmi často se využívají vícesložkové materiály (typicky dvousložkové), kdy po smíchání dvou složek dochází k chemické reakci a vytvrzení materiálu. Tyto materiály bývají velice pevné, často průhledné, dají se barvit a často se kombinují s jinými materiály pro získání určitých požadovaných vlastností (např. v kombinaci s uhlíkovým vláknem pro vytvoření karbonu, což je velice pevný a odolný materiál). Existují ovšem i pružné reaktoplasty.

Nejčastěji se vícesložkové reaktoplasty odlévají do forem pro získání požadovaného tvaru. Forma je poté oddělena od nově vzniklého dílu. Jelikož mají tyto reaktoplasty vysokou adhezi (často se využívají jako lepidla), je potřeba povrch formy upravit, aby pak bylo možné oddělit díl od formy.

#### **a. Epoxidová pryskyřice Epox G20**

Prvním testovaným reaktoplastem je epoxidová dvousložková pryskyřice Epox G20. Tento epoxid je transparentní, dá se odlévat ve větším množství a doba vytvrzení je cca. 24 hodin.

Cena materiálu je zhruba 295Kč za 1kg, je tedy levnější, než materiál pro 3D tisk. Díky tomu lze vytvořit velké díly za nižší cenu. Rovněž tisk dutého dílu znamená významnou úsporu v čase potřebném pro tisk, díl tak lze vytvořit v kratším čase.

Tento materiál nabízí vyšší pevnost, než samotný 3D tisk. Přidáním plniva (např. nasekaného skelného vlákna, které má velmi příznivou cenu) lze docílit ještě vyšší pevnosti nebo snížení ceny. Materiál se dá i barvit přidáním pigmentu.

#### **b. Polyesterová pryskyřice GPE 100**

Druhým testovaným materiálem je polyesterová dvousložková pryskyřice GPE 100. Tato pryskyřice je vysoce transparentní, optickými vlastnostmi se blíží sklu. Také se dá odlévat ve větším množství, doba vytvrzení je cca. 50-80 minut, jde tedy o mnohem „rychlejší“ reaktoplast, než Epox G20 (toto má své výhody i nevýhody).

Cena materiálu je zhruba 265Kč za 1kg, je tedy výrazně levnější, než materiál pro 3D tisk.

I tento materiál lze vylepšit přidáním plniva, ať už pro zvýšení pevnosti, či snížení výsledné ceny. Materiál se dá rovněž barvit pomocí pigmentu.

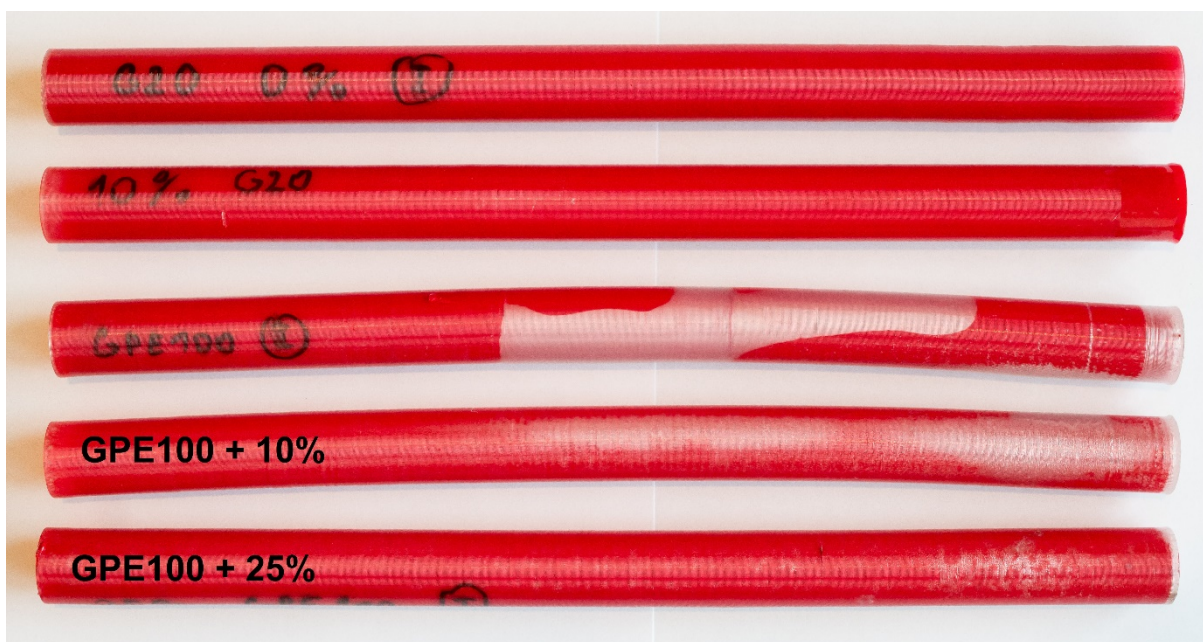
#### **c. Polyuretanový elastomer Gaform E45**

Jedná se o zástupce pružných materiálů. Výsledný elastomer má tvrdost 45 Shore A, jde tedy o středně tvrdý elastomer. Doba vytvrzení je 24 hodin a materiál lze odlévat ve větším množství.

Cena materiálu je zhruba 310Kč za 1kg, i tento materiál je tedy levnější, než většina materiálů pro 3D tisk.

## **2. Porovnání reaktoplastů**

Prvním vyrobeným vzorkem byly duté trubičky o průměru 20mm (obr. 1). Tyto trubičky byly naplněny materiálem Epox G20 a GPE 100. Do některých trubiček bylo přidáno i nasekané skelné vlákno (procento uvedené u směsi znamená hmotnostní podíl skelného vlákna). Do obou materiálů byl přidán červený pigment pro lepší zřetelnost chování náplně uvnitř trubiček.



**Obr. 1 – porovnání různých výplní.**

Materiál Epox G20 vykazuje bezchybné chování, materiál dobře přilnul ke stěnám trubičky a při procesu chladnutí nedošlo k deformaci tvaru trubičky.

Materiál GPE100 se ovšem jeví jako problémový. Během tvrdnutí se poměrně hodně zahřívá, což vedlo k roztavení prvních vzorků. Vzorky na obr. 3 ovšem nebyly zdeformovány vlivem tepla, neboť byly chlazené a jejich teplota při tvrdnutí nepřekročila kritickou teplotu materiálu trubičky PET-G. Můžeme vidět, že materiál GPE100 špatně přilnul ke stěnám trubiček. Nerovnoměrné smršťování náplně může být důvod tvarové deformace trubiček.

Po přidání skelného vlákna do materiálu GPE100 vidíme zlepšení přilnavosti ke stěnám trubičky, stejně tak i menší tvarovou deformaci. Ovšem ani 25% podíl skelného vlákna nezaručil dokonalý výsledek. Zde se hodí podotknout, že při podílu skelného vlákna přes 30% se směs stává velmi špatně tekoucí a plnění 3D tištěné formy se stává problematické, až nemožné.

## **3. Praktické využití elastomerů**

Kombinace 3D tištěného dílu a elastomeru Gaform E45 byla použita při výrobě zakázkového silentbloku pro automobil BMW 325 generace E46.

Tento automobil má od výroby nešťastně řešené uložení řadící páky. Kloub řadící páky je uložen v rameni, které je upevněno přes dva silentbloky ke karoserii na jedné straně, a k převodovce na

opačné straně (obr. 2). Právě silentblok na převodovce (obr. 3) je příliš malý a měkký. Při řazení se tak celé rameno pohybuje v tomto silentbloku, což se projevuje nepříjemnou vůlí v řadicí páce, řazení je nepřesné. Silentblok je také příliš malý na to, aby zamezil přenosu hluku z převodovky do kabiny, zvláště u starších vozů, kde se převodovky stávají hlučnějšími.



**Obr. 2 – originální uložení řadicí páky.**

Není tedy divu, že se lidé tento problém snaží vyřešit různými způsoby. Nejčastějším způsobem je výměna silentbloku za pouzdra z tvrdého plastu (obr. 3). Toto řešení odstraní nepříjemné vůle v řadicí páce, ovšem přenos hluku z převodovky je naopak ještě horší.



**Obr. 3 – označený silentblok se jeví jako problematický.**

Dalším způsobem je odstranění ramena řadicí páky. Řadicí páka je pak upevněna přímo ke karoserii automobilu (obr. 4). Toto se používá převážně u úprav automobilu pro sportovní či závodní účely. Podstatně se zlepší vůle v řadicí páce, přenos hluku od převodovky je také omezen, ovšem vznikne problém nový – jelikož je řadicí páka uchycena přímo ke karoserii, vzniká přenos rázů a nepříjemných zvuků do karoserie při řazení (neboť karoserie není nijak oddělena od řadicí páky).



**Obr. 4 – přímá montáž řadící páky ke karoserii automobilu. Kovové pouzdro ovšem přenáší všechny rázy přímo do karoserie.**

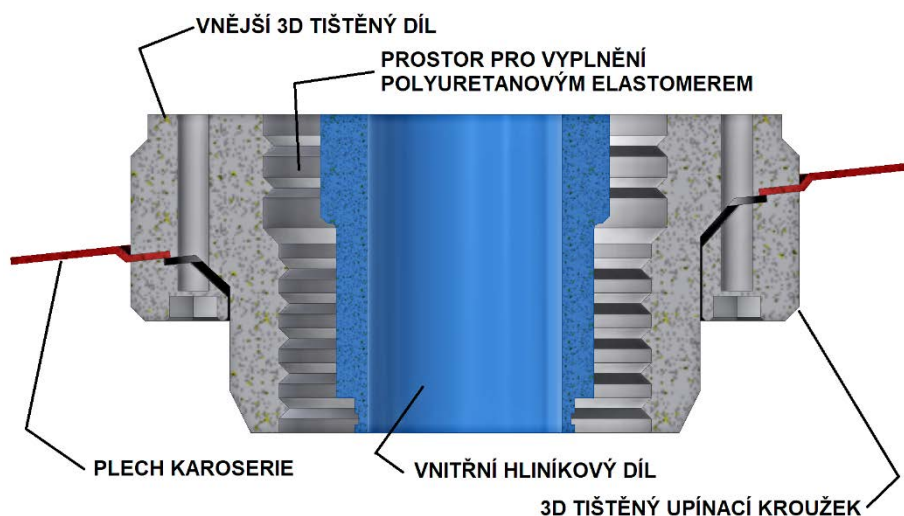
Druhá metoda by přitom mohla nabízet dobrou kombinaci vlastností, pokud by kloub řadící páky byl oddělen od karoserie měkkým materiálem (silentblokem). Takovýto typ uchycení řadící páky se nevyrábí, je ale možné ho vyrobit pomocí 3D tisku a dvousložkového elastomeru Gaform E45.

Na obr. 5 můžeme vidět řez takovýmto silentblokem. Vnitřní modrý hliníkový díl je použitý ze sady řadící páky, kterou lze běžně zakoupit (obr. 6). Vnější díl je vyroben pomocí 3D tisku a prostor mezi těmito díly je vyplněn pružným materiálem Gaform E45, který by měl zajistit tlumený přenos rázů do karoserie při řazení. Vnitřní 3D tištěný díl je zevnitř profilovaný pro zvýšení kontaktní plochy.

Výsledný výrobek lze vidět na obr. 7. Přilnavost elastomeru k hliníkovému dílu i k 3D tištěnému dílu je výborná, ani po několika měsících používání nedochází k odlepování elastomeru.

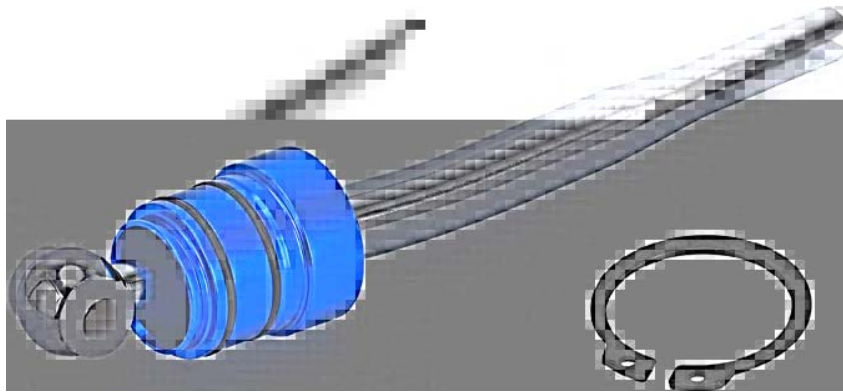
Funkce tohoto silentbloku je také velmi dobrá. Přenos rázů a hluků je podstatně snížen, vůle v řadící páce je přesto minimální.

Tvrдость elastomeru 45 shore A se ovšem jeví jako zbytečně vysoká. Mohl být použit i měkčí elastomer, se kterým by byl přenos rázů a hluků ještě nižší.



**Obr. 5 – řez vylepšeným uložením řadící páky.**





Obr. 6 – hliníkový díl je použit z běžné sady řadící páky.



Obr. 7 – výsledný silentblok namontovaný v automobilu.

## Závěr

Kombinace 3D tisku a reaktoplastů je možná a nabízí například výrobu zakázkových silentbloků, které by bez použití 3D tisku byly nevyrobitelné, nebo velmi drahé.

Ovšem ne každá kombinace reaktoplastu a 3D tisku je bezproblémová, mohou se objevit problémy s přehříváním během tvrdnutí, deformace vlivem nedostatečné pevnosti 3D tištěné formy, či nedostatečná přilnavost elastomeru ke stěnám 3D tištěné formy.

Elastomer Gaform E45 byl použit ke spojení 3D tištěného dílu (materiál ABS) a hliníkového dílu k výrobě jedinečného a levného silentbloku, který se osvědčil v praxi a odstranil nedostatky původní konstrukce uložení řadící páky.

# **Tribologie důlních strojů ve spolupráci s TOTAL ČR s.r.o.**

*Autor: Ing. Eliška Nováková*

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní

## **Tribologie důlních strojů ve spolupráci s TOTAL CR s.r.o.**

**Prezentace doktorandů katedry 340/2021**

### **Abstrakt:**

Předmětem této práce je problematika životnosti maziva strojních zařízení. Zaobírá se tribodiagnostikou maziv, jejich degradací a příslušnými aditivy.

V úvodu se zaměřuji na testy pro analýzu olejů. Následně budou popsány jednotlivé druhy maziva se zaměřením na aditiva přidávané do základového oleje pro zlepšení jeho vlastností.

V další části následuje rozbor mazacích prostředků v dolech OKD. a.s. ve spolupráci s TOTAL CR s.r.o a aplikace maziva TOTAL CARTER na příslušné strojní systémy.

### **Tribodiagnostika**

Soubor metod používaných pro kontrolu technického stavu strojních zařízení, které využívají na svou práci mazací médium (olej, tuhé mazivo) spolu s kombinací měření, hodnocení a předpovídání parametrů a charakteristik probíhající v daném strojním zařízení.

Výsledkem rozboru jsou následující úkoly:

- Měření stavu maziva, vytvoření trendu a zjištění stavu opotřebení součástí. Zjišťuje se obsah otěrových látek v mazivu jakožto hlavní faktor trendu naměřených hodnot.
- Stanovení životnosti maziva a stupně jeho degradace
- Určení optimálního času na výměnu maziva

Při plnění těchto úkolů získáváme informace o technickém stavu strojního zařízení, stavu maziva a jeho degradaci, opotřebení jednotlivých součástí případně o místě nadměrného opotřebení, které může způsobit poruchu strojního zařízení. Při zkoumání maziv zjišťujeme stupeň opotřebení strojních součástí jako funkci času.

Tribodiagnostické metody můžeme rozdělit s hlediska fyzikálně-chemických zásad na:

- Metody stanovení koncentrace otěrových látek
- Metody hodnocení morfologie a distribuce otěrových látek
- Metody stanovení fyzikálně-chemických vlastností maziva

### **Testy na analýzu oleje**

Základní testy by za normálních podmínek měly obsahovat:

- Test viskozity
- Elementary (spektrometrické) analýzu
- Obsah vody
- Třída čistoty
- Infračervená spektroskopie s Furiérovou transformací
- Číslo alkality a kyselosti.

### **Vlastnosti aditiv**

Základní hodnoty a zdraví oleje jsou mnohdy stanoveny na základě viskozity, ale důležitým faktorem je také koncentrace aditiv. Aditivní systémy jsou navrženy, aby byly obětavé. Monitorování obsahu aditiv je prospěšné, ne jen z důvodu posouzení zdravotního stavu maziva, ale také pro poskytnutí informací o konkrétních mechanizmech degradace.

Aditiva jsou organické nebo anorganické sloučeniny rozpuštěné nebo suspendované jako pevné látky v oleji. V závislosti od stroje se nachází v oleji přibližně 0,1 až 30 procent aditiv z celkového objemu.

### **Základní úkoly aditiv**

- Dodávají základnímu oleji nové vlastnosti a vylepšení již existujících vlastností základního oleje pomocí antioxidantů, inhibitorů koroze, protipěnových a deemulgačních prostředků.
- Potlačují nežádoucí vlastnosti základního oleje pomocí látek snižujících bod tuhnutí a látek zlepšujících viskozitní index

#### **Nepolární aditiva**

Nepolární aditiva nejsou povrchově aktivní, tzn. že nejsou přitahována k povrchům, ale jsou rozptýlena v celém objemu maziva rovnoměrně. Zlepšují viskozitu maziva, snižují bod tuhnutí maziva, chrání gumová těsnění proti poškození apod.

#### **Polární aditiva**

Polární aditiva utvoří na povrchu tenký film, který v závislosti na chemickém složení aditiva zvyšuje odolnost proti korozi, proti usazování nečistot, proti poškození vysokým tlakem apod.

Existuje několik druhů polárních principů:

- **Obalení částic** - aditivum se nalepí na povrch částic a obalí je. Mezi tyto aditiva patří deaktivátory kovů, detergenty a dispergátory. Používají se na peptizační nebo dispergaci částic sazí s cílem zabránit shlukování a usazování zejména za nižších a mírných teplot.
- **Emulgace s vodou** - k emulgaci dojde když se polární hlavice aditiv zachytí na mikrokapky vody. Tyto typy přísad se nazývají emulgátory. Kromě odstranění vody ze systému, nalezení místa kudy se voda dostala do systému a odstranění příčiny je třeba brát ohled na to, že byl ovlivněn balíček přísad. Toto se nazývá vyčerpání aditiv. Správnou analýzou oleje můžeme zjistit stav zbývajících aditiv v oleji.
- **Zvlhčování kovů** - nastává tehdy když aditiva se zakotví na kovovém povrchu (vnitřní povrch převodovky, zubů, převodů, ložisek, hřídelí a ostatních strojních součástí). Aditiva plnící tuto funkci jsou inhibitory rzi, aditiva proti opotřebení, aditiva pro vysoký tlak, aditiva pro zvýšení mazání a inhibitory koroze.



Je důležité si uvědomit, že aditiva se vyčerpávají. Pokud se do systému dostanou nečistoty jako jsou špína, oxid křemičitý a voda aditiva se přichytí k znečišťujícím látkám a buď se usadí na dně nebo se odfiltrují. A tímto se vyčerpává tzv. balíček aditiv.

Stroj	Bežně používaná aditiva	Percentuální zastúpenie v celkovom objeme oleja
<b>Motory</b>	Antioxidanty, Inhibitory korózie, detergety/disperzanty, protioterové, protipeniace, zlepšovače zásaditosti	10-30%
<b>Parné turbíny, kompresory</b>	Antioxidanty, Inhibitory korózie, demulgátory, protipeniace	0,5-5%
<b>Prevodovky – hypoidné, špirálové, kužeľové</b>	Protioterové, antioxidanty, protipeniace, občas inhibitory korózie, pre vysoký tlak	1-10%
<b>Prevodovky - šnekové</b>	Pre vysoký tlak, antioxidanty, inhibitory korózie, mastné kyseliny	3-10%
<b>Hydraulické systémy</b>	Antioxidanty, protioterové, protipeniace, inhibitory korózie, zlepšovače indexu viskozity, znižovače teploty tuhnutia	2-10%

**Obrázek 1 - Podíl aditiv na aplikaci oleje**

### Typy aditiv

Existuje mnoho chemických přísad přimíchávání do základního oleje. Aditiva tvoří obvykle 0,1 až 30 procent celkového objemu oleje, v závislosti na aplikaci. Přísady do maziva jsou drahé a proto je tvorba správné směsi a složení přísad velmi náročná. Je to právě volba aditiv, která odlišuje turbínový olej od převodového, hydraulického a motorového oleje.

Výběr aditiv závisí na:

- Schopnosti vykonávat požadovanou funkci
- Schopnosti míchání se základovým olejem
- Kompatibilitě s ostatními přísadami
- Ekonomické nenáročnosti

### Antioxidanty

Nacházejí se téměř v každém mazacím oleji. Chrání před oxidací základního oleje, tedy před korozi a kaly, které vedou k tvorbě usazenin a zvýšením viskozity.

Inhibitory koroze - tyto přísady snižují nebo zcela potlačují vnitřní rez a korozi tím, že neutralizují kyseliny a vytvářejí ochrannou bariéru která odpuzuje vlhkost od kovových povrchů. Některé tyto aditiva jsou specializované na ochranu určitých kovů. Deaktivátory kovů jsou pak jedny z druhů inhibitorů koroze.

### Zlepšovače indexu viskozity

Polymerní přísady, které zabraňují ztrátě viskozity při zvyšování teploty. Ve velké míře se používají při míchání víceúrovňových motorových olejích. Také mají na svědomí lepší průtok oleje při nižších teplotách, což má za následek snížení opotřebení a zlepšení spotřeby paliva. Rovněž se používají k

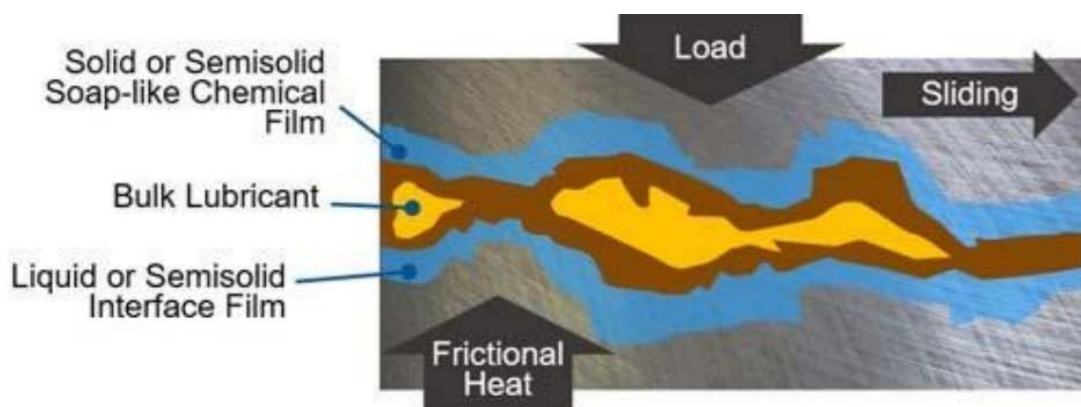
dosažení převodových a hydraulických olejů s vysokým viskozitním indexem pro zlepšení rozběhu a mazání při nízkých teplotách.

Nevýhodou je jejich vysoká molekulová hmotnost, díky čemuž jsou náchylná na rozříznutí nebo rozřezání strojními součástmi (ozubená kola), což má za následek snížení viskozity nebo v případě vysokých smykových sil (čepové ložiska) viskozita v zóně zatížení dočasně poklesne a pak se zase vrátí na své normální hodnoty.

#### Protioděrové aditiva

Polární přísady připojují se k třecím kovovým plochám. Aktivují se teplem vznikajícím při kontaktu a vytvoří film, který minimalizuje opotřebení. Také chrání základní olej před oxidací a kov před poškozením korozivními kyselinami.

Nejčastěji jsou to sloučeniny fosforu, nejpoužívanější jsou dialkylditiofosforečnan zinečnatý, který má zároveň antioxidační a antikorozivní vlastnosti.



**Obrázek 2 - Znárodnění funkce protioděrových aditiv**

#### Aditiva pro extrémní tlak

Aditiva jsou chemicky agresivnější než protioděrové. Chemicky reagují s kovovým povrchem a vytvářejí film, který zabraňuje svařování a zadírání způsobených kontaktem kov na kov. Aktivují se při vysokém zatížení a vysoké teplotě. Obvykle se přidávají do převodových olejů a způsobují, že tyto oleje páchnou jako síra. Obsahují sloučeniny síry a fosforu, příležitostně sloučeniny boru. Tyto aditiva mohou způsobovat korozi žlutých kovů zejména při vyšších teplotách. Z tohoto důvodu by se neměly používat v šnekových převodovkách a aplikacích, kde se využívají kovy na základě mědi.

#### Detergenty

Pomáhají zachovat horké kovové plochy čisté bez usazenin (popela) a neutralizují kyseliny tvořící se v oleji. Jejich hlavním využitím je v motorových olejích a jsou zásadité. Tvoří základ rezervní zásaditosti motorového oleje. Nejčastěji jsou to sloučeniny na základě vápníku a hořčíku.

#### Disperzanty

Nejčastěji objevují v motorových olejích spolu s detergenty a udržují motory čisté a bez usazenin. Jejich hlavním úkolem je udržet částice vznětového motoru rozptýlené nebo suspendované v motorovém oleji.

#### Proti pěnové přísady

Chemické sloučeniny s nízkou mezí povrchového napětí, které oslabují stěnu olejové bubliny a umožňuje tak snadnější prasknutí. Je nutná pouze malá koncentrace těchto aditiv. Při zvýšené koncentraci mají tyto aditiva opačný efekt a podporují pění.

#### Modifikátory tření

Nejčastěji se využívají v motorových olejích a kapalinách do automatické převodovky pro změnu tření mezi komponentami motoru a převodovky. U motorů je potřeba tření snížit pro snížení spotřeby paliva. U převodovek se naopak vyžaduje zvýšení tření pro zlepšení záběru spojky.

#### Aditiva pre zníženie teploty tuhnutia

V parafinových minerálních olejích při nízkých teplotách se tvoří voskové krystaly. Tyto krystaly následně tvoří pevnou mřížkovou síť a zabraňují oleji téct. Aditiva zmenšují velikost voskových krystalů a zabraňují tvorbě mřížkované sítě, což dovoluje oleji téct i při nízkých teplotách.

#### Deemulgátory

Využití v olejích, které přicházejí do kontaktu s vodou nebo vodní párou aby se mohla voda snadno usadit a bylo možné ji snadno vypustit ze zásobníku.

#### Emulgátory

Fungují jako lepidlo mezi olejem a vodou. Aditiva využívající se v kovozpracujících kapalinách na základě oleje a vody a v ohnivzdorných tekutinách

#### Biocidy

Přidávají se do maziv na základě vody pro kontrolu tvorby bakterií.

#### Látky podporující přilnavost

Jsou látky vláknitého charakteru zabraňující vymrštění maziva z kovového povrchu při rotačním pohybu. Měly by být bez nepříjemného zápachu, stabilní při skladování a netoxické podle běžných průmyslových standardů.

### **Vyčerpávání aditiv**

Mechanismy vyčerpávání aditiv:

- Rozklad
- Absorpce
- Separace

U mnohých aditiv platí, že čím déle je olej v provozu, tím méně jsou efektivní zbývající aditiva. Z toho důvodu by měly být vybírány špičkové maziva, které podléhají přísným průmyslovým specifikacím.

### **Problematika maziv a mazání důlních strojů a zařízení**

Při provozu velkostrojů dochází k poměrně velikému opotřebení a snížení životnosti některých částí strojů. Proto výrobci maziv stále vyvíjejí nové maziva, která by provoz těchto strojů prodlužovala.

Jedním z těchto nových druhů je mazivo společnosti TOTAL. V následující části budou popsány zvláštnosti důlních provozů a popis jednotlivých mazacích prostředků včetně jejich použití, dle toho, v jakých důlních podmínkách se využívají.

#### Zvláštnosti důlních provozů

V důlním prostředí jsou mazací látky vystavovány specifickým vlivům a důvodem jsou:

- samotná konstrukce strojů je charakteristická vysokým výkonem a stálým požadavkem na jeho zvyšování
- velikost strojů a tím velikost olejových náplní je limitována prostorem pro práci, dopravními a manipulačními možnostmi
- samotné podmínky provozování stroje
  - stroje většinou provozovány v maximálním dostupném výkonu, navíc rázy
  - vlhkost a agresivní prostředí

- prašnost a zejména křemičitý prach
- teplota a možnost ochlazování stroje
- podmínky pro možnost údržby strojů a odstraňování poruch
  - nutné úkony pro přípravu pracoviště
  - omezení použití všech pomůcek jinak běžně dostupných na povrchu
  - technologické a časové možnosti
  - technologická kázeň a kvalifikace pracovníků

### **V provozovaných důlních strojích se nejčastěji setkáváme s mazacími prostředky**

- **hydraulické oleje**
- **převodové oleje**
- **plastická maziva**
- důlní výztuže- vodou ředitelné oleje (emulze, syntetické vodou ředitelné kapaliny)
- ostatní oleje - kompresorové, motorové, konzervační

V dalším popíšeme charakteristiky olejů z hlediska norem, zařazení, plnění jednotlivých parametrů a což je záležitostí konstruktérů, výrobců strojů a výrobců oleje.

**Hydraulické oleje:** dobývací kombajny, razící kombajny, vrtací stroje, přibírkové stroje a nakládače.

Je zřejmé, že u těchto kapalin se vyžaduje zejména **vysoký viskozitní index, minimální stlačitelnost, dobrá odlučivost vzduchu a nízká pěnivost**, spolehlivá mazací schopnost a **snášenlivost se všemi konstrukčními materiály včetně materiálů těsnících**, používaných v hydraulických systémech, ložiskových uzlech apod.

Ve strojích provozovaných v OKD se nejčastěji používá hydraulické oleje:

- **TOTAL Azolla ZS 46** (viskozita 46 mm<sup>2</sup>/s při 40°C – **ve většině strojů pro ražbu** – kombajny, přibírkové stroje, vrtací stroje, nakládače)
- **TOTAL Azolla ZS 68 až 150** - **ve většině strojů pro dobývání** - kombajny stěnové
- **TOTAL Equivis ZS 46 (68)**- olej s **velmi vysokým viskozitním indexem- stroje pro ražbu(nejen)** a kde vliv teplot v okruhu by znamenal ztrátu viskozity a tím zhoršení mazacích schopností oleje
- **TOTAL Hydransafe HFC 46** – **těžce zápalné hydraulické kapaliny**. Aplikace těchto kapalin je v OKD celkem nová a bude nadále rozšiřována.

**Převodové oleje:** dobývací kombajny, razící kombajny, vrtací stroje, přibírkové stroje a nakládače, stěnové a sběrné dopravníky, pásové dopravníky, závěsné lokomotivy

Cílem vhodně navrženého maziva je v těchto případech zajistit:

- **minimalizaci opotřebení povrchů převodových ústrojí**, oděrem a únavou povrchu zubů (pitting).
- odvod třecího tepla
- ochranu povrchů zubů a ložisek před korozí, a to během provozu i v klidovém stavu snížení hlučnosti a chvění převodů
- **tlumení nárazů mezi zuby** a odplavování nežádoucích nečistot

Přehled převodových olejů TOTAL, které jsou široce používány v OKD:

- **TOTAL CARTER EP 150, 220, 320, 460 a 3000** (čísla jsou viskozity oleje v mm<sup>2</sup>/s při 40°C ). **Pro velmi vysoká namáhání** a řešení mazání je k dispozici **olej Carter XEP** (v příslušných

viskozitách). Praktické užití je ve všech převodovkách strojů jako dobývací a razící stroje, pohony dopravníků apod.

Přehled převodového oleje TOTAL u velkstroje K 54 (Obrázek 3):

- **TOTAL CARTER ENS/EP 700** je vhodný pro otevřené ozubené převody, kulové dráhy a mazání ocelových lan, které bylo odzkoušeno na povrchových dolech v České republice.

Otevřený ozubený převod zdvihacího zařízení velkstroje K 54 představuje pomaluběžné ozubené převodové ústrojí s přerušovaným typem provozu vystavené vysokému zatížení včetně rázových účinků.

Za tímto účelem bylo u tohoto převodu vytypováno a nasazeno do provozu plastické mazivo konzistence 0 s přísadou pevných maziv. Toto mazivo plnilo základní funkce mazání převodu, z důvodu vyšších vůlí však docházelo k vytlačování maziva, a tedy k nutnosti častého přemazávání včetně nežádoucích úniků maziva (viz Obrázek 4).

Z tohoto důvodu byla snaha použít jiný typ maziva, a to vzhledem k typu provozu a konstrukčnímu uspořádání, maziva na asfaltické bázi TOTAL CARTER ENS/EP 700. Aplikace tohoto maziva potvrdila vhodnost optimálního využití. Mazivo zajistilo kvalitní mazání pomocí stálého mazacího filmu a odstranilo problém s častým přemazáváním a vytlačováním resp. únikem maziva během provozu převodového ústrojí.



Obrázek 3 - Velkstroj K 54



Obrázek 4 - Mazání plastickým mazivem



Obrázek 5 - Mazání otevřeného ozubeného převodu asfaltickým mazivem CARTER ENS/EP 700



**Plastická maziva:** dobývací a razící kombajny, vrtací stroje, přibírkové stroje a nakládače, stěnové a sběrné dopravníky, pásové dopravníky, jiná zařízení- drtiče, důlní výztuže (během montáže)

Zajišťují lepší mechanickou stabilitu, **zvýšenou odolnost vůči smyku a vodě**, účinnější **ochranu proti korozi** a **stálý výkon, jak při vysokých, tak nízkých teplotách**.

Plastická maziva použita v OKD:

- **TOTAL MULTIS EP 2 , případně Multis EP3**
- **TOTAL CERAN** - představuje zcela novou generaci maziv, jež využívají moderní typ zpevňovačů na **bázi kalcium sulfonátového komplexu**.

Kde je aplikace těchto maziv nejvíce účelná?

- ložiska vratných stanic, pohonů
- labyrinty a obecně utěsnění proti vodě a prachu
- čepy a kluzná uložení
- kde je problém s teplotou
- kde kromě mazacích vlastností je zapotřebí ochrana proti korozi, třeba montáže

### Výhody při používání plastických maziv **TOTAL Ceran**

- Odolnost vůči velkému zatížení
- Ochrana proti opotřebení
- Odolnost proti korozi
- Významné snížení počtu servisních odstávek strojního zařízení
- Snížení rizika poškození zařízení

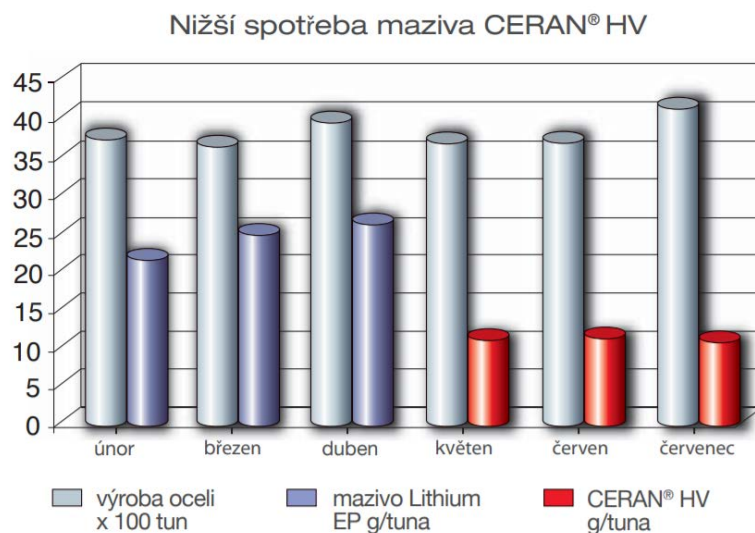
**Spolehlivost zařízení spojená s provozními zisky**

**Vyšší produktivita výroby**

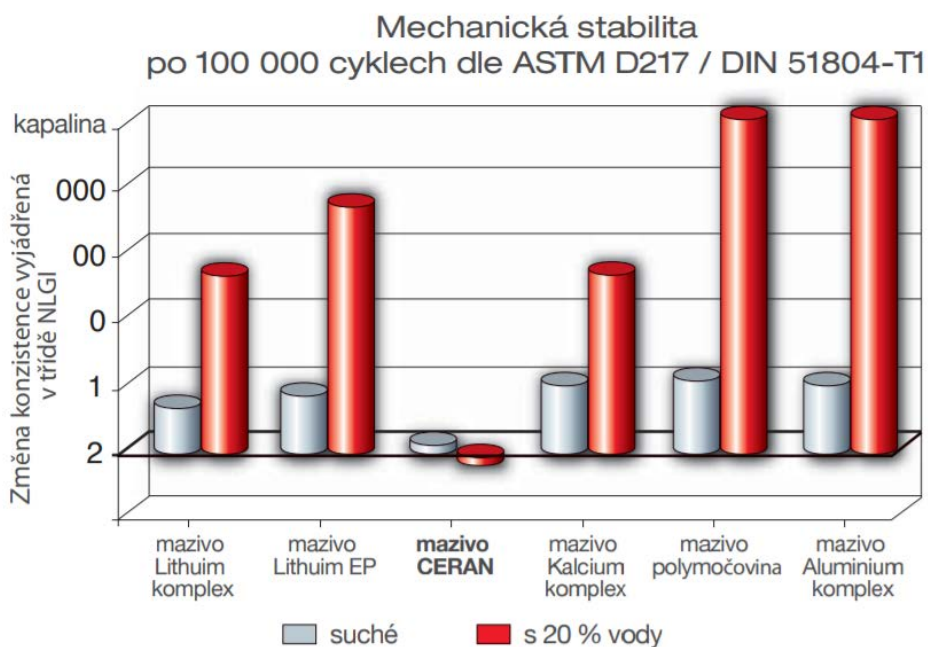
- Výborná mechanická stabilita
- Vysoká smyková stabilita
- Velmi dobrá výkonnost při vysokých a nízkých teplotách
- Snadná čerpatelnost
- Vysoká tepelná stabilita
- Velká oxidační stabilita a odolnost vůči vymývání

**Nižší frekvence mazání a snížení spotřeby maziva až o 35 %**

Tato nová generace maziv nachází stále větší „oblibu“ a to zejména svou multifunkčností a spolehlivostí.



Obrázek 6 - Graf spotřeby



Obrázek 7 - Graf mechanické stability

**TOTAL CERAN HV S** - Toto mazivo se používá pro mazání kulové dráhy velkostrže UNEX KU 800 CZECH COAL, a.s. v Mostě. Zkušenosti s uvedeným mazivem jsou následující:

- 1) snížení spotřeby maziva oproti původnímu AK2 o 50%
- 2) znatelné snížení hlučnosti kulové dráhy
- 3) viditelně menší množství pittingu a otěru
- 4) menší pracnost a interval čištění krajů kulové dráhy od použitého, vytlačeného maziva a s tím i menší zátěž životního prostředí.





Obrázek 8 - Detail kulové dráhy původní mazivo



Obrázek 9 - Nové mazivo kulové dráhy



Obrázek 10 - Stav dráhy s novým mazivem



Obrázek 11 - Stav po dlouhodobém provozu



Obrázek 12 - Detail kulové dráhy původní mazivo, výrazný kovový otěr

**Použitá literatura:**

- [1] Technické informace f. TOTAL
- [2] Výsledky sledování a hodnocení maziv v těžním povrchovém dobývání
- [3] Technické listy a dokumentace k produktům
- [4] MARTINEC, Matej. *Tribodiagnostika a aditiva olejů* [online]. Ostrava, 2021 [cit. 2021-8-27]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/144616>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [5] <https://totalenergies.cz/sites/g/files/wompnd546/f/atoms/files/ceran.pdf>
- [6] [https://www.oleje.cz/clanek/Aditiva\\_do\\_maziv](https://www.oleje.cz/clanek/Aditiva_do_maziv)

# Tlumení hluku železničních soukolí

*Autor: Lukáš Pacas*



## TLUMENÍ HLUKU NA ŽELEZNIČNÍCH DVOJKOLÍCH

Ing. Lukáš Pacas



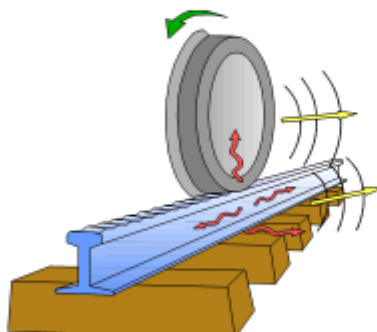
### OBSAH

- TYPY HLUKŮ
- KVÍLIVÝ A OKOLKOVÝ HLUK
- VALIVÝ HLUK
- ANALÝZA VALIVÉHO HLUKU
- TLUMENÍ HLUKU
- ZÁVĚR



## TYPY HLUKŮ

- KVÍLIVÝ HLUK
- OKOLKOVÝ HLUK
- VALIVÝ HLUK



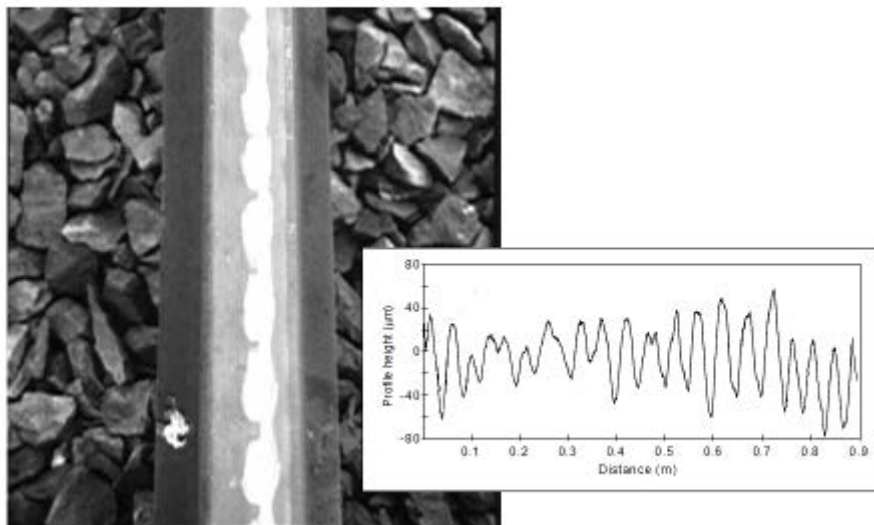
2

## TYPY HLUKŮ

- DRSNOST KOL A KOLEJNICE = BUZENÍ

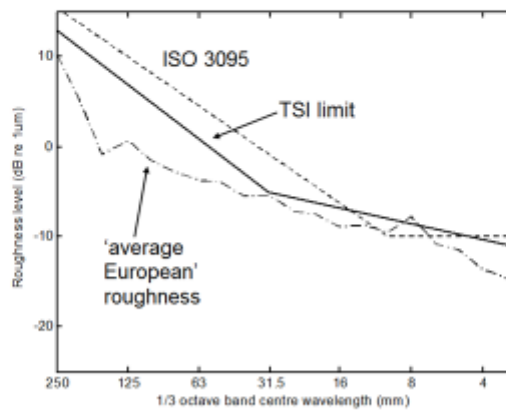


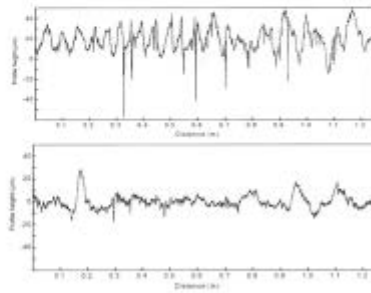
3



## TYPY HLUKŮ

- DRSNOST KOLEJNICE → NORMY TSI A ISO





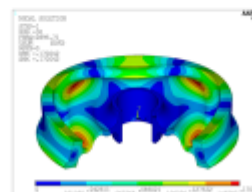
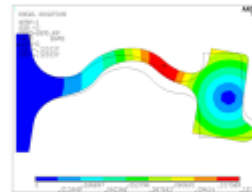
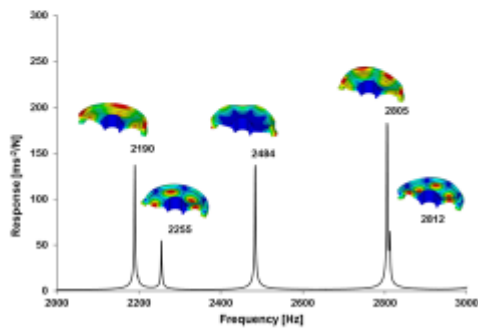
Cast-iron block brakes lead to rougher wheels

Disc braked wheels similar to unbraked

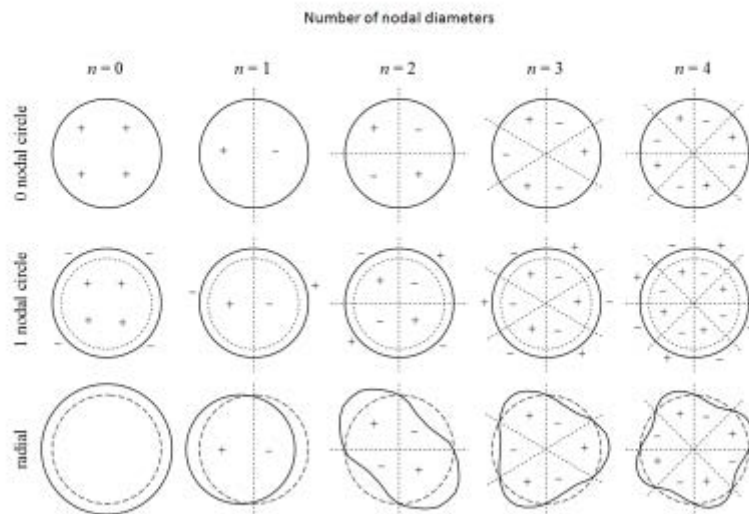
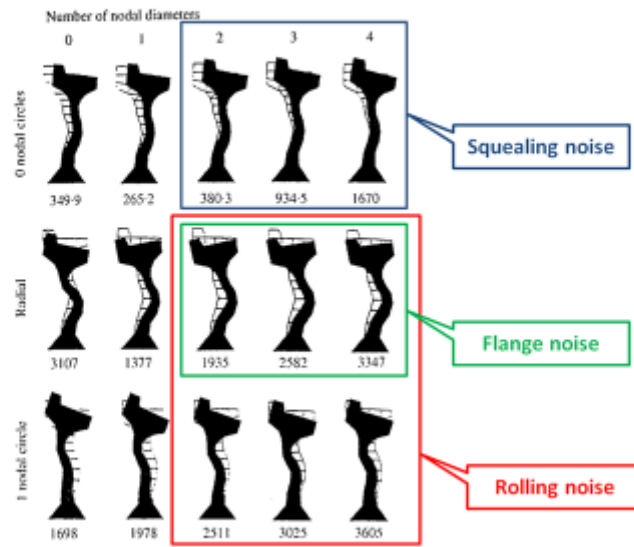
Roughness profiles of wheel running surface

## TYPY HLUKŮ

- VIBRACE ŽELEZNIČNÍHO KOLA
- VYŠETŘOVANÉ PÁSMO 0 – 6,4 kHz



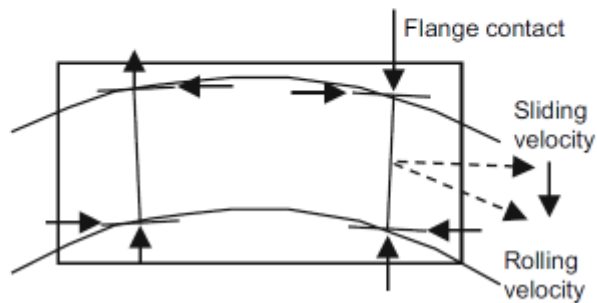






## KVÍLIVÝ A OKOLKOVÝ HLUK

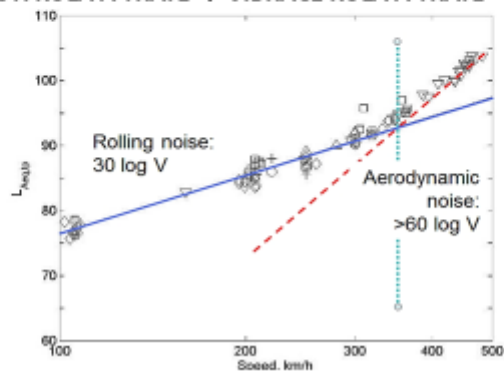
- NAHODILÝ PRŮBĚH
- OSTRÉ BLKOUKY,  $R < 200$  m
- FREKVENČNÍ PÁSMO AŽ DO 20 kHz
- PROVOZNÍ MĚŘENÍ



10

## VALIVÝ HLUK

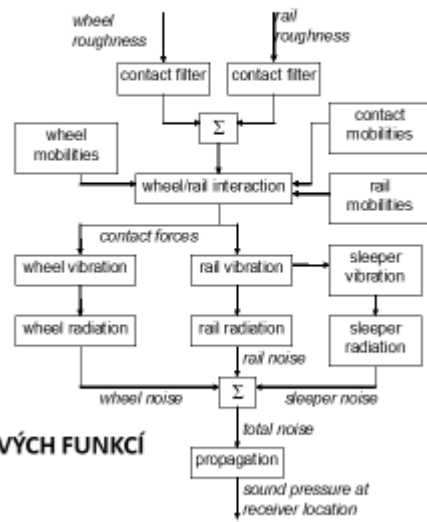
- DOMINANTNÍ DO 300 km/h
- BUZEN DRSNOSTÍ KOLA A TRATĚ → VIBRACE KOLA A TRATĚ



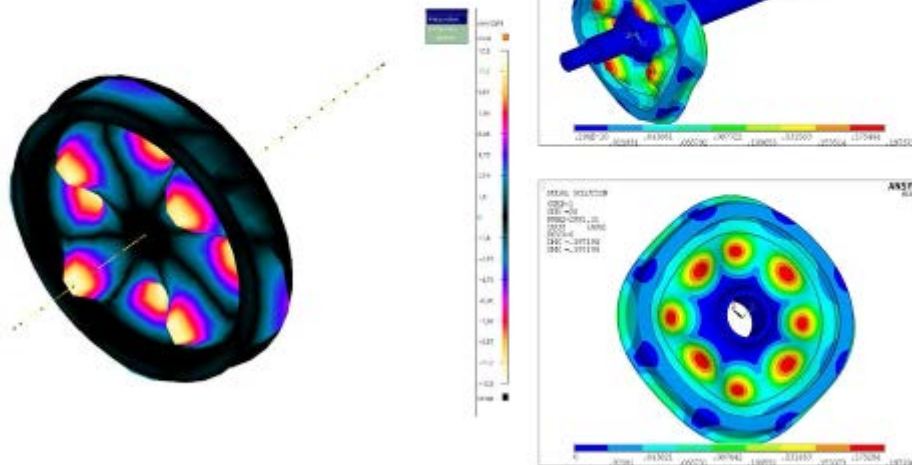
11

## ANALÝZA VALIVÉHO HLUKU

- STARDAMP
- ISO 13 979
- ANSYS → MP EDITOR → STARDAMP
- KOLO + TLUMIČ → EXP. MODÁLNÍ ANALÝZA
- TLUMENÍ → ANALÝZA FREKV. ODEZVOVÝCH FUNKCÍ



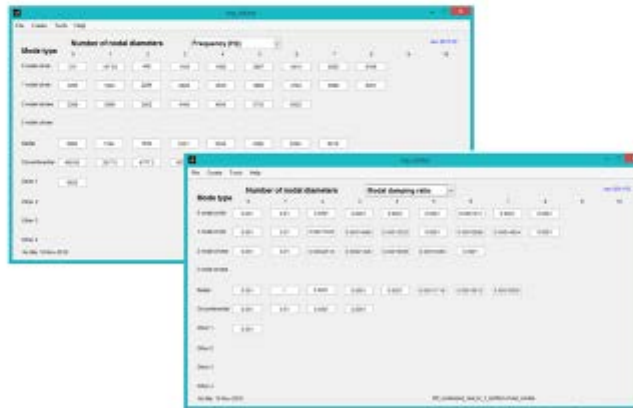
12



13

## ANALÝZA VALIVÉHO HLUKU

- KLASIFIKACE TVARŮ, FREKVENCE A JEHO TLUMENÍ → MP EDITOR

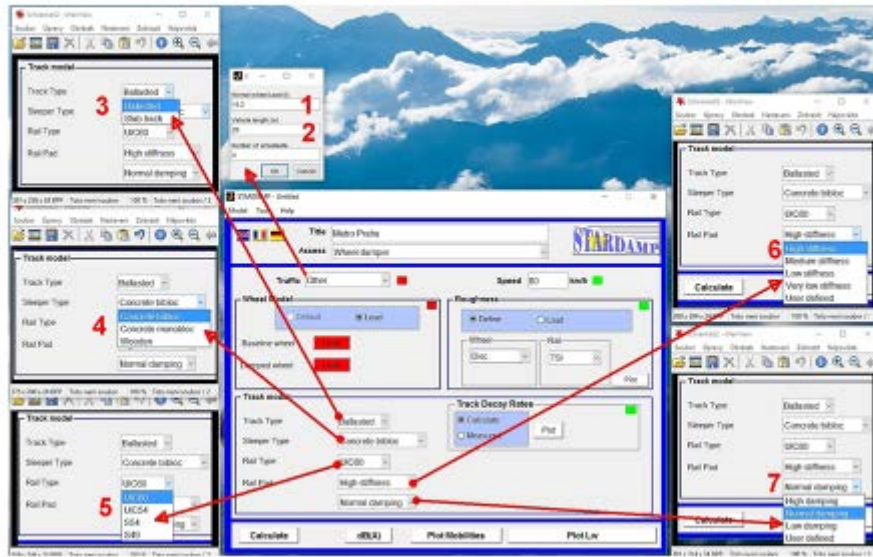


14

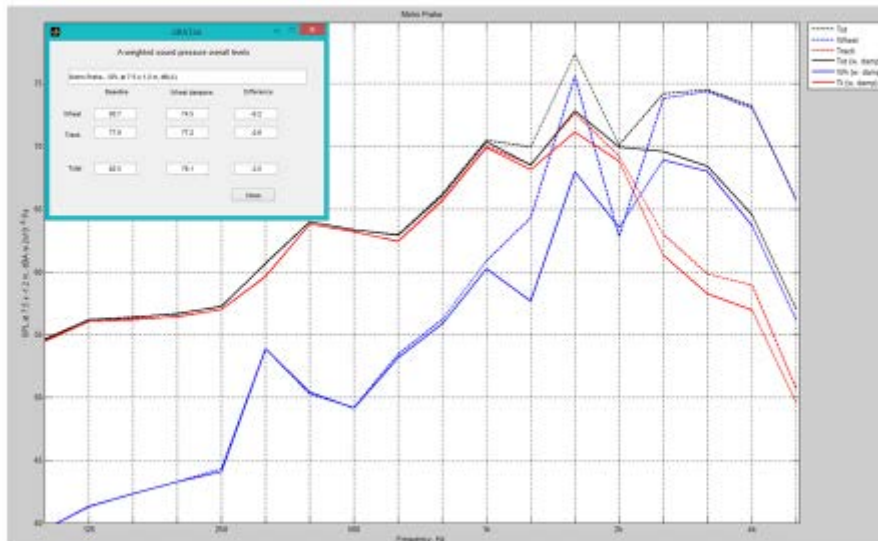
## ANALÝZA VALIVÉHO HLUKU

- SOUBOR Z MP EDITORU JE VSTUPEM DO STARDAMPu
- VSTUPNÍ PARAMETRY
  - Zatížení kola v radiálním směru
  - Délka vozidla
  - Počet DV na vůz
  - Rychlost
  - Model tratě
    - Štěrkové nebo betonové lože
    - Typ pražce
    - Typ Kolejnice
    - Tuhost kolejnicové podložky
    - Tlumení kolejnicové podložky
  - Drsnost kola
  - Drsnost kolejnice
  - Dynamický útlum tratě

15



16

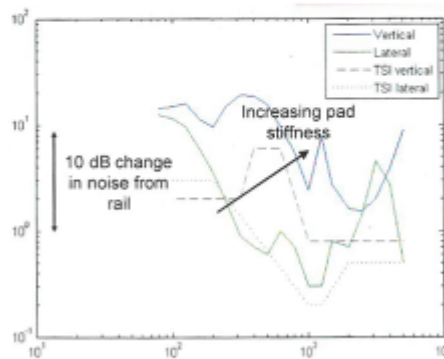
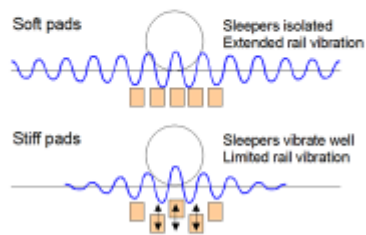


17

## TLUMENÍ HLUKU

### • TLUMENÍ TRATĚ

- VHODNÉ PODLOŽÍ, TYPY PRAŽCŮ, KOLEJNICOVÉ PODLOŽKY, TLUMÍČÍ PRVKY NA KOLEJNICI

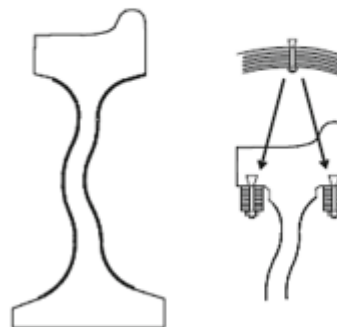


18

## TLUMENÍ HLUKU

### • TLUMENÍ KOL

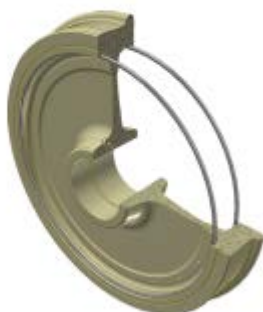
- GEOMETRICKÁ OPTIMALIZACE A TLUMÍČÍ PRVKY
- REDUKCE VALIVÉHO I KVÍLIVÉHO HLUKU
- DOMINANTNÍ JE HLUK TRATĚ



19

## TLUMENÍ HLUKU

- TLUMIČE BONATRANS



KROUŽKOVÝ TLUMIČ



DESKOVÝ TLUMIČ

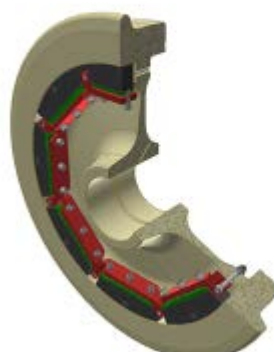
»

## TLUMENÍ HLUKU

- TLUMIČE BONATRANS



LISTOVÝ TLUMIČ

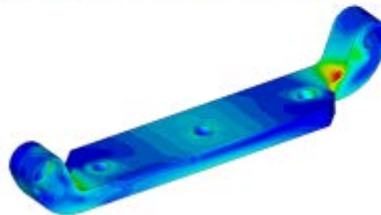


SEGMENTOVÝ TLUMIČ

»



Obr. 2 Stav viskozitní ztl a zp šovněch částí „zábrusky 20“ - Detektor hřt se 100% - (stav 17) a 170 a (stav 17) - měření



## ZÁVĚR

- STÁLÝ PROBLÉM
- ZVYŠUJÍCÍ SE NÁROKY → NORMY
- ZAMĚŘENÍ NA „POCHOPENÍ“ A REDUKCI KVÍLIVÉHO A OKOLKOVÉHO HLUKU
- DOTAZY



**Děkuji za pozornost**

**Ing. Lukáš Pacas**

[lukas.pacas.st@vsb.cz](mailto:lukas.pacas.st@vsb.cz)  
[lpacas@ghh-bonotrans.cz](mailto:lpacas@ghh-bonotrans.cz)

# Strojařina v potápění

*Autor: Jan Pataki*

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

FAKULTA  
STROJNÍ

KATEDRA  
KONSTRUOVÁNÍ

## Strojařina v potápění

Ing. Jan Pataki



6.9.2021

Strojařina v potápění

1

## Základní požadavky

- Spolehlivost
- Odolnost proti korozi
- Schopnost pracovat při nízkých teplotách
- Viditelnost
- Bezpečnost
- Ochrana proti poškození
- Velikost
- Hmotnost
- Opravitelnost

6.9.2021 Strojařina v potápění

2

## Prostředí, Uspořádání

Single tank C  
Double tank C  
Sidemount  
Slaná x Sladká voda  
Uzavřený x Polouzavřený x Otevřený okruh  
Technické  
Jeskynní  
Ice diving  
Vraky  
Noční  
Hlubkové



6.9.2021 Strojařina v potápění

3

## Základní prvky výstroje

Automatika\*

Manometr - membránový

BCD

Tlakové lahve – hliník, ocel, objem, tlak

Počítač\*

ABC

Nosný systém

Oblek\*

Osvětlení\*

Doplňky – nože, bójky, kompas, lanyard,

6.9.2021

Strojařina v potápění

4

## Fyzika

Boyle Mariottův zákon – součin tlaku a objemu je konstantní => měření zbytku směsi pomocí tlaku

S hloubkou roste tlak (statický, dynamický)

Daltonův zákon – parciální tlaky jednotlivých plynů korespondují s objemem, který zaujmají

Archimédův zákon

Fyziologie – komprese tkání, změna dýchaného objemu, toxicita kyslíku a dusíku, MDR, Immersion diuresis (komprese cév, přesun krve do středu těla), dusíková narkóza atd.

6.9.2021

Strojařina v potápění

5

## Automatika

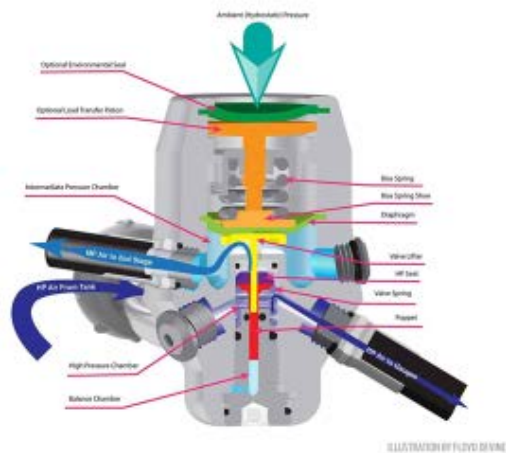
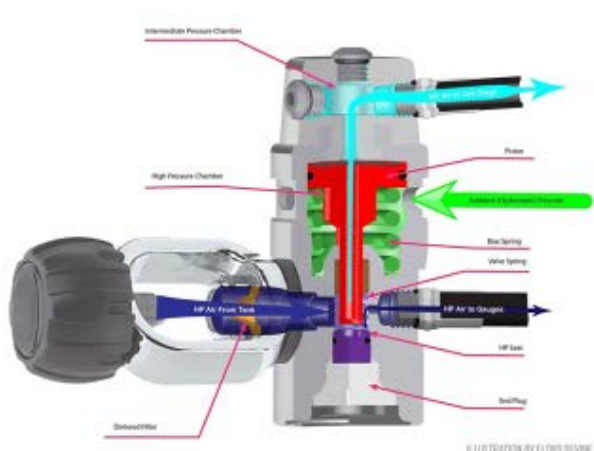
Oktopus, 1st., 2st.



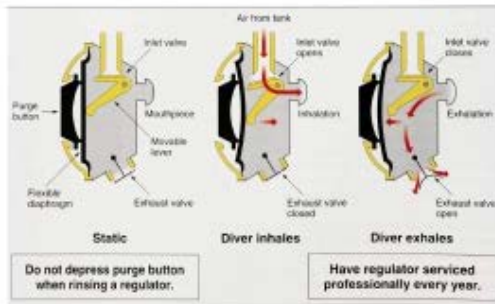
6.9.2021 Strojářina v potápění

8

## Automatika 1st.



## Automatika 2st.



6.9.2021 Strojářina v potápění

## Směsi

Nitrox – klasický vzduch (78% dusík, 21% kyslík, 1% zbytkové plyny) – větší podíl kyslíku na úkor dusíku

Prodloužení nulového času, eliminace stupňovité dekomprese, snížení únavy

Trimix – kyslík, dusík z části nahrazen heliem Normoxický 21%-18% kyslíku, Hypoxický <18% kyslíku

Eliminace toxických a narkotických účinků pod vyššími parciálními tlaky

Hypotermie (6x „lepší“ vodič tepla), kompresní artralgie

Míchání kyslík + helium doplněn vzduchem do lahve (výstupní tlak), kyslík a helium dávkovány do kompresoru

6.9.2021 Strojářina v potápění

9

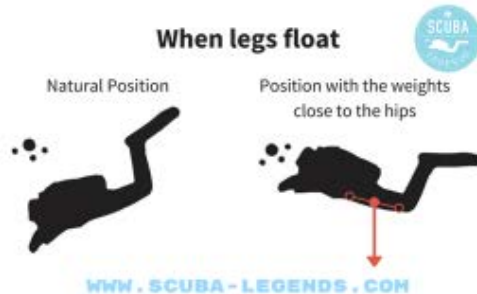
## Počítače

Hloubka, dekomprese, směsi, čas  
 Algoritmy  
 Haldane  
 Buhlman  
 VPM  
 RGBM  
 DSAT



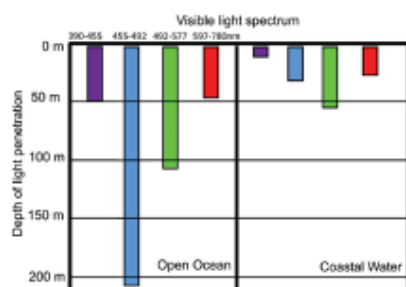
## Obleky

Mokrý  
 Polosuchý  
 Suchý





## Osvětlení



4000 lumen +  
Teplota

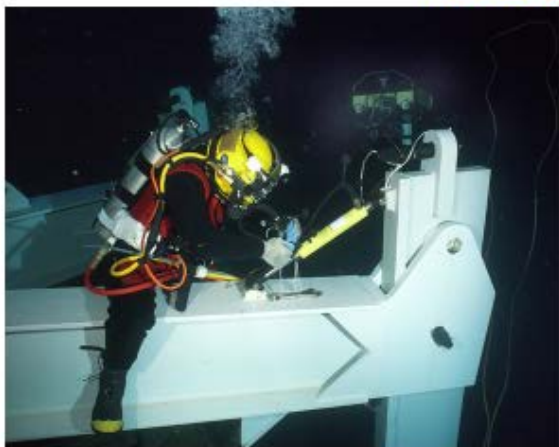


## Práce pod vodou

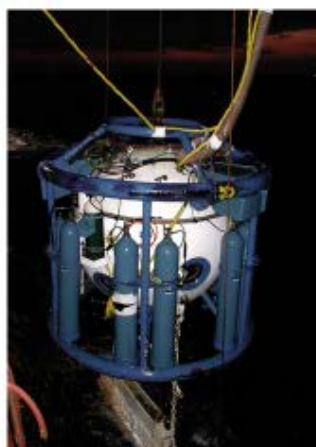
Inspekce, opravy, svařování, vyzdvižení  
Hyperbaric welding – dry, wet  
Saturation diving



## Práce pod vodou



6.9.2021 Strojářina v potápění



14

## Práce pod vodou



6.9.2021 Strojářina v potápění

15

## Děkuji za pozornost

Ing. Jan Pataki  
+420 604 112 580

[honzapataki@gmail.com](mailto:honzapataki@gmail.com)

[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

# Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

*Autor: Štěpán Pravda*

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

FAKULTA  
STROJNÍ

KATEDRA  
KONSTRUOVÁNÍ

## Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

## Podmínky dynamické zkoušky výkonu motoru:

- Měření okamžitého výkonu motoru probíhalo pomocí setrvačnickového válcového dynamometru na čtyřtákním motokárovém motoru Honda GX 390.
- Motokára nebyla během celého průběhu měření od zařízení odpojena.
- Měření probíhalo při stejné pracovní teplotě motorového oleje v intervalu 70 – 80 °C.
- Množství olejové náplně v motoru bylo u každé zkoušky totožné (1000 ml).
- U každé nové specifikace olejové náplně proběhla dynamická zkouška 3x (výsledná hodnota je průměr).
- Veškeré naměřené hodnoty podléhají korekci atmosférických podmínek podle normy SAE J 1349.

30/08/2021 Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

2

## Popis spalovacího motoru Honda GX 390



**Typ motoru:** 4-tákní zážehový jednoválec s rozvodem OHV

**Vrtání a zdvih:** 88 x 64mm

**Zdvihový objem:** 389 cm<sup>3</sup>

**Kompresní poměr:** 8.2 : 1

**Výkon:** 8,7 kW / 11,7 HP (3600 ot.min<sup>-1</sup>)

**Max. točivý moment:** 26,5 Nm ( 2500 ot.min<sup>-1</sup>)

**Startování:** Ruční

**Rozměry stroje (D x Š x V):** 406 x 460 x 448 mm

**Suchá hmotnost:** 31,7 kg

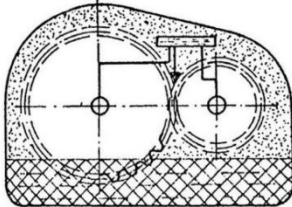
30/08/2021 Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

3

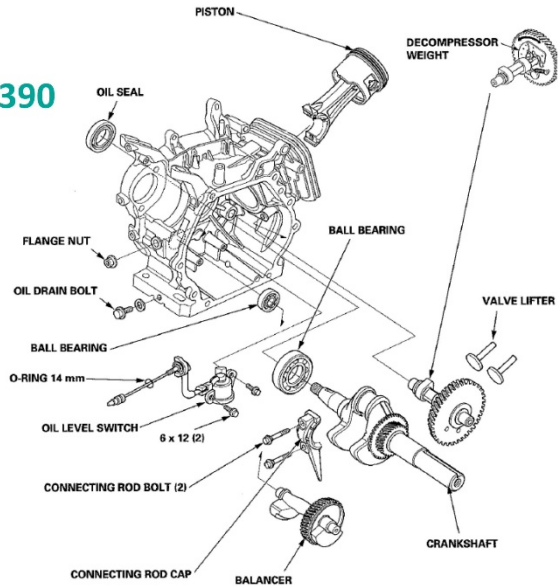


## Mazací systém motoru Honda GX 390

Typ mazání: rozstříkové mazání  
 Předepsaný typ oleje: SAE 10W-30 SJ  
 Objem olejové náplně: 1,1 l



Rozstříkové mazání

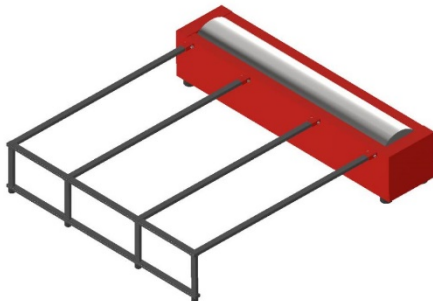


30/08/2021 Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

4

## Motokára a dynamometr

Dynamometr: setrvačnickový válcový  
 Motokára: DR Racing Kart  
 Závodní kategorie: Honda Sprint



30/08/2021 Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

5

## Testované motorové oleje

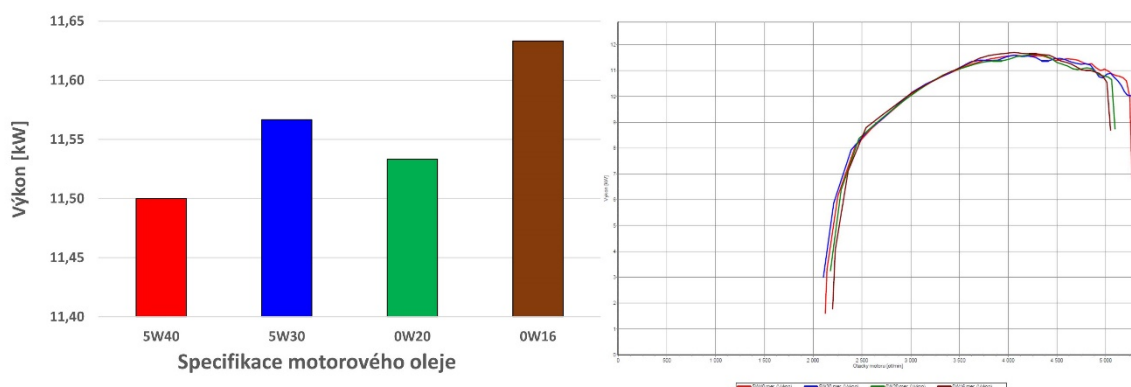
- YACCO LUBEVX 600 SAE **5W-40**
- YACCO LUBE F SAE **5W-30**
- YACCO LUBE HY SAE **0W-20**
- YACCO LUBE FE **0W-16**



30/08/2021 Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

6

## Maximální výkon motoru u jednotlivých motorových olejů

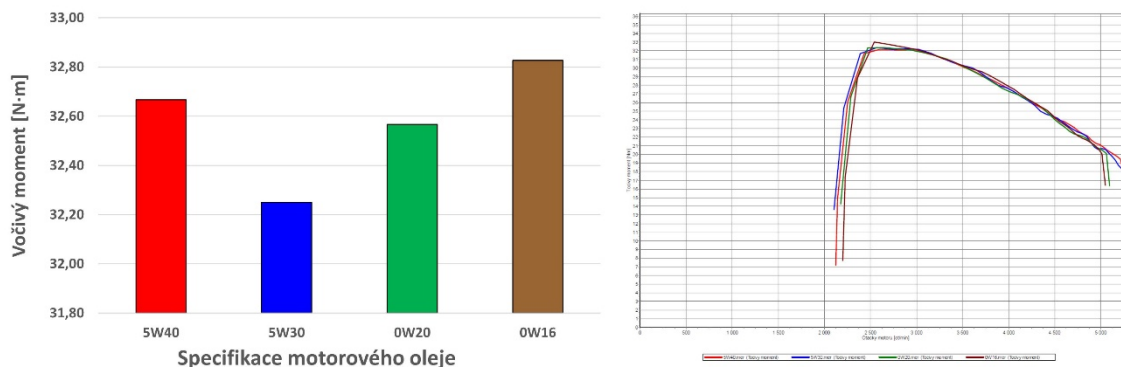


30/08/2021 Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

7



## Maximální točivý moment motoru u jednotlivých motorových olejů



30/08/2021 Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

8

## Atmosférické podmínky a naměřené hodnoty

Specifikace oleje	5W40			5W30			0W20			0W16		
	1. rozběh	2. rozběh	3. rozběh	1. rozběh	2. rozběh	3. rozběh	1. rozběh	2. rozběh	3. rozběh	1. rozběh	2. rozběh	3. rozběh
<b>Dynamická zkouška</b>												
TEPLOTA OLEJE (na začátku zkoušky) [°C]	70	74	76	70	74	76	71	74	75	70	72	74
TEPLOTA OLEJE (na konci zkoušky) [°C]	74	76	77	74	76	77	74	75	77	72	74	75
ATMOSFÉRICKÝ TLAK (hPa)	1007,7	1007,6	1007,8	1007,8	1007,8	1007,8	1008,2	1008,1	1008,2	1008,3	1008,3	1008,4
TEPLOTA VZDUCHU [°C]	18,6	18,7	18,9	18,8	19	19,2	18,6	18,9	19	18,3	18,5	18,5
RELATIVNÍ VLHKOST [%]	71	71	71	71	70	69	72	70	70	72	71	71
<b>NAMĚŘENÉ HODNOTY</b>												
	5W40			5W30			0W20			0W16		
Maximální výkon [kW]	11,5	11,5	11,5	11,5	11,6	11,6	11,5	11,5	11,6	11,7	11,6	11,6
Maximální točivý moment [N·m]	33,4	32,43	32,17	31,97	32,43	32,35	32,64	32,69	32,37	33,02	32,99	32,47

30/08/2021 Ovlivnění výkonové charakteristiky spalovacího motoru na základě chemicko-fyzikálních parametrů jednotlivých motorových olejů

9

## Závěr

- Rozptýl korigovaných hodnot změřeného okamžitého výkonu a točivého momentu motoru u prvních tří testovaných olejů byl podobný.
- U posledního testovaného oleje YACCO LUBE FE **0W-16** došlo k nárůstu výkonu a točivého momentu motoru v průměru o **0,1kW a 0,33 N·m**.

# Děkuji za pozornost

Ing. Štěpán Pravda

[stepan.pravda.st@vsb.cz](mailto:stepan.pravda.st@vsb.cz)

[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

## Nové trendy v údržbě

*Autor: Radim Šebesta*

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

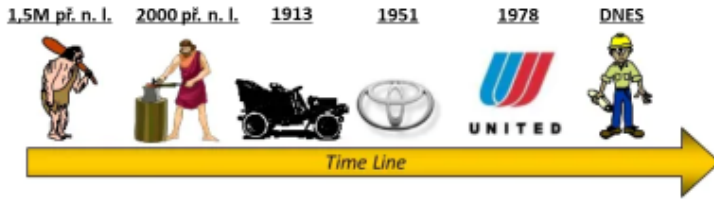
FAKULTA  
STROJNÍ

KATEDRA  
KONSTRUOVÁNÍ

# NOVÉ TRENDY V ÚDRŽBĚ

Vytvořil: Radim Šebesta

## ÚDRŽBA



**Dnes**  
Rozvoj TPM a spolehlivosti. Kladen důraz na prediktivní údržbu. Implementace automatizace a nových technologií na podporu systému údržby.

**1,5M p.n.l.**  
Výroba vlastních nástrojů a zásob a jejich následné udržování v podání jeskynních lidí.

**2000 p.n.l.**  
Výroba bronzových nástrojů a jejich následné zpracování a udržování řemeslníky.

**1913**  
Fordovy závody jsou rozšířeny o montážní linky. Údržba zařízení prováděna mechaniky.

**1951**  
Toyota zavádí TPM (Totálně produktivní údržba). Údržba prováděna operátory údržby.

**1978**  
United Airlines zavádí údržbu cílenou na spolehlivost. Prevence před poškozením vybavení a součástí.

2

## VYUŽITÍ TRENDŮ ÚDRŽBY

**PROČ TOMU TAK JE?**

- Vyšší kvalita a spolehlivost výroby.
- Vyšší kvalita údržby jako celku.
- Snaha o snížení nákladů.
- Snaha o zvýšení zisků.

**CO NAPOMÁHÁ NOVÝM TRENDŮM ÚDRŽBY?**

- Rozvoj IT (informační technologie).
- Rozvoj OT (operační technologie)
- Transformace průmyslových organizací na digitální podniky.
- Implementace Cloudových serverů, technologie BigData nebo IIoT (Industry Internet of Things) Průmyslový internet věcí.

3

## 1. VÝROBA SOUČÁSTEK POMOCÍ 3D TISKU

- AD (Additive Manufacturing)
- Nárůst zájmu v průmyslovém a spotřebitelském prostředí.
- Rostoucí kvalita technologií 3D tisku
  - ➔ Tiskárny
  - ➔ Způsob tisku
  - ➔ Software tiskáren
  - ➔ Použité materiály

### Cíle pro údržbu:

- ✓ Tisk náhradních dílů → Lze využít i jako prozatímní řešení náhrady součástky.
- ✓ Urychlení doby prováděné údržby (kratší prostoje).
- ✓ Snížení nákladů údržby a zásob.
- ✓ Možnost tisku součástek, které se již nevyrábí.

? Americké ministerstvo dopravy zveřejnilo oznámení výhod využití AM v oblastech údržby a preventivní údržby, ale i v sektoru leteckého průmyslu (letadla, motory, vrtule a zařízení).

4



5

## 2. IIOT, BEZDRÁTOVÉ SENZOROVÉ SÍTĚ, AUTOMATIZACE SBĚRU DAT

- Rozvoj bezdrátových senzorů.
- Zisk digitálních zdrojů informací o daném stroji, součásti, ...



- Rostoucí dostupnost a kvalita bezdrátových snímačů.

### Cíle pro údržbu:

- ✓ Moderní podniky → bezdrátové sítě snímačů → lépe informovaná údržba → včasné řešení problémů
- ✓ Možnost údržby pracovat s digitální knihovnou dat, informací a příruček.

6

## 3. ÚDRŽBA JAKO SLUŽBA

- **Maintenance as a service**
- Shromažďování a zpracování velkého objemu dat na cloudových serverech o údržbě.

### Využití služby údržby pro konkrétní stroje a zařízení zahrnuje:

- **Predikce životnosti produktu a přehled o optimálním čase pro údržbu.**
- **Poskytování informací o údržbě služeb: příručky, videa, reprezentace VR a internetová podpora.**
- **Konfigurace IT a podnikových informačních systémů na základě analýz.**
- **Poskytnutí podrobné statistiky a zpráv o provozu stroje.**
- **Hlavní výhoda = možnost vyžádání těchto informací, kdykoliv a kdekoliv je potřeba.**
- **Prodeje je schopen poskytovateli nabídnout zařízení s plným využití služeb.**

? Příkladem může být firma *ThyssenKrup*, která prodává své výtahy s proaktivním programem údržby, který dokáže predikovat problémy a upozorňovat na ně s předstihem v digitální síti zařízení.

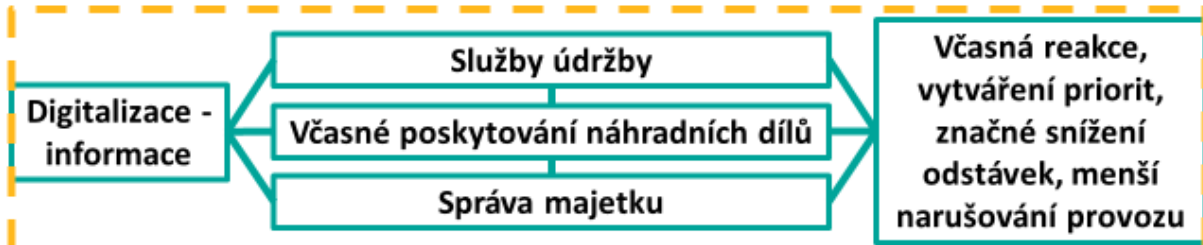
? I německý automobilový výrobce BMW do svých aut dává programy, které majitelům aut sdělují nejlepší možný čas na provádění činnosti údržby, oprav a servisu vozidel.

7



## 4. SPOLUPRÁCE DODAVATELSKÉHO ŘETĚZCE

- Díky koncepci digitálních informací, lze očekávat obrovský přínos pro řetězec dodavatelů a poskytovatelů údržby.
- Nahromaděné digitální informace můžou poskytovat informovanost ve všech fázích dodavatelského řetězce.

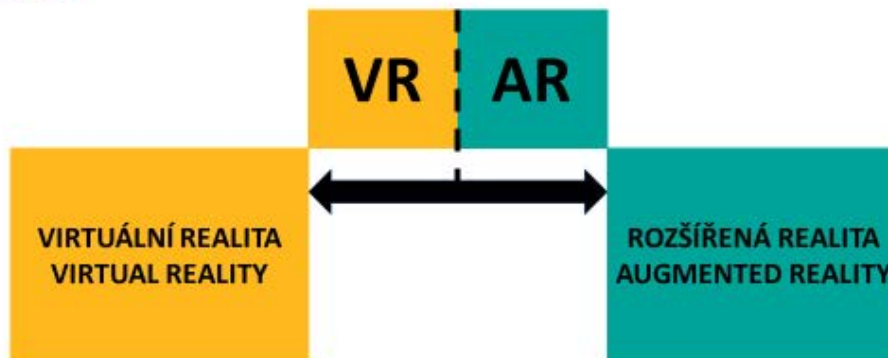


Hlavním cílem je porozumět celkovému stavu provozu a sjednotit tak jednotlivé články řetězce, aby byl kladen důraz na rychlost a efektivitu.

## 5. VIRTUÁLNÍ A ROZŠÍŘENÁ REALITA

Hlavní vize a využití je:

- Školení personálu
- Vzdálená údržba





## VR – Virtuální realita

### Podstata VR:

- Iluze skutečného světa.
- Uživatel se ocitá v simulovaném prostředí, které je v ideálním případě doprovázeno interakcí s ním.

### Využití VR:

Vzdělání, armádní využití, vesmírné školení, lékařské školení, **strojírenství a údržba**, zábava.



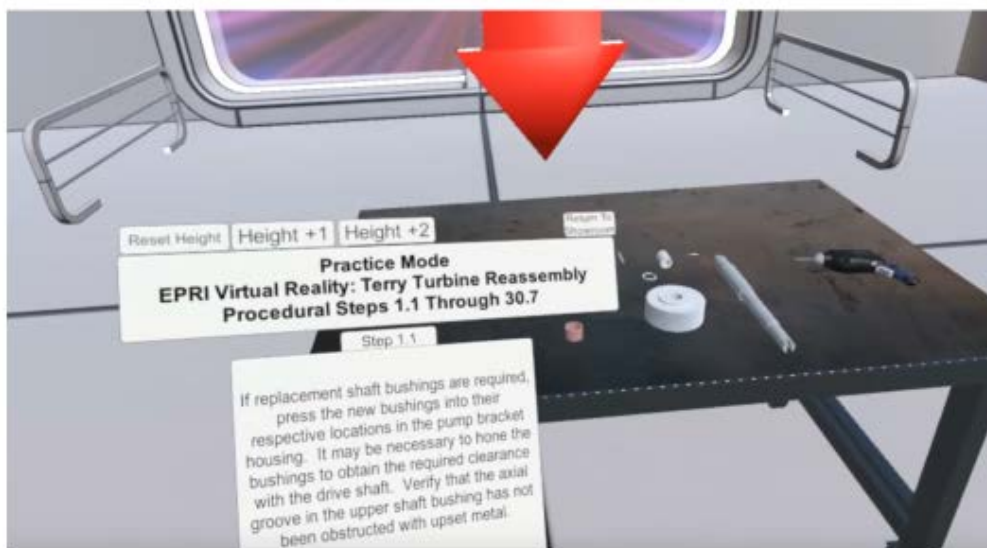
### Hlavní úkoly VR v oblasti údržby:

- Školení pracovníků
- Příprava na servisní činnost
- Simulovat zařízení a jeho částí za pomoci iluze skutečného světa.

### Hlavní odvětví údržby, kde je největší využití VR:

- Letecký průmysl (inovace u firmy *Airbus* nebo výrobce motorů *Safran*).
- Údržba ropovodů, plynovodů, ropné plošiny.
- Údržba elektráren, především jaderných elektráren.
- Především oblastí, které jsou hůře dostupné z hlediska školení nebo se jedná o rizikové oblasti.





14





## AR – rozšířená realita

### Podstata AR:

- Jedná o vizuální dosazení digitálního objektu do reality za pomoci 3D skenů okolního prostředí.
- Pro vizualizaci je potřeba speciálních brýlí, helmy, ale i chytrého telefonu nebo tabletu.

### Využití AR:

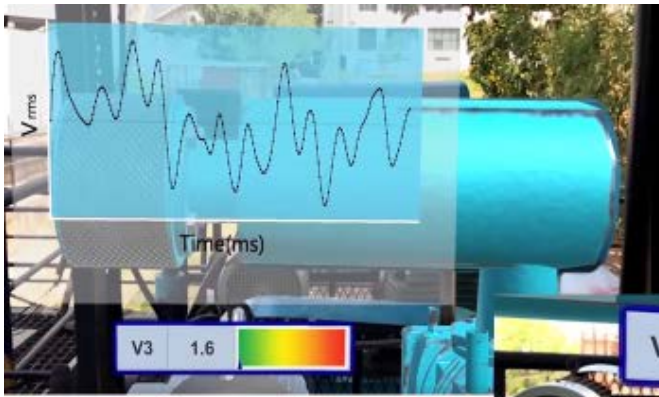
Vzdělání, armádní využití, vesmírné školení, lékařské školení, **strojírenství a údržba**, zábava.

### Hlavní úkoly AR v oblasti údržby:

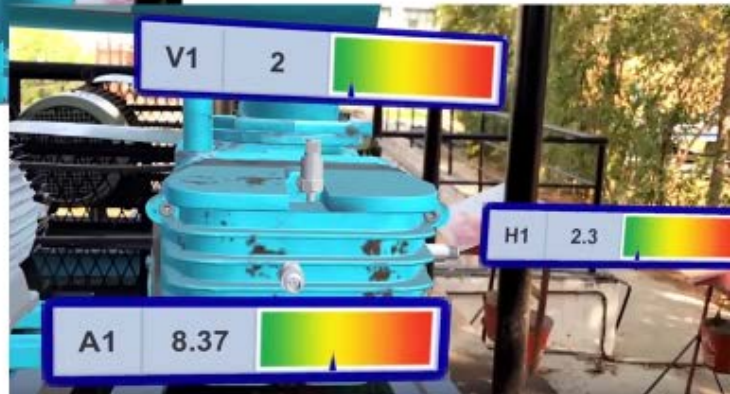
- Školení pracovníků
- Pomoc při samotné servisní činnosti
- Simulovat zařízení a jeho části v určitém náhledu na danou věc.
- Zrychlení času, zlepšení efektivity a dostupnosti a snížení nákladů údržby.







AR



AR





AR



VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

FAKULTA  
STROJNÍ

KATEDRA  
KONSTRUOVÁNÍ

AR



23





AR



VR

AR

**Virtuální realita pomáhá technikům připravit se na servisní činnost.**

**Rozšířená realita pomáhá technikům během servisních činností tím, že překrývá relevantní informace o reálném světě.**

## Zdroje:

<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/how-vr-and-ar-are-driving-the-future-of-industrial-maintenance-safety-and-efficiency>

<https://en.praxedo.com/blog/benefits-virtual-reality-augmented-reality-maintenance/>

<https://www.prometheusgroup.com/posts/5-transformational-trends-reshaping-industrial-maintenance>

<https://www.advancedtech.com/blog/industrial-maintenance-trends/>

<https://www.core77.com/posts/90792/Watch-the-Worlds-Largest-3D-Printer-Spit-Out-a-25-Foot-Boat>

26

## Děkuji za pozornost

Radim Šebesta

27

# Proposal to increase the service life of soil cultivator tools

## Návrh zvýšenia životnosti nástrojov pôdných fréž

*Autor: Monika Vargová<sup>1</sup>, Miroslava Ťavodová<sup>2</sup>*

Department of Manufacturing Technology and Quality Management, Faculty of Technology, Technical University in Zvolen, Študentská 26, 960 01 Zvolen, Slovakia

email: <sup>1</sup>[monika.vargova@is.tuzvo.sk](mailto:monika.vargova@is.tuzvo.sk), <sup>2</sup>[tavodova@is.tuzvo.sk](mailto:tavodova@is.tuzvo.sk)

**ABSTRACT:** The article presents partial results from the research of increasing the service life of soil cultivator blades. Soil cultivators work in a heterogeneous environment, coming into contact not only with the soil, but also with other various elements found in the soil, such as various minerals and wood. For this reason, they are exposed to wear, namely abrasive and mild impact wear. One of the ways to increase the service life of these tools made of C15 steel, is their thermochemical treatment- cementing. From an economic and time point of view, however, it is more suitable to hard surfacing a suitable hardfacing metal to the exposed parts of the functional surfaces. The OK 83.50 electrode was used as the weld deposit material in the experiment. The electrode forms a very finely deposited bainitic structure with a mesh ferrite, which retains its oriented character. The hardness of this weld deposit in the second layer achieving 50HRC. By a suitable choice of additional weld deposit material, we can achieve an effective increase in the service life of tools for soil cultivator tools.

**Key words:** soil cultivator, hard surfacing, wear, microstructure

**ABSTRAKT:** V článku sú predstavené čiastkové výsledky z výskumu zvyšovania životnosti nožov pôdných fréž. Pôdne frézy pracujú v heterogénnom prostredí, prichádzajú do styku nie len s pôdou, ale aj s rôznymi inými prvkami nachádzajúcich sa v pôde, ako sú rôzne minerály a drevo. Z tohto dôvodu sú vystavené opotrebeniu, a to abrazívnemu a mierne rázovému. Jednou z možností zvýšenia životnosti týchto nástrojov, vyrobených z ocele C15 je ich chemicko-tepelné spracovanie - cementovanie. Z ekonomického aj časového hľadiska je však vhodnejšie naváranie vhodného tvrdonávarového kovu na exponované časti funkčných plôch. Ako návarový materiál bola v experimente použitá elektróda OK 83.50. Elektróda vytvára veľmi jemne vylúčenú bainitickú štruktúru so sieťovým feritom, ktorá si zachováva orientovaný charakter. Tvrdosť tohto návaru dosahuje v druhej vrstve 50HRC. Vhodnou voľbou prídavného návarového materiálu môžeme dosiahnuť efektívne zvýšenie životnosti nástrojov pôdných fréž.

**Kľúčové slová:** pôdna fréza, naváranie, opotrebenie, mikroštruktúra, tvrdosť

## ÚVOD

V lesnej technike sa neustále vyvíjajú nové technologické riešenia pre modernejšie stroje. Vďaka kvalitnejším strojom je práca v teréne efektívnejšia, ekologickejšia a šetrí pracovný čas. Neoddeliteľnou súčasťou vyvíjania modernejších strojov je aj trend používania nových materiálov. Odolnejšie materiály v prevádzke dokážu odolávať rôznym vplyvom a degradačným procesom, ktoré na nich pôsobia (Baloga, 2021).

Je dôležité, aby sa hľadali nové možnosti a riešenia pre materiály pracovných nástrojov pôdných fréž, ktoré by dokázali lepšie odolávať degradačným procesom a razovým silám. Vďaka týmto možnostiam sa výrazne predĺži životnosť nástroja a tým aj skráti interval medzi odstávkami frézy z prevádzky kvôli poruchám (Baloga, 2021).

Pri návrhu možnosti predĺženia životnosti nástroja musíme zohľadniť aj cenu nástroja, pretože na frézu potrebujeme veľký počet nástrojov. Správny návrh nám môže aj za prijateľnú cenu predĺžiť životnosť nástroja.

## MATERIÁL A METÓDY

Jednou z hlavných úloh pri zalesňovaní je príprava pôdy pre výsadbu nových stromčekov. Z pôdy sa odstraňuje mačina, surový humus a premiešavajú sa vrchné horizonty, čím sa upravujú vlastnosti pôdy a vodný režim (Hnilica *et al.* 2014).

Z mechanizovanej prípravy pôdy je najideálnejšie použitie rôznych druhov pôdnych fréz, ako sú napr. rotavátory, kultivátory, mulčovače, a pod.. Tieto zariadenia nie sú samostatne funkčné jednotky. Na to, aby splnili funkciu, potrebujú pohonné a zároveň aj riadiace stroje (Hnilica *et al.* 2014).

Pre pôdne frézy sa ako za pohonnú a zároveň aj riadiacu jednotku pripája UKT (univerzálny kolesový traktor) alebo LKT (lesný kolesový traktor). Fréza je riešená ako adaptér na zadný trojbodový záves lesníckeho alebo univerzálného traktora s tým, že sa pevne uchycuje na všetkých troch ramenách trojbodového závesu. Pohon frézy sa rieši buď hydromotormi poháňanými hydrogenerátorom od bázového stroja a klinovými remeňmi na rotor, alebo druhou alternatívou frézy je pohon od vývodového hriadeľa traktora. Pohon frézy je potom riešený kĺbovým hriadeľom od vývodového hriadeľa poháňaného motorom traktora cez prevodovku. Dôležitou požadovanou výbavou traktora sú plavivé rýchlosti resp. vario prevodovka a hydraulický zadný tretí bod (Hnilica *et al.*, 2004).

Na pracovný nástroj degradačne pôsobia hlavne minerály, ktoré svojou tvrdosťou dokážu brúsiť materiál z pracovnej plochy nástroja. Tvrdosť nie je jediná podmienka pre dobrý abrazívny materiál. Dobrý abrazívny materiál musí byť aj ostrý ([www.sk.eferrit.com](http://www.sk.eferrit.com)). Pri pôdnych frézach medzi degradačné procesy môžeme zaradiť aj abrazívne opotrebenie, ktoré nám postupne mení funkčné plochy nástrojov. Práve tento druh opotrebenia je príčinou častých pracovných porúch, ktoré vedú k odstaveniu frézy z prevádzky. Počas prevádzky sú frézy najviac opotrebované v miestach, kde sú umiestnené pracovné nástroje. Tieto nástroje sú v priamom kontakte s pôdou. Následkom toho kontaktu je z nástroja nenávratne odoberaný materiál a taktiež nastávajú rozmerové zmeny a geometria ostria nástroja pôsobením razových síl.

Mechанизmus opotrebenia je komplexný proces v kontexte mnohých faktorov, ktorých intenzita závisí od prevádzkových podmienok prostredia, ktorým sú komponenty, resp. nástroje vystavené pri svojej práci, od prevádzkových parametrov strojov a materiálových vlastností kontaktných povrchov (Suchánek *et al.*, 2009). Opotrebenie spôsobené rázmi a oterom tvrdých abrazívnych častíc je hlavným problémom v mnohých priemyselných odvetviach, najmä v oblastiach poľnohospodárstva, baníctva, spracovania nerastov, atď. (Zdravecká *et al.*, 2014).

V lesnom hospodárstve sa používajú na obrábanie pôdy hlavne nízkolegované uhlíkové ocele. Pri týchto oceliach nastáva problém, že po krátkom čase dôjde k úplnému zbrúseniu alebo zlomeniu pracovných plôch.

Pri poškodení noža lomom dochádza z dôvodu toho, že pracovný nástroj narazí na tvrdý materiál, ktorým môže byť napríklad kameň alebo veľká časť skaly. Pri nožoch, ktoré ešte nie sú veľmi poznačené abrazívnym opotrebovaním, je tento typ poškodenia zriedkavý z dôvodu toho, že nástroj ešte má potrebnú hrúbku a šírku. Avšak, môže sa takto poškodiť aj nový nôž, ktorý nemá z rôznych dôvodov vhodné mechanické vlastnosti. Na Obr. 1A je nôž, ktorý ešte mal dostatočnú hrúbku a šírku. Takýto stav sa dostavil po cca 20 hodinách v prevádzke.

Poškodenie noža zbrúsením je spôsobené abrazívnymi časticami rôznej veľkosti a tvrdosti, ktoré sa nachádzajú v pôde. Nôž sa opotrebuje postupným oddeľovaním materiálu z pracovnej plochy,

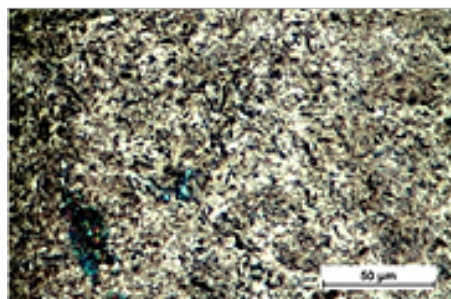
čo je spôsobené intenzívnou plastickou deformáciou spevnených častí noža. Neskôr dochádza k zmenšeniu hrúbky noža a k postupnému zmenšovaniu šírky. Nakoniec sa pri nedostatočnej šírke nôž odlomí. Na Obr. 1B môžeme vidieť tento prípad opotrebenia. Takýto stav sa dostavil cca. po 100 pracovných hodinách.



**Obr. 1 Poškodenie nožov (Baloga, 2021)**

A) zlomením B) zbrúsením

Jednou z možností zvýšenia životnosti nástrojov je ich tepelné spracovanie, čím sa zmení štruktúra ich materiálu. Ako vhodnou voľbou sa javí byť cementovanie, keďže sa na výrobu takýchto nástrojov používajú cementačné ocele (Kotus *et al.*, 2011). Návrhom vhodného postupu cementovania sa zachová po zakalení húževnatosť jadra, ale zároveň sa zvýši tvrdosť povrchu nástroja (Ľavodová *et al.*, 2017). Na Obr. 2 môžeme vidieť štruktúru cementačnej ocele 16MnCr5 (14 220) s optimálnym obsahom C, tvorená jemnozrnným vysokouhlíkovým martenzitom.



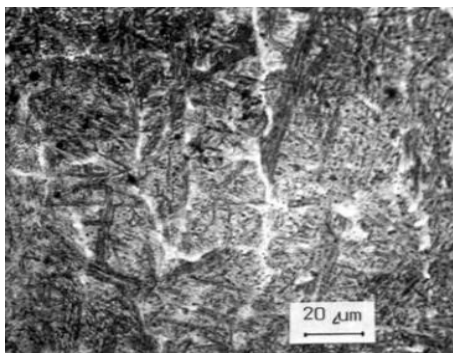
**Obr. 2 Mikroštruktúra cementovanej ocele 16MnCr5 (14 220) (Ľavodová *et al.*, 2017)**

Ďalšou z možností zvýšenia životnosti nástroja je aplikácia vhodného návarového materiálu na funkčné časti noža. Podľa informácií z katalógu spoločnosti ESAB, sú odporúčané návarové elektródy pre vlhké pracovné podmienky OK 84.78, a pre suché pracovné podmienky OK 83.50. Keďže pracovné podmienky môžu byť rôzneho typu, spoločnosť ESAB nezaručuje, že tieto elektródy môžu byť najlepším riešením. Preto odporúča na základe experimentu vybrať najvhodnejší prídavný materiál pre danú oblasť použitia ([www.esab.com](http://www.esab.com)). My sme si na naváranie ako prídavný materiál zvolili tvrdonávarovú elektródu OK 83.50 (E-B 508). Používa sa pre naváranie pracovných častí poľnohospodárskeho a lesného náradia namáhaného abráziou. Návar je odolný proti miernym rázom. Taktiež spĺňa podmienky pre heterogenitu štruktúrnej stavby návarov ([www.lkweld.sk](http://www.lkweld.sk)). Chemické zloženie čistého prídavného materiálu elektródy OK 83.50 je v Tab. 1.

**Tab. 1 Chemické zloženie čistého zvarového kovu elektródy OK 83.50 (www.lkweld.sk)**

Prvok	C	Si	Cr	Mn	Mo	Fe
hm. [%]	0,40	0,40	6,0	0,7	0,6	zvyšok

Elektróda OK 83.50 (E-B 508) reprezentuje návar na báze stredne legovanej ocele s obsahom C do 0,4%. Pomerne vysoký obsah karbidotvorných prvkov Cr a Mo podmieňuje tvorbu bainitickej štruktúry matrice a zároveň svojím viazaním uhlíka tvoria disperzné karbidy vystužujúce veľmi jemnú bainitickú maticu. Na Obr. 3 je štruktúra vrstvy takéhoto návaru.

**Obr. 3 Mikroštruktúra návaru OK 83.50 (E-B 508) (Jankura, 2013)**

Ide o veľmi jemne vylúčenú bainitickú štruktúru so sieťovým feritom, ktorá si zachováva orientovaný charakter. Obdobný charakter štruktúry je aj v druhej vrstve, kde tvrdosť dosahuje 489 HV. Návary sa teda vyznačujú pomerne húževnatou maticou, v ktorej karbidická veľmi disperzná fáza zabezpečuje dostatočne vysokú tvrdosť a teda aj oteruvzdornosť (Jankura, 2013).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Aby sa zistilo, aký materiál bol použitý na výrobu noža, bola vykonaná chemická analýza.

Prvá vzorka ocele bola odobratá z používaného noža pôdnej frézy. Kvôli podozreniu, že by sa na nôž pri používaní mohli dostať chemické prvky z pôdy, bola urobená ešte jedna analýza chemického zloženia na vzorke odobratej z nového noža. Pri porovnaní chemických analýz boli pozorované len minimálne rozdiely. Podľa výsledkov z chemického zloženia ocele (Tab. 2) sa zistilo, že ide o oceľ C15 (12 020), ktorá sa podľa chemického zloženia (Tab. 3) najviac zhodovala s vykonanou chemickou analýzou noža.

**Tab. 2 Výsledok chemickej analýzy nového noža**

Prvok	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S	Fe
hm. [%]	0,24	1,15	0,24	0,19	0,001	0,19	0,01	0,002	zvyšok

**Tab. 3 Chemické zloženie ocele C15 (12 020) podľa materiálového listu**

Prvok	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S	Fe
hm. [%]	0,13 - 0,20	0,60 - 0,90	0,15 - 0,40	max 0,25	max 0,30	max 0,30	max 0,04	max 0,04	zvyšok

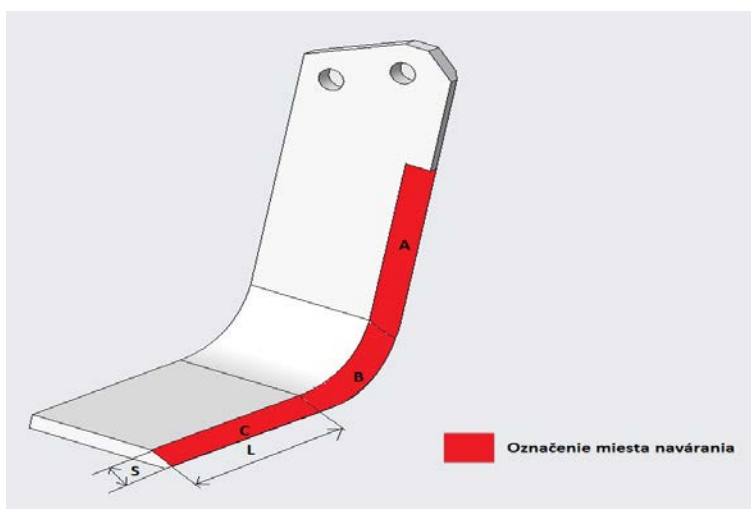


Základným materiálom pôdnej frézy je cementačná uhlíková oceľ C15 s obsahom uhlíka 0,23 %, ktorá má zaručenú zveriteľnosť. Táto oceľ má feriticko-perlitickú štruktúru (Belan *et al.*, 2019), ktorá nezaručuje dostatočnú oteruvzdornosť, a tým aj odolnosť voči nepriaznivému heterogénnemu pracovnému prostrediu. Mechanické vlastnosti tejto ocele sú v Tab. 4.

**Tab. 4** Mechanické vlastnosti ocele C15 (12 020) podľa materiálového listu

Medza pevnosti $R_m$ [MPa]	390 – 150
Ťažnosť $A_5$ min. [%]	23
Tvrdosť HB max.	111 – 146

Pracovný nástroj bol obváraný v miestach, kde naň najviac pôsobia abrazívne častice a veľké nárazové sily. Tieto miesta sú znázornené na Obr. 4.



**Obr. 4** Vyznačenie plôch pre naváranie (Baloga, 2021)

Naváranie bolo realizované ručným oblúkovým naváraním obalenou elektródou. Táto metóda je vhodná predovšetkým pre renováciu menších opotrebovaných plôch. Aby sa eliminovali vplyvy, kde sa premiešava základný materiál s prídavným materiálom, návary boli nanášané v dvoch vrstvách. V každej vrstve sa spravili dva vedľa seba idúce pásy návaru po ploche vyznačenej červenou farbou (Obr. 4). Povrch návárov bol kvôli úprave drsnosti povrchu brúsený pomocou ručnej brúsky. V Tab. 5 sú uvedené technické parametre navárania.

**Tab. 5** Technické parametre navárania

Metóda navárania	(111) ROZ (ručné oblúkové naváranie obalenou elektródou)
Druh prúdu	DC (Jednosmerný) plus do elektródy (=+)
Zvárací prúd (I)	80 A
Priemer	Ø 2,5 mm
Dĺžka elektródy (L)	350 mm
Zváracia poloha	PA

Na Obr. 5 môžeme vidieť výsledok navárania, pri ktorom sa postupovalo podľa vyššie uvedených údajov (Tab. 5).



**Obr. 5 Nôž po navarení a obrúsení (Baloga, 2021)**

Dosiahnuté vlastnosti po navarení, tak ako ich deklaruje výrobca sú:

- Tvrdosť návaru - cca 50 HRC v druhej vrstve;
- Odolnosť proti abrázii - veľmi dobrá;
- Odolnosť proti rázom - dobrá;
- Získanie materiálu na pracovnej časti nástroja, ktorý svojimi vlastnosťami zabezpečí vyššiu odolnosť voči abrázii pracovného prostredia.

Pri naváraní sa na čelnej časti nástroja, kde pôsobí najväčšie opotrebenie, by sa teda vytvorila vrstva prídavného materiálu. Tvrdosť tejto návarovej vrstvy sa však nedá porovnať s tvrdosťou základného materiálu nástroja, nakoľko tvrdosť základného materiálu je nízka a nie je možné ju vyjadriť v Rockwelloch. Avšak môžeme konštatovať, že tvrdosť návaru je podstatne vyššia v porovnaní s tvrdosťou základného materiálu nástroja. Výhodou je tiež väčšia hrúbka návaru. V prípade zbrúsenia návaru až na základný materiál sa návar môže jednoducho opäť aplikovať. Naváranie môže byť vykonané aj priamo na stroji, bez potrebného rozoberania.

Na naváranie jedného noža boli použité 3 elektródy. Potrebný čas na naváranie a obrúsenie noža bol cca. 4 minúty. Ak by sa takto upravili všetky nože na fréze, náklady na elektródy, pracovnú silu a energie budú približne 190 €

Keďže sa jedná o cementačnú ocel, vhodnou voľbou postupu tepelného spracovania – cementovania, by bolo možné zvýšiť tvrdosť nástroja pri zachovaní húževnatosti jadra (Ľavodová, *et al.* 2017). Avšak, pri takejto úprave by bolo potrebné nástroj demontovať. Tým by sa čas a náklady na takúto úpravu nástroja podstatne zvýšili, v porovnaní s naváraním na exponované časti funkčných plôch nástroja.

## ZÁVER

Lesná technika si vyžaduje odolné materiály, ktoré v prevádzke dokážu odolávať rôznym typom opotrebenia a zaťaženia. Preto je nevyhnutné zvyšovať ich životnosť v miestach, kde sa materiály nástrojov najrýchlejšie opotrebovávajú.

Pri pôdnych frézach je veľmi častou príčinou prestojov, súvisiacich s výmenou nástroja, práve rýchle opotrebovanie pracovných nástrojov (nožov), ktoré môže skončiť až zlomením nástroja. Opotrebovaný nástroj vykonáva svoju prácu obmedzene. Ako príklad môžeme uviesť zlé prekyprenie pôdy alebo rozrušenie drevených koreňov. Obťažné vnikanie nástroja do pôdy taktiež spomaľuje ťažný stroj, ktorý má vyššiu spotrebu paliva a vyššie emisie. Preto je potrebné, aby sme zvyšovali kvalitu nástrojov, ktoré majú veľký vplyv na celkovú prevádzku a efektívnosť práce.

Jednou z vhodných možností predĺženia životnosti takýchto nástrojov je naváranie prídavného materiálu, ktorý by svojou štruktúrou dokázal lepšie odolávať vplyvom pracovného prostredia.

Pre získanie ďalších informácií o vhodnosti využitia jednotlivých spôsobov úpravy nástrojov je potrebné vykonať ešte aj iné skúšky. Boli by to skúšky vrubovej húževnatosti a skúška abrazívneho opotrebenia materiálu.

## POĎAKOVANIE

*Táto práca bola podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou na základe zmluvy č. VEGA 1/0609/20 „Výskum rezných nástrojov pri spracovaní dendromasy v poľnohospodárskej a lesnej výrobe.“*

## REFERENCIE

BALOGA, M. 2021. *Materiálová analýza poškodenia nožov pôdnych fréz a návrh zvýšenia ich trvanlivosti*: Bakalárska práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. Fakulta techniky. 2021. 52s.

ESAB – Katalóg prídavných materiálov. [online]. [cit. 07-08-2021]. Dostupné na: [http://www.lkweld.sk/fotky20893/kat.prid.mat/KATALOG\\_KOMPLET\\_SK.pdf](http://www.lkweld.sk/fotky20893/kat.prid.mat/KATALOG_KOMPLET_SK.pdf)

ESAB – Príručka svařování. [online]. [cit. 06-08-2021]. Dostupné na internete : <http://products.esab.com/ESABImages/prirucka%206%20vydani%202011.pdf>

Firemná stránka sk.eferrit. Abrazívne materiály, veda-geológia, [online]. [cit. 24-04-2021]. Dostupné na internete : <https://sk.eferrit.com/abrazivne-mineraly/>

HNILICA, R., SLUGEŇ, J., MESSINGEROVÁ, V., LIŠKAY, T. 2014. Rotary cultivator as a multipurpose mechanism for mechanization of work in forest establishment. In *Acta Facultatis Forestalis*, Zvolen. pp. 97-111. ISSN 0231-5785

HNILICA, R. et al., 2004. Proposal and development of a model of soil scarifier ZPF–250. In: *Forestry Journal*: 131 – 144, 2004, 1 fig., tab. 9, ref. 19. ISSN 0323–1046

JANKURA, D. 2013. *Vplyv počtu vrstiev na tribologické vlastnosti tvrdonávarov*. Košice: Strojnícka fakulta TU v Košiciach.

KOTUS, M., ČIČO, P., DAŇKO, M., ANDRÁSSYOVÁ, Z., VYSOČANSKÁ, M. 2011 Zvyšovanie oteruvzdornosti pôduspracujúcich nástrojov použitím tvrdonávaru. In *Acta technologica agriculturae*. ISSN 1335-2555, 2011, roč. 14, č. 1, s. 20-23.

SUCHÁNEK J., KUKLÍK, V., ZDRAVECKÁ E. 2009. Influence of microstructure on erosion resistance of steels. *Wear*. 267: 2092–2099. (2009). DOI:10.1016/j.wear.2009.08.004.

ŘAVODOVÁ, M., KALINCOVÁ, D., ŠVANTNER, T. 2017. Heat treatment - the tool for increasing wear resistance of material. In 26. dny tepelného zpracování s mezinárodní účastí: mezinárodní konference. 2017. ISBN 978-80-907043-0-5.

ZDRAVECKÁ, E., TKÁČOVÁ, J., ONDÁČ, M. 2014. Effect of microstructure factors on abrasion resistance of high-strength steels. *Research in Agricultural Engineering* 60, pp. 115-120. ISSN 1212-9151

**Corresponding author:**

Monika Vargová, +421948906093, [monika.vargova@is.tuzvo.sk](mailto:monika.vargova@is.tuzvo.sk)

# Využití parametrického modelování při návrhu průmyslového schodiště

*Autor: Milan Majer*

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

05/05/21

Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

6

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

FAKULTA  
STROJNÍ

KATEDRA  
VÝROBNÍCH STROJŮ  
A KONSTRUOVÁNÍ

## VYUŽITÍ PARAMETRICKÉHO MODELOVÁNÍ PŘI NÁVRHU PRŮMYSLOVÉHO SCHODIŠTĚ

Ing. Milan Majer

05/09/21

Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

1



- Automatické zakladače
- Posuvné regály
- Dopravníky
- Boxy (plastové, ocelové)



05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

2

## Průmyslová schodiště

- Šikmá nosná konstrukce
- Propojení jednotlivých podlaží
- Překonání výškového rozdílu

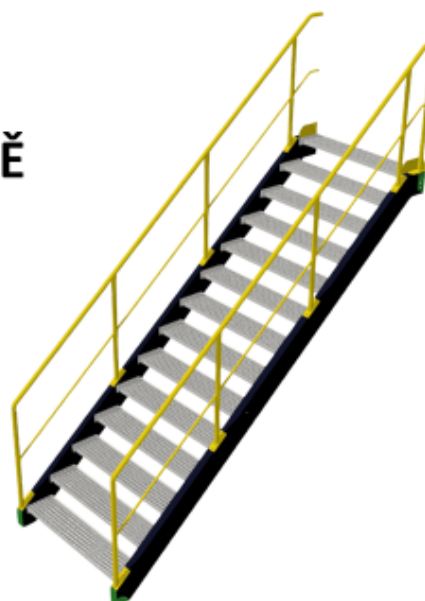


05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340



## NAVRHOVANÉ SCHODIŠTĚ

- Délka schodiště
- Přejížděvací výška
- Světelná šířka schodiště
- Ukončení zábradlí:
  - Napojení rovně
  - Napojení do strany
  - „Beran“

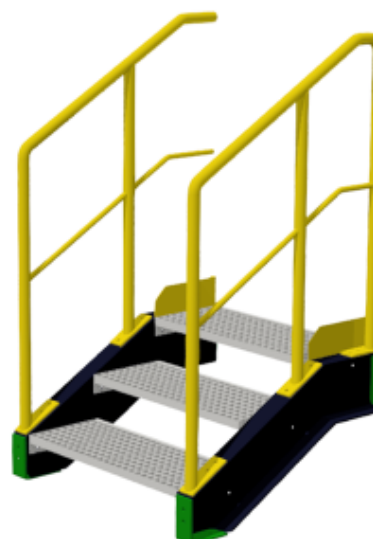


05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

4

## VSTUPNÍ DATA

- Výška: 340 – 4000 mm
- Délka: 600 - 6900 mm
- Šířka: 600, 800, 1000, 1200
- Úhel: 30 – 45°
- Rozteč sloupků zábradlí 1000 mm



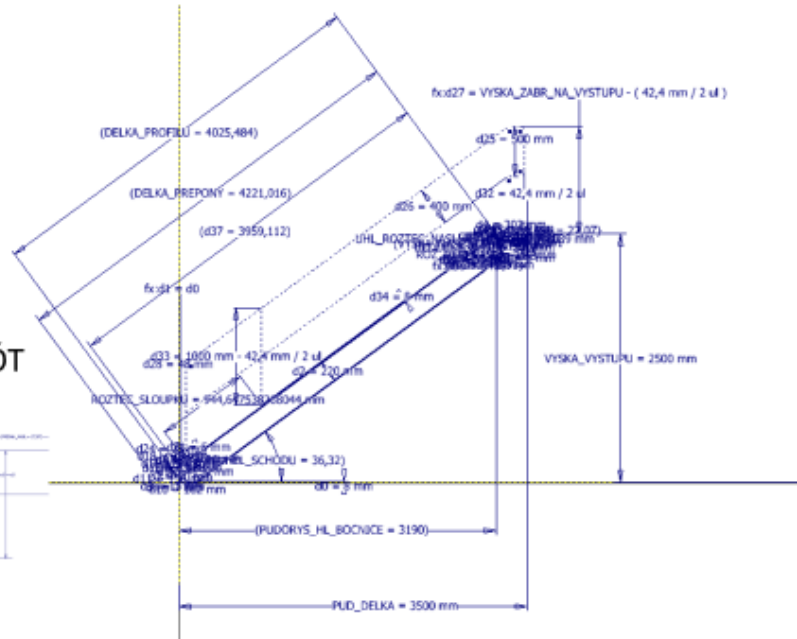
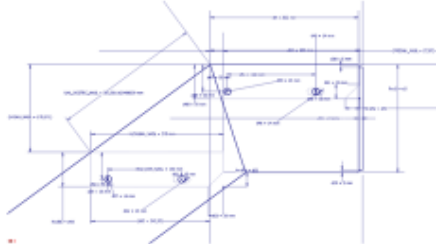
05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

5



## PRVNÍ NÁČRT

- OKÓTOVÁNÍ
- POUŽITÍ VZORCŮ
- DEFINOVÁNÍ NÁZVŮ KÓT



05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

6

## DEFINICE PARAMETRŮ

- VYTOVŘENÍ UŽIVATELSKÝCH PARAMETRŮ

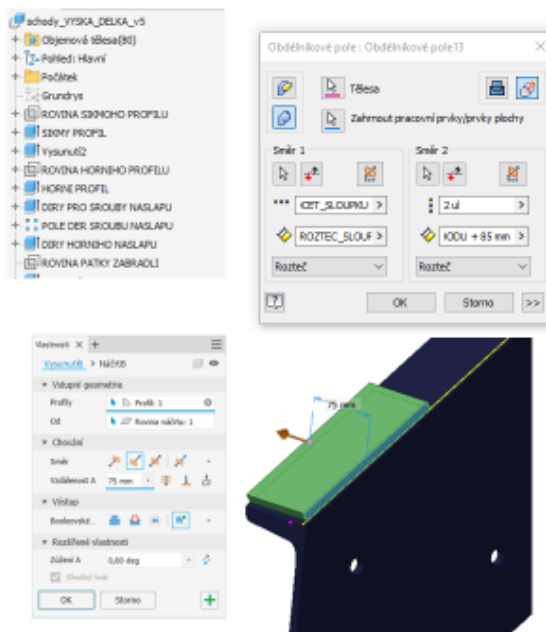
Název parametru	Použití	Jednotka/T	Výsok	Formální hodno	Snobroditní pravidlo	Tol.	Hodnota model.	IKC
d34	Radius	deg	0 deg	0,000000		0,000000		
d37	Tabeniz	deg	0 deg	0,000000		0,000000		
d38	Vyska	mm	100 mm	100,000000		100,000000		
d39	Vyska	deg	0,09 deg	0,000000		0,000000		
d30	Obdelnik	ul	2 ul	0,000000		0,000000		
d33	Obdelnik	mm	500 mm	500,000000		500,000000		
Referenční parametry								
d37		mm	3959,112 mm	3959,112000	Fixed	0	3959,112000	
UHL_SCHODU		deg	36,32 deg	36,320000	Fixed	0	36,320000	
d33		mm	242,828 mm	242,828000	Fixed	0	242,828000	
VYSKA_NAB.		mm	176,571 mm	176,571000	Fixed	0	176,571000	
PREZAR_NAB.		mm	27,90598 mm	27,905980	Fixed	0	27,905980	
DELKA_PROFILU		mm	4025,484 mm	4025,484000	Fixed	0	4025,484000	
DELKA_PODPOHY		mm	4221,012 mm	4221,012000	Fixed	0	4221,012000	
PUDRYS_HL_B		mm	3190,000 mm	3190,000000	Fixed	0	3190,000000	
Uživatelské parametry								
POCET_SLOUPU	d378, d371	ul	4 ul	4,000000	Fixed	0	4,000000	
VYSKA_ZABR_N	d37	mm	1100 mm	1100,000000	Fixed	0	1100,000000	
POCET_HAGARU	d302, d301	ul	14 ul	14,000000	Fixed	0	14,000000	
SMELA_SPLA...	d316, d305	mm	600 mm	600,000000	Fixed	0	600,000000	
VYSKA_PODSTU	d365, d344	mm	30 mm	30,000000	Fixed	0	30,000000	
POCET_NEVYS...	d395, d354	ul	24 ul	24,000000	Fixed	0	24,000000	
POCET_NEVYS...	d374	ul	8 ul	8,000000	Fixed	0	8,000000	

05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

7

## TVORBA 3D MODELU

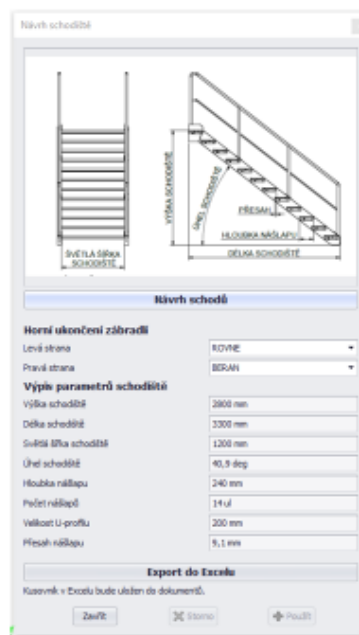
- NĚKOLIK TĚLES
- POČET ZÁVISÍ NA VELIKOSTI SCHODIŠTĚ
- MODEL JE PŘEVÁDĚN NA SESTAVU



05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

## FORMULÁŘ

- Pro uživatele
- Zapnutí pravidla návrhu
- Volba ukončení zábradlí
- Přehled aktuálních parametrů schodiště
- Export kusovníku do Excelu



05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

## iLogic - VYTVÁŘENÍ PRAVIDLA

- Visual Basic
- Vytváření pravidel
- Prostředí pro psaní kódu
- Fragменты kódu

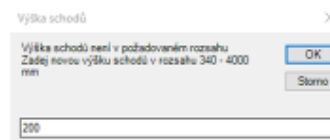


05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

10

## Zadávání hodnot

- Funkce InputBox
- Kontrola zadané hodnoty
- Kontrola úhlu schodiště

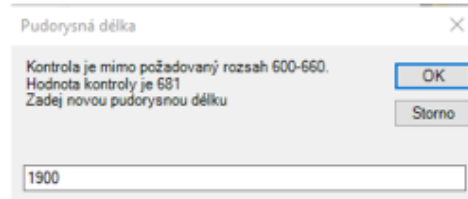


05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

11

## Algoritmus návrhu

- Funkce: If Then End If, Do while
- Podmínka:  
 $2 \times \text{výška nášlapu} + \text{šířka nášlapu} = 600 \div 660$



05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

12

## UKONČENÍ ZÁBRADLÍ

- 2 nové parametry s rozbalovacím seznamem
- Nové pravidlo

```

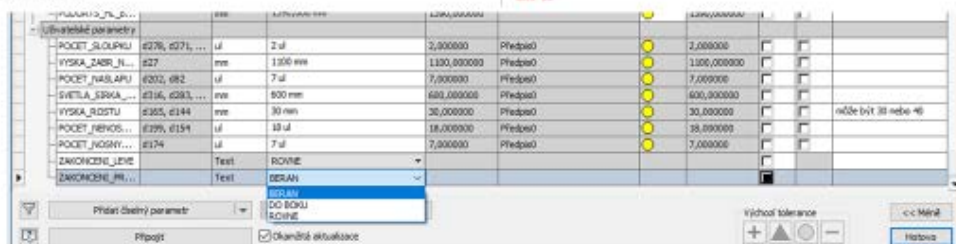
"ZAKONČENÍ_LEVE = "BERAN"

IF ZAKONČENÍ_LEVE = "ROVNĚ" THEN
    Feature.IsActive("KOLEŠO 3") = False
    Feature.IsActive("TRUSKA_BERANU") = False
    Feature.IsActive("KOLEŠO 4") = False

    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_DOE_KOLEŠO") = False
    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_DOE") = False
    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_POLEP") = False
ELSEIF ZAKONČENÍ_LEVE = "BERAN" THEN
    Feature.IsActive("KOLEŠO 3") = True
    Feature.IsActive("TRUSKA_BERANU") = True
    Feature.IsActive("KOLEŠO 4") = True

    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_DOE_KOLEŠO") = False
    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_DOE") = False
    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_POLEP") = False
ELSEIF ZAKONČENÍ_LEVE = "DO_BOKU" THEN
    Feature.IsActive("KOLEŠO 3") = False
    Feature.IsActive("TRUSKA_BERANU") = False
    Feature.IsActive("KOLEŠO 4") = False

    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_DOE_KOLEŠO") = True
    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_DOE") = True
    Feature.IsActive("ZAKONČENÍ_LEVE_POLEP") = True
END IF
    
```



05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

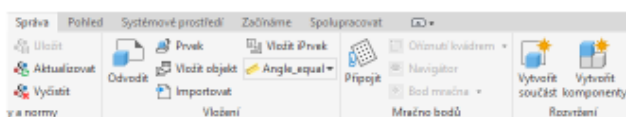
13

## Exportovaný kusovník

Pos.	Bestreibung	STK-Abmessung	QTY	Zng.-Nr./Art.-Nr.						Parametry schodiště
1	1 Schodišťový stupeň	1200 x 240 x 40		14 H2401200						Výška výstupu 2800 mm
2	2 Patka zábradlí krajní	BL - 8-150x65		3 02-0454321-12345						Pudovná délka schodiště 3300 mm
3	3 Patka zábradlí středová	BL - 8-150x65		6 02-0454321-12345						Světla žlka schodiště 1200 mm
4	4 Připojovací plech spodní	BL - 8-282,5x70		2 02-0454321-12200						Úhel schodiště 40,9 °
5	5 Připojovací plech horní	BL - 8-190x70		2 02-0454321-12200						Počet nášlapů 14
6	6 Okopový plech levý	BL - 5-302,7x110		1 02-0454321-12200						Výška nášlapu 200 mm
7	7 Okopový plech pravý	BL - 5-302,7x110		1 02-0454321-12200						Velikost U-profilu U 200
8	8 Schodišťový stupeň horní									
9	9 U-profil	UNP - 200	8837 mm	N100273						
10	10 Trubka d42	Rohr - 42x2,6		H110379						
11	11 Trubka d22	Rohr - 22x2		H113556						
12	12 Koleno 90° d42	Bogen 42,4x2,6		5 H112865						
13	13 Koleno 90° d22	Bogen 21,3x2		2 H109652						
14	14 6kt-Schraube ohne Schaft	ISO4017-M12x35-8.8-VZ		56 N102570						
15	15 6kt-Schraube ohne Schaft	ISO4017-M12x45-8.8-VZ		22 N100194						
16	16 6kt-Mutter	ISO4032-M12-8-VZ		78 N100025						
17	17 Scheibe	ISO7089-12-140HV-VZ		138 N100034						
18	18 U-Scheibe	DIN494-14-VZ		18 N103414						
19	19 Anker	Anker HST3 M12x115 40/20		2 H142171						
20										
21										
22										

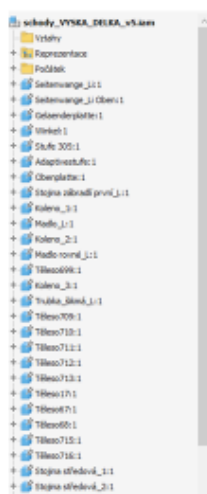
05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

14



## PŘEVEDENÍ NA SESTAVU

- Použití nosných U-profilů
- Extrahování podsestavy zábradlí
- Sestavení schodiště s díly z obsahového centra



05/09/21 Vytvoření konfigurátoru pomocí funkce iLogic, Ing. Milan Majer, 340

15

## Děkuji za pozornost

Ing. Milan Majer

[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

# Unifikace a automatizace procesu návrhu výložníkového rozbíjecího zařízení

*Autor: Jakub Gaszek*

VSB – TUO, Ostrava, Czech Republic, EU, [jakub.gaszek.st@vsb.cz](mailto:jakub.gaszek.st@vsb.cz)

## Abstrakt

Práce se zabývá tvorbou automatizovaného programu pro návrh stacionárního výložníkového rozbíjecího zařízení. První část obsahuje náhled použití a typů konstrukcí těchto zařízení. Následující část se zabývá konstrukčním návrhem výsledného zařízení. Část se zaměřuje především na obecný kinematický a silový rozbor zařízení a následnou tvorbu automatizovaného návrhového programu. V dalších částech je zobrazen princip programu, jeho funkce a výhody.

**Klíčová slova:** Automatizace návrhu zařízení, rozbíjecí zařízení, kinematický rozbor, silový rozbor, excel, programování, automatizace výpočtu, návrh materiálu, návrh konstrukce

## 1. Úvod

Na trhu je několik typů výložníkových rozbíjecích zařízení. Tvar a kinematika (uspořádání) zařízení se mění podle jejich specializace. Například u důlních zařízení je kladen důraz na kompaktní rozměry, u zařízení pro bourání výškových budov je kladen důraz na dosažení velkých dosahů a stability [1]. Konstrukce těchto zařízení může být také ovlivněna nástrojem, které dané zařízení využívá k práci, například vneseným rázem, nutným přitlakem ramen pro využití bouracího kladiva [1]. Z možných variant lze vybrat základní druhy uspořádání zařízení pro daný typ práce. Při návrhu takovýchto zařízení, je často nutné zkoumat více parametrů najednou. Například je nutné dosáhnout kombinací délky ramen požadovaného výškového, hloubkového i délkového dosahu zařízení. Pokud se pro dané uspořádání vytvoří rozměrový, kinematický a silový rozbor zařízení, lze návrh variant zařízení z velké části automatizovat, a tak nalézt nejvhodnější řešení pro danou situaci rychleji a efektivněji. V programové části lze přehledně zobrazovat působící síly na jednotlivé díly zařízení, dosahy a další pro návrh zajímavé hodnoty. Ty pak lze navázat na pevnostní výpočty, návrhy hydraulického obvodu atd [1].

## 2. Základní konstrukce výložníkových bouracích zařízení

Výložníková rozbíjecí zařízení jsou uložena na mobilním podvozku nebo pevné základně. Jejich další části jsou výložník, násada, příruba kladiva a hydraulické



kladivo. Zařízení se ustavuje do požadované polohy pomocí přímočarých hydromotorů a natáčí se pomocí poháněné základny. Základna může být kyvná, poháněná dvěma přímočarými hydromotory, nebo otočná, díky hydraulické otoči s rotačními nebo kyvnými hydromotory. Prvním typem konstrukce je rozbíjecí zařízení s naklápěcím výložníkem a násadou, která se z něj vysouvá. Naklápění výložníku a výsun násady je zajištěn přímočarými hydromotory. Kladivo je umístěno na kyvné přírubě. Zařízení je primárně určeno pro větší délkový dosah než hloubkový. Slouží k povrchovému rozbíjení nadrozměrného materiálu. Nejčastěji jsou tato zařízení usazována na kolejové pojízdné stanice v kamenolomech apod. Zařízení s tímto uspořádáním částí je zobrazeno na **Obrázku 2**.



*Obrázek 2 – Zařízení s výsuvnou násadou [2].*

Dalším typem je rozbíjecí zařízení s naklápěcím výložníkem, naklápěcí násadou a naklápěcí přírubou kladiva. Existují různé varianty provedení. Jejich výložníky a násady jsou rovné nebo prohnuté. Příruba umožňuje naklápění kladiva vůči násadě. Mezi ní a kladivo lze vložit nástavec sloužící ke zvětšení hloubkových dosahů. Přímočaré hydromotory zajišťují naklápění těchto částí. Jejich umístění a počet se liší v závislosti na tvaru částí zařízení. Uspořádání zařízení, tvary výložníků, násad a přírub je navrženo podle primární práce, pro kterou je zařízení určeno. Nejpoužívanější typy konstrukcí jsou na **Obrázku 3**. Pro velké dosahy se používají konstrukce s vloženými výložníky.



*Obrázek 3 – Základní uspořádání zařízení s naklápěcím výložníkem, násadou a přírubou [2].*

### 3. Návrh výložníkového bouracího zařízení

Pro vytvoření programu na návrh bouracího zařízení byla zvolena konstrukce podobající se uspořádání na **Obrázku 3**. Zvolená konstrukce zařízení (**Obrázek 4**) se skládá z hydraulické otoče, základny, přímého výložníku, přímé násady a otočné příruby s hydraulickým bouracím kladivem. Naklápění částí zařízení zajišťují tři přímočaré hydromotory.



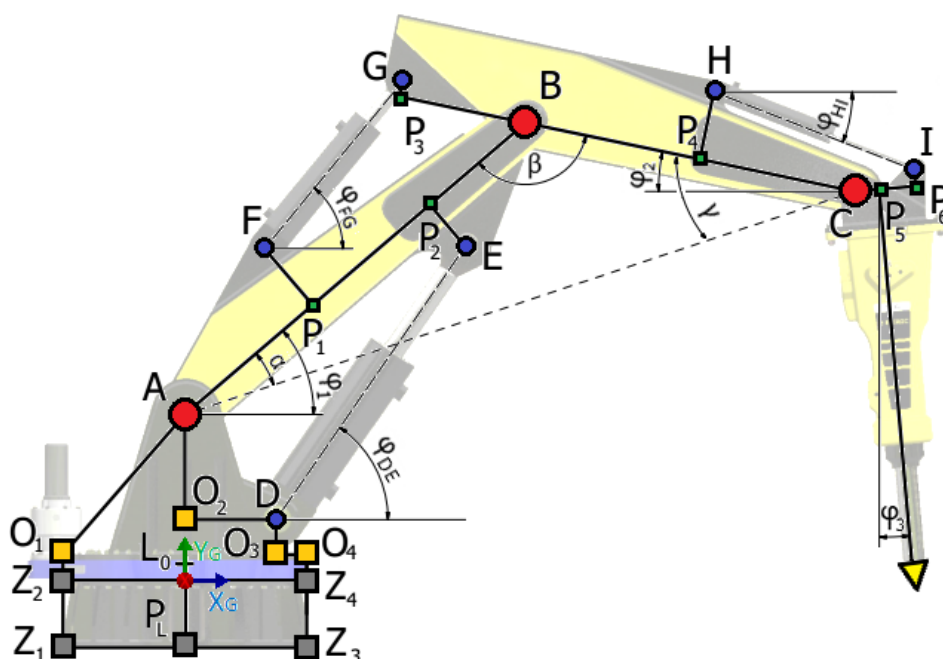
*Obrázek 4 – Zvolená konstrukce zařízení [2].*

Pro tvorbu výpočtového programu jsem zvolil prostředí MS excel, které je pro všechny poměrně snadno dostupné. Na začátku tvorby programu je vždy důležité správně zvolit vstupní parametry. Zde jsem zvolil délkový a hloubkový dosah a velikost nutného přitlaku vyvinutého na kladivo. Pro prvotní návrh ze známých dosahů a délek jsem vytvořil výpočet hrubého odhadu délek výložníku a násady. Vytvořil jsem rozměrovou tabulku a pro zobrazení vhodného okruhu řešení jsem do programu vložil podmínky. Protože požaduji větší délkový než hloubkový dosah, vložil jsem omezující podmínku pro výložník, který musí být větší nebo roven násadě. Z důvodu snesitelných rozměrů a rozdílů rozměrů přímočarých hydromotorů jsem výsledky omezil podmínkou maximální délkové odchylky výložníku od násady. Přidal jsem i omezení maximální odchylkou od požadované dosahované délky. Ta je nutná, protože při dosahovaných vzdálenostech nemohou výložník a násada z konstrukčních důvodů svírat úhel 180°. Čím je úhel blíže 180°, tím více se komplikuje konstrukce kloubu zařízení a návrh přímočarého hydromotoru v tomto místě. Pro varianty, které splňují tyto podmínky jsem naprogramoval změnu barvy pole, tak jsou hned přehledně vidět možné relevantní varianty rozměrů. To zobrazuje **Obrázek 5**. [1]

N/V	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	
1000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1050	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1100	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	OK	OK	OK	OK	x	x	x	x	x	x	x	x
1200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	OK	OK	OK	OK	OK	x	x	x	x	x	x	x	x
1250	x	x	x	x	x	x	x	x	OK	OK	OK	OK	OK	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1300	x	x	x	x	x	x	x	OK	OK	OK	OK	OK	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1350	x	x	x	x	x	x	x	OK	OK	OK	OK	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1400	x	x	x	x	x	x	x	OK	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1450	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1500	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1550	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1600	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1650	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1700	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1750	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1800	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1850	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1900	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1950	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

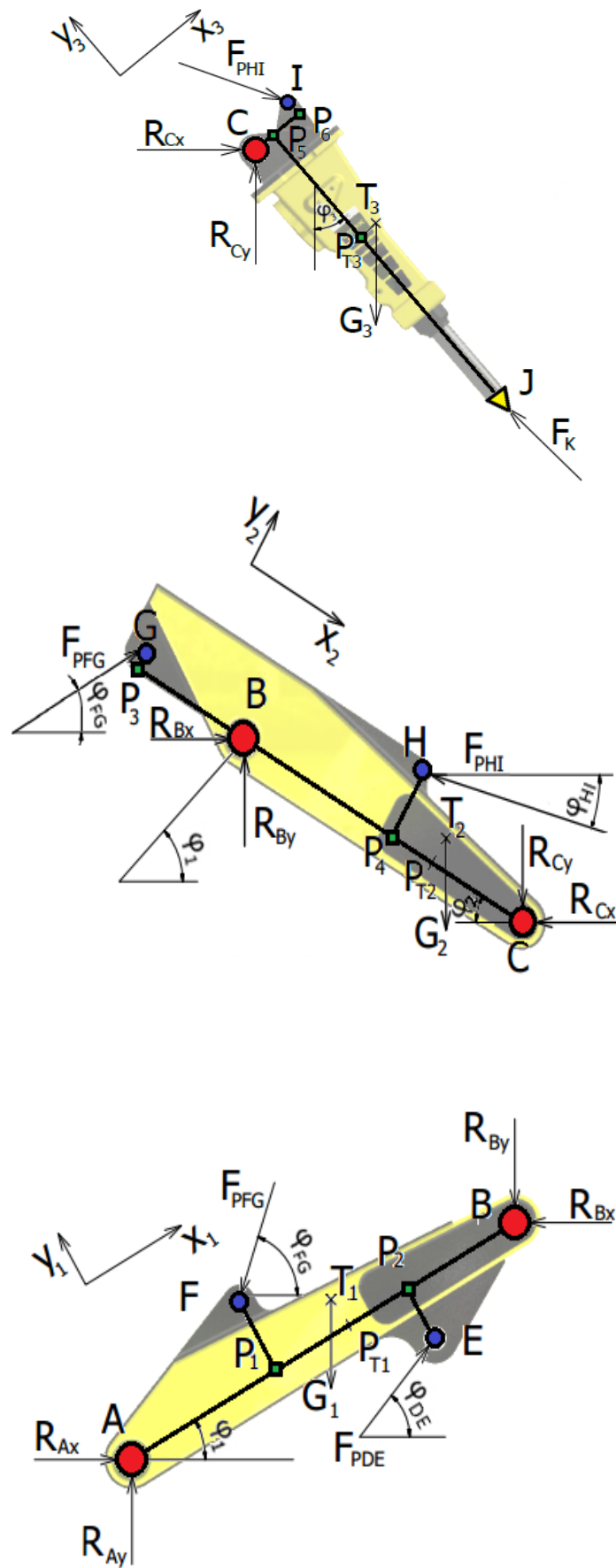
Obrázek 5 – Základní rozměrový rozbor zařízení

Jelikož je nezbytné zkoumat zařízení ve více polohách, aby bylo možné nalézt, co se týče zatížení, nejhorší polohu zařízení, provedl jsem obecný kinematický rozbor zařízení. Doplnil jsem další body potřebné pro zobrazení zařízení, které jsou odečteny z rozměrového rozboru a následného schématického modelu zařízení. Jako vložené hodnoty jsem zvolil souřadnice špičky kladiva a úhel naklonění kladiva od svislé globální roviny. Pro zpřehlednění výpočtu a usnadnění kontroly jsem provedl výpočet globálních souřadnic vybraných bodů. Kinematické schéma se zobrazením potřebných bodů je na **Obrázku 6**.



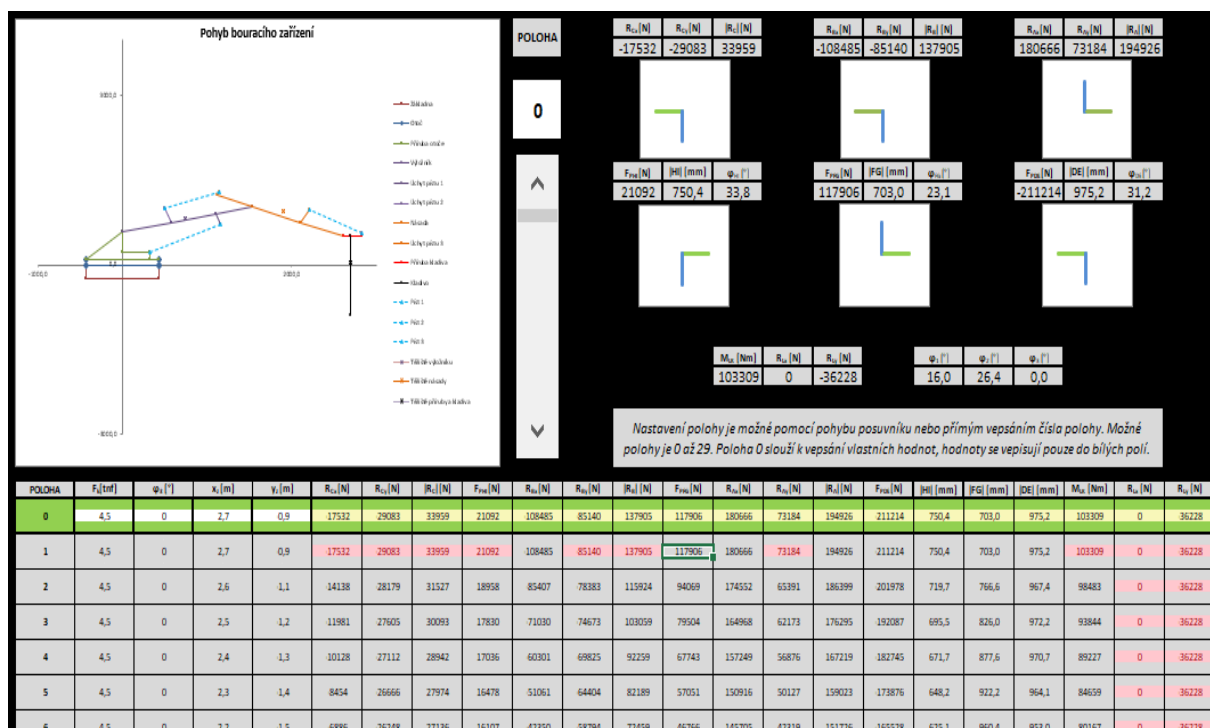
Obrázek 6 – Kinematický rozbor zařízení [1]

Pro vizuální kontrolu polohy jsem vytvořil proměnný graf, zobrazující polohy důležitých bodů zařízení. Polohy jsem napojil na silový rozbor zařízení (**Obrázek 7**).



Obrázek 7 – Silový rozbor částí zařízení [1]

Z toho vyplynula velikost a směr sil v každém kloubu zařízení. Tento soubor správných funkcí programu tak dokáže zaznamenat síly v jednotlivých polohách zařízení. Po vytvoření tabulky poloh zařízení, lze jednoduše programovat nalezení nejvyšší hodnoty (kladných i záporných směrů) sil a zvýraznit je. Prostředí popsaného program je zobrazeno na **Obrázku 8**.

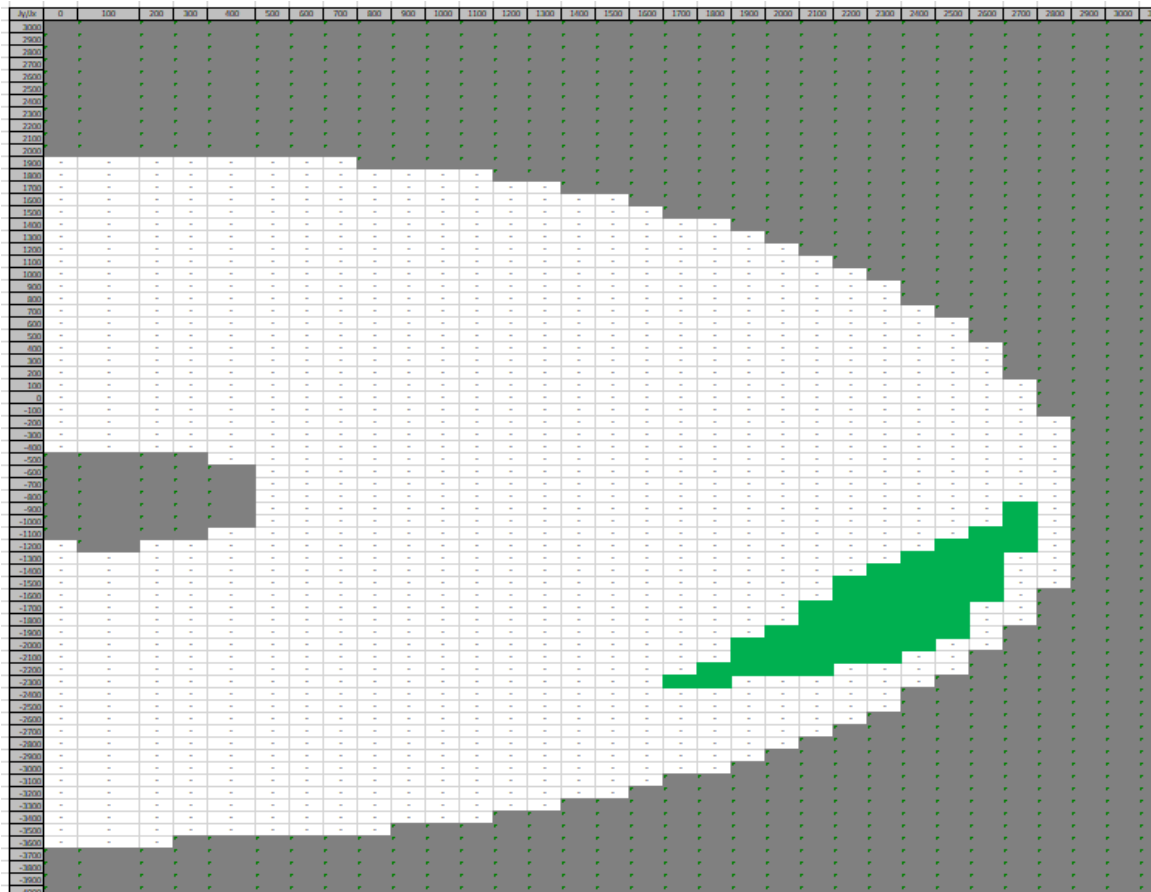


Obrázek 8 – Program

Podle největších hodnot sil a jejího směru lze navrhnout velikosti přímočarých hydro-motorů, velikosti čepů a dalších součástí. I to bylo do programu zahrnuto (**Obrázek 9**). Výsledným výstupem a ověřením správnosti návrhu bylo vygenerování dosahu zařízení, které podléhalo podmínkám kinematického rozboru. Dosah zařízení znázorňuje zelená oblast na **Obrázku 10**. Každé pole spojuje sloupec a řádek tabulky. Tak lze odečíst souřadnice daného pole dosahu.

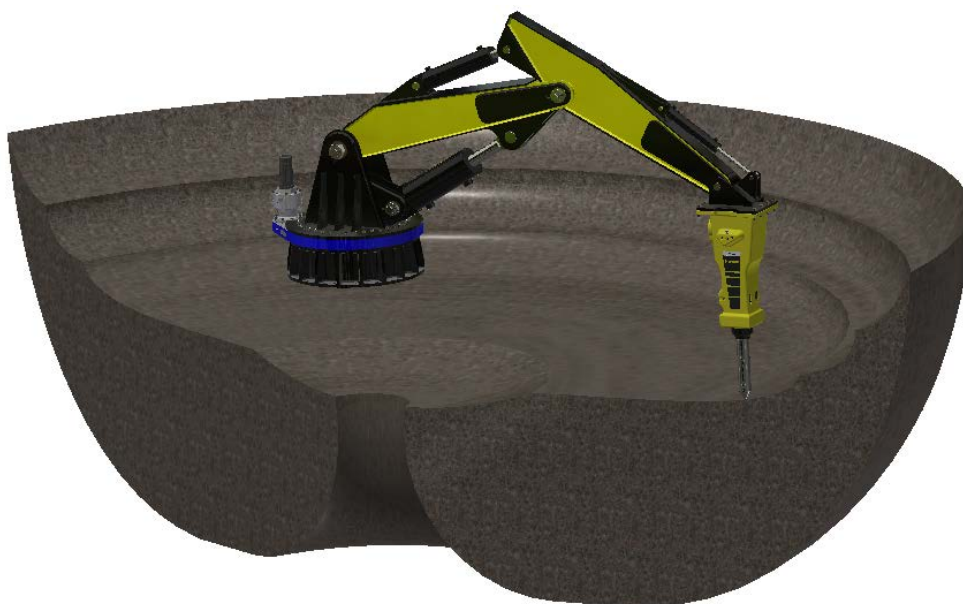
Přímocárý hydromotor HI		Přímocárý hydromotor FG		Přímocárý hydromotor DE	
$P_{PHI}$ [Pa]	20000000	$P_{PFG}$ [Pa]	20000000	$P_{PDE}$ [Pa]	20000000
$F_{PHI}$ [N]	21092	$F_{PFG}$ [N]	118961	$F_{PDE}$ [N]	243571
Způsob zatížení	TLAK (obsah plochy pistu)	Způsob zatížení	TLAK (obsah plochy pistu)	Způsob zatížení	TAH (obsah plochy mezikruží)
$S_{OHI}$ [mm]	1054,5983	$S_{OFG}$ [mm]	5948,0456	$S_{ODE}$ [mm]	12178,569
$D_{HI}$ [mm]	36,6	$D_{FG}$ [mm]	87,0	$D_{DE}$ [mm]	148,0
$d_{HI}$ [mm]	55	$d_{FG}$ [mm]	100	$d_{DE}$ [mm]	80

Obrázek 9 – Návrh velikostí hydro-motorů



Obrázek 10 – Dosahy zařízení

Výsledné dosahy zařízení je poté možné generovat do tabulky, kterou si například umí převzít program Inventor. Ten pak může po načtení externích dat z MS Excelu vytvořit model dosahů i ve 3D vizualizaci jako na **Obrázku 11**.



Obrázek 11 – Vizualizace zařízení a jeho dosahů [1]

## 4. Závěr

Díky programem zjištěným největším silám, lze výsledné modely komponent odděleně, ale reálně zatížit např. pomocí MKP a urychlit tak výpočet a vývoj konstrukce. Z výsledku totiž vyplývá, že každá součást zařízení není nejvíce zatížena v jedné (společné) stejné poloze zařízení. Jednotlivé součásti byly nejvíce zatíženy v různých polohách. Navíc je například u přímočarých hydro-motorů nutné rozlišovat směr síly na ně působící. Jelikož je síla vyvinutá přímočarým hydromotorem v tlaku větší než v tahu (obsah plochy pístu x obsah plochy mezikruží) je nutné ověřit návrh hydromotoru na obě tyto síly (kladné i záporné maximum). Především pro více návrhů obdobných zařízení je program cenným pomocníkem pro hledání ideálních konstrukcí.

## 5. Literatura

- [1] GASZEK, Jakub. Stacionární výložníkové rozbíjecí zařízení [online]. Ostrava, 2019 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/136924>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [2] KATALOG DAVON.: Rockbreaker boom system. [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: [https://davoncompany.com/wp-content/uploads/2016/11/KATALOG\\_ROCKBREAKER\\_DAVON\\_201710\\_en](https://davoncompany.com/wp-content/uploads/2016/11/KATALOG_ROCKBREAKER_DAVON_201710_en).



# Rozbor používaných materiálů pro výrobu lopatových rýpadel a jejich příslušenství v technické praxi

*Autor: Jakub Gaszek*

VSB – TUO, Ostrava, Czech Republic, EU, [jakub.gaszek.st@vsb.cz](mailto:jakub.gaszek.st@vsb.cz)

## Abstrakt

Práce se zabývá základním uspořádáním rýpadel a především materiály používanými pro jejich hlavní části a příslušenství.

**Klíčová slova:** Rýpadlo, materiál rýpadla, materiál lžíce, lžíce, příslušenství rýpadel.

## 1. Úvod

Rýpadlo lze také nalézt pod pojmem bagr nebo exkavátor a slouží k přemísťování a těžbě hornin. Rýpadla lze rozdělit na lopatová, korečková a sací. <sup>[1]</sup> Lopatová pak dále na lanové (obr. 1) a hydraulická (obr. 2). Běžný dosah lopatových rýpadel je mezi 2 a 20 metry a váží od několika set kilogramů až po stovky tun. [1]



Obr. 3 – Lanové rýpadlo [2]



Obr. 4 - Hydraulické rýpadlo [3]

Lanová rýpadla se pro běžné výkopové práce již moc nepoužívají, ale obrovské lanové rýpadla tzv. „dragline“ (obr. 3), se používají často pro výkopy kanálů, průplavů a příkopů. Jsou to rýpadla, která mají velký dosah a používají velké objemy lžící.



Obr. 5 - Lanové rýpadlo, Drag line [4]

Hydraulické rýpadlo se skládá z podvozku, plošiny s kabinou řidiče a strojovnou, dále z výložníku a násady s vyměnitelným nástrojem. Popis základních částí zařízení je na obr. 4.



Obr. 6. - Hlavní části hydraulického rýpadla [5]

## 2. Podvozek hydraulického rýpadla

Rýpadla mohou být spojena s pásovými (gumovými a ocelovými), kolovými, kolejovými, kráčivými nebo plovoucími podvozky. Podvozek je zatížen vahou stroje a klopným momentem od váhy ramen, případného břemene, nástroje, přítlaku vyvozenému na nástroj přímočarými hydro-motory a zpětným rázem některých nástrojů. Podvozek zajišťuje stabilitu a pojezd stroje. [1] [6] [7]

Pásové podvozky hmotnost rypadla rozkládají na velkou plochu, jejich výhodou je malý měrný tlak pásů na terén, stabilita a průchodnost stroje. Pro různé terény se mohou použít různé šířky pásů, od 400 mm pro tvrdé, skalnaté terény až po 1200 mm široké pásy pro měkké a bahnité zeminy. Tyto podvozky mohou být použity u všech velikostí rypadel. Výhradně bývají použity pro největší stroje. [6]

Kolové (pneumatikou) podvozky jsou určeny pro rypadla střední kategorie. Důvodem je velký měrný tlak na jednotlivá kola stroje oproti pásům. Standardně je přední náprava kyvná, říditelná, a zadní náprava je tuhá. Zvětšení únosnosti může nastat pomocí více náprav nebo dvou a více montážních pneumatik. To však zesložituje řízení stroje, jeho konstrukci a zvětšuje rozměry stroje. Zvětšení únosnosti a stability podvozku napomáhají přední radlice a vzadu stabilizační mechanické nebo hydraulické opěry. Mohou být také dovybaveny kolejovým podvozkem (dvoucestné rypadlo). [1] [6]

Kolejové podvozky jsou spíše určeny pro menší a střední kategorie rypadel. Jedná se především o důlní a železniční rypadla. Zde je většinou kladen důraz na rozměry stroje. Nosnost podvozku může být zvýšena přidáním náprav s železničními koly, zvýšení stability mohou zajistit nastavitelné vzpěry. [1] [6]

Kráčející podvozky jsou vybaveny čtyřmi hydraulicky ovládanými nohama. Každou nohu je možné ovládat nezávisle na ostatních. Koly jsou vybaveny dvě nebo všechny čtyři nohy. Zařízení s takovýmto podvozkem je schopno překonávat stupňovitá převýšení, extrémní svahy, příkopy i skalnaté průrvy. [1] [6]

Plovoucí podvozky se používají v kombinaci s pásovými. Pouze plovoucí nejsou příliš časté, v takovýchto případech je stroj spíše umístován přímo na konstrukci lodě. [6] [7]

### **3. Plošina**

Plošina je většinou svařená z profilových nosníků oplátovaný plechy. U větších strojů jsou využívány příhradové konstrukce plošin. Plošina může být posazena a otáčena okolo 360° pomocí ložiskové otoče. Ta je opatřena ozubeným věncem s vnitřním nebo vnějším ozubením. Do zubů věnce zapadá pastorek hydro-motoru, který ložiskovou otoč, a celou horní část, rozpohybovává. Především u kolových traktorových podvozků mohou být plošiny pevné a součástí podvozku stroje. Na plošině je pak umístěna pouze základna s čepem, kolem kterého je pomocí kyvného hydro-motoru nebo dvou protilehlých přímočarých hydro-motorů natáčeno rameno stroje. [1]

Strojovna a motor jsou nejčastěji umístěny na zádi plošiny stroje a slouží také jako protiváha stroje. [1]

## 4. Výložník

Výložník je připojen jedním koncem k otočné základně a druhým k násadě. Je naklápěn pomocí přímočarého hydro-motoru. Výložníky mohou být přímé nebo prohnuté, jednodílné nebo dvojdílné. Přímé výložníky zvyšují délkový dosah zařízení, prohnuté napomáhají k většímu hloubkovému dosahu zařízení. Jednodílné výložníky jsou levnější a z hlediska konstrukce jednodušší, ale stroje s nimi jsou rozměrnější. Dvojdílné výložníky mají více možností naklápění a při převozu stroje s nimi, mohou být složeny. Tyto stroje pak zabírají méně místa. [1]

Výložník je většinou uzavřený svařenec dvou bočnic a několika pásnic s vnitřními výztuhami. Bočnice, pásnice i výztuhy jsou z tlustostěnných plechů často z oceli S355J2+N (1.0553, 11 523). Tvar výložníků se odvíjí od umístění přímočarých hydro-motorů, velikosti dosahu zařízení a zatížení stroje. Výložník je primárně zatížen ohybem, a to buď od tíhy ramen a břemene, od přítlaku stroje, od zpětných rázů nástroje nebo bočním ohybem od síly větru či od síly při otáčení stroje. [1] [8]

U velkých výložníků a u výložníků lanových rýpadel jsou využívány příhradové konstrukce.

Tab. 1 - Složení oceli S355J2 [8]

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo
S355J2+N	0,18	0,35	1,54	0,015	0,004	0,01	0,01	0,01	0,0

## 5. Násada

Násady jsou připojeny na konec výložníku a přestavovány pomocí přímočarého hydro-motoru. Druhý konec násady je opatřen nástrojem. Násady jsou zpravidla rovné a mohou být pevné nebo teleskopické. [1] [7]

Zatížení násady je obdobné jako u výložníku a podobá se mu i svou konstrukcí a použitými materiály.

## 6. Nástroj

Nejpoužívanějším nástrojem rýpadel je lžíce. Lžíce mohou být podkopové, nakládací tažené a další pro speciální práce. U lanových rýpadel s taženými lžicemi všechny pohyby lžíce zajišťují lana, navíjená přes kladky výložníku na lanové bubny umístěné na plošině. [1] Tažené lžíce (Viz příloha A) bývají velmi robustní a mohou dosahovat až extrémních rozměrů (Obr. 5.). Objem lžic může od několika metrů krychlových až po stovky metrů krychlových. [1]



Obr. 5 - Fotografie tažné lžíce velkých rozměrů [9]

Nástroje hydraulických rýpadel jsou uloženy na otočných čepech na koncích násad. Jsou podepřeny dvěma dalšími sklopnými rameny (Obr. 6.). Díky tomuto uspořádání tří-bodového závěsu může být nástroj natáčen nahoru a dolů. Při vysouvání přímočarého hydro-motoru násady se lžíce pohybuje směrem nahoru, při zasouvání, směrem dolů. [1]

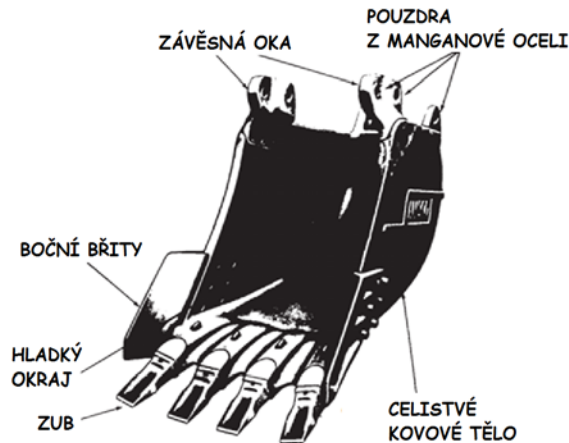


Obr. 6 - Natáčení lžíce

Podkopové lžíce pro hydraulické bagry (Obr. 7.) se vyrábí v mnoha šířkách, nejběžněji v šířkách od 0,5 m do 1,5 m. Úzké podkopové lžíce pro speciální účely (např. pro kopání struh, kanálů nebo koryt pro pokládání kabelů či potrubí) mohou mít stejnou výšku a šířku nebo se vyrábějí s malou šířkou a až několikanásobnou výškou lopaty. Úzkou podkopovou lžící není možno nabrat tolik materiálu jako se širšími, zato se s nimi lépe manipuluje a nakládá. Užší podkopové lžíce jsou obecně, v poměru k váze bytelnější – jsou lehké a odolné. U větších šířek lžící je většinou potřeba vnitřních výztuh. Ty jsou mnohdy při nabírání na obtíž. Kusové materiály (velké kusy betonu, balvany, ...) se od těchto výztuh odráží a vzpříčují se mezi nimi. U užších lžic výztuhy nejsou zapotřebí. Protože je lžíce bez výztuh pro práci lepší, často se využívá užších lžic s bočními břity. Ty mohou záběr podkopové lžíce rozšířit asi o 50 mm až

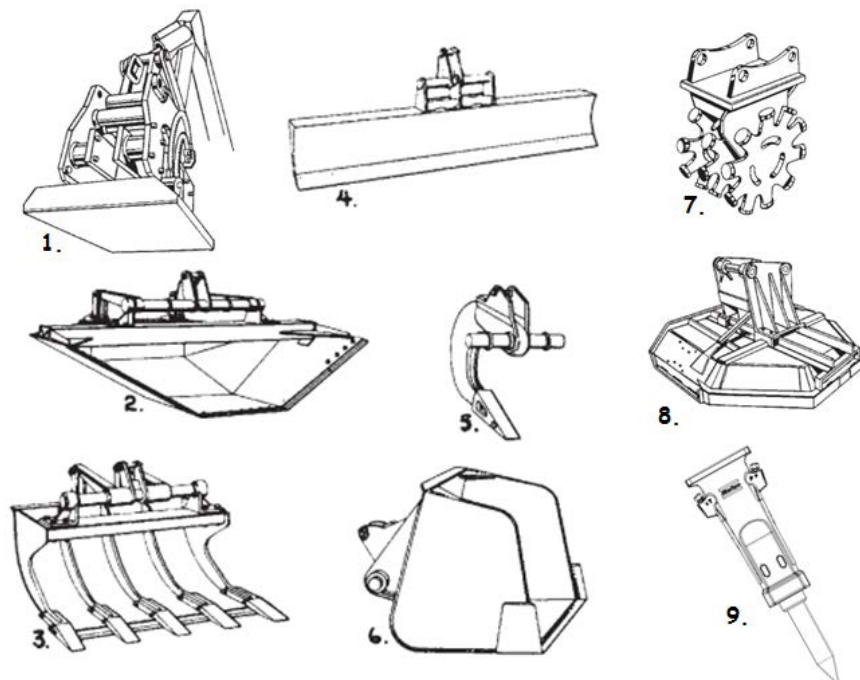


200 mm. Břity jsou buď pevné, vyměnitelné nebo vyměnitelné a nastavitelné. Břity mohou mít ostrý (rovný) nebo ozubený okraj. Břity jsou nápomocné také při kopání lepkavého materiálu. Díky nim se materiálem lžice lépe „prořezává“. Podkopové lžice mají v přední části náběhové břity nebo zuby. Rovné břity jsou lepší pro stahování zeminy, méně se opotřebovávají. Zuby vytvářejí větší tlak na zeminu, lépe zeminou pronikají. Zuby lžic mohou být pevné nebo vyměnitelné. Rypná síla lopaty je různá, přibližně v rozmezí 10 až 800 kN. [1] [6]



Obr. 7 - Popis podkopové lžice [1]

Pokud lžice dosahují větších rozměrů, jsou vybavovány vnitřními výztuhami. Existují i další typy lžic a přídatných zařízení používaných u hydraulických rýpadel (Obr. 8.). Mezi ně patří, vibrační desky, profilové lžice, lžice na odstraňování vozovky, ploché radlice, mulčovací frézy, tlačné lžice, kompaktoři, hydr. bourací kladiva a další.



Obr. 8 - Některá přídatná zařízení – 1) vibrační deska, 2) profilová lžice, 3) lžice na odstraňování vozovky, 4) plochá radlice (shrnovač), 5) trny, 6) tlačná lžice, 7) kompaktor, 8) mulčovací fréza, 9) hydraulické bourací kladivo [1] [10]

Zatížení částí rýpadla závisí na druhu práce, na použitém přídavném zařízení. Při navrhování zařízení lze vycházet z přítlaku, který musí být vyvinut rameny stroje na koncové přídavné zařízení. K docílení tohoto přítlaku je nutné navrhnout odpovídající přímočaré hydro-motory. Například velikost rypné síly, nutné pro proniknutí lžice půdou, závisí na složení zeminy, na tom, jak je půda zavodněná, ale také na tvaru lžice a způsobu, jakým je výkop prováděn. Rýpadla jsou většinou navrhována právě pro práce se lžicemi a od tohoto návrhu zařízení se pak dále odvozují možné použití dalších přídavných zařízení. [1]

Části lžic rýpadel mohou být namáhány při různých výkopových pracích tahem, tlakem ale i krutem. Kombinace těchto namáhání působí na lžici např. při uhlazování terénu hřbetem lžice, při shrnování zeminy, při páčení balvanů nebo při samotném kopání. Velké nakládací lžice jsou značně zatíženy také tlakem zeminy. Všechny části lžic, které jsou ve styku se zeminou, při jejím průniku, jsou namáhány otěrem. Tyto segmenty jsou především bříty nebo zuby lžic a ložné plochy lžic. [1]

Bříty jsou vyráběny z pásu tlustostěnného plechu z pevných kalených ocelí. Často je pro ně také využívána tzv. švédská ocel HARDOX 400 (Tab. 2.), 500, 800 i 1000. Švédská ocel - HARDOX je poměrně novým materiálem vyčnívajícím svými vlastnostmi nad jinými. Hardox si za nedlouhou dobu vybudoval na trhu své jméno, je synonymem nejlepší pevné, otěru-vzdorné a kvalitní oceli. Například ocel s označením HARDOX 400 je známá kromě těchto vlastností také dobrou svařitelností a ohybatelností. [8]

Tab. 2. - Složení oceli HARDOX 400 [8]

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B
HARDOX 400	0,12	0,47	1,35	0,011	0,002	0,07	0,04	0,02	0,002

Z hardoxu se mohou vyrábět celé lžice, je to však velmi nákladné. Dalšími otěru-vzdornými ocelmi s podobných vlastnostmi jako HARDOX jsou oceli s obchodními názvy: DILLIDUR, QUARD, ROC – oceli kalené do vody a např. CRESUABRO – ocel kalená do oleje. Zuby jsou často kované např. z oceli 15 230 nebo odlévané. [1] [8] [11]

Části méně namáhané otěrem jako jsou výztuhy, bočnice jsou často vyráběny z oceli S355J2+N (1.0553, 11 523). Ocel S355J2+N (Tab. 1.) je vhodná pro svařování všemi běžnými technologiemi. S rostoucí tloušťkou materiálu roste nebezpečí vzniku trhlin, proto je vhodné svary předehtřívát. Materiál má jemnozrnnou strukturu. Kromě běžn. prvků se v oceli vyskytuje také příměs manganu, chromu, niklu a molybdeny. [8]

Lžice mohou být také celé vyráběny jako jeden odlitek. Toto se praktikuje především u lžic menších rozměrů. [1] Obdobně jsou materiály využívány u dalších typů přídavných zařízení.



## 7. Spojovací součásti

Nejvýznamněji namáhanou spojovací součástí jsou čepy výložníku, násady, přídatného zařízení a čepy jejich přímočarých hydro-motorů. Nejčastěji opotřebovaným a měněným čepem je čep spojující násadu s přídatným zařízením a čep umožňující natáčení výložníku vůči základně (Obr. 9.) Čepy jsou kontrolovány na ohyb, smyk a tlak ve stykových plochách. Často je zvažována metoda náhrady zatížení pro určení ohybového napětí čepů. Čepy mnohdy bývají dlouhé a volba odpovídající reálné náhrady zatížení je složitá, ale důležitá. [1]



Obr. 9. - Čep natáčení výložníku [12]

Pro málo namáhané čepy se využívá ocelí 11 343 (S 235 JRG 1), 11 500 (E 295, St 50-2, Fe 490), 11 600 (E 335, St 60-2, Fe 590), 12 061 (C 60, 60), které jsou dále zušlechťovány. Díky svým dobrým vlastnostem je však nejvíce využívána na tyto čepy rýpadel a dalších zemních a těžebních strojů ocel 15 230 (1.7361, 32CrMo12). Tato ocel patří do skupiny nízkolegovaných materiálů a vyniká vysokými mechanickými vlastnostmi v poměru k její ceně. Materiál je dobře svařitelný vhodný k zušlechťování, povrchovému kalení a nitridování. Díky své prokalitelnosti je vhodná také pro velké výkovky. [1] [8] [13]

Tab. 3. - Složení oceli 15 230 [8]

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo
15 230	0,26	0,26	0,52	0,012	0,005	2,22	0,12	0,2	0,03

Rychloupínací desky jsou další spojovací součásti, která slouží k upnutí přídatných zřízení na násadu a k jejich rychlé výměně. Těchto upnutí je mnoho tvarů a velikostí, ale jsou typizované. Velikost upnutí se odvíjí od třídy bagru a použitého přídatného zařízení. O tvaru často rozhoduje značka stroj a nástroje ale také druh nástroje a vykonávané práce. Jak upnutí, tak jejich protikusy na lžici se obvykle vyrábějí z oceli S355J2+N. Některá upnutí zachycují obrázky Obr. 10. až 13. [1] [14]



Obr. 10. – Upnutí SMP [14]



Obr. 11. – Upnutí Verachter [14]



Obr. 12. - Upnutí Lehnhoff [14]



Obr. 13. - Upnutí Mecalac [14]

## 8. Literatura

### Knihy:

- [1] Nichols, Herbert and Day, David. Moving The Earth: The Workbook of Excavation Sixth Edition. US: McGraw-Hill Professional, 2010.

### Internetové zdroje:

- [2] Lanový bagr Škoda D-500. Mladějovská průmyslová dráha [online]. Mladějov, 2003 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.mladejov.cz/bagr-skoda-d-500>
- [3] RB-auction. I-pinimg [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://i.pinimg.com/originals/fc/8d/6d/fc8d6da9f637a649b328773989181907.jpg>
- [4] SENNEBOGEN 655 HD: Lanový bagr SENNEBOGEN 655 HD. MERIMEX s. r. o.: SENNEBOGEN [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.merimex.cz/sennebogen/stroje-sennebogen/lanove-bagry/sennebogen-655-hd/>
- [5] Smykové nakladače: Modely - SR, SV, TR, TV. BV-Technika: zemědělská - lesní - komunální [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.bvtechnika.cz/smykove-nakladace>
- [6] SPSSTAVC. Stroje pro zemní práce: Lopatová rypadla. Střední průmyslová škola stavební České Budějovice [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: [https://www.spsstavcb.cz/download2/633\\_3115\\_cs\\_09\\_lopatova\\_rypadla.pdf](https://www.spsstavcb.cz/download2/633_3115_cs_09_lopatova_rypadla.pdf)
- [7] HENKOVÁ, Svatava. Přednáška 4: Stroje pro zemní a skalní práce. Stavební stroje: Studijní opora pro předměty Stavební stroje vyučované na Ústavu technologie, mechanizace a řízení staveb, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně [online]. Brno: Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: [http://tstsw.cz/stavebni\\_stroj/predmet-bw06-56/prednaska-4](http://tstsw.cz/stavebni_stroj/predmet-bw06-56/prednaska-4)

- [8] ADAM, Karel. SVAŘOVÁNÍ SBÍJECÍ HLAVY DŮLNÍHO KOMBAJNU. Brno, 2018. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubiček. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=173324](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=173324)
- [9] Walking-yards. In: I-pinimg [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://i.pinimg.com/236x/be/97/fd/be97fd8e2715cbdd7c7f01612a6aec5b--walking-yards.jpg>
- [10] ATLAS COPCO. Bezpečnostní pokyny a návod k obsluze - Hydraulické bourací kladivo: SB 52, 102, 152, 202, 302, 452, 552. No. 9800 0648 12e. ATLAS COPCO: Atlas Copco Construction Tools AB, 2008 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: [http://www.demolicnitechika.cz/skoleni/dokumenty/navod-na-obsluhu\\_SB\\_52\\_102\\_202\\_302\\_452\\_552\\_CZ.pdf](http://www.demolicnitechika.cz/skoleni/dokumenty/navod-na-obsluhu_SB_52_102_202_302_452_552_CZ.pdf)
- [11] TECHNOTRON METAL. Otěru-vzdorné plechy. TECHNOTRON METAL [online]. 2018 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://www.tahokov-technotron.cz/cz/clanek-53-oteruvzdorne-derovane-plechy-technotron-metal-7-2018>
- [12] ŠVARC, PAVEL. KONSTRUKČNÍ NÁVRH MINIRYPADLA. BRNO, 2014. DIPLOMOVÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Ing. RADEK KNOFLÍČEK, Dr. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=86070](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=86070)
- [13] FEROMAT. Jakosti ocelí: Nejpoužívanější jakosti ocelí dle ČSN, další značení, popis použití. FEROMAT: HUTNÍ A SPOJOVACÍ MATERIÁL [online]. [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: [http://www.feromat.cz/jakosti\\_oceli](http://www.feromat.cz/jakosti_oceli)
- [14] MEDUNA, Petr. Standardy rychloupínačů pro rypadla aneb jak se v nich vyznat. BAGRY.cz [online]. 19.03.2010 17:35 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: [https://bagry.cz/cze/clanky/technika/standardy\\_rychloupinacu\\_pro\\_rypadla\\_aneb\\_jak\\_se\\_v\\_nich\\_vyznat](https://bagry.cz/cze/clanky/technika/standardy_rychloupinacu_pro_rypadla_aneb_jak_se_v_nich_vyznat)

# PŘÍLOHA A: Popis tažné lžiče [1]

