



Rezonancie v procese valcovania

Date: oktober 2024

Location: Košice

STEFAN HEGEDUS



1. Rezonancie Valcovacej trate – príčiny,
dôsledky , možnosti riešenia
2. Stručný prehľad, obmedzené informácie
3. Spôsob monitorovania vibrácií v procese
valcovania na 5ST USSK

Vibrácie v procese valcovania



Čo sú rezonancie?

Definícia: Mechanické oscilácie okolo rovnovážnej polohy.

Dôležitosť rezonancií: Rezonancie môžu mať značný vplyv na kvalitu procesu valcovania, efektivitu a bezpečnosť.

Druhy rezonancií:

- **Samorezonancie:** Vibrácie spôsobené vlastnou dynamikou zariadenia.
- **Vonkajšie rezonancie:** Vibrácie spôsobené vonkajšími silami, ako sú nepravidelnosti v materiáli alebo interakcia s inými strojmi.

Rezonancie v procese valcovania



Čo sú rezonancie?

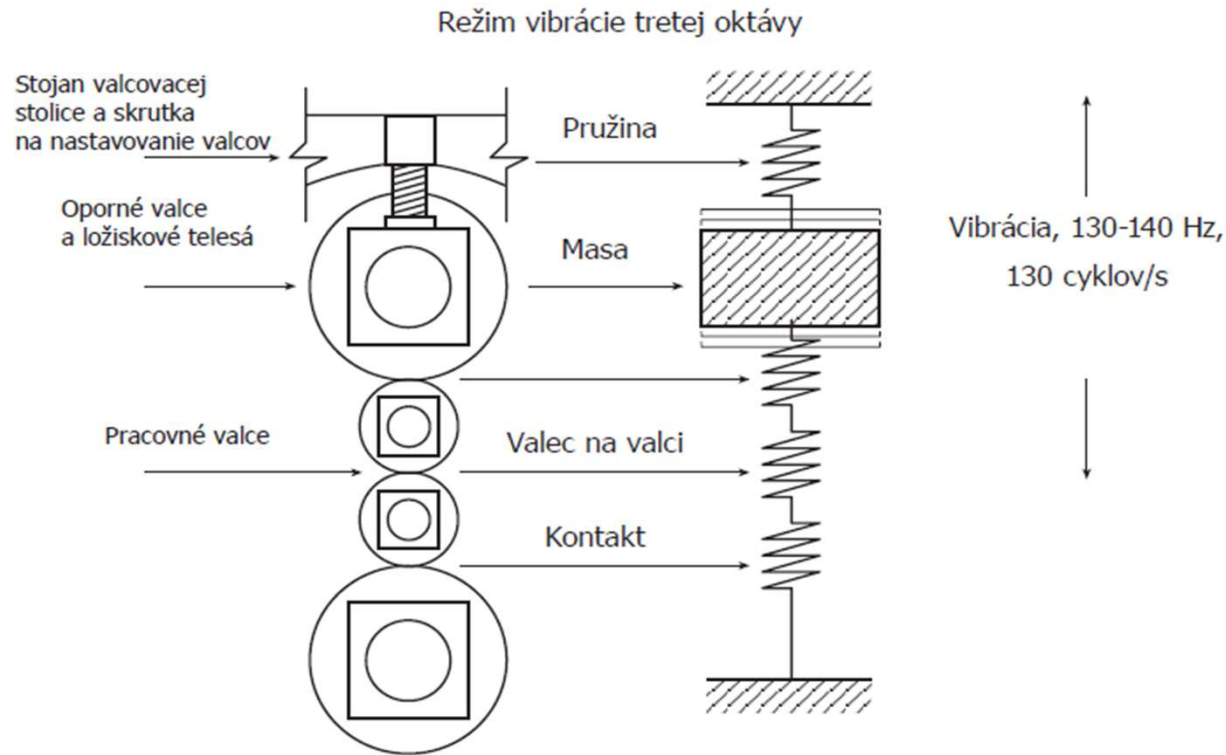
Valcovacie stolice kvatro môžu za určitých podmienok vykazovať **tri hlavné typy vibrácií**. Tieto sa dajú rozdeliť na **torzné oscilácie valcov a vretien**, vertikálne rezonancie pracovných a oporných valcov a vretien, ich ložiskových telies a krytov stolice a vertikálne nárazy pracovných valcov a ich oporných valcov.

Torzné oscilácie majú obvykle veľmi nízke frekvencie (**radovo asi 10 Hz**). **Druhý typ** oscilácií, ktorý sa môže vyskytovať veľmi výrazne na jednej alebo viacerých stolicach tandemov s veľkou rýchlosťou vykazuje **frekvencie asi 200 Hz**. Z tohoto dôvodu sa označuje ako **vibrácia tretej oktávy**, pretože jej rezonančná frekvencia leží v tretej oktáve (**128 až 256 Hz**). **Tretí typ** vibrácií ak sa vyskytuje v komerčných tratiach vyvíja frekvencie okolo **600 Hz** a preto sa popisuje ako typ **rezonancie v piatej oktáve** (**512 až 1024 Hz**). Vo všetkých troch typoch vibrácií závisí presná frekvencia od konštrukcie valcovacej stolice a od spôsobu jej chodu

Rezonancie v procese valcovania



Vibrácie tretej oktávy 128 - 256 Hz Vibrácia oporného valca



VIBRÁCIA VALCOVACEJ STOLICE

Obrázok 3

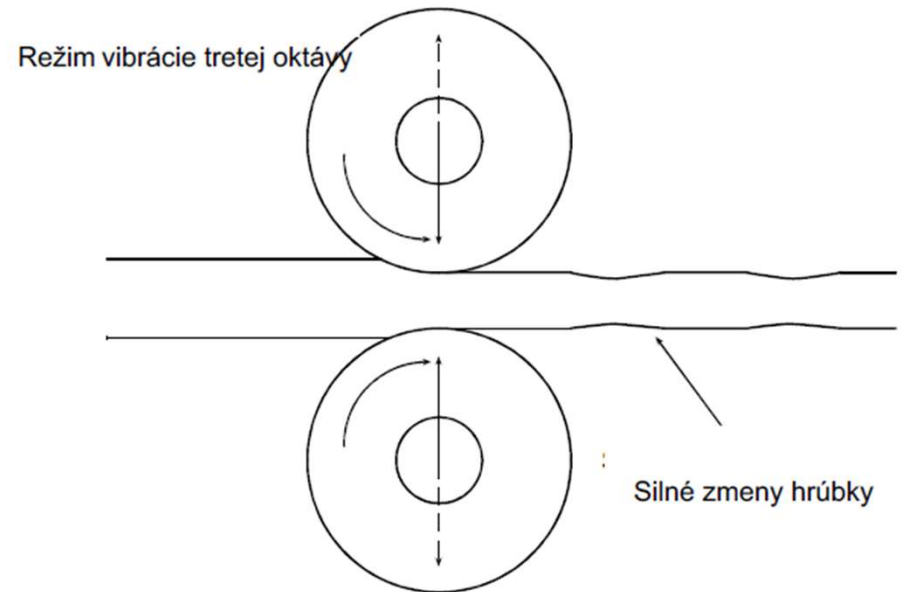
Rezonancie v procese valcovania



Vibrácie tretej oktávy 128 – 256 Hz Vibrácia oporného valca

Vibrácie tretej oktávy

- Vibrácie oporného valca
- Vyskytujú sa pri 128-256 Hz
- Vytvárajú zmeny hrúbky pásu vo vlnách
- Niekedy nie sú počuteľné
- Najčastejšie sú problémom valcovacej stolice na valcovanie pocínovaných pásov



VIBRÁCIA VALCOVACEJ STOLICE

Obrázok 5

Rezonancie v procese valcovania



Vibrácie tretej oktávy 128 - 256 Hz Vibrácia oporného valca

Čo je príčinou vzniku vibrácií tretej oktávy?

- Nadmerná mastivosť záberu valcov
- Nadmerné trenie záberu valcov
- Nesprávne vybrúsené pracovné valce
- Vadné ložiská pracovných valcov
- Vibráciou ovplyvnený pás vstupujúci do stolice valcovacej trate

Čo ich zhoršuje?

- Spriahnutie medzi stolicami
- Nadmerná vôľa stojanu valcovacej stolice
- Podobné priemery oporných valcov v stolicách idúcich za sebou
- Zlá regulácia roztoku

Rezonancie v procese valcovania



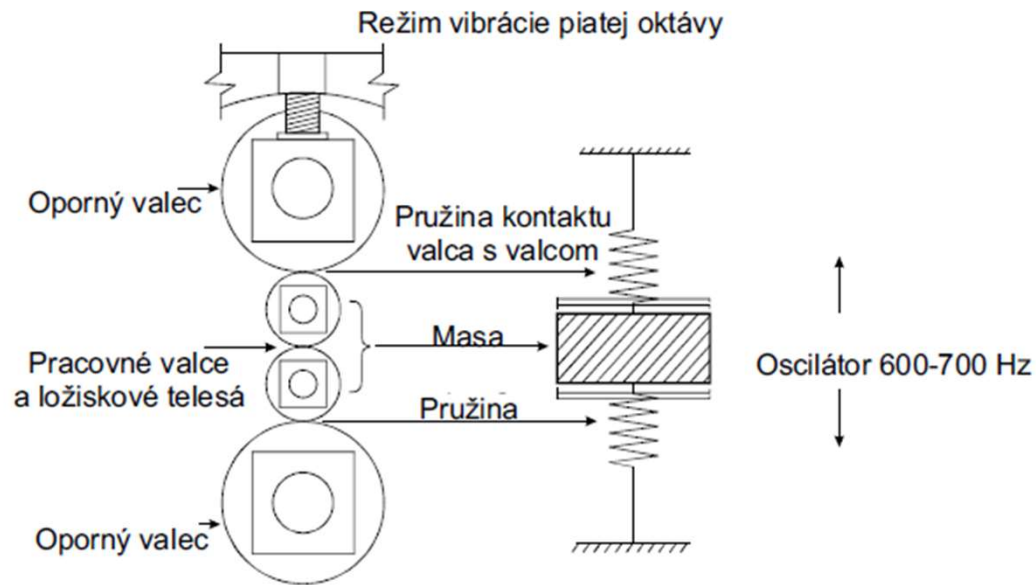
Vibrácie tretej oktávy 128 - 256 Hz Vibrácia oporného valca
2ST Spodný Oporný valec 1.st po vybudovaní zo stolice



Rezonancie v procese valcovania



Vibrácie piatej oktávy 512 – 1024 Hz Vibrácia pracovných valcov



VIBRÁCIA VALCOVACEJ STOLICE

Obrázok 6

Rezonancie v procese valcovania

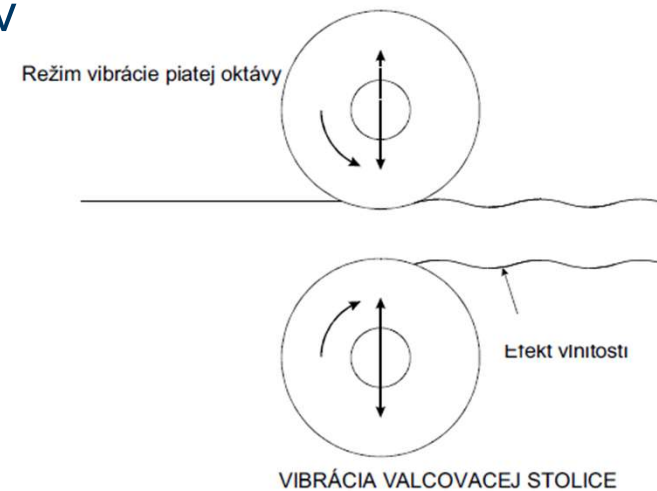


Vibrácie piatej oktávy 512 – 1024 Hz

Vibrácie pracovných valcov

Vibrácie piatej oktávy

- Vzájomné rezonancie pracovných valcov v tandeme
- Nastávajú pri 512 - 1024 Hz
- Vytvárajú pruhy naprieč povrchu pásu (bez zmien hrúbky, ale pravdepodobne nastáva efekt vlnitosti)
- Najčastejšie nie sú počuteľné
- Najčastejšie sú problémom valcovacích stolíc na dokončovanie



Rezonancie v procese valcovania



Vibrácie piatej oktávy 512 – 1024 Hz

Vibrácie pracovných valcov

Čo je príčinou vzniku vibrácií piatej oktávy?

- Poškodenie povrchu oporných valcov
- Nesprávne vybrúsené pracovné a oporné valce
- Vadné ozubené pohony
- Vadné vretená valcovacej stolice
- Vadné ložiská pracovných valcov
- Nesprávne masenie záberu valcov

Čo ich zhoršuje?

- Nadmerná vôľa v stojanoch valcovacej stolice alebo lôžkach
- Ponechanie poznačených valcov vprevádzke
- Výskyt "**integrálnych**" pomerov priemerov oporných a pracovných valcov
- Udržiavanie konštantnej rýchlosti valcovacej stolice
- Praktiky uberania valcovacej stolice

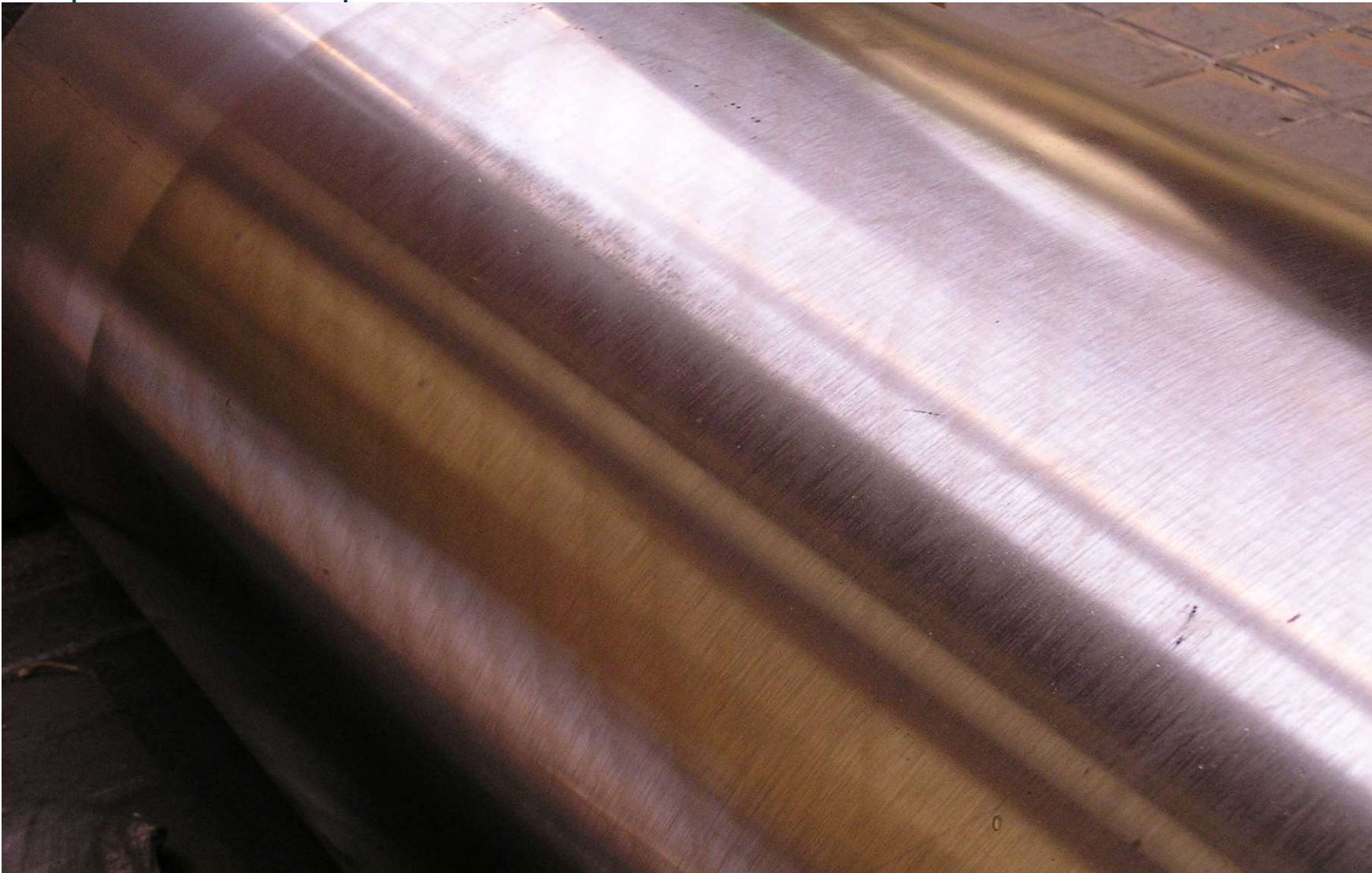
Rezonancie v procese valcovania



Vibrácie piatej oktávy 512 – 1024 Hz

Vibrácie pracovných valcov

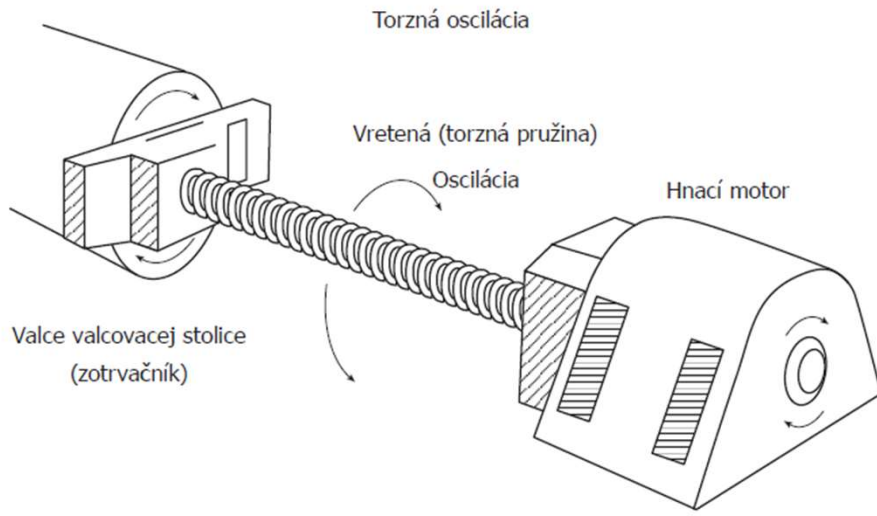
Tapeta / Roleta na pracovnom valci



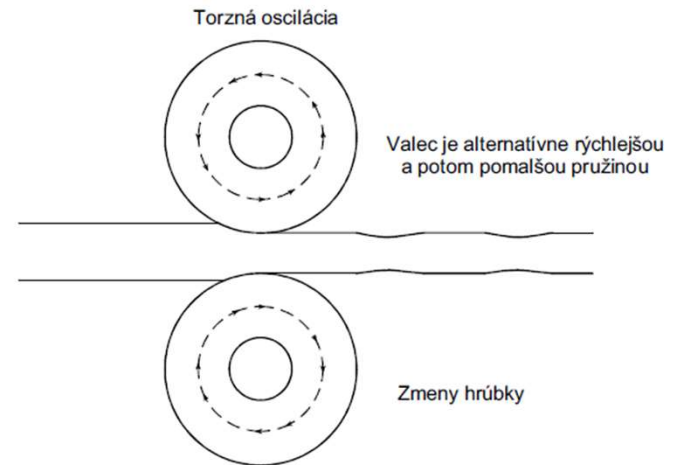
Rezonancie v procese valcovania



Torzna oscilacia 10Hz



VIBRÁCIA VALCOVACEJ STOLICE Obrázok 11



VIBRÁCIA VALCOVACEJ STOLICE Obrázok 12

Rezonancie v procese valcovania



Príčiny vibrácií

- Mechanické rezonancie prítomné vo valcovacej stolici pri prirodzenej frekvencii valcovacej stolice
- Valce:
 - Excentrické pracovné valce
 - Nesprávne vybrúsené pracovné valce alebo oporné valce(vibrácia brúsky)
 - Ohnuté alebo opotrebované valce tenzometra
 - Popraskané alebo inak poznačené oporné valce
 - Rotačné mechanické komponenty:
 - Popraskané alebo **brinelované** ložiská pracovný valcov
- Opotrebované zuby (prevodovka,vretenový prevod, výstupok hriadeľa)
Nadmerné vôle ozubených kolies,vretien a drážok
- Stav ložísk oporných valcov(perá)
- Nevyváženosť vretena

Rezonancie v procese valcovania



Príčiny vibrácií

- Nestabilné podmienky mastenia
 - Nadmerné mastenie záberu valcov spôsobujúce preklzávanie (záporný sklz dopredu)
 - Nadmerné trenie záberu valcov (nedostatočné mastenie)
- Meniace sa podmienky súvisiace so slabým regulovaním:
 - Veľkosti častíc emulzie
 - pH
 - Prísady
 - Úrovní koncentrácie nečistôt
- **Prichádzajúca vibrácia**
- Pás so stopami rezonancie vstupujúcido valcovacej stolice

Rezonancie v procese valcovania



Príspevky k vibrácii

- Oporné a pracovné valce
- Nadmerné vôle okna stojana valcovacej stolice
- Oporné valce s podobnými priemerami na vrchu a na spodku
- Pomery priemerov pracovných a oporných valcov
- Ohýbanie valcov spôsobujúce zaťaženie vadných ložísk
- Oporné valce s odtlačkami
- Opotrebované pracovné valce
- Postupy valcovania
- Udržiavanie konštantnej rýchlosti valcovacej stolice po dlhú dobu
- Nesprávne postupy napínania medzi stolicami
- Postupnosť veľká redukcia / malá redukcia
- Tvrdý pás
- Zlé zvary valcovania

Rezonancie v procese valcovania



Prevenencia a vylúčenie vibrácií

Redukujte zdroje mechanických vibrácií

- Používajte nástroje na analýzu vibrácií
- Zisťovanie zlyhania ložísk / program výmeny
- Pravidelná kontrola opotrebovania ozubených kolies, ložísk prevodoviek, vretien, motorov, atď.
- Redukujte alebo vylúčte vibráciu brúsky
- Odstráňte stopy vibrácií prítomné na valcoch
- Vyhybajte sa kritickým otáčkam brúsneho kotúča
- Inštalujte tlmiče vibrácií brúsneho kotúča
- Použite vlhkú kriedu na valce, aby ste zvýraznili vibráciu

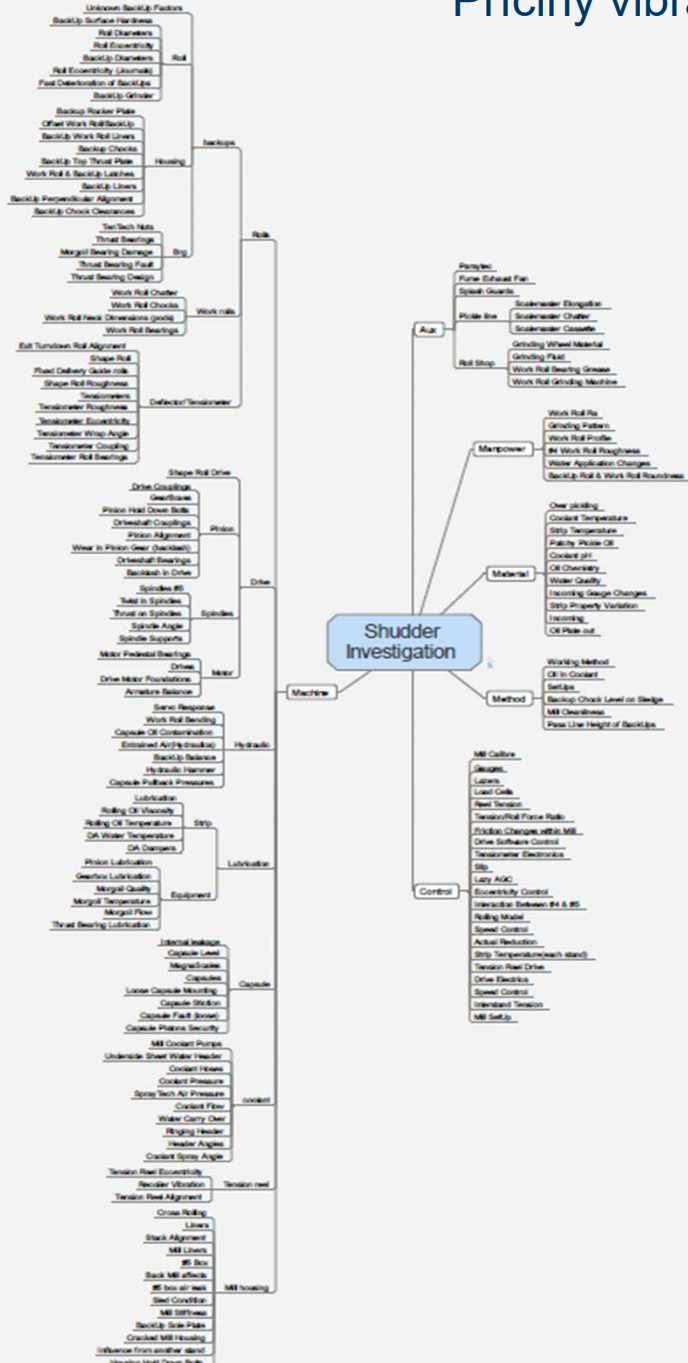
Redukujte vôle

- Vložky okna, vložky oporných a pracovných valcov
- Výstupky valcov, spojovacie klíny
- Vôle ozubených kolies a vretena
- Stabilizujte podmienky valcovacieho roztoku
- Minimalizujte výkyvy teploty
- Vyhnite sa výkyvom koncentrácie znečisťujúceho oleja

Rezonancie v procese valcovania



Príčiny vibrácií počas valcovania.....



160 možných príčin vzniku vibrácií

Vibrácie v procese valcovania



Dôsledky rezonancie

1. Roztrhnutie pásu
2. Poškodenie valcov – oporných, pracovných
3. Poškodenie zariadenia
4. Strata výkonu/produktivity
5. Strata materiálu
6. Vizualne nedostatky výrobku
7. Variácia hrúbky pásu
8. Znížený výkon valcovania v dôsledku zníženia rýchlosti valcovania
9. Povrch valcov – poškodený/poznačený/

Rezonancie v procese valcovania



Meranie vibrácií valcovacej stolice na 5ST

System monitorovania vibrácií 5ST tandemu používa na meranie 5 snímačov, ktoré sú umiestnené v hornej časti každého rámu stolice.

Niektoré frekvencie sa však kvôli tlmeniu neprenášajú až na rám, preto sú pre lepšiu diagnostiku stavu valcov a ložísk nainštalované aj tri prenosné snímače na domčeky oporných alebo pracovných valcov.

Signál snímačov umiestnených na ráme každej stolice je privedený cez prevodníky signálu do PC, kde sa meria pomocou LabCard.

Softvérové vybavenie systému pozostáva z dvoch samostatných aplikácií.

Rezonancie v procese valcovania



Meranie vibrácií valcovacej stolice na 5ST

Prvá aplikácia on-line meria signály z akcelerometrov, každých 100 ms vykonáva FFT analýzy a zobrazuje alarmy pri prekročení hraničných úrovní vibrácií v jednotlivých frekvenčných pásmach.

Číta potrebné údaje o valcovanom zvitku a o zabudovaných valcoch, archivuje časové priebehy odvalcovaných zvitkov pre ďalšiu možnú podrobnejšiu analýzu.

Rezonancie v procese valcovania



Meranie vibrácií valcovacej stolice na 5ST

Druhá aplikácia slúži na detailnú analýzu archivovaných zvitkov.

Pre celý zvitok zobrazuje časové priebehy vibrácií a rýchlostí stolíc, graf FFT spektra s možnosťou voľby FFT resolution, zobrazenie 3D WaterFall grafu, kurzory v grafe časového priebehu s meraním ich rozdielu a prevodu na frekvenciu, kurzory v grafe FFT spektra, frekvenčnú kalkulačku na výpočet očakávaných frekvencií, v grafe FFT zobrazuje kurzory pre frekvencie otáčok oporných a pracovných valcov a ich násobky, kurzory pre ložiskové frekvencie, zobrazuje údaje o valcoch použitých pri valcovaní daného zvitku, FFT spektrum rýchlosti rezonancie, export FFT spektier do MS Excel.

Vibrácie v procese valcovania



Meranie vibrácií valcovacej stolice na 5ST



Rezonancie v procese valcovania



Meranie vibrácií valcovacej stolice na 5ST

Speed, forces, tensions, thickness trend graphs

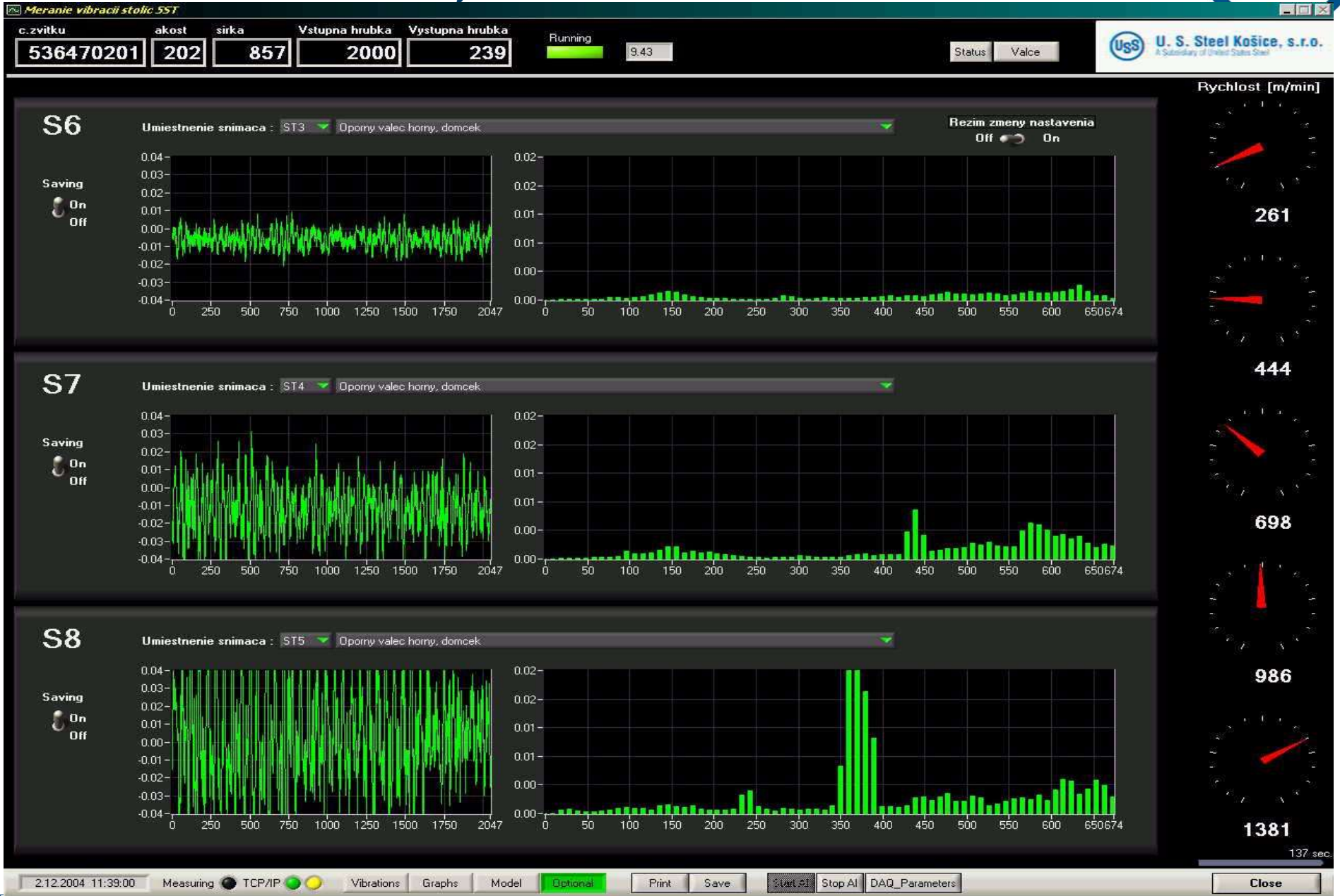


Screen of mathematical model

Rezonancie v procese valcovania



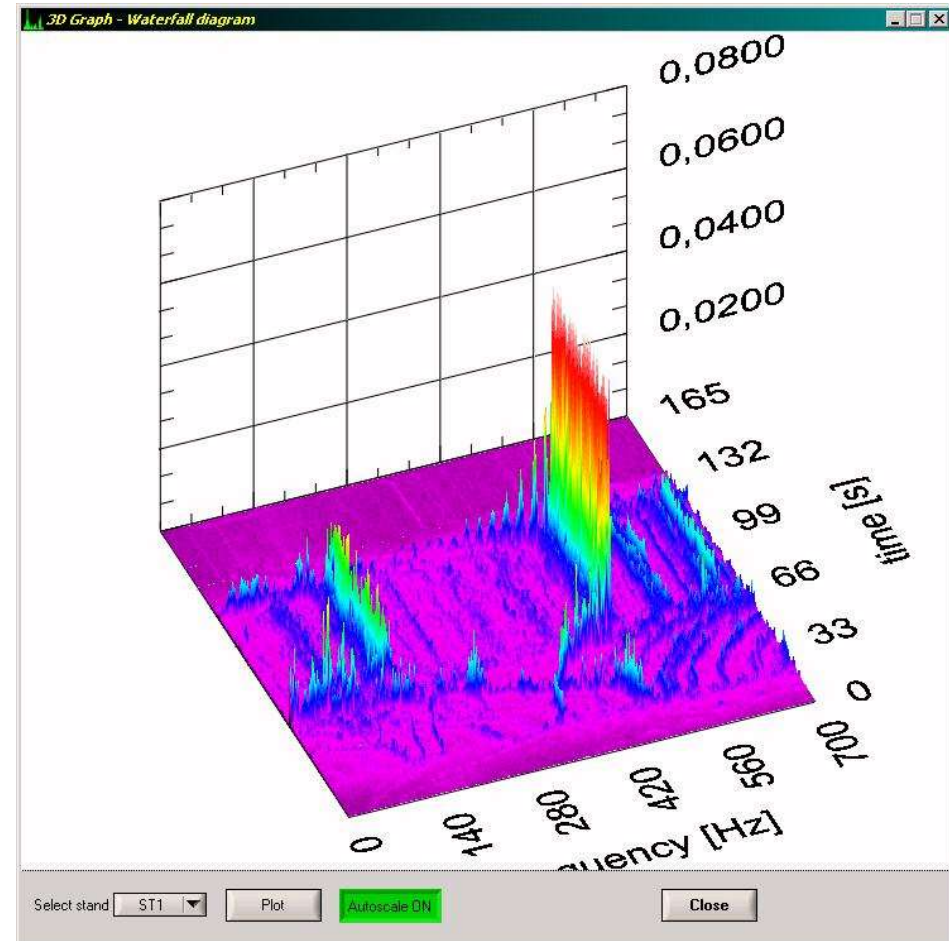
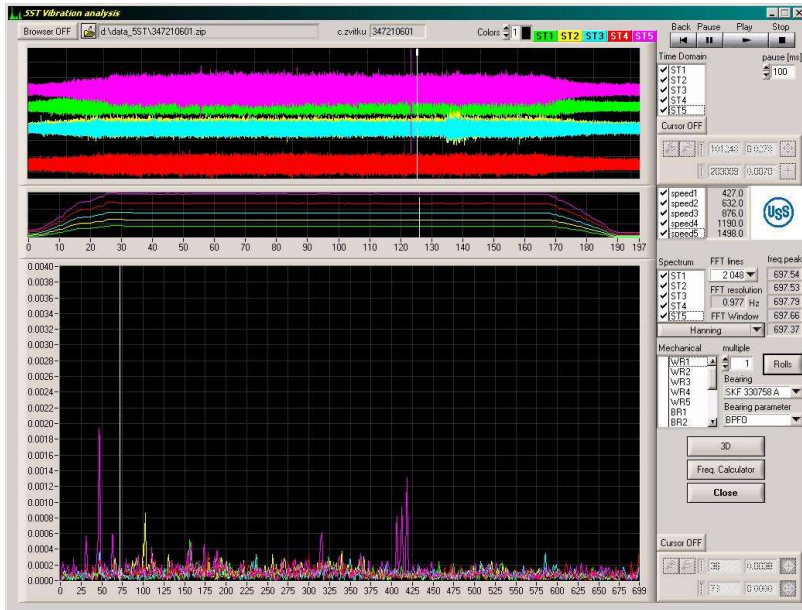
Meranie vibrácií valcovacej stolice na 5ST



Rezonancie v procese valcovania



Meranie vibrácií valcovacej stolice na 5ST



3D waterfall graph

Rezonancie v procese valcovania



Skúsenosti s prevádzkou 5ST vs. rezonancie

1. **Okamžitý zásah do rýchlosti valcovania.**
2. **Práca so zmenou medzistolicových ťahov a ťahov navíjania.**
3. **Práca s kondíciou valcovacej emulzie.**
4. **Údržba zariadenia.**
 1. **Výmena lištovania stojanu stolice – oporné valce, pracovné valce**
 2. **Výmena vretien pohonu pracovných valcov.**
 3. **Pravidelné vibrodiagnostické merania.**
 4. **Zmena regulácie chodu trate modernizácia riadenia 5ST.**

Rezonancie v procese valcovania



Skúsenosti s prevádzkou 5ST vs. rezonancie

Pevnostná skupina	Výrobný kód OC	BA Rm min (Mpa)	BA Rm max (Mpa)	CA Rm min (Mpa)	CA Rm max (Mpa)	Výrobok
1	046,204,207,306,603	290	390	340	440	Obal
2	202,228,302	290	425	385	485	Obal
3	203,291,295,303,309	310	440	410	510	Obal
4	281,282,285,558,691	340	440	440	540	Obal
5	7,547,548,549,589			315	480	Pozink
6	13,14,15,17,27,28,44			420	520	Mäkké dynamo
7	20,22,25,26			520	700	Tvrde dynamo

Rezonance v procese valcovania



Zariadenie používané Oddelením Vibrodiagnostických meraní

VIBROMETR

Modul vibrometr obsahuje základní měřící obrazovky:

- širokopásmové efektivní a špičkové hodnoty (RMS, 0-PEAK)
- spektrum (FFT analýza vibrací)
- časový signál
- frekvenční pásma
- posunutí
- teplota

Rezonancie v procese valcovania



Príklad protokola o vibrodiagnostickom meraní (prevodovka)

USM/0107

	PROTOKOL O MERANÍ	Strana: 1/2
		Číslo protokolu VD 05 73453

DZ: SVA

Superlinka: PDL-5

Dátum merania: 28.08.2024

Druh diagnostiky: Vibrodiagnostika

Názov zariadenia	Kód IS	Kód stavu	Trend	Nález a doporučenie na odstránenie
Pohon vstupného dopravníka, Veľká prevodovka pevné uloženie		1	x	Prevodovka z hľadiska mechanického kmitania prevádzkuje vo vyhovujúcom stave.
Predpokladaná zostatková životnosť zariadenia, pri dodržiavaní súčasných prevádzkových podmienok a dávok starostlivosti: nie je stanovená				

Legenda:

Kód stavu:

Kód 1 – Vyhovuje
Kód 2 – Obmedzene vyhovuje
Kód 3 – Nevyhovuje

Trend:

a - Výrazne zlepšený
b - Miernie zlepšený
c - Ustálený
d - Miernie zhoršený
e - Výrazne zhoršený
x - 1. meranie, dlhodobé namerané

Limity:

Stroje na pevných základoch:

Kód 1 - $v_{rel} < 4,5$ mm/s
Kód 2 - v_{rel} od 4,5 do 11,2 mm/s
Kód 3 - $v_{rel} > 11,2$ mm/s

Ložiská:

otáčky	ENV-bearing (g)		
	kod1	kod2	kod3
300	<0,4	<1,1	<1,1
500	<0,5	<1,3	<1,3
750	<0,7	<1,7	<1,7

Merali: Ing. Dučai P., Harasztli I.

Prijemca:

p. Gladič Štefan, majster údržby JÚ a HK
Ing. Tózsér Miloš, technológ spoľahlivosti

Číslo výkresu	
Požadované meranie	Vibrodiagnostické meranie – na P.P.
Použitie meradiá a ev. číslo MaK	Adash VA3Pro – 7K71696, 7K70367
Cesta k súboru	Y:\Departments\OPER\RLB\RLB_M\TD\TD_PROTOKOLY\2024\DZ_SVA\PDL-5\VD

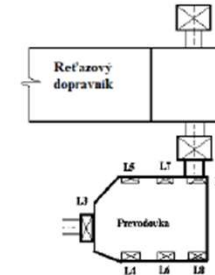
Názov meraného objektu, popis merania: pohon vstupného dopravníka

Schematické náčrty, namerané hodnoty:

USM/0107

	PROTOKOL O MERANÍ	Strana: 2/2
		Číslo protokolu VD 05 73453

Schéma zariadenia:



Namerané hodnoty:

Názov	Hodnota	Jednotka
PDL-5 - Vstupný dopravník		
Prevodovka/L3/horizontal/ISO RMS	0,287	mm/s
Prevodovka/L3/horizontal/LBEARING RMS	0,02	g
Prevodovka/L3/vertikal/ISO RMS	0,276	mm/s
Prevodovka/L3/laxial/ISO RMS	0,246	mm/s
Prevodovka/L4/horizontal/ISO RMS	0,178	mm/s
Prevodovka/L4/horizontal/LBEARING RMS	0,032	g
Prevodovka/L4/vertikal/ISO RMS	0,287	mm/s
Prevodovka/L4/laxial/ISO RMS	0,383	mm/s
Prevodovka/L8/horizontal/ISO RMS	0,148	mm/s
Prevodovka/L8/horizontal/LBEARING RMS	0,015	g
Prevodovka/L8/vertikal/ISO RMS	0,246	mm/s
Prevodovka/L8/laxial/ISO RMS	0,257	mm/s
Prevodovka/L8/horizontal/ISO RMS	0,132	mm/s
Prevodovka/L8/horizontal/LBEARING RMS	0,017	g
Prevodovka/L8/vertikal/ISO RMS	0,16	mm/s
Prevodovka/L8/laxial/ISO RMS	0,284	mm/s
Prevodovka/L9/horizontal/ISO RMS	0,148	mm/s
Prevodovka/L9/horizontal/LBEARING RMS	0,013	g
Prevodovka/L9/vertikal/ISO RMS	0,134	mm/s
Prevodovka/L9/laxial/ISO RMS	0,329	mm/s

Záver:

Prevodovka z hľadiska mechanického kmitania prevádzkuje vo vyhovujúcom stave.

Hodnoty zadal:		Protokol schválil:	
Meno:	Harasztli Imrich	Meno:	Ing. Dučai Patrik
Dátum:	28.08.2024	Dátum:	28.08.2024
		Podpis:	Patrik Dučai

Digitálne podpísal Patrik Dučai
Dátum: 2024.08.28 12:49:04 -0200

Vibrácie v procese valcovania



Príčiny vibrácií počas valcovania

1. Stroj/zariadenie:

Valce

Oporné valce, Pracovné valce, Tenzo valce, Shape roll,....

Pohon

Pohon stressonetra, Spojka, Vretená, Motor

Hydraulica

Mazanie

Valcovaný pás, Zariadenie

Stavanie

Chladivo /Emulzia

Navíjačka

Rám/Stojan stolice

Vibrácie v procese valcovania



Príčiny vibrácií počas valcovania

2.Iné:

Moriaca linka - predĺženie ŤLO, Chvenie,..

Brúsiareň valcov - materiál brúsneho kotúča, brúsna kvapalina, samotná brúska prac.valcov

3.Pracovné valce – Ra pracovných valcov, vzor brúsenia, profil prac.valcov

4. Materiál – premorenie, teplota emulzie, teplota pásu,.....

5.Metódy – čistota trate, kontaminácia emulzie cudzími olejmi,.....

6.Riadenie – model valcovania, riadenie ťahov, riadenie excentricity, zmeny trenia v rámci trate,.....