

# Implementácia prediktívnej údržby vretena sústruhu na základe nedeštruktívnej diagnostiky

Simona Hlavatá <sup>1</sup>, Adrián Vodilka <sup>1</sup>, Marek Kočiško <sup>1</sup>, Martin Pollák <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technická univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove  
Bayerova 1, 080 01 Prešov, Slovensko  
[simona.hlavata@tuke.sk](mailto:simona.hlavata@tuke.sk)

**Anotácia:** Hlavnou úlohou implementácie prediktívnej údržby je možnosť zníženia prestojov na vybranom zariadení. Prediktívna údržba je odvodená od slova predikovať, čiže umožňuje predpovedať stav zariadenia v reálnom čase a predchádzať prestojom, ktoré vznikajú na zariadeniach. Základom prediktívnej údržby je sledovanie stavu zariadení na kritických miestach. Pomocou počítača vieme dáta analyzovať a predikovať nadchádzajúci stav zariadenia. Nedeštruktívna diagnostika - vibrodiagnostika je technická diagnostika, ktorá súvisí s prediktívnou údržbou. Cieľom príspevku je implementovať prediktívnu údržbu vretena sústruhu pomocou senzorov. Vďaka aplikovaným senzorom pre kontinuálne meranie prevádzkových parametrov sústruhu je možné eliminovať vznik porúch, ktoré negatívne ovplyvňujú výrobný proces.

## 1 Úvod

V súčasnosti spoločnosti viac využívajú plne automatizované stroje a výrobné linky, ktoré nahrádzajú ich predchodcov – poloautomatizované, prípadne ručné zariadenia. Automatizované stroje majú zaistiť plynulý chod produkcie bez zbytočného zastavovania výroby. Avšak aj na automatizovaných zariadeniach môže nastať porucha, ktorá vedie k nečakaným prestojom.

Prestojom môžeme predchádzať pomocou preventívnej a prediktívnej údržby. Prediktívna údržba je chápaná ako časť technickej diagnostiky, ktorá predstavuje nenahradiateľný zdroj informácií pre zisťovanie technického stavu objektu. Cieľom prediktívnej údržby je včasná identifikácia porúch a zabezpečenie ekonomickej a bezpečnej prevádzky. Taktiež sa prediktívna údržba podieľa na zvýšení spoľahlivosti zariadení.

## 2 Metodika

Technická diagnostika sa používa pre určenie technického stavu objektu pomocou rôznych metód a prostriedkov. Vibrodiagnostika patrí medzi bezdemontážny a nedeštruktívny druh technickej diagnostiky, je založená na sledovaní a vyhodnocovaní mechanického kmitania pohyblivých, ale aj nepohyblivých časti zariadenia. Vibrácie poskytujú dobrý zdroj informácií o technickom stave daného zariadenia a sledovaním ich vývoja v čase je možné analyzovať vývoj technického stavu zariadenia v priebehu používania.

Signál vibrácií nesie informácie o príčine vzniku vibrácií a vďaka podrobeniu signálu rôznym metódam analýzy vieme v predstihu odhaliť vznikajúce poškodenia zariadenia. [1]

Snímače vibrácií môžeme podľa princípu merania rozdeliť na snímače absolútnych vibrácií a snímače relatívnych vibrácií. Pri meraní absolútnych vibrácií sa pohyb telesa týka gravitačného poľa zemegule. Pokiaľ meriame relatívne vibrácie, dané vibrácie sa vzťahujú k relatívnemu bodu, napríklad k inej časti zariadenia.

Pri meraní vibrácií môžu byť snímače na zariadení pripevnené trvalo, čiže dáta sa zbierajú nepretržite alebo automaticky v pravidelných intervaloch. Trvalo pripevnené snímače sa využívajú na zariadeniach kritických pre prevádzku. Tieto snímače môžu byť taktiež umiestňované do drahých zariadení priamo pri výrobe zariadenia. [2][3][4]

Pojem údržba zahŕňa celý proces činností realizovaných na technickom zariadení za účelom udržania alebo obnovenia stavu, ktorý je potrebný pre vykonávanie funkcie zariadenia. Údržba ovplyvňuje produktivitu výroby a patrí medzi najvýznamnejší proces v povýrobnej fáze životného cyklu zariadenia. Prevádzkou stroja sa úžitkové vlastnosti zariadenia zhoršujú. [6]

Prediktívna údržba monitoruje výkon a stav zariadenia počas bežnej prevádzky pre zníženie pravdepodobnosti vzniku poruchy. Jedná sa o nepretržité monitorovanie strojov počas procesných podmienok. Cieľom prediktívnej údržby je schopnosť predvídať zlyhanie zariadenia na základe určitých faktorov a následne predchádzanie poruchy na základe pravidelnej údržby.

Kľúčovým prvkom procesu je internet, ktorý umožňuje rôznym systémom spolupracovať, zdieľať a analyzovať získané údaje. Údaje sú získavané zo senzorov prediktívnej údržby. Najčastejšie prediktívna údržba zahŕňa analýzu vibrácií, tribodiagnostiku a sledovanie zariadenia.

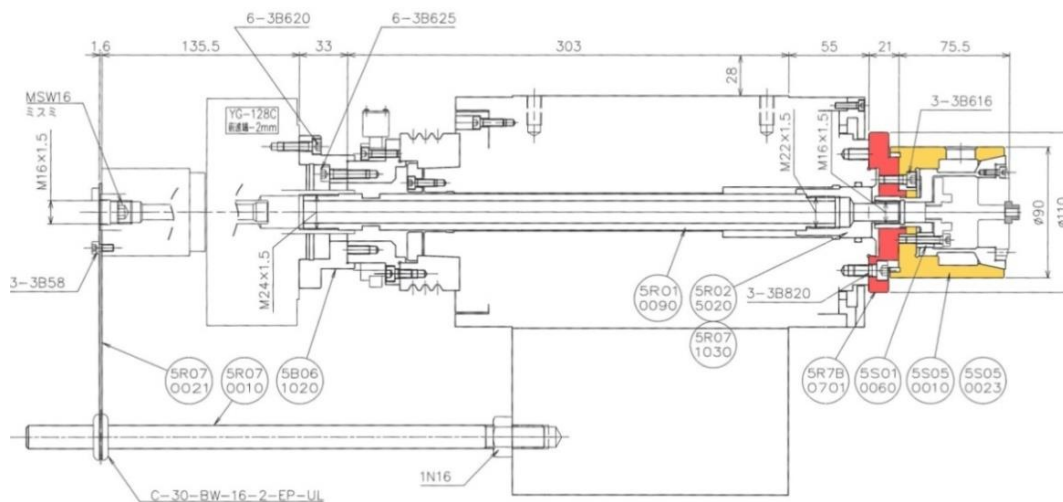
Aplikácia prediktívnej údržby je vhodná pre zariadenia, ktoré majú kritickú prevádzkovú funkciu a zlyhanie zariadenia je nákladné. [1][5]

### **3 Diskusia**

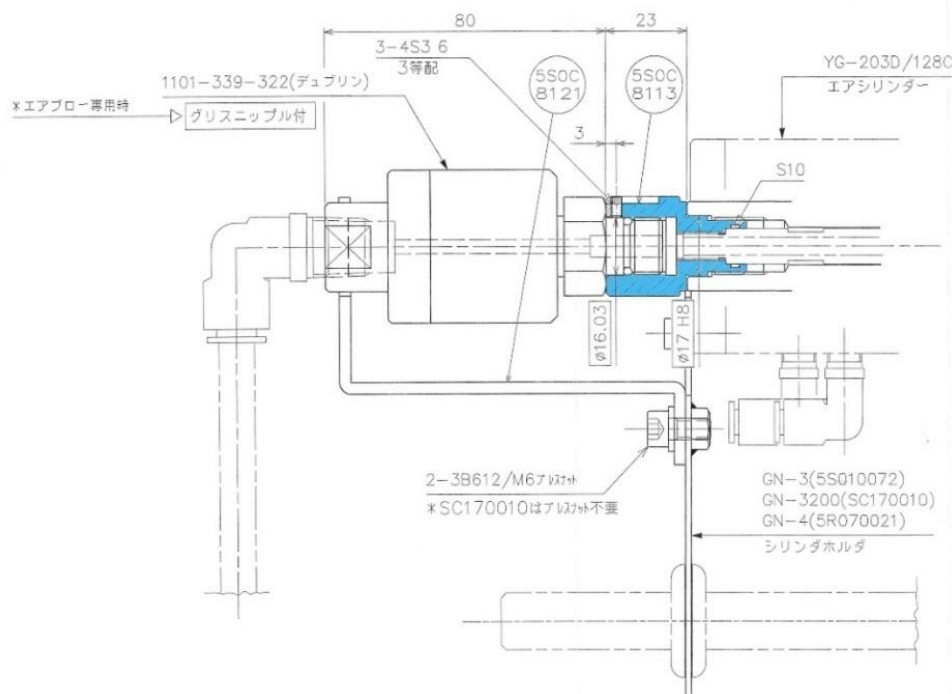
Vo vybranej spoločnosti pri výrobe komponentov a následnom kontrolnom meraní zistili operátori problém s celkovým hádzaním obrobku. Hádzanie je definované ako odchýlka rotačného tvaru od teoreticky presného kruhového tvaru. Celkové hádzanie je vymedzené dvoma rovnobežnými rovinami, ktoré sú od seba vzdialené o hodnotu tolerancie. V tejto tolerančnej oblasti sa musia nachádzať všetky body skutočného povrchu. Roviny sú kolmé k osi rotácie. V prípade prekročenia hodnôt celkového hádzania nie je diera na danom komponente súmerná a teda vzniká nepodarok.

Pre zníženie počtu nepodarkov sme na základe analýzy celkového hádzania a skúmania dostupných grafických hodnôt určili diely, ktoré môžu vo veľkej miere ovplyvniť hádzanie obrobku.

Medzi tri najhlavnejšie diely, ktoré ovplyvňujú celkové hádzanie patrí čelná príruha vretena, príruha upínania a medzikus na zmiešavač. Na obrázku 1 je znázornená čelná príruha vretena (červená farba) a príruha upínania (žltá farba). Na obrázku 2 je zobrazený medzikus zmiešavača.



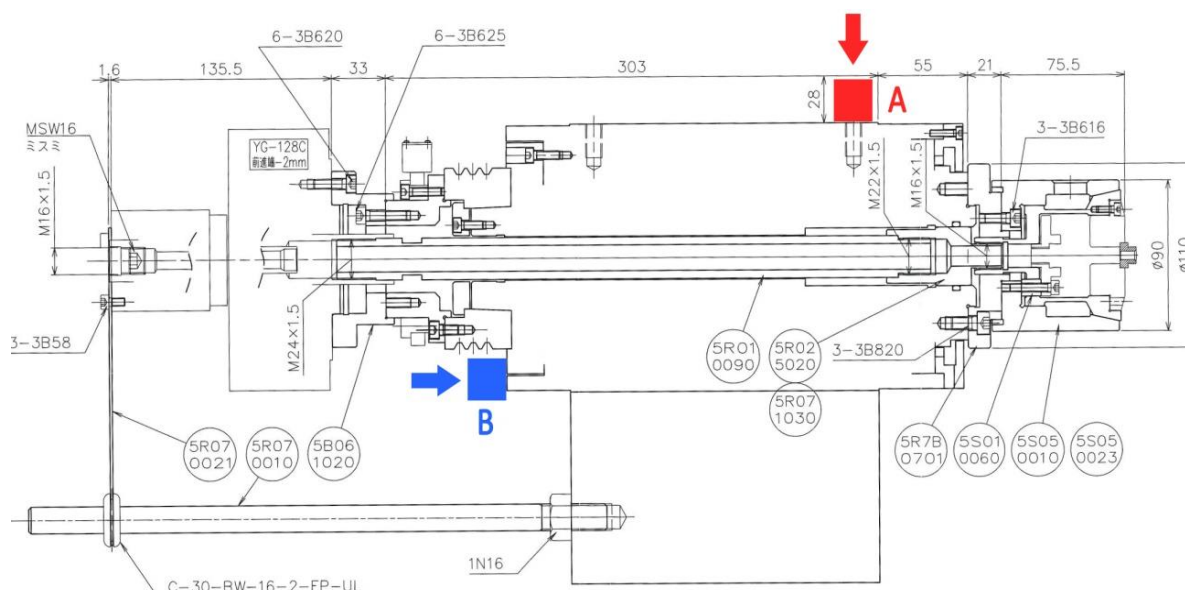
Obrázok 1 - Vytypovanie chybných dielov - príruha vretena sústruhu



Obrázok 2 - Vytypovanie chybných dielov - medzikus zmiešavača

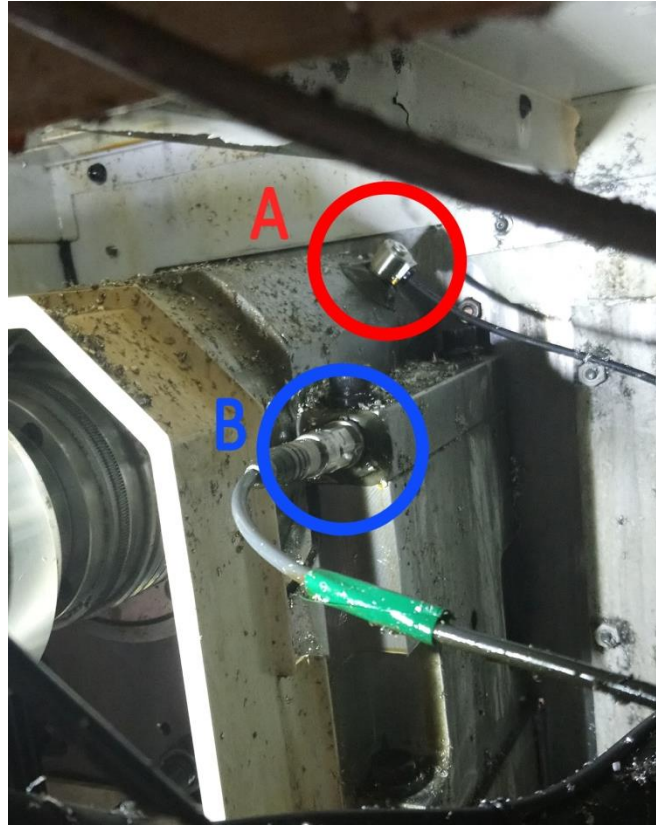
Problémom vytypovaných dielov je dlhá doba dodania, niekedy aj šesť až osem týždňov. Pre výrobnú spoločnosť je takáto dĺžka odstávky ekonomicky závažná a preto sme sa rozhodli navrhnúť systém na zachytávanie vibrácií sústruhov pre zabránenie výroby nepodarkov, prípadne zabránenie vzniku náhlej poruchy a následnej dlhej dobe odstávky.

Riešením je umiestnenie senzorov na vretene sústruhu pre kontinuálne zachytávanie vibrácií. Na obrázku 3 je schematicky znázornené umiestnenie senzorov pre zachytávanie vibrácií. Zvolili sme dva smery merania pre najlepšie odhalenie chýb. Senzor A (červený štvorec) je umiestnený vo vertikálnom smere pre snímanie vibrácií na prírubách. Senzor B (modrý štvorec) znázorňuje druhý senzor vibrácií pre meranie vibrácií v axiálnom smere.



Obrázok 3 - Schematické zobrazenie senzorov

Na obrázku 4 môžeme vidieť umiestnenie použitých senzorov na výrobnom stroji. Sensory sú pripevnené na pevné časti vretena tekutým kovom. Pre lepšie prenášanie vibrácií je pod senzormi odstránená farba. Z dôvodu obmedzených priestorov je v radiálnom smere použitý menší senzor.



Obrázok 4 - Umiestnenie použitých senzorov na sústruhu

Pre zabezpečenie prediktívnej údržby sme vybrali vibračné senzory a vyhodnocovaciu jednotku od firmy IFM. V aplikácii prediktívnej údržby sme použili dva vibračné senzory, dvoch druhov, ktoré sú popísané nižšie. Využili sme senzory, ktoré dáta odosielajú do vyhodnocovacej jednotky VSE 100, od firmy IFM.

Na obrázku 5 je zobrazená vyhodnocovacia jednotka VSE 100, ktorá sa používa pre spoľahlivé meranie vibrácií na strojoch a zariadeniach. Umožňuje vstup súčasne až pre štyri vibračné senzory. Obsahuje dva spínacie vstupy pre predbežný a hlavný poplach. [7]



Obrázok 5 - Vyhodnocovacia jednotka VSE 100

Prvý senzor, ktorý sme použili je akcelerometer – vibračný senzor VSA 001, od firmy IFM. Zabezpečuje spoľahlivú detekciu vibrácií na strojoch a zariadeniach. Vyznačuje sa veľkým teplotným rozsahom a vysokým stupňom krytia pre použitie v náročných priemyselných podmienkach. Obsahuje kompaktné a robustné puzdro z nerezovej ocele. Umožňuje možnosť získavania informácie o rýchlosti a zrýchlení vibrácii. [8] Na obrázku 6 je zobrazený vibračný senzor VSA001, ktorý je použitý na meranie v axiálnom smere.



Obrázok 6 - Vibračný senzor VSA 001

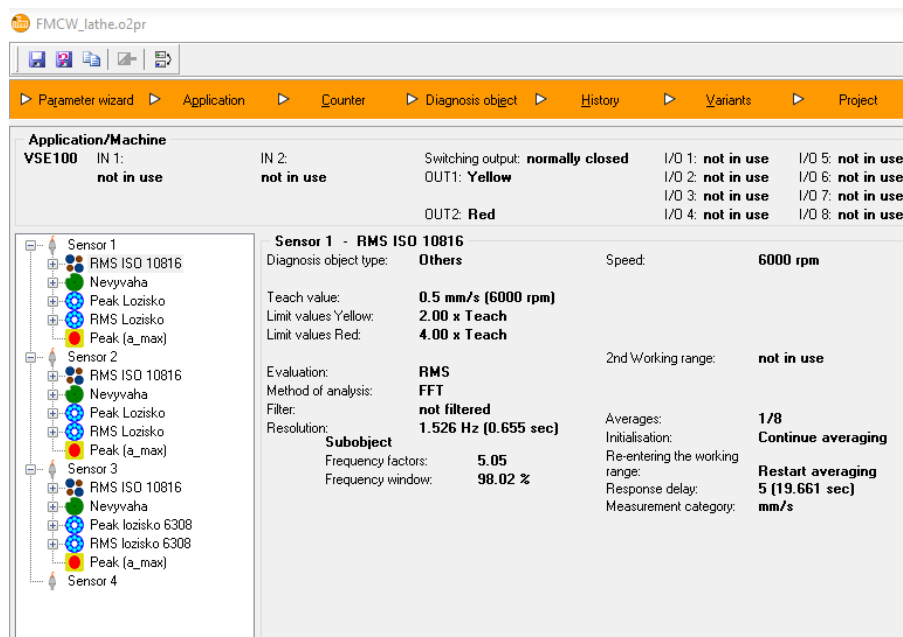
Druhým vibračným senzorom je akcelerometer – VSA 005. Vyznačuje sa vysokou opakovateľnosťou merania a nízkou odchýlkou od charakteristiky. Taktiež patrí medzi najmenšie senzory a to zaručuje jeho použitie v obmedzených priestoroch v zástavbe vretena sústruhu. [9] Senzor VSA 005 použitý pre snímanie vibrácií vo vertikálnom smere je znázornený na obrázku 7.



Obrázok 7 - Vibračný senzor VSA 005

Pre hodnotenie získaných údajov zo sústruhov sme zvolili software Octavis VES003, ktorý je zobrazený na obrázku 8. Software je taktiež od spoločnosti IFM. Vďaka softwaru môžeme zaznamenávať vibrácie v čase a vidieť ako sa vreteno správa počas zaťaženia v prevádzke.





Obrázok 8 - Software Octavis VES003

## 4 Záver

V tomto príspevku sme sa zamerali na aplikovanie a následne využívanie prediktívnej údržby, ktorá ma v súčasnosti veľký význam. Základom tejto diagnostiky je kontinuálne, čiže neustále zaznamenávanie vibrácií, ktoré môžeme analyzovať a odhaliť rôzne príčiny poškodenia stroja skôr ako nastane náhla porucha. Jedna sa o implementáciu snímačov, vyhodnocovacej jednotky a vyhodnocovacieho softwaru. Prediktívna údržba sa radí medzi bezdemontážnu diagnostiku, ktorá má veľkú perspektívu do budúcnosti.

Základom príspevku bola diagnostika a analýza vretena sústruhu. Poškodenie vretena sústruhu sme zistili po pravidelnom meraní vyrobených komponentov, kedy sa hodnoty celkového hádzania nenachádzali v tolerancii. Po odstavení sústruhu a zhodnotení dostupných dát sme vytypovali diely, ktoré zapríčiňujú zle opracovanie polotovaru a následné nepresné hodnoty celkového hádzania. Medzi poškodené diely sústruhu, ktoré bolo potrebné vymeniť sme zaradili čelnú prírubu, prírubu upínania a taktiež zmiešavač emulzie. Sústruh bol odstavený šesť týždňov, kvôli dlhej dobe dodania náhradných dielov. Z toho dôvodu sme sa rozhodli navrhnúť systém prediktívnej údržby, vďaka ktorej vieme predísť dlhej odstávke zariadenia a teda aj finančným stratám. Pre prediktívnu údržbu sme aplikovali vibračné senzory na vreteno sústruhu, ktoré snímajú vibrácie vo vertikálnom a axiálnom smere a výsledky ukladajú do aplikácie.

Aplikovaním prediktívnej údržby sme schopní odhaliť problémy skôr a to vďaka analýze vibrácií a reálnym dátam z diagnostickej jednotky, čo má veľký vplyv na výkonnosť stroja a taktiež schopnosť plniť zákazky včas.

## PodĎakovanie

Ālánok bol realizovaný vĎaka finanĎnej podpore z projektu VEGA 1/0051/20 a projektu KEGA 004TUKE-4/2020.

## PouĎitĎ literatúra

- [1] MOBLEY, R.: Maintenance engineering handbook. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2008. ISBN 978-007-1546-461.
- [2] HELEBRANT, F.: TechnickĎ diagnostika a spoľehlivost, IV. provoz a ũdrĎba strojũ. Ostrava. 2007. 127s.
- [3] KREIDL, M.: TechnickĎ diagnostika: senzory, metody, analũza signĎlu. Praha: BEN – technickĎ literatũra, 2006. Sensory neelektrickũch veliĎn. ISBN 80-730-0158-6.
- [4] BILOŠ, J.: Aplikovanũ mechanik jako souĎst tũmũ konstruktũrũ a vũvojĎrũ: studijnĎ opora. Ostrava: VysokĎ škola bĎnšskĎ – TechnickĎ univerzita Ostrava, Fakulta strojnĎ, 2012. ISBN 978-80-248-2755-1.
- [5] Fiix. What is predictive maintenance? [online]. [cit. 2021-09-09]. DostupnĎ na internete: <<https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/predictive-maintenance/>>.
- [6] HLAVATĎ, S.: Zvyšovanie prevĎzkovej spoľahlivosti vũrobnũch strojov a zariadenĎ: BakalĎrskĎ prĎca. Prešov: Fakulta vũrobnũch technolũgiĎ TU, 2018. 56s.
- [7] Ifm. VSE100, VyhodnocovacĎ jednotka pro vibraĎnĎ senzory. [online]. [cit. 2021-09-10]. DostupnĎ na internete: <<https://www.ifm.com/cz/cs/product/VSE100>>.
- [8] Ifm. VSA001, Akcelerometr. [online]. [cit. 2021-09-10]. DostupnĎ na internete: <<https://www.ifm.com/cz/cs/product/VSA001>>.
- [9] Ifm. VSA005, Akcelerometr. [online]. [cit. 2021-09-10]. DostupnĎ na internete: <<https://www.ifm.com/cz/cs/product/VSA005>>.