



SLOVENSKÁ
SPOLOČNOSŤ
ÚDRŽBY

ÚDRŽBA

MAINTENANCE - INSTANDHALTUNG

VYDÁVA SLOVENSKÁ SPOLOČNOSŤ ÚDRŽBY



ÚDRŽBA 2/2024

OBSAH

Šéfredaktor: doc. Ing. Juraj Grenčík, PhD.

Redakčná rada: Ing. Martin Bukovinský
Ing. Peter Darvaši
Ing. Gabriel Dravecký, PhD.
Ing. Katarína Grandová
Ing. Branislav Krajčo
Ing. Branislav Kyseľ
Ing. Ladislav Máťaš
prof. Ing. Hana Pačaiová, PhD.
Ing. Jan Vytřísal, MBA

Vydavateľ: Slovenská spoločnosť údržby
Kocel'ova 15
815 94 Bratislava

Požiadavky na udržateľnosť v údržbe	1
Hana Pačaiová, Ferdinand Kóča, Katarína Vaškovičová, Tomáš Gazda, Peter Darvaši	
Robotizovaná kontrola nádrží	9
Aleš Mišura, Juraj Uríček	
Progresívne metódy a prostriedky ochrany, monitorovania a technickej diagnostiky strojov	15
Peter Tirinda	
Snímače kondice olejů nové generace	21
Jan Novák	
Maziva a přísady do maziva s nanočásticemi IF-WS2 od NANOTECH-EUROPE	26
Milan Štelcl	
Lítium-iónové batérie poháňajú náš život; Bezpečnosť predstavujú inteligentné riešenia, ktoré vás ochránia pred požiarom z batérií	31
Simona Kalinovská, Dominika Štuberová	
Digitalizace údržby v Promens	40
David Pernický	

Elektronický časopis

Ročník vydania: XXIV

Periodicita nepravidelná

ISSN 2729-8396

Požiadavky na udržateľnosť v údržbe

Hana PAČAIOVÁ, Ferdinand KÓČA, Katarína VAŠKOVIČOVÁ, Tomáš GAZDA, Peter DARVAŠI

Anotácia

Pojem udržateľnosť znamená rovnováhu medzi životným prostredím, sociálnou spravodlivosťou a ekonomikou. Manažéri údržby dlhodobo pristupujú k výberu stratégií údržby zariadení, resp. hmotného majetku v súlade s cieľmi, ktoré sú pre organizáciu kľúčové. Avšak meniace sa ciele priemyselných organizácií, najmä pri rešpektovaní súčasnej politiky EU v podobe trvalo udržateľného rozvoja vyžaduje zmenu v prístupe k riadeniu údržby. Tento nový holistický prístup vychádza zo známeho proaktívneho princípu orientovaného na identifikáciu významných koreňových príčin tých kritických zariadení, ktorých výsledkom sú nielen poruchy ohrozujúce efektívnosť organizácie ale aj jej udržateľnosť v globálnom podnikateľskom prostredí. Zodpovednosť manažéra údržby narastá, t. j. netýka sa len interných činností údržby podporujúcich, napr. pohotovosť zariadení, ich efektívnosť, kvalitu produkcie, bezpečnosť, ale týka sa aj externých požiadaviek, napr. pri obstarávaní náhradných dielov, spotrebe a likvidácii mazív, nadmernej spotrebe energie a emisie skleníkových plynov pod. Program údržby musí vychádzať z tzv. cibuľového diagramu“, teda vrstiev strát, ktoré je potrebné zohľadniť pri plánovaní stratégií a činnosti údržby, popr. integrovania autonómnych prístupov v jej riadení.

Kľúčové slová: manažérstvo údržby, integrácia, udržateľnosť

Úvod

Globalizácia ekonomiky spôsobila zvyšovanie počtu dodávateľov surovín a výrobkov. Rastúce záujmy zainteresovaných strán, zložitejšie obchodné procesy a vzťahy vytvorili tlak na vývoj a integráciu spoločensky zodpovedných postupov v rôznych odvetviach [1,2]. Od organizácií, najmä tých, ktoré pôsobia na globálnych trhoch, sa čoraz viac vyžaduje, aby udržiavali v rovnováhe spoločenské, ekonomické a environmentálne oblasti svojho podnikania a zároveň zvyšovali hodnotu pre akcionárov. Spoločenská zodpovednosť (SR) sa stala doménou nielen samotných organizácií, ale zahŕňa aj celý dodávateľský reťazec.

1. Spoločenská zodpovednosť - rámec

Veľké nadnárodné spoločnosti dlhodobo vyvíjajú a najmä uplatňujú svoje vlastné kódexy správania, do ktorých zahŕňajú aj svojich dodávateľov, aby preukázali svoje záväzky v tzv. korporátnej spoločenskej zodpovednosti (angl. Corporate Social Responsibility, CSR). Tieto kódexy správania sú často odvodené od miestnych zákonov, medzinárodných dohôd, noriem a sú doplnené vlastnými stratégiami a prioritami organizácií pre sociálnu zodpovednosť [3]. Koncový zákazník stanovuje zásady, s ktorými musia byť dodávatelia v súlade, musia ich dodržiavať, ak chcú úspešne udržiavať obchodný vzťah so svojimi zákazníkmi [4,5]. Organizácia môže navyše požiadať svojich dodávateľov o preukázanie súladu napr. s environmentálnymi a spoločenskými požiadavkami formou osvedčení (certifikátov). Takéto prístupy a kódexy správania môžu poskytnúť cenné kritériá v procesoch rozhodovania o výbere

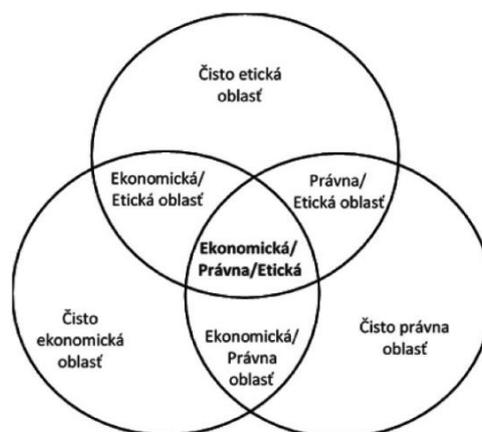
a hodnotení dodávateľa, ako aj pri zlepšovaní samotného výkonu v dodávateľskom reťazci [6-7]. Súlad s požiadavkami zainteresovaných strán a normami sa hodnotí pomocou rôznych prístupov sebahodnotenia a auditovania [9].

V snahe o štandardizáciu požiadaviek v oblasti CSR bolo vytvorených niekoľko univerzálnych a odvetvovo špecifických medzinárodných noriem (napr. v elektrotechnickom, automobilovom priemysle, ťažbe surovín, poľnohospodárstve, stavebníctve odevníctve a pod.) so schémami pre implementáciu, monitorovanie a certifikáciu. Výhodou použitia univerzálnych CSR noriem v organizáciách je, že zmierňujú záťaž dodávateľov pri ich aplikovaní a dodržiavaní a môžu zabrániť vzniku nezhôd. [10].

Systém manažérstva spoločenskej zodpovednosti popisuje v súčasnosti jediná certifikačná norma IQNet SR10 [11], ktorá vychádza s princípov a odporúčaní normy ISO 26000 [12].

ISO 2600:2010 (Usmernenie k spoločenskej zodpovednosti) uvádza najdôležitejšie aspekty pri zavádzaní spoločenskej zodpovednosti do organizácie a môže pomôcť predovšetkým tým organizáciám, ktoré v tejto oblasti začínajú a radi by sa v problematike zorientovali. Táto medzinárodná norma zdôrazňuje dôležitosť výsledkov a zlepšovania výkonnosti v oblasti sociálnej zodpovednosti aj keď nie je určená na certifikáciu. [13,14].

Samotná koncepcia CSR sa v podstate vyvinula z filantropického prístupu až k dnešnej strategickej obchodnej nevyhnutnosti, aby mohli organizácie dosiahnuť konkurenčnú výhodu [15,16]. Napriek mnohým snahám o jasnú a nezaujatú definíciu, stále existuje nejasnosť v podnikateľskom aj akademickom svete v tom, ako by sa mala CSR jednoznačne zdefinovať. Berhringer [17] došiel k záveru, že CSR je obchodný model, ktorý podporuje obchodné príspevky k trvalo udržateľnému rozvoju, t.j. vytvára rovnováhu medzi ekonomickými, environmentálnymi potrebami a etickými záujmami. Schwart [18] predstavil tzv. „Model troch domén pre CSR“ ktorý sa skladá z troch základných oblastí znázornených v tvare kružníc: ekonomickej, právnej a etickej (obr. 1). Model naznačuje, že žiadna z troch domén CSR nie je dôležitejšia alebo významnejšia v porovnaní s ostatnými a ich uplatňovanie má byť rovnako vyvážené. Ideálne prekrytie pre CSR spočíva v strede troch kružníc modelu, ako prienik všetkých troch domén kde sa súčasne plnia ekonomické, právne a etické zodpovednosti v organizácii. V súčasnosti je možné konštatovať, že právna a etická oblasť sa prelínajú a do popredia sa dostala environmentálna oblasť, pričom právna oblasť je vlastne nepriamo aplikovaná vo všetkých troch oblastiach [19,20].



Obr. 1 Model troch domén pre CSR

Podľa Yawar [21], spoločenská oblasť v rámci CSR nie je nemenná a závisí od mnohých faktorov, ako je kultúra, dôvera medzi zainteresovanými stranami, stratégie organizácie a iné, ktoré je možné efektívne riadiť prostredníctvom nepretržitého dialógu so zainteresovanými stranami a vzájomným pochopením najdôležitejších požiadaviek na sociálnu oblasť v dodávateľskom reťazci.

Plnenie požiadaviek na spoločenskú zodpovednosť kladených od zainteresovaných strán sa rozširuje alebo prelína s požiadavkami v už zavedených manažérskych systémoch ako napr. ISO 9001 Systém manažérstva kvality, ISO 45001 Systém manažérstva bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, ISO 14001 Systém environmentálneho manažérstva, ISO IEC 27001 Riadenie informačnej bezpečnosti a pod.

Podľa návodu na riešenie požiadaviek na udržateľnosť v normách, ktorý je popísaný v ISO 82:2019 [22] „*udržateľnosť je cieľom trvalo udržateľného rozvoja, vzťahuje sa na akýkoľvek stav globálneho systému, v ktorom sú uspokojované potreby súčasnosti bez toho, aby bola ohrozená schopnosť budúcich generácií uspokojovať svoje vlastné potreby*“. Koncept udržateľnosti sa neustále vyvíja. Pochopenie, a najmä dosiahnutie rovnováhy medzi environmentálnymi, sociálnymi a ekonomickými systémami, v ideálnom prípade vzájomne sa podporujúcimi spôsobmi, sa považuje za nevyhnutné na dosiahnutie pokroku smerom k trvalej udržateľnosti. Dosiahnutie udržateľnosti sa v súčasnosti považuje za jeden z najdôležitejších aspektov všetkých ľudských činností.

2. Trvalo udržateľný rozvoj

Pojem „trvalo udržateľný rozvoj“ sa často používa na opis rozvoja, ktorý vedie k udržateľnosti, a pojem „sociálna zodpovednosť“ sa často používa na opis toho, ako môže jednotlivá organizácia (napríklad spoločnosť) prispieť k trvalo udržateľnému rozvoju [22].

Sociálna zodpovednosť je zodpovednosť organizácie za dopady jej rozhodnutí a aktivít na spoločnosť a životné prostredie prostredníctvom transparentného a etického správania, ktoré:

- prispieva k trvalo udržateľnému rozvoju, vrátane zdravia a blaha spoločnosti;
- zohľadňuje očakávania zainteresovaných strán;
- je v súlade s platnými zákonmi a medzinárodnými normami správania; a
- je integrovaný v celej organizácii a praktizovaný v jej vzťahoch.

Zavádzanie manažérskych systémov sa stalo strategickou výhodou pri dosahovaní business cieľov najmä v priemyselných organizáciách, avšak zavádzanie požiadaviek na sociálnu zodpovednosť najmä etickou.

Trvalo udržateľná údržba

Podľa Bryan Christiansen [23] „príprava plánu udržateľnosti vo výrobnjej organizácii musí zahŕňať aj spoluprácu s tímom údržby“. Byť „udržateľný“ znamená pre manažment údržby, vynaložiť menej zdrojov na výmenu a opravy, vytvárať menej odpadu, vypúšťať menej emisií do životného prostredia, byť pohotovejší a bezpečnejší.

Spôsob, akým údržba môže podporiť stratégiu udržateľnosti v organizácii kategorizuje do 5 základných skupín nasledovne:

1. Zníženie emisie
2. Zníženie množstva odpadu

3. Úspora energie
4. Zlepšovanie bezpečnosti a zdravia zamestnancov
5. Zvyšovanie súladu organizácie s požiadavkami štandardov.

Znižovanie emisií skleníkových plynov, vyžaduje nielen nové technológie ale aj ich údržbu. Pravidelné čistenie filtračných jednotiek, udržiavanie ich výkonnosti umožní udržiavať stav znečistenia na prijateľnej úrovni. Predchádzanie poruchám strojov, znižuje vznik nekvalitných produktov – odpadov. Korektívna údržba kritických zariadení okrem priamych, generuje aj nepriame náklady, ktoré často súvisia s neplnením právnych a spoločenských požiadaviek (napr. znečistenie environmentu, úrazy zamestnancov, vplyv na zdravie verejnosti). Zavedenie RCM (údržba zameraná na bezporuchovosť), umožní identifikovať príčiny porúch a strategicky hodnotiť ich možné dôsledky, t. j. aplikovať vhodné prediktívne metódy na monitorovanie a hodnotenie stavu strojov. Známa problematika mazania strojov (tribotechnika), spolu s pravidelnou revíziou elektrických zariadení (pozri vyhláška č. 508/2009 Z. z.) je často podceňovanou záležitosťou. Pričom opotrebenie zariadení, zlé elektrické spoje, popr. ich stav, zvyšujú energetickú náročnosť prevádzky. Správanie zamestnancov súvisí s kultúrou organizácie a je zrejmé najmä v oblasti prevencie úrazov (bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci, BOZP). Školenie zamestnancov, správne pracovné postupy obsahujúce bezpečné inštrukcie ale aj pokyny šetrenia energiou a materiálom, starostlivosť o zverený majetok, prispievajú k celkovej pracovnej pohode a spoločenskej zodpovednosti. Právne predpisy stanovujú limity, ktoré sa prejavujú v požiadavkách na prevádzku zariadení. Dôraz, kladený na údržbu v súlade s týmito predpismi, zabezpečuje dosiahnutie takého stavu prevádzky, ktorá minimalizuje environmentálne, energetické, bezpečnostné dopady a výskyt nadmerného odpadu.

Podľa niektorých autorov [24] k týmto 5 základným skupinám je potrebné doplniť „Zelené obstarávanie a riadenie zásob“. Neoddeliteľnou súčasťou udržateľnosti v údržbe je výber materiálov šetrných k životnému prostrediu a prijatie stratégie zeleného obstarávania. To zahŕňa výber produktov s nižším vplyvom na životné prostredie, zváženie recyklovateľnosti a zodpovedné získavanie materiálov, čím sa podporuje udržateľnosť dodávateľského reťazca.

Trvalo udržateľná údržba (angl. Sustainable Maintenance - SM), niekedy aj „zelená údržba“ (angl. green maintenance) nemá síce štandardizovanú definíciu ale je dostupných niekoľko všeobecných a odborných názorov popisujúci jej rámec, napr.:

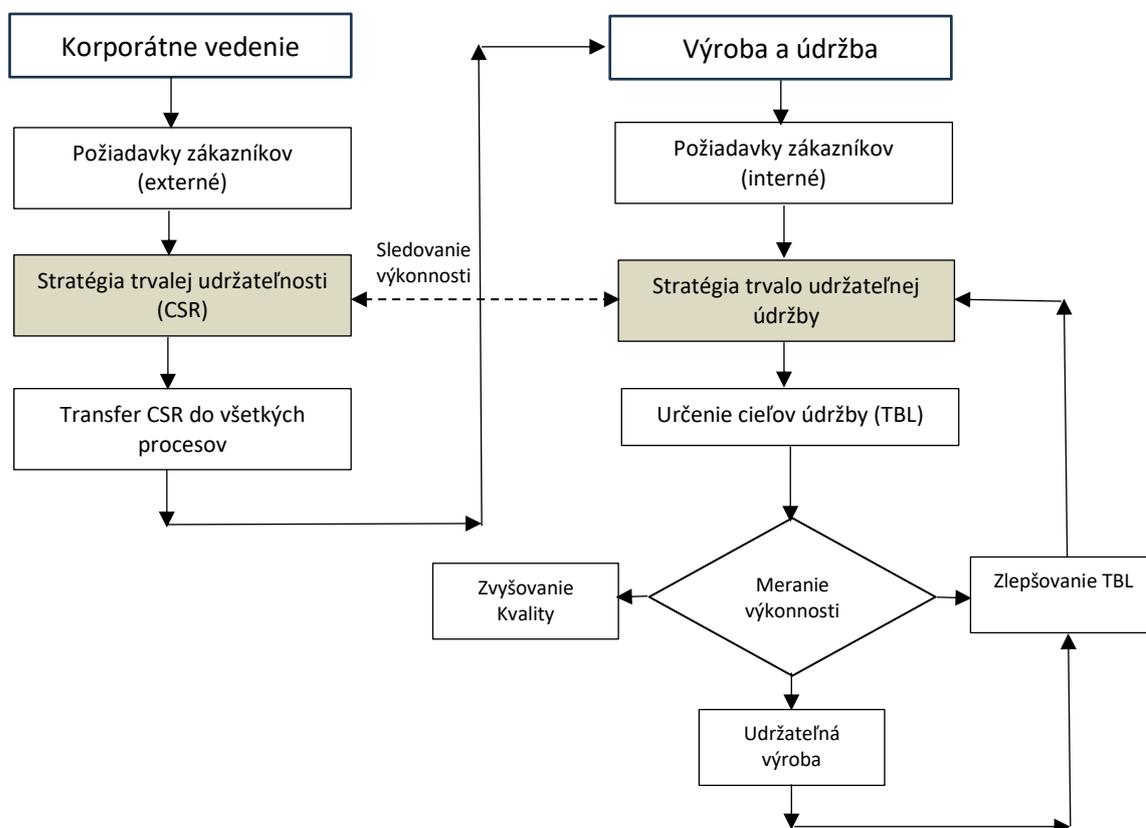
- SM znamená zlepšenie financií, dodržiavania predpisov a reputácie. Jej princípom je snaha o zníženie odpadu, čo si cenia všetky podniky [25].
- Trvalo udržateľná údržba je vynikajúci spôsob, ako súčasne znížiť uhlíkovú stopu organizácie a znížiť náklady [26].
- SM umožňuje implementáciu udržateľnej výroby prostredníctvom integračného začlenenia Triple Bottom Line (TBL)¹ do strategických, taktických a prevádzkových opatrení. Dôraz sa kladie na splnenie požiadaviek zainteresovaných strán týkajúcich sa dosiahnutia trvalo udržateľného rozvoja. Ciele trvalo udržateľnej údržby zahŕňajú vyššiu kvalitu produktov a procesov, ktoré sa majú vyrábať, ako aj zvýšenie efektivity prostredníctvom aplikácie nových technológií (obr. 2), [27].

¹ Triple-bottom Line (TBL) je pojem označujúci tri základné piliere spoločenskej zodpovednosti organizácie (CSR) - ekonomický, sociálny a environmentálny.

- SM predstavuje súbor vzájomne prepojených procesov, ktoré na jednej strane musia udržiavať aktívum/zariadenie počas svojej prevádzky, aby zaručili súlad výrobného procesu, vyrábaných produktov a znížili ich priemyselné dopady na ekonomiku, spoločnosť a okolité prostredie. Na druhej strane musí byť sama osebe udržateľnou obchodnou funkciou, aby sa obmedzili jej nedostatky a dopady generované počas činností údržby [28].
- SM zahŕňa všetky činnosti údržby, ktoré podporujú udržateľnosť spoločnosti prostredníctvom znižovania vplyvu na životné prostredie, bezpečnosti a sociálneho a bezpečnostného blahobytu zamestnancov, implementácie technických faktorov na najvyššej možnej úrovni a znižovania nákladov na údržbu [29].
- SM by mala prispieť k minimalizácii environmentálnych a sociálnych vplyvov systému, zníženiu nákladov na životný cyklus a zvýšeniu životnosti zariadení a sociálno-ekonomickej pohody [30].

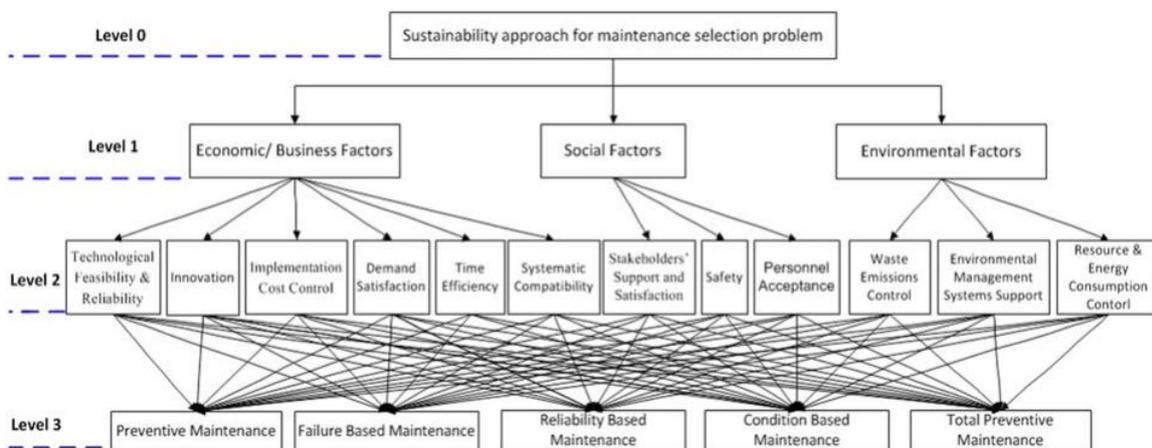
V niektorých literatúrach sa nedostatočná implementácia SM chápe ako kľúčová, napr. [31] „postupy udržateľnej údržby v priemyselných odvetviach sa považujú za kritickú oblasť podpory pre trvalo udržateľnú výrobu. Nedbalosť pri prijímaní konceptov udržateľnosti v údržbe môže ovplyvniť objem výroby, výkonnosť aktív, dostupnosť zariadení, kvalitu finálnych produktov, zdravie a bezpečnosť pracovníkov a koncových užívateľov, okolité prírodné prostredie a sociálne blaho“.

V súčasnosti, narastaním rešpektu a požiadaviek na implementáciu trvalej udržateľnosti sa objavuje pojem „trvalo udržateľné manažérstvo údržby“ (angl. Sustainable Maintenance Management, SMM) [32], ktoré je možné definovať ako súbor všetkých procesov slúžiacich na zabezpečenie prijateľného stavu aktív elimináciou negatívnych vplyvov na životné prostredie, na obozretnosť pri využívaní zdrojov, podporu záujmu o bezpečnosť zamestnancov a zainteresovaných strán, pričom sú zároveň ekonomicky zdravé. SMM však musí vytvoriť aj vhodný rámec merania, t. j. kľúčové ukazovatele.



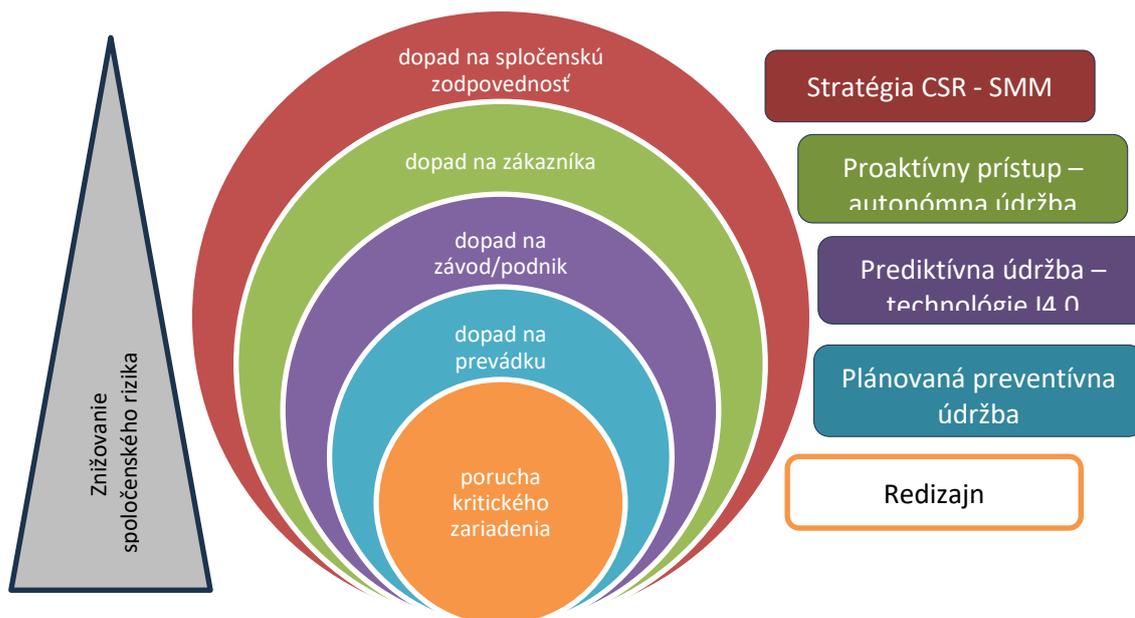
Obr. 2 Model trvalo udržateľnej údržby SM

Aplikovanie požiadaviek na udržateľnosť do riadenia údržby „navyšuje“ požiadavky na rozhodovanie manažmentu. Multikriteriálne rozhodovanie nie je pre súčasných manažérov údržby nová problematika, avšak pro zohľadňovaní týchto požiadaviek a meraní výkonov údržby sa menia aj kritériá, ktoré musia zvažovať pri stanovení stratégií údržby (obr. 2).



Obr. 3 Rozhodovací strom (DMT) znázorňujúci oblasti rozhodovania v trvalo udržateľnej údržbe [33]

Z predchádzajúcich definícií a prístupov je zrejmé, že postavenie a dôležitosť údržby sa vzhľadom na meniace sa priority a ich udržiavanie v rovnováhe výrazne mení. Potom je možné schematicky aplikovať tzv. cibulový diagram strát vyjadrujúci úroveň strát pri poruche kritických zariadení umožňujúci pochopiť súvislosť s identifikovaním stratégie udržateľnosti a riadením údržby (obr. 4).



Obr. 4 Cibulový diagram strát pre SMM

Záver

Zavádzanie požiadaviek na udržateľnosť v dnešnom podnikateľskom prostredí, sa stáva štandardom pre rovnováhu ekonomickú ale hlavne etickú vo vzťahu k spoločnosti. Manažérstvo údržby doteraz nemá vymedzenú riadiacu štruktúru, resp. koncept, ktorý by jednoznačne popisoval ako údržbu riadiť, napriek tomu, že v prístupe k udržateľnosti a spoločenskej zodpovednosti je definované ako kľúčový aspekt dlhodobého prístupu k predchádzaniu strát.

Súčasnú európske normy údržby formulujú funkcie a meranie výkonnosti údržby, avšak bez explicitného nastavenia požiadaviek na riadenie údržby v podobe štandardu systému manažérstva údržby.

Je možné očakávať, s narastajúcim významom údržby, digitálnou transformáciou a prístupom k trvalej udržateľnosti, že sa vytvorí jednotná koncepcia, podporujúca vývoj prvkov štandardizovaného konceptu manažérstva údržby.

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj, pre projekt: APVV-19-0367 Rámec Integrovaného prístupu riadenia procesnej bezpečnosti pre Inteligentný podnik, a grantový projekt KEGA č. 026TUKE-4/2023 Podpora rozvoja vedomostí v oblasti implementácie požiadaviek systému manažérstva kvality pre letecký, vesmírny a obranný priemysel.

Použitá literatúra:

- [1] Cheng, W.; Ahmad, J. Incorporating stakeholder approach in corporate social responsibility (CSR): A case study at multinational corporations (MNCs) in Penang. *Social Responsibility Journal* **2010**, *6*(4), 593-610. <https://doi.org/10.1108/17471111011083464>
- [2] Harms, D.; Hansen, E. G.; Schaltegger, S. Strategies in Sustainable Supply Chain Management: An Empirical Investigation of Large German Companies 2012. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, Forthcoming, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2046934>
- [3] Hemphill, T. The ISO 26000 guidance on social responsibility international standard: what are the business governance implications? *Corporate Governance* **2013**, *13*(3), 305-317. <https://doi.org/10.1108/CG-08-2011-0062>
- [4] Colwell, S.R., Zyphur, M.J. & Schminke, M. When does Ethical Code Enforcement Matter in the Inter-Organizational Context? The Moderating Role of Switching Costs. *J Bus Ethics* **2011**, *104*, 47-58, <https://doi.org/10.1007/s10551-011-0888-8>
- [5] D'Eusano, M.; Tragnone, B.M.; Petti, L. From Social Accountability 8000 (SA8000) to Social Organisational Life Cycle Assessment (SO-LCA): An Evaluation of the Working Conditions of an Italian Wine-Producing Supply Chain. *Sustainability* **2022**, *14*, 8833. <https://doi.org/10.3390/su14148833>
- [6] Giacalone, M.; Santarcangelo, V.; Donvito, V.; Schiavone, O.; Massa, E. Big data for corporate social responsibility: blockchain use in Gioia del Colle DOP. *Qual Quant.* **2021**, *55*(6), 1945-1971. DOI: 10.1007/s11135-021-01095-w
- [7] Bai, C.; Sarkis, J. Determining and applying sustainable supplier key performance indicators. *Supply Chain Management* **2014**, *19*(3), 275-291. <https://doi.org/10.1108/SCM-12-2013-0441>
- [8] Delbufalo, E.; Bastl, M. Multi-principal collaboration and supplier's compliance with codes-of-conduct. *The International Journal of Logistics Management* **2018**, *29*(4), 1237-1254. <https://doi.org/10.1108/IJLM-09-2017-0222>
- [9] Fraser, I.J.; Schwarzkopf, J.; Müller, M. Exploring Supplier Sustainability Audit Standards: Potential for and Barriers to Standardization. *Sustainability* **2020**, *12*, 8223. <https://doi.org/10.3390/su12198223>
- [10] Castka, P.; Balzarova, M.A. ISO 26000 and supply chains—On the diffusion of the social responsibility standard. *International journal of production economics* **2008**, *111*(2), 274-286. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.10.017>
- [11] IQNet Association. (2015). *IQ Net SR10 Social Responsibility Management Systems Requirements*. Bern: IQNet Association - The International Certification Network.
- [12] ISO 26000 Guidance on Social Responsibility. Ženeva: ISO. 2010

- [13] Szczuka, M. Social Dimension of Sustainability in CSR Standards. *Procedia Manufacturing* **2015**, 3, 4800-4807, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.587>.
- [14] Fritz M.C.M.; Schöggel, J.P.; Baumgartner, R.J. Selected sustainability aspects for supply chain data exchange: Towards a supply chain-wide sustainability assessment. *Journal of Cleaner Production* **2017**, 141, 587-607. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.080>.
- [15] Dahlsrud, A. How corporate social responsibility is defined: An analysis of 37 Definitions. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* **2008**, 15(1-13). DOI: 10.1002/csr.132
- [16] Cochran, P.L. The evolution of corporate social responsibility. *Business horizons* 2007, 50(6), 449-454.
- [17] Behringer, K.; Szegedi, K. The Role of CSR In Achieving Sustainable Development – Theoretical Approach. *European Scientific Journal, ESJ* **2016**, 12(22), 10. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n22p10>
- [18] Schwartz M.S.; Carroll, A.B. Corporate Social Responsibility: A Three-Domain Approach. *Business Ethics Quarterly* **2003**, 13(4), 503-530.
- [19] Witek-Hajduk, M.K.; Zaborek, P. Does Business Model Affect CSR Involvement? A Survey of Polish Manufacturing and Service Companies. *Sustainability* **2016**, 8, 93. <https://doi.org/10.3390/su8020093>
- [20] Torelli, R. Sustainability, responsibility and ethics: different concepts for a single path. *Social Responsibility Journal* **2021**, 17(5), 719-739. <https://doi.org/10.1108/SRJ-03-2020-0081>
- [21] Yawar, S.A.; Seuring, S. Management of Social Issues in Supply Chains: A Literature Review Exploring Social Issues, Actions and Performance Outcomes. *J Bus Ethics* **2017**, 141, 621-643. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2719-9>
- [22] ISO Guide 82:2019(en): Guidelines for addressing sustainability in standards.
- [23] Christiansen, B.: What role does maintenance play in sustainability? Dostupne na internete: <https://www.canadianmetalworking.com/canadianmetalworking/blog/management/what-role-does-maintenance-play-in-sustainability>
- [24] Green, D.: Exploring Green Maintenance to Build Sustainable Eco-friendly Facilities. Dostupné na internete: <https://www.clickmaint.com/blog/green-maintenance>
- [25] Giddens, A.: Sustainability in Maintenance: Green Practices and Environmental Responsibility. Dostupné na internete: <https://upkeep.com/blog/sustainability-in-maintenance-green-practices-and-environmental-responsibility/>
- [26] Himes E.: The Importance of Sustainable Maintenance. Dostupné na internete: <https://www.ptc.com/en/blogs/iiot/the-importance-of-sustainable-maintenance>
- [27] Bredebach, C.: Is Sustainable Maintenance a Support- or Standalone Function? A Definition. In: Herberger, D.; Hübner, M.; Stich, V. (Eds.): Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics: CPSL 2023 - 1. Hannover : publish-Ing., 2023, S. 23-33. DOI: <https://doi.org/10.15488/13421>
- [28] Ghaleb, M., Taghipour, S.: Assessing the impact of maintenance practices on asset's sustainability, *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 228, 2022, 108810, ISSN 0951-8320, <https://doi.org/10.1016/j.res.2022.108810>.
- [29] Hami, N. Shafie, S.H., Omar, S., et al.: A Review of Sustainable Maintenance in the Manufacturing Companies. *International Journal of Supply Chain Management IJSCM*, ISSN: 2050-7399 (Online), 2051-3771. Available from: https://www.researchgate.net/publication/342551049_A_Review_of_Sustainable_Maintenance_in_the_Manufacturing_Companies [accessed May 14 2024].
- [30] Franciosi, Ch., lung, B., Miranda, S., Riemma, S.: Maintenance for Sustainability in the Industry 4.0 context: a Scoping Literature Review, *IFAC-PapersOnLine*, Volume 51, Issue 11, 2018, Pages 903-908, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.459>.
- [31] Karupiah, Koppiahraj, Bathrinath Sankaranarayanan, and Syed Mithun Ali. "On sustainable predictive maintenance: Exploration of key barriers using an integrated approach." *Sustainable Production and Consumption* 27 (2021): 1537-1553.
- [32] Sari, Emelia, et al. "Sustainable maintenance performance measures: a pilot survey in Malaysian automotive companies." *Procedia CIRP* 26 (2015): 443-448.
- [33] Farnaz Ghazi Nezami & Mehmet Bayram Yildirim (2013) A sustainability approach for selecting maintenance strategy, *International Journal of Sustainable Engineering*, 6:4, 332-343, DOI: 10.1080/19397038.2013.765928.

Autor:

prof. Ing. Hana Pačaiová, PhD.
Technická univerzita v Košiciach
Letná 9, 04200 Košice

Tel.: +421903719474

E-mail: hana.pacaiova@tuke.sk

Robotizovaná kontrola nádrží

Aleš MIŠURA, Juraj URÍČEK

Anotácia

Robotizovaná kontrola nádrží prináša nové príležitosti v oblasti nedeštruktívnej kontroly materiálov. Digitalizácia procesu pridáva možnosť virtualizácie objektov kontroly a plánovania kontroly formou simulácie pred samotným nasadením a následnú kontrolu optimalizovanú počas simulácie. Robotizovaná kontrola nádrží využíva všetky dostupné metódy kontroly a je prínosom v oblasti detekcie kritických miest a prediktívnej diagnostiky, ktorá slúži ako základ pre určenie zostatkovej životnosti.

Kľúčové slová: Robot, NDT, nádrž, kontrola, ultrazvuk, RVI, EMAT, nedeštruktívna kontrola, simulácia, virtualizácia kontroly

Robotizovaná kontrola nádrží

V oblasti údržby a diagnostiky rôznych typov nádrží, je trendom využívanie kontroly bez vstupu personálu do monitorovanej objektu. Cieľom je zabezpečiť výkon kontroly spôsobom, ktorý prinesie vyššiu efektívnosť, nižšie náklady a zvýšenie úrovne bezpečnosti pri výkone práce.

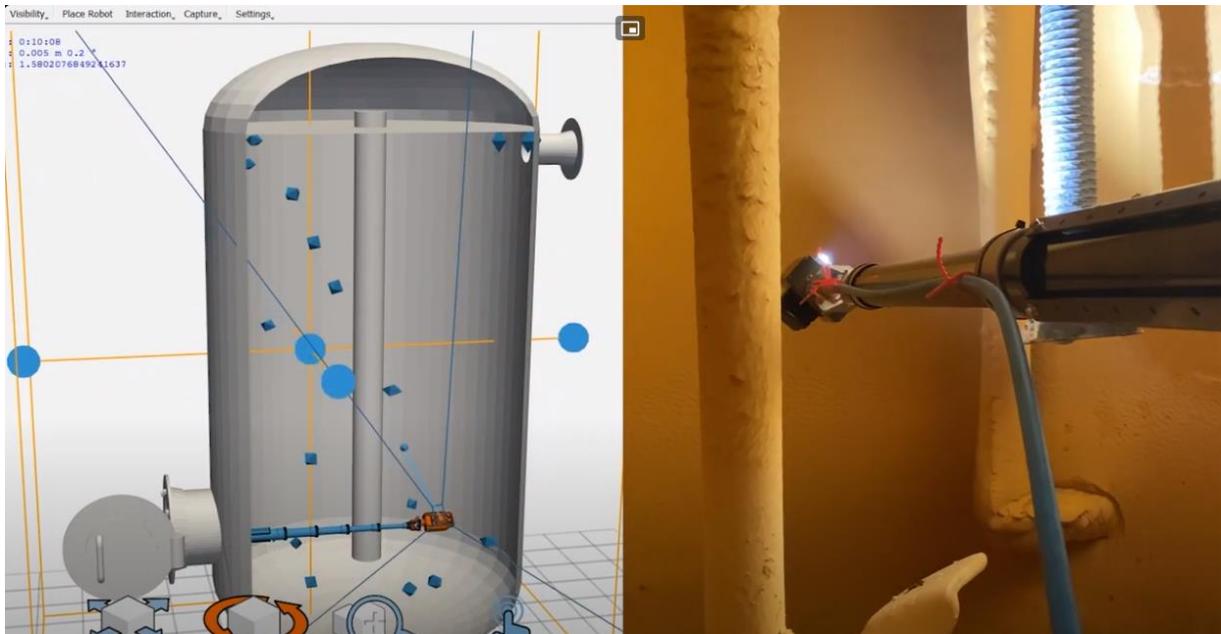
Pri diagnostike nádrží sa využíva v oblasti nedeštruktívnej kontroly viacero rôznych kontrolných metód. Využitie jednotlivých metód závisí od podmienok v objekte a od stanovenej požiadavky kontrolnej činnosti. Použitie jednotlivých metód je na jednej strane limitované zo strany podmienok v objekte, na druhej strane z technologickej stránky použitej techniky a zvolenej metódy kontroly.

Pri robotizovaných kontrolách sa často využívajú predovšetkým nasledovné nosiče NDT techniky:

- Pásové roboty
- Kolesové roboty
- Lietajúce roboty - drony
- PTZ kamery s optickým priblížením

Značným prínosom pri robotizovanej kontrole nádrží (skladovacie zásobníky, tlakové nádoby, a pod.) je priebežný zber údajov z kontroly a možnosť ich porovnávania v čase. Tieto údaje slúžia ako základ k prediktívnej údržbe zariadenia. Navyše poskytujú možnosť efektívne vytypovať kritické oblasti degradácie materiálu objektu a následne sa pri pravidelnej kontrole zamerať práve na tieto konkrétne miesta.

V oblasti softvérového vybavenia je prínosom virtualizácia objektu a kontroly, ktorá je využívaná na simuláciu a prípravu reálnej kontroly.



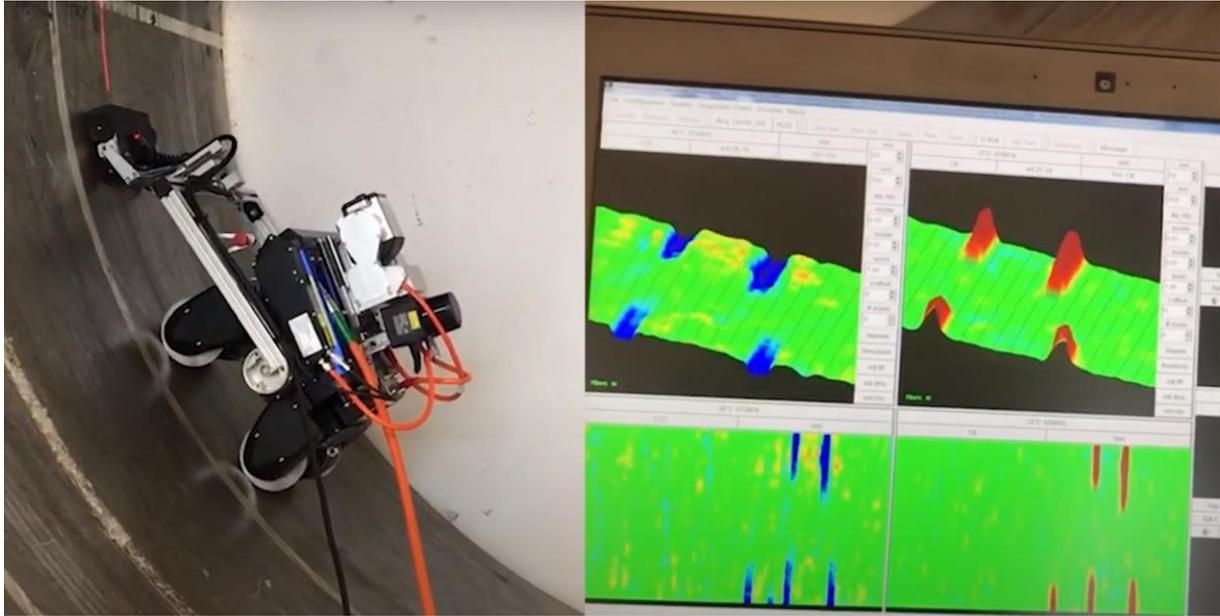
Obr. 1 – PTZ kamera pri nepriamej vizuálnej kontrole.
(Zdroj: <https://youtu.be/hplZw8Qe9bE>)

Výhody robotizovanej kontroly nádrží

Robotizácia činností je spojená s digitalizáciou údajov. Výsledkom je komplexný pohľad na kontrolovaný objekt s možnosťou 3D vizualizácie a práce v objekte vo virtuálnom prostredí. Vďaka tomu je konzistentnosť a opakovateľnosť kontroly výrazne lepšia a dosahujú sa presnejšie výsledky, pričom stúpa aj pravdepodobnosť detekcie problémových oblastí a indikácií (PoD).

Hlavné výhody robotizácie kontroly nádrží

- Zvýšená úroveň BOZP
- Vyššia pravdepodobnosť detekcie indikácií, problémových oblastí
- Možnosť kontroly oblastí, ktoré v pôvodne neboli klasickým spôsobom kontrolovateľné
- Virtualizácia objektu kontroly
- Virtualizácia celej kontroly, simulácia a príprava kontroly virtuálne pred nasadením
- Využitie laserovej technológie pre mapovanie pohybu a orientáciu (LIDAR)
- Schopnosť dostať sa na identické miesto kontroly s odstupom času s vysokou presnosťou
- Digitalizácia záznamu s údajmi o priestorovej identifikácii polohy robota a polohy kontrolovaného miesta
- Automatické generovanie správ z kontroly



Obr. 2 – Vnútroňá kontrola povrchu nádrže.
(Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=hplZw8Qe9bE>)

Nevýhody robotizácie

Napriek tomu, že výhody, ktoré prináša robotizácia inšpekčných úloh, existujú aj nevýhody, ktoré treba brať do úvahy pri voľbe vhodného spôsobu kontroly. Medzi hlavné nevýhody môžeme zaradiť nasledovné:

- Technologické limity
- Dlhšia doba prípravy v porovnaní s klasickou manuálnou kontrolou
- Vyššie obstarávacie náklady na vybavenie
- Preškolenie personálu

Technologické limity

V prípade technologických limitov sa jedná o prekážky na strane technického vyhotovenia robota samotného (rozmery, hmotnosť, schopnosť prekonávať prekážky, operačný rádius). V druhom prípade ide o limity nesenej techniky pre nedeštruktívnu kontrolu materiálov, ktorá vyplýva z použitej metódy a jej reálnych možností v daných podmienkach kontroly.

Dlhšia príprava v porovnaní s klasickou manuálnou kontrolou

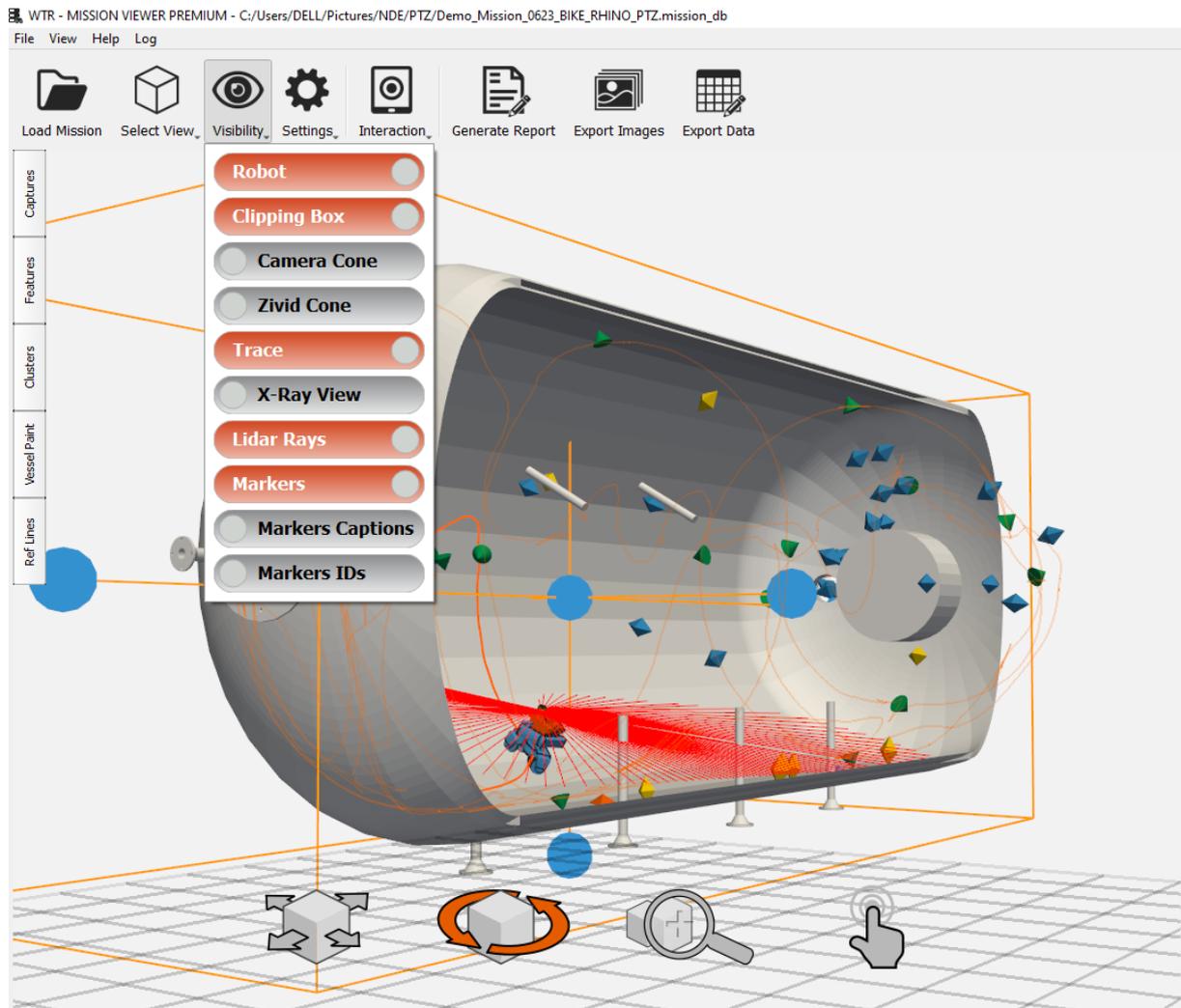
Príprava kontroly vyžaduje vopred premyslieť postupnosť krokov a ich nadväznosť, ako aj určiť pohyb v priestore. Príprava formou virtualizácie objektu a následná simulácia pohybu robota v objekte prináša pomerne presnú a adresnú kontrolu v reálnom prostredí, ktorá je tak rýchla a opakovateľná.

Vyššie obstarávacie náklady na vybavenie

Cena vybavenia v prípade robotických platforiem je výrazne vyššia. Na druhej strane často eliminuje potrebu lešení a početného ľudského personálu počas kontroly.

Preškolenie personálu

Ovládanie robota, tvorba plánu kontroly, virtualizácia objektu kontroly vyžaduje preškolenie personálu a skúsenosti s prácou s výpočtovou technikou.



Obr. 3 – Virtualizácia kontrolovaného objektu a simulácia.

(Zdroj: SW Mission Viewer, Waygate Technologies)

Typy kontrolných metód a aplikačné využitie

V oblasti nedeštruktívnej kontroly materiálov sa využívajú viaceré metódy kontroly. Rôzne metódy často slúžia aj k tomu, aby sa dosiahol rovnaký požadovaný výsledok. Voľba metódy závisí od viacerých faktorov ako sú priestorové podmienky, stav povrchu kontrolovaného materiálu, fyzikálne možnosti konkrétnej metódy.

Vybrané metódy využívané pri robotizovanej kontrole a ich aplikačné využitie

Ultrazvukové kontrola

Kontaktná meracia metóda využívajúca ultrazvukové zariadenia pre kontrolu zvarov alebo meranie zostatkovej hrúbky materiálu. V praxi vyžaduje vhodný stav povrchu a prechodové médium pre prechod ultrazvukového signálu zo snímača (sondy) do materiálu. Pri meraní zostatkovej hrúbky materiálu (monitorovanie korózie a erózie) je možné využiť bodové a plošné typy meraní so záznamom do farebnej mapy, ktorá charakterizuje farebne konkrétne hrúbky materiálu. Nevýhoda tejto metódy je, že využíva prechodové médium a vyžaduje pomerne čistý stav povrchu meraného miesta.

Bezkontaktné meranie ultrazvukom - EMAT

Elektromagnetický akustický snímač s permanentným magnetom rozširuje možnosti monitorovania korózie a erózie. Tento typ snímača sa pripája zvyčajne k bežnému ultrazvukovému zariadeniu, prípadne existujú aj uzavreté systémy, vyvinuté špecificky pre EMAT sondy (Innerspec technologies) a sonda sa umiestni buď priamo na povrch, alebo sa pomocou aplikačného vozíka nastaví 1 – 2 mm nad meraný povrch. Výhoda tohto riešenia je, že ignoruje náter, znečistený povrch, povrchovú koróziu. Nie je teda potrebné pripravovať povrch. Je možné bodové, ale aj plošné meranie so záznamom.

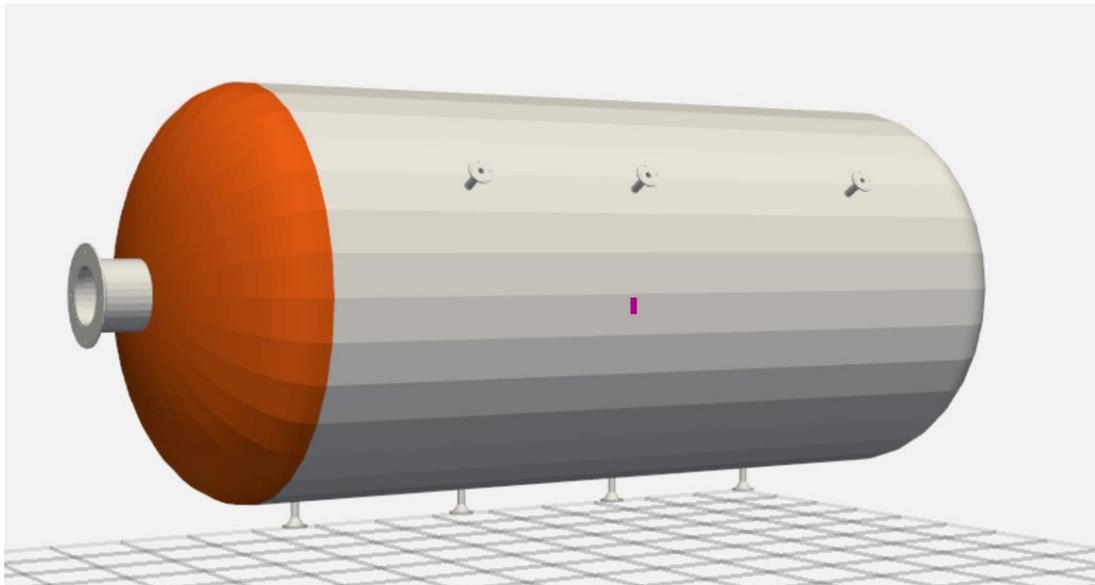
Nepriama vizuálna kontrola

Nepriama vizuálna kontrola (RVI – Remote visual inspection) znamená kontrolu povrchu a stav rôznych častí kontrolovaného objektu optickými systémami ako sú napríklad endoskopy, boroskopy, PTZ kamery. Výhodou tohto riešenia je, že v prípade rozľahlého objektu často postačuje vstup zariadenia len z jedného bodu a priblíženie optikou (napr. PTZ kamera ponúka 30x optické priblíženie), a záznam do obrazu alebo videa. V prípade endoskopov s 3D meraním je možné merať drobné plochy s koróziou, jamkovú koróziu, veľkosť trhlín, atď.).

Softvérové vybavenie

Softvérové vybavenie tvorí neoddeliteľnú a podstatnú časť digitalizovanej kontroly aj v prípade robotizovaných riešení. Štandardom sú rôzne simulačné a modelovacie softvérové produkty, ktoré sa využívajú vo fáze plánovania a testovania kontroly vo virtuálnom prostredí ešte pred samotným nasadením zariadenia do reálneho prostredia. Predpokladom úspešnej kontroly je presná virtualizácia a naplánovanie kontroly vo virtualizovanom prostredí a následne prenesenie celého plánu vrátane napr. optimálneho priestorového pohybu do reálneho prostredia. Výhodou je naplánovanie kontroly tak, aby trvala, čo najkratší čas, nedošlo k nečakaným udalostiam počas kontroly.

Súčasný softvérový vybavenie, ktoré je vhodne skombinované s hardvérovým vybavením, dokáže replikovať pôvodnú kontrolu v pravidelných intervaloch a porovnávať údaje v čase. Pre orientáciu počas kontroly sa napríklad využíva LIDAR v spojení s virtualizovaným objektom. Operátor tak počas kontroly, bez priamej viditeľnosti zariadenia, vidí pohyb aj polohu zariadenia nielen cez obraz kamier, ale aj na vytvorenom virtuálnom objekte.



*Obr. 4 – SW pre tvorbu objektov Asset Builder
(Zdroj: Waygate Technologies, Inspection Robotics)*

Záver

Robotizovaná kontrola nádrží spojená s digitalizáciou procesov prináša mnoho výhod v podobe vyššej presnosti kontroly, jej opakovateľnosti a schopnosti identifikovať rizikové miesta v objektoch kontroly. Proces eliminuje rôzne riziká z pohľadu BOZP a samotná virtualizácia a simulácia procesu pred reálnym výkonom kontroly eliminujú rôzne riziká, ktoré by inak vznikali pri kontrole „na slepo“ bez simulačnej prípravy.

Použitá literatúra:

- [1] <https://www.bakerhughes.com/waygate-technologies/robotic-inspection>
- [2] <https://www.bakerhughes.com/waygate-technologies/robotic-inspection/assetbuilder-software>

Autori:

Ing. Aleš Mišura
konateľ
NDE Solutions, s.r.o.
Háľkova 31, 01001 Žilina
Tel.: +421 41 37 002 37 E-mail: ndesolutions@ndesolutions.sk

doc. Ing. Juraj Uríček, PhD.
KAVS, SJF, ŽU Žilina
Háľkova 31, 01001 Žilina
E-mail: juraj.uricek@fstroj.uniza.sk

Progresívne metódy a prostriedky ochrany, monitorovania a technickej diagnostiky strojov

Peter TIRINDA

Anotácia

Monitorovanie technického stavu strojov prostredníctvom merania a analýzy mechanického kmitania je veľmi dôležitou a nevyhnutnou činnosťou pre zvýšenie prevádzkyschopnosti strojov. Monitorovacie systémy musia spĺňať v prvom rade požiadavky noriem pre bezpečnosť strojov a až následne riešiť vibrodiagnostické úlohy. Najnovšia koncepcia v oblasti posudzovania technického stavu strojov spočíva v tom, že monitorované a technologické parametre sa ukladajú do spoločnej technologickej databázy, kde možno navzájom korelovať rôzne údaje za účelom technickej diagnostiky.

Kľúčové slová: bezpečnosť, ochrana, vibrodiagnostika

Úvod

Zvuk a mechanické vibrácie možno považovať za mimoriadne blízke fyzikálne veličiny. V určitom priblížení platí pravidlo, že tam kde sú mechanické vibrácie je aj hluk (zvuk) a platí to aj opačne. Možnosti aplikácie merania a analýzy zvuku a vibrácií sú nasledujúce:

1. Meranie, analýza a monitorovanie hluku v pracovnom prostredí;
2. Meranie a hodnotenie zvuku vo verejnom zdravotníctve;
3. Monitorovanie komunálneho hluku (včítane pozemnej dopravy monitorovanej dopravnou políciou)
4. Meranie a analýza zvuku v letectve, automobilovom priemysle, vesmírnom výskume a obrane;
5. Monitorovanie hluku v okolí letísk;
6. Monitorovanie hluku prostredníctvom akustických kamier za účelom diagnostiky;
7. Monitorovanie mechanického kmitania budov a stavebných konštrukcií;
8. Monitorovanie kmitania na ľudskom tele (operátori, vodiči zemných, poľnohospodárskych strojov);
9. Vibračné testy za účelom kontroly kvality a spoľahlivosti výrobkov (v letectve, automobilovom priemysle, vesmírnom výskume a obrane);
10. Meranie a analýza mechanického kmitania za účelom diagnostiky stavu stroja prenosnými prístrojmi tzv. Off-line diagnostika;
11. Meranie a analýza mechanického kmitania za účelom ochrany strojov, bez podpory počítača, tzv. On-line monitorovanie strojov;

12. Meranie a analýza mechanického kmitania za účelom ochrany, monitorovania technického stavu a vibrodiagnostiky strojov, s podporou počítača a výkonnej databázy tzv. počítačom podporované On-line monitorovanie strojov;

MONITOROVANIE TECHNICKÉHO STAVU, OCHRANA A DIAGNOSTIKA STROJOV

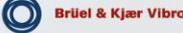
Dodávka ucelených vibrodiagnostických a bezpečnostných monitorovacích systémov „na kľúč“. Diagnostika a ustavenie rotačných strojov, servisné zmluvy.



ISO 9001



VCM-3 / DDAU-3



Brüel & Kjær Vibro

Bezpečnostné a vibrodiagnostické systémy pre energetiku, plynárstvo, chémiu, petrochémiu, hutníctvo, cementárne, papierený priemysel ako aj pre rôzne iné aplikácie.



VIBROCONTROL 8000

Vysokokvalitné trvalé monitorovanie strojov. Prvý a aktuálne jediný systém na svete, kompatibilný s OS/soft*PI serverom.

Sortiment produktov HBM

Široká ponuka snímačov sily, krútiaceho momentu a ďalšieho sortimentu z portfólia značky HBM.





Brüel & Kjær

Prístroje na meranie hluku a vibrácií v životnom a pracovnom prostredí. **Meracie mikrofóny a snímače vibrácií** **Systémy na modálnu analýzu** **Univerzálny systém BK Connect™** **na riešenie vibrodiagnostických úloh** **Elektrodynamické budiče** a systémy pre vibračné skúšky.





Fixturlaser

Ďalej Vám ponúkame široký sortiment prenosných prístrojov na pochôdkovú vibrodiagnostiku strojov, ako aj špičkové prístroje na nastavenie, súosovosti horizontálnych a vertikálnych rotorov (tzv. ustavenie strojov).



TRVALÉ BEZKONTAKTNÉ MONITOROVANIE TEPLoty






VIBROSTORE 100





B&K S.R.O.
Bratislava

Palisády 20, 811 06 Bratislava
02 / 5443 0701 | bk@bruel.sk

www.brueel.sk

Obr. 1 Prehľad možností aplikácie merania a analýzy zvuku, mechanických vibrácií a trvalé bezkontaktné monitorovanie teploty

Z pohľadu prevádzky a údržby strojov, základné prostriedky a metódy sú zamerané najmä na správne a presné meranie, monitorovanie a analýzu mechanického kmitania. Exaktnejší opis základov vibrodiagnostiky je v tvrdení, že vibrodiagnostika je dôsledná a algoritmizovaná analýza zmien dynamických vlastností strojov resp. častí strojov. Je však dôležité zdôrazniť podstatu a ciele vibrodiagnostiky a monitorovania technického stavu strojov. Podstata monitorovania technického stavu strojov je v meraní charakteristických hodnôt mechanického kmitania a v súčasnom porovnaní výsledkov merania s kritériálnymi - limitnými hodnotami určenými technickými normami, výrobcom stroja alebo na základe dlhodobého pozorovania technického stavu sledovaného stroja. Monitorovanie je spravidla zamerané na určenie okamžitého technického stavu, ale nie je zamerané na určenie príčin, ktoré vyvolávajú zmeny dynamických vlastností strojov alebo zmeny technického stavu. Monitorovanie technického stavu je určené najmä na ochranu a bezpečnosť strojov a prevádzkových prostriedkov. Prístroje a systémy určené na monitorovanie technického stavu umožňujú posudzovať technický stav stroja a v prípade havarijného stavu varovať alebo automaticky vypnúť monitorované stroje. Vzhľadom na vážnosť takého rozhodovania monitorovacie systémy majú byť vyrábané, inštalované a prevádzkované v súlade s odporúčaniami technických štandardov, t.j. technických noriem (ako napr. ISO, STN, API atď.). Okrem ochrany majetku resp. technických

prostriedkov je dôležité si uvedomiť, že často sa jedná aj o ochranu zdravia a životov ľudí. V prípade, že havária alebo vážne poškodenie strojov spôsobí úraz s trvalým následkom alebo smrťou človeka, nedodržanie odporúčaní technických noriem môže mať aj trestnoprávne následky. Odporúčania týkajúce sa spôsobu merania a miesta uloženia - inštalácie snímačov ako aj kritérií hodnotenia technického stavu sú zakotvené v technických normách najmä ISO, ktoré majú dlhodobú platnosť a sú uznávané na celom svete.

Monitorovacie systémy

Technické prostriedky pre monitorovanie technického stavu strojov a vibračnú diagnostiku, ktoré sú v súčasnosti k dispozícii na svetovom trhu, v zásade možno rozdeliť do nasledujúcich štyroch skupín:

1. **Modulárne zabezpečovacie systémy**, spriahnuté s trvale nainštalovanými snímačmi, určené na prevádzkovanie v priemyselnom prostredí (bezpečnostné a zabezpečovacie on-line systémy). Významnými reprezentantmi tejto skupiny sú napr. systémy VIBROCONTROL 6000 a VIBROCONTROL 8000 / SETPOINT, ktoré spĺňajú odporúčania ISO 10816, STN ISO 7919 a API 670 (viď. obr.2)



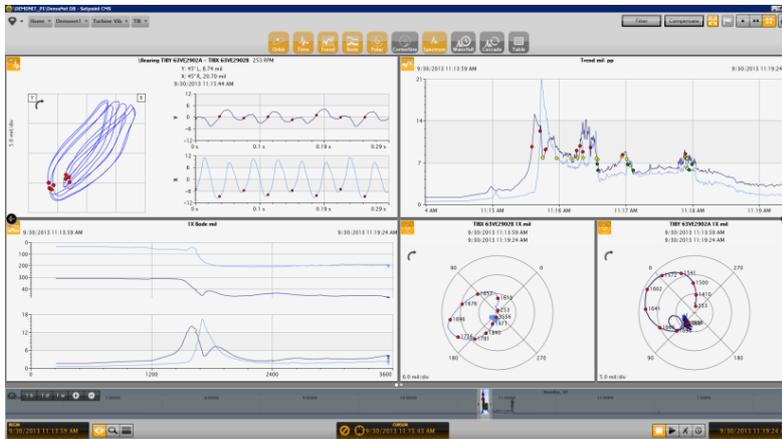
Obr. 2 VIBROCONTROL 8000 / SETPOINT spĺňa odporúčania ISO 10816, STN ISO 7919 a API 670 a je kompatibilný so systémom PI Aveva™ (OSIsoft®.)

Hlavné výhody systému VIBROCONTROL 8000 / SETPOINT:

- Prvý systém na svete, ktorý je kompatibilný so systémom **PI /Aveva™ (OSIsoft®)**
- 19-palcový rám pre až 56 kanálov
- 8,4-palcový dotykový predný displej
- Systém diagnostiky vibrácií spĺňa API-670
- Systém možno pripojiť k existujúcim zabezpečovacím systémom
- Systém je vybavený vnútornou pamäťou (SD a SSD) na ukladanie údajov v časovej oblasti
- Vysoká spoľahlivosť

2. **Kombinované zabezpečovacie a vibrodiagnostické systémy**, spriahnuté s trvale nainštalovanými snímačmi, určené na prevádzkovanie v priemyselnom prostredí (tzv. integrované on-line systémy).

Významnými reprezentantmi tejto skupiny je systém COMPASS 6000, spĺňa odporúčania ISO 10816, STN ISO 7919 a API 670 a systém SETPOINT CMS (viď. obr.3).

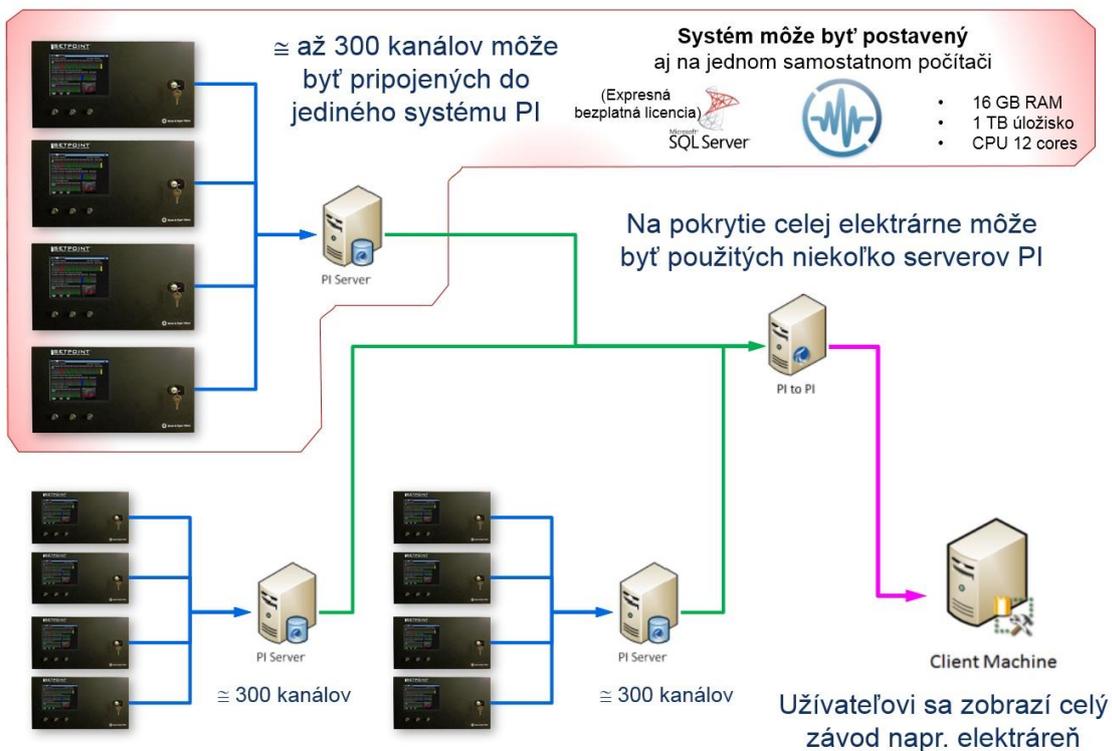


Aveva
partner

Obr. 3 Systém SETPOINT CMS ako jediný pracuje so systémom PI /Aveva™ (OSisoft®) pričom ponúka rozsiahle diagnostické metódy na určenie príčin problematického technického stavu strojov.



Veľkosť systému



B & K s.r.o., Palisády 20, 811 06 Bratislava, www.bruel.sk

Obr. 4 Architektúra systému z viacerými OSisoft® /Aveva™ PI Serverov

PI Aveva™/OSIsoft® PI Server je stále viac a viac rozširujúcou sa platformou, ktorá je schopná integrovať platformy rôznych DCS z celého závodu alebo komplexu výrobných závodov. Veľkou výhodou je, že systém umožňuje kombinované zobrazenie a analýzu procesných parametrov ako aj charakteristických hodnôt mechanických vibrácií.

3. **Systémy umožňujúce vibračnú diagnostiku prostredníctvom pravidelných opakovaných pochôdzkových meraní** v priemyselnom prostredí (off-line systémy). VST-100 a VST-100E sú prístroje, ktoré využívajú najmodernejšiu technológiu s farebnou zobrazovacou jednotkou, môžu byť dodané aj pre Ex prostredie (ATEX certifikované), sú podporované výkonným programom REO pre PC (viď. obr.5).



Obr.5 VST 80 a VIBROPORT 80 využívajú najmodernejšiu technológiu s farebnou zobrazovacou jednotkou, môžu byť dodané aj pre Ex prostredie (ATEX certifikované), a sú podporované výkonným programom REO pre PC.



Brüel & Kjær Vibro
A member of the NSK Group



BKV GO
Condition Monitoring Made Easy

The BKV Go solution – the hardware side of the story...

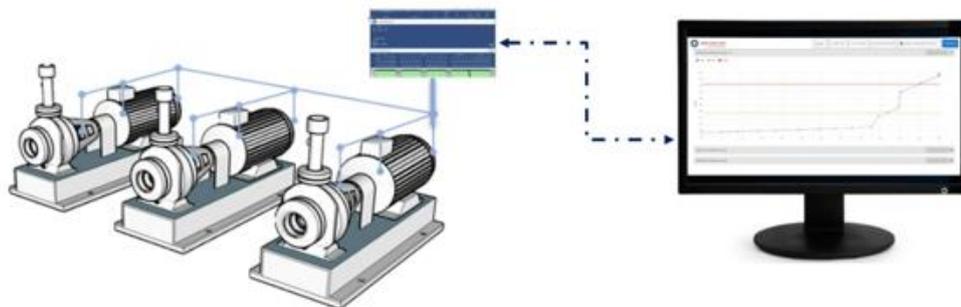
The content of the package:

- VCM-3 monitoring device:
 - Incl.: Configuration via BKV Config website.
 - Incl.: On board insights dashboard.
- Steel housing.
 - Incl.: VCM-3, circuit breaker and power supply.
 - Enables installations in rough environments (IP66 certified).
- 1 x acceleration sensor package (AS-667).
- 1 x cable package (optional).
- 1 year free remote customer support (level 1)
- Quick start guide.
- 3 package sizes available.....

Carvalho, Thomas (edemg) www.bkv-go.com

Obr.6 Zostava BKV GO Mimoriadne zaujímavým riešením na báze VCM-3, ktorý má 12 vibračných vstupov a zabudovaný WEB server

Pre technickú diagnostiku strojov s konštantnými otáčkami napr. čerpadlá, ventilátory atď. s elektrickým pohonom, mimoriadne efektívnym riešením je *BKV GO*



Obr. 7 BKV GO na báze VCM-3, ktorý má 12 vibračných vstupov a zabudovaný WEB server, nevyžaduje žiadny špecializovaný software, vystačí iba len s prostriedkami MS Windows ako napr. Chrome.



Obr. 8 Na podporu monitorovania technického stavu slúži aj a trvalé bezkontaktné monitorovanie teploty

Autor:

Ing. Peter Tirinda, CSc.

B & K s.r.o.

Palisády 20

811 06 Bratislava

Tel.: 02/ 544 307 01

E-mail: bk@bruel.sk Web: www.bruel.sk

Snímače kondice olejů nové generace

Jan NOVÁK

Anotace

Snímače pro sledování parametrů průmyslových maziv jsou k dispozici řadu let, ale s rozvojem průmyslu 4.0 získávají větší pozornost a dostávají se i do širšího spektra průmyslových aplikací. Dnes na trh přicházejí inovativní technologie optických senzorů maziv, které eliminují nedostatky předchozích generací senzorů. Tyto senzory nabízejí pokročilou detekci a monitorování stavu maziv a díky své vysoké spolehlivosti a přesnosti poskytují uživatelům klíčové informace pro optimalizaci údržby a prodloužení životnosti strojů a zařízení.

Klíčová slova: senzory, olej, kontaminace

1 Úvod

Pokud firma chce být dlouhodobě úspěšná, tak musí vnímat údržbu jako investici a není náhodou, že právě ty nejúspěšnější firmy využívají moderní strategie údržby a intenzivně pracují s informacemi. Taková strategie využívá různé diagnostické nástroje, tak aby maximalizovali efektivitu provozu a díky práci s daty získávají další nástroje jak současnou efektivitu dále zvýšit.

Pro stroje, kde je konstrukčním prvkem mazivo je jedním z takových nástrojů tribodiagnostika. Tribodiagnostika je klíčovým nástrojem pro diagnostiku stavu strojů a předvídaní možných poruch či selhání, protože olej je nositelem informací z celého stroje.

Hlavním cílem tribodiagnostiky je porozumět mechanismům mazání a opotřebení, identifikovat problémy spojené mazáním a na základě tohoto porozumění provádět taková opatření, která zvýší efektivitu, spolehlivost, bezpečnost nebo např. energetickou náročnost provozu strojů.

2 Tribodiagnostika

Rozvoj laboratorních metod a laboratoří umožnil zásadní změnu v přístup k olejům ve strojích. Dříve se nikdo nepozastavoval nad tím, že výměny olejů ve strojích probíhají dle plánu údržby, resp. předpisu v návodu – např. po jednom, dvou či čtyřech letech. Bohužel tento systém ne vždy vedl k vysoké spolehlivosti strojů a je také nákladný. Laboratorní analýza, která porovnává fyzikálně chemické vlastnosti oleje s vlastnostmi nového oleje, umožnila zásadním způsobem prodloužit životnost olejů ve strojích, protože velice často ukáže, že vlastnosti oleje jsou i po několika letech provozu v srovnatelné s parametry nového oleje a olej je schopen dalšího provozu.

Laboratorní analýza dokáže mnohem víc než jen stanovit zda je olej schopen dalšího provozu. Sledování vybraných parametrů a jejich trendová analýza je významný nástroj k vyhodnocení stavu

stroje/zařízení, který umožní včas předvídat vznikající poruchy a údržba tak může včas provést vhodné opatření předtím, než dojde k poruše a stroj je nutné odstavit a nákladně opravovat. Pravidelné trendování výsledků analýzy maziv minimalizuje prostoje, umožňuje efektivní a méně nákladnou údržbu strojů a zvyšuje efektivitu jejich provozu.

3 Od vzorků k on-line

Pokud chceme využít výsledky laboratorních analýz olejů z odebraných vzorků pro tribodiagnostiku, musíme splnit řadu podmínek. Mezi ty hlavní patří:

- Správný odběr vzorku – je nutné odebrat reprezentativní vzorek a nijak jej nekontaminovat
- Vhodný okamžik – stroje se nacházejí v různých pracovních stavech – zajímá nás nejčastěji stav kdy stroj je v provozu a v pracovním režimu, který je nejobvyklejší
- Dopravní zpoždění – vzorek se musí dostat do laboratoře co nejdříve
- Vhodné parametry – některé parametry oleje nám prozradí více o kondici oleje, jiné parametry nám více poradí o kondici stroje. Některé parametry se mění málo, některé se mění velice dynamicky.
- Vysoká frekvence odběru vzorků

Čím více dat o stroji máme, tím přesnější závěr může tribodiagnostik stanovit. A právě frekvence analýz je hlavní problém analýzy vzorků, protože analyzovaný vzorek oleje reprezentuje jeden konkrétní okamžik, jeden konkrétní stav stroje. Pokud odebíráme vzorky oleje např. 4x ročně, může se v mezidobí stát řada událostí, které mají vliv na technický stav stroje, ale díky malé četnosti vzorků nám tento „diagnostický signál“ unikne.

Jako příklad lze uvést tuto situaci – vlivem krátkodobého přetížení stroje (např. vedení požaduje krátkodobé navýšení objemu výroby) dojde také k přetížení třecích dvojic ve stroji a díky tomu dojde ke krátkodobému nicméně fatálnímu selhání funkce maziva a dojde ke zvýšené únavě materiálu a vzniknou částice opotřebení. Tyto částice olej odnáší pryč do systému. Podstatné je, že tyto částice jsou naprosto zásadní pro to, abychom pochopili co se stalo. Pokud nevíme, že takové opotřebení vzniklo a že takovým přetížením poškozujeme stroj, tak se takové situace budou opakovat. Nicméně koncentrace těchto částic se v celém objemu oleje stroje postupně naředí, částice sedimentují v nádrži, zachytí se nám na filtrech atp. Až příště odebereme vzorek, tak s největší pravděpodobností tyto částice v oleji už nenajdeme.

Další typický příklad je doplnění kontaminovaného oleje do stroje. Toto je častý příklad chyby, protože se mazivo kontaminuje např. díky zaprášené nálevce. Takto vniklá kontaminace pochopitelně může ovlivnit chování stroje a způsobit opotřebení, ale po čase opět koncentrace částic přirozeně klesá. V takovém případě obsluha neví, že něco dělá špatně a nemá ani důvod své chování měnit.

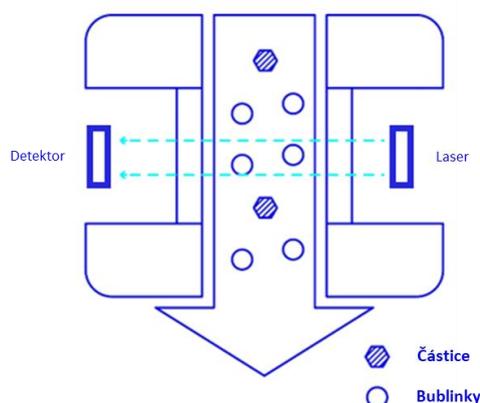
A přesně z těchto důvodů vznikly on-line snímače různých parametrů oleje. Díky nepřetržitému sledování získáváme nedocenitelná data o chování stroje a systému provozu a údržby. Taková data lze potom zpracovat pro velice přesné informace pro řízení výroby a údržby.

4 Sledování částic v oleji

Jak bylo uvedeno v předchozím textu, sledování částic v oleji v reálném čase je z pohledu identifikace kontaminace oleje, opotřebení a pochopení příčin a následků těchto dějů dokonalý nástroj.

Historie online senzorů částic sahá zpět několik desetiletí, přičemž vývoj a inovace v této oblasti byly úzce spojeny s pokrokem v technologii senzorů, elektroniky a informačních systémů. První online senzory částic se začaly objevovat v průmyslových aplikacích ve druhé polovině 20. století. Tyto senzory byly často založeny na zastaralých technologiích a měly omezenou přesnost a spolehlivost.

S rozvojem a pokrokem v oblasti laserového a fotoelektrického sensorování začaly vznikat online senzory částic založené na optických principech. Tyto senzory umožňují přesnější a citlivější detekci částic ve vzduchu nebo kapalinách.



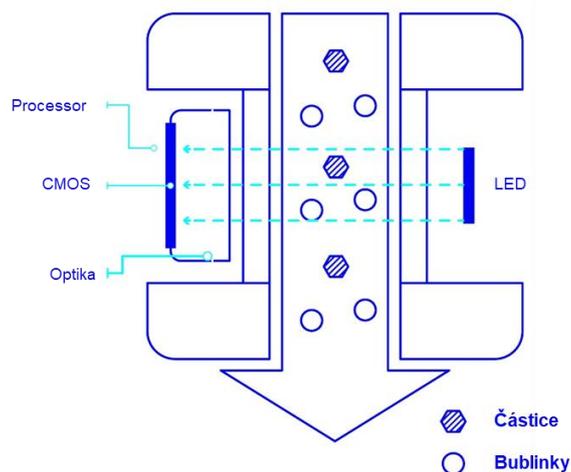
Obr. 1 - Princip laserového snímače částic v kapalině

Laserové snímače využívají pro svoji funkci jednoduchý princip, kdy částice procházející skrz optické pole laseru, přerušují tok světla do detektoru, který zaznamená pokles signálu a ten je pak elektronikou snímače převeden dle kalibrace na rozměr částice. Pokud tedy protéká olej snímačem, snímač je schopen změřit velikost procházejících částic a spočítat počet těchto částic v prošlém objemu a vyjádřit tyto hodnoty např. dle mezinárodního standardu ISO 4406, NAS 1638 a dalších.

Tento princip má však také svoje nevýhody. Zejména nedokáže rozlišit pevnou částici od částice aditiv nebo bublinky vzduchu. V laboratorních podmínkách si s tím dokáže laboratoř vhodnou přípravou vzorku poradit, ale v on-line monitoringu tento faktor může zanechat falešné diagnostické signály a nepřekonatelné problémy.

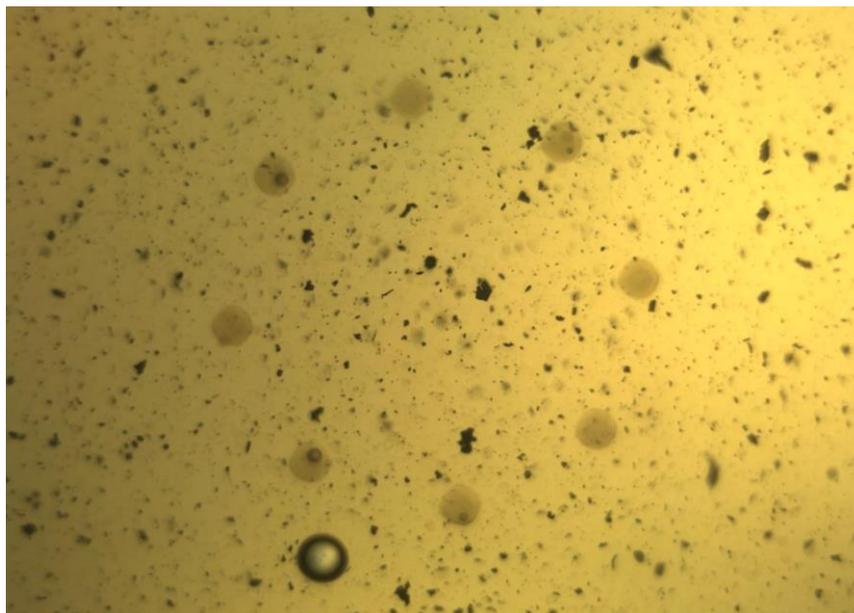
5 Unikátní diagnostika s AI

Firma Atten[2], která vznikla po 16 letech vývoje technologie optických snímačů v institutu Tekniker, přináší do průmyslového světa revoluční přístup k monitorování olejů a procesních kapalin – senzor OilWear. OilWear využívá bezčočkovou optiku a CMOS snímač s vysokým rozlišením a několikrát za sekundu snímkuje kapalinu protékající senzorem.



Obr. 2 - Princip optického snímače OilWear

V samotném snímači je velice výkonný procesor, který tyto snímky zpracovává a díky algoritmům počítačového vidění rozpozná částice v oleji, změří jejich velikost, tvar, sleduje jejich pohyb, takže stejnou částici nepočítá vícekrát atd. Díky algoritmu umělé inteligence také rozpozná případné bublinky vzduchu, které se v oleji za provozu strojů vyskytují téměř vždy nebo kapky vody. Díky tomu je tento snímač mnohem přesnější oproti konvenčním laserovým.



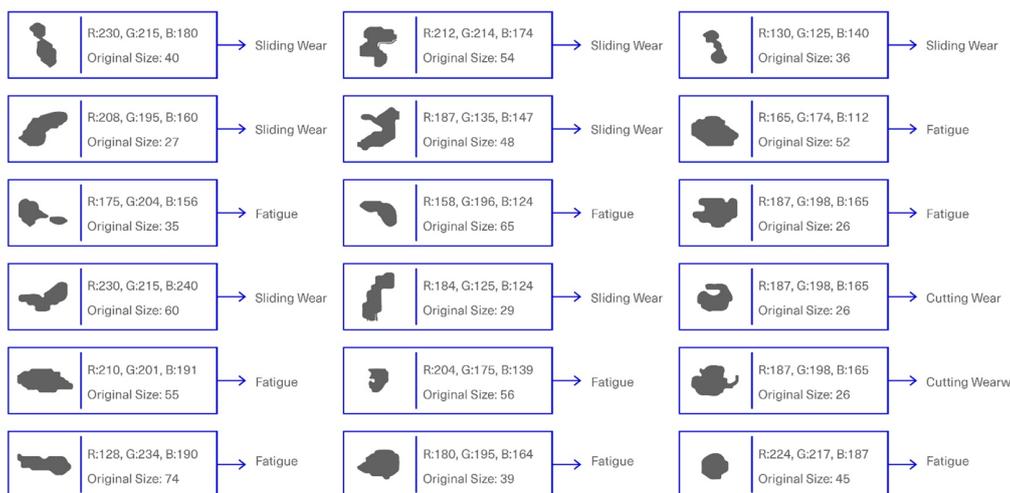
Obr. 3 - Snímek kontaminace oleje zaznamenaný snímačem

OilWear je tedy online senzor schopný detekovat částice nečistot větších než čtyři mikrony v kapalině stroje, rozdělit je do šesti velikostních rozsahů, stanovit stupeň degradace maziva.

Unikátní vlastností tohoto snímače je však, že díky algoritmu umělé inteligence natrénované na statisících vzorců je schopen identifikovat morfologii částic – tedy jaké částice opotřebení se v oleji vyskytují. Snímač je chopen identifikovat z tvaru částice, zda se jedná o částici opotřebení a jakého druhu.

Root Cause analysis

Automatic Particles shapes recognition and classification



Obr. 4 Umělá inteligence je schopna rozpoznat, zda se jedná o částici opotřebení a kategorizovat druh

Tato informace je pro přesnost diagnostiky zcela zásadní. Pokud je diagnostikována přítomnost částic např. únavového opotřebení, zásah údržby může být mnohem efektivnější a kratší, protože lze omezit další diagnostiku a zásah jen na místa, kde se se takové opotřebení může vyskytnout.

V neposlední řadě, lze také identifikovat stavy, kdy počet částic nepřekračuje stanovený limit (např. překročení třídu počtu částic a samostatný čítač částic by hlásil, že je vše v pořádku), ale začínají se objevovat známky opotřebení. OilWear tento stav zaznamená a předává tak důležitý diagnostický signál pro provoz stroje. V tom je obrovská přidaná hodnota tohoto snímače.

6 Závěr

Díky pokroku v technologii senzorů, elektroniky a informačních technologií jsou dnešní online senzory částic výkonnější, přesnější a mají více funkcionalit než kdy jindy, což umožňuje průmyslovým společnostem získávat důležité informace o kvalitě olejů v reálném čase.

Uvedené faktory předurčují snímač OilWear jako ideální pro přehled o stavu stroje a jeho opotřebení na veškeré kritické aplikace. Možnosti aplikace jsou ale mnohem širší a tímto snímačem je možné monitorovat čistotu v podstatě libovolné kapaliny všude, kde je čistota kapaliny nutná – prací lázně, oplachy, nápoje a podobně.

Autor:

Ing. Jan Novák
Technický ředitel
KLEENTEK spol. s r.o.,
Kutnohorská 11/57, 111 01 Praha 10
Tel.: +420 608 826 748 E-mail: jan.novak@kleentek.cz

Maziva a přísady do maziva s nanočásticemi IF-WS₂ od NANOTECH-EUROPE

Milan ŠTELCL

Anotace

Nanotechnologie pomáhají měnit a zdokonalovat vlastnosti materiálů. Tvoří nové struktury, využívá lidské poznání i to, co nám dala příroda. Příroda je nejdokonalejší nanotovárna. Z atomů a molekul dokáže vytvářet nejen složité sloučeniny, ale i tvory schopné reprodukce. A my jsme se díky pokročilým technologiím naučili v tomto velmi malém světě pracovat.

Fullereny s wolframem a sírou IF-WS₂ jsou základní složkou našich maziv zn. NANOTECH. Wolfram má vynikající vlastnosti a neaktivní síra strukturu drží pohromadě. NANO ONIONS – vícevrstvé sférické fullereny disulfidu wolframu IF-WS₂ mají obrovský význam v tribologii. Hlavní benefity jsou, zásadní snížení opotřebení a tření. Vzhledem ke své struktuře jsou mimořádně odolné vůči vnějším fyzikálním vlivům. Fungují jako miniaturní kuličková ložiska a zlepšují kvalitu třecích ploch.

NANOTECHNOLOGIE pomáhají MĚNIT a ZDOKONALOVAT vlastnosti materiálů. Tvoří nové struktury, využívá lidské poznání i to, co nám dala příroda.

Příroda je nejdokonalejší nanotovárna.

Z atomů a molekul dokáže vytvářet nejen složité sloučeniny, ale i tvory schopné reprodukce. A my jsme se díky pokročilým technologiím naučili v tomto velmi malém světě pracovat.

Nové molekuly se jmenují fullereny

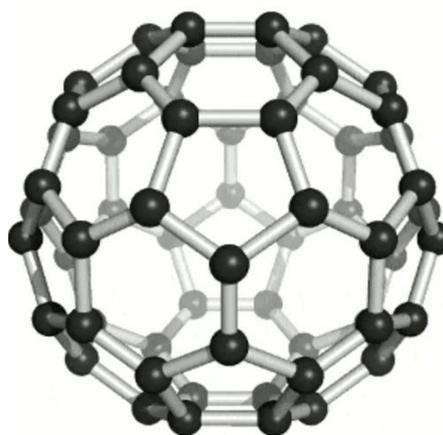
Za jejich objev byla v roce 1996 udělena **Nobelova cena**.

Koule, jejíž stěny jsou tvořeny pěti a šestiúhelníky z atomů uhlíku.

Později vědci zjistili, že mohou být složeny i z jiných atomů.

Typy:

- buckyball klastry - nejmenší z nich je C₂₀
- polymerní
- nano "onions" - vícevrstvé sférické fullereny (využití do maziv)
- buckypaper - fullereno-kompozitní materiály



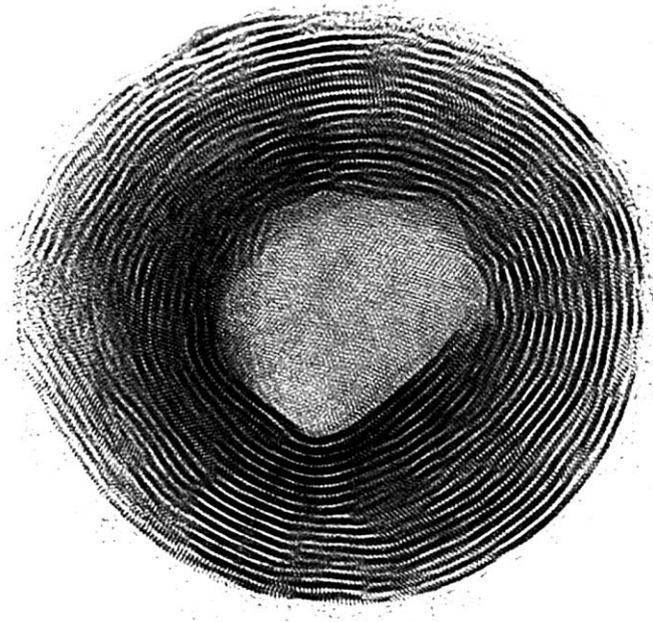
Fullereny s wolframem a sírou IF-WS₂ jsou základní složkou našich maziv zn. NANOTECH.

Wolfram má vynikající vlastnosti a neaktivní síra strukturu drží pohromadě.

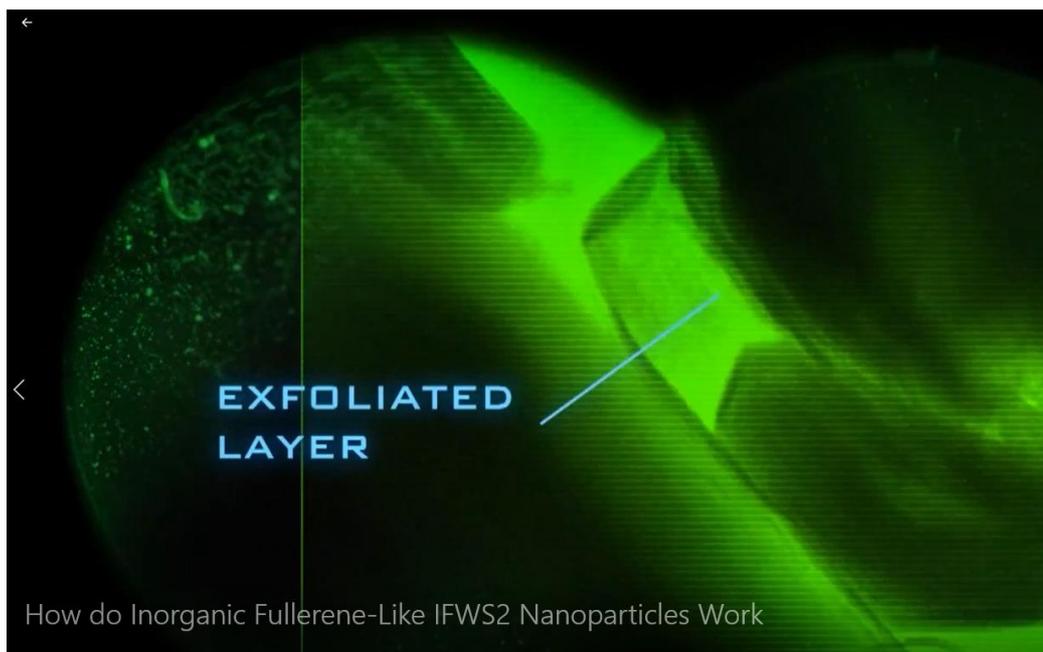
NANO ONIONS - vícevrstvé sférické fullerény disulfidu wolframu IF-WS₂ mají obrovský význam v tribologii. Hlavní benefity jsou, zásadní snížení opotřebení a tření. Vzhledem ke své struktuře jsou mimořádně odolné vůči vnějším fyzikálním vlivům.

Fungují jako miniaturní kuličková ložiska a zlepšují kvalitu třecích ploch.

Pod elektronovým mikroskopem vypadá částice takto. Skládá se z několika desítek vrstev a má duté jádro.



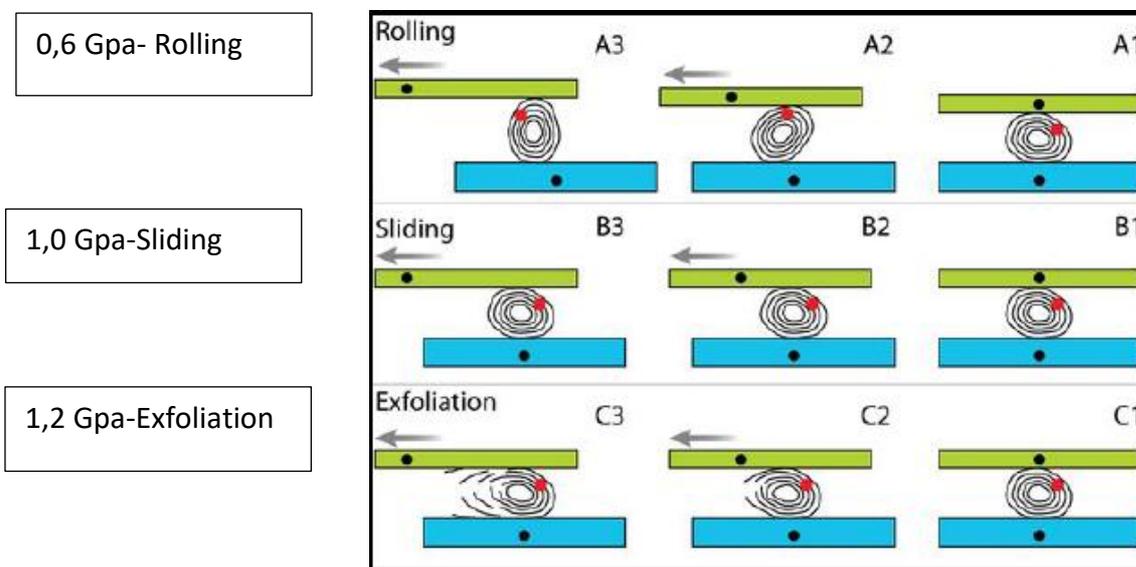
Za působení smyku a tlaku nad 1,2 Gpa dochází k oddělení jedné vrstvy a navázání na kluznou plochu. Záběr z TEM.



Odvalování částice. Záběr z TEM



Studium mechanismu lubrikace IF-WS₂ nanočástic za různých tlaků



Maziva zn. NANOTECH s částicemi IF-WS₂ vykazují vyšší výkon jak MoS₂, grafen, grafit, PTFE a další.

Částice IF-WS₂ o submikronové velikosti a téměř kulovitým tvaru, dodávají mazivům zcela ojedinělé vlastnosti. Vše se děje na molekulární úrovni.

Hlavní benefity:

o 37 – 200%
SNÍŽENÍ OPOTŘEBENÍ

až o 35%
SNÍŽENÍ TŘENÍ

až 3 x
PRODLOUŽENÉ SERVISNÍ INTERVALY

až o 50%
MENŠÍ APLIKAČNÍ MNOŽSTVÍ

Jak pomáhají maziva zn. NANOTECH:

- SNIŽUJÍ SPOTŘEBU MAZIVA
- SNIŽUJÍ SPOTŘEBU PALIVA a ENERGIE
- SNIŽUJÍ MNOŽSTVÍ ŠKODLIVÝCH EMISÍ
- PRODLUŽUJÍ ŽIVOTNOSTI/FUNKČNOSTI ZAŘÍZENÍ
- SNIŽUJÍ OPOTŘEBENÍ NÁSTROJŮ PŘI OBRÁBĚNÍ A TVÁŘENÍ

NANO maziva nabízíme na olejové a vodní bázi, plastická maziva a suché povlaky

- 1) Pro osobní a nákladní auta, stavební, zemědělské a lesní stroje. Nabízíme pro motorové oleje, mechanické převodovky, rozvodovky a diferenciály. Plastická maziva pro podvozkové skupiny, ložiska, čepy...
- 2) Pro stroje ve strojírenství a zpracovatelském průmyslu. NANO přísady do olejových náplní (převodovky, vřetena...) a plastická maziva s vysokým výkonem.
- 3) NANO aditiva do procesních (emulzních) kapalin pro třískové obrábění, tváření za studena, zápusťkové kování až do teploty 550°C, víceoperační tvářecí automaty.
- 4) Nanostrukturované PVD povlaky, včetně lokalizovaného nanášení. Jedná se o kompozitní povlaky, jako jsou: uhlík/grafen, WS₂/MoS₂, Nitrid boritý, DLC

„Vědecké a technologické práce, položily pevný základ pro tvrzení, že nanočástice IF-WS₂ poskytují vynikající mazání při vysokém zatížení“.



Research Professor (Emeritus) Reshef Tenne
Department of Molecular Chemistry and Materials Science
Weizmann Institute, Rehovot 7610001, Israel

Member: Israel Academy of Sciences; Academia Europaea and European Academy of Sciences and Arts

Prof. Reshef Tenne se svým vědeckým týmem v roce 1992 objevil částice IF-WS₂

Zdraví a životní prostředí

Částice IF-WS₂ mají uzavřenou strukturu, nejsou toxické a nejsou škodlivé pro lidské zdraví.

Potvrzuje protokol OECD.

Výrobky s částicemi IF-WS₂ jsou registrovány v souladu s chemickou politikou Evropské unie REACH.

Výrobky s částicemi IF-WS₂ mají certifikaci RoHS – omezení používání některých nebezpečných látek vycházející ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2011/65/EU.

Získali jsme certifikáty ISO 9001:2015 a ISO 14001:2015

Částice IF-WS₂ a technologické postupy výroby částic, chrání 110 celosvětových patentů.

Zázemí, sklad a vývoj aplikací máme v Brně.

Zboží dodáváme přímo z vlastního skladu.

Kontakt:

NANOTECH-EUROPE s.r.o.

Milan Štelcl

Nové sady 988/2, 602 00 Brno, DIČ CZ 07037333

Tel.: 608 887 460

info@nanotech-europe.eu

www.nanotech-europe.cz

Lítium-iónové batérie poháňajú náš život; Bezpečnosť predstavujú inteligentné riešenia, ktoré vás ochránia pred požiarom z batérií

Simona KALINOVSKÁ, Dominika ŠTUBEROVÁ

Anotácia

S pribúdajúcim počtom elektromobilov sa zvyšuje riziko vzniku požiaru a tým sa kladie väčší dôraz na ochranu pred požiarom lítium-iónových batérií. Hoci požiarovosť elektromobilov sa celosvetovo pohybuje v nízkych číslach, je dôležité prichádzať s riešeniami, ktoré zabránia vzniku požiaru alebo pomôžu k jeho uhaseniu. Nové moderné metódy a technický pokrok je kľúčovým prvkom v problematike hasenia týchto batérií. Cieľom článku je predstaviť inteligentné riešenia, ktoré vás ochránia pred požiarom elektromobilov.

Kľúčové slová: elektromobil, lítium-iónové batérie, požiarová ochrana, požiar elektromobilu

Úvod do elektromobility

V súčasnosti je elektromobilita jeden z najvýraznejšie sa vyvíjajúcich odvetví. Jedným z dôvodov je snaha o globálne zníženie uhlíkovej stopy a s tým súvisiace emisie v doprave. Najvyšší nárast vo výrobe elektromobilov bol zaznamenaný počas energetickej krízy v rokoch 1970 a 1980, avšak nárast predaných vozidiel začal v 21. storočí [1]. Za najväčšieho priekopníka vo vývoji nových technológií je v súčasnosti označovaný výrobca Tesla. Odvetvový výhľad vozového parku elektromobilov v globálnej mierke ukazuje, že v roku 2030 dosiahne až 116 miliónov.

Elektromobily

Pod pojmom elektromobil možno chápať vozidlo, ktoré je poháňané elektrickou energiou pomocou batérie a/alebo palivových článkov či solárnych panelov. Vo všeobecnosti možno elektromobily rozdeliť do dvoch základných skupín a to:

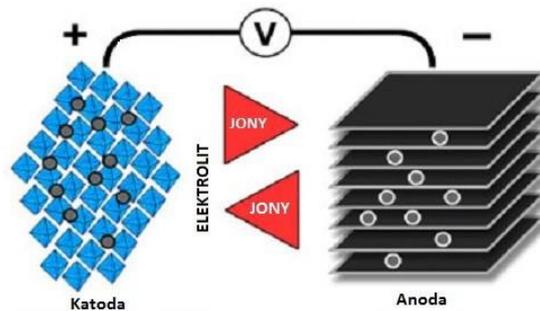
1. plnohodnotný elektromobil - BEV
2. hybridný elektromobil (plný hybrid - HEV , plug-in hybrid - PHEV)

Plný elektromobil využíva iba jeden zdroj energie – batériu, ktorá poháňa elektromotor a funguje ako palivová nádrž. Kým je batéria nabitá, elektromobil je schopný jazdy. Plnohodnotný hybridný elektromobil je poháňaný dvoma alebo viacerými typmi pohonu, pričom je vždy aspoň jeden z nich elektrický. Batéria hybridného elektromobilu na rozdiel od plne elektrického vozidla sa dá dobíjať rekuperáciou brzdnéj energie alebo využitím spaľovacieho motora. Plug-in hybrid kombinuje schopnosti oboch elektromobilov BEV a HEV. [2] [3] Elektromotor funguje ako pohon a zároveň ako generátor, ktorý premieňa elektrickú energiu na mechanickú prácu. Účinnosť elektromotora má v porovnaní so spaľovacím motorom oveľa vyššiu účinnosť (elektromotor cca 90%, benzínový motor cca 25%, dieselový motor cca 40%). [4]

Lítium-iónové batérie

Hlavným komponentom v elektromobile je batéria, ktorá však predstavuje aj najväčšie riziko z hľadiska požiarnej bezpečnosti a fungovania vozidla. Najpoužívanejším typom je lítium-iónová batéria, ktorá má vysokú energetickú hustotu a účinnosť. Medzi ďalšie parametre patrí napr. kapacita, stav nabitia, vnútorný odpor a životnosť. [5/13] Hlavnými zložkami v lítium-iónovej batérii sú: elektrolyt, katóda, anóda a separátor. Princíp činnosti lítium-iónovej batérie spočíva v elektrochemickej reakcii v článkoch medzi anódou a katódou (viď obr. 1). Chemická reakcia prebieha v elektromobile počas jeho nabíjania, kedy dochádza k elektrolýze a premieňa sa na elektrickú energiu počas vybijania, keď sa uvoľňujú elektróny z anódy a putujú smerom ku katóde. Nebezpečenstvo vzniku požiaru súvisí najmä s vyššie spomínanou kapacitou batérie (jednotka = Wh/watthodiny), pričom najväčšiu kapacitu majú práve vozidlá BEV. V dôsledku vnútorného odporu sa batéria pri nabíjaní a vybijaní zahrieva, preto je potrebné aby sa batéria chladila vzduchom alebo kvapalinou. [3] Existujú tri kategórie lítium-iónových batérií:

1. malé batérie, ktoré sa nachádzajú v elektronických zariadeniach a ručnom náradí
2. väčšie batérie, ktoré sa používajú v mobilných zariadeniach, ako sú vysokozdvížne vozíky a elektrických vozidlách
3. rozsiahle systémy na uskladnenie energie, zvyčajne používané pre zdroj neprerušiteľného napájania alebo v spojení so zariadeniami na výrobu obnoviteľnej energie



Obr. 1 Schéma činnosti lítium-iónovej batérie – prevzaté z [16]

Nabíjanie

Elektromobily možno nabíjať pomocou nabíjacej technológie (nabíjacie stanice) alebo z konvenčnej elektrickej zásuvky (domáce nabíjanie). V súčasnej dobe existujú 3 spôsoby/režimy nabíjania elektromobilov: udržiavacie nabíjanie, nabíjanie striedavým prúdom a nabíjanie jednosmerným prúdom.

Udržiavacie nabíjanie je najpomalší spôsob nabíjania využívaný v domácnosti za použitia štandardnej zásuvky 220V. Rýchlosť nabíjania s dojazdom cca 200 km predstavuje 14 hodín. Rizikom domáceho nabíjania je prehrievanie kábla, pričom nie je zaistená komunikácia medzi vozidlom a nabíjacím miestom. Jedným z opatrení je využitie prúdového chrániča. (viď obr. 2) [5] [6]

Nabíjanie striedavým prúdom možno využiť ak má užívateľ namontovanú nástennú nabíjačku (pri domácom nabíjaní) alebo pomocou verejnej nabíjacej stanice. Toto nabíjanie je oproti udržiavaciemu režimu 3-4 krát rýchlejšie. (viď obrázok 3) [5] [6]

Nabíjanie jednosmerným prúdom je možné len u rýchlonabíjacích staníc a teda predstavuje najrýchlejší spôsob nabíjania elektromobilu. Jednosmerný prúd dodáva energiu priamo do akumulátora, preto sa dokáže nabiť z 20 na 80% jeho kapacity. Z dôvodu vysokého prúdu sú zvýšené požiadavky na bezpečnosť t.j. nabíjací kábel musí byť pevne spojený s nabíjacou stanicou a zásuvné spojenie je len na strane elektromobilu. (viď obr. 4) [5] [6]



Obr. 2 Udržiavacie nabíjanie – prevzaté z [6]



Obr. 3 Nabíjanie striedavým prúdom – prevzaté z [6]



Obr. 4 Nabíjanie jednosmerným prúdom – prevzaté z [6]

Priebeh požiaru lítium-iónových batérií

Lítium-iónové batérie majú v sebe nazhromažďovanú energiu v malom priestore, ktorá však nepredstavuje riziko, pokiaľ majú stabilné prevádzkové podmienky. V prípade, že sa tieto podmienky narušia (napr. vystavenie extrémnej teplote, mechanické poškodenie, poškodenie el. prúdom), môže dôjsť k zahoreniu a vzniku požiaru. (viď obr. 5) [8]

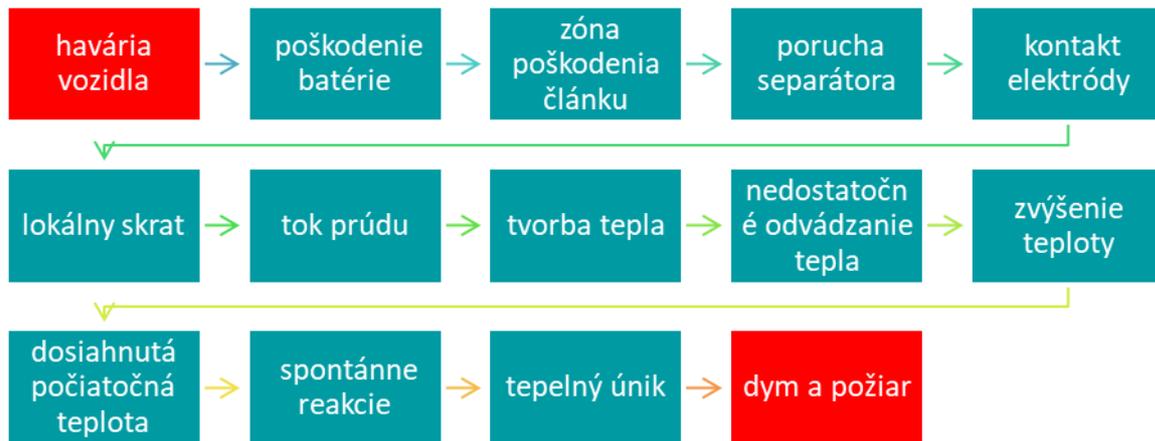
Požiarne riziko

Požiarne riziko vzniká vo vnútri článkov batérie chemickou reakciou, z ktorých sa začnú uvoľňovať horľavé plyny a môže dôjsť k požiaru resp. k výbuchu. Existujú tri hlavné riziká:[7]

- tepelné poškodenie – napr. prekročenie napätia článku, vystavenie vysokým teplotám;
- elektrické poškodenie – napr. rýchle nabíjanie a vybíjanie, externý skrat v elektroinštalácií;
- mechanické poškodenie – napr. dopravná nehoda.

Šírenie požiaru

Šírenie požiaru možno chápať ako šírenie tepelného úniku z jednotlivých článkov batérie medzi susedné články v batérovom module alebo v poškodených elektronických súčiastkach a obvodoch. Pri požiaru nastáva v lítium-iónovej batérii chemická reakcia, počas ktorej sa uvoľňujú toxické a horľavé plyny (oxid uhličitý, oxid uhoľnatý, vodík, metán, etán, atď.) reagujúce so vzduchom. Vznetením sa zmesi vzduchu a plynov dochádza k plamennému horeniu. Ďalším vplyvom na správanie sa batérie počas požiaru má jej stav nabitia. To znamená, že s vyšším stavom nabitia klesá tepelná stabilita batérie. [9]



Obr. 5 Proces porúch v batériovej súprave pri mechanickom poškodení - haváriou vozidla [10]

Hasenie požiaru elektromobilov

Jedným z najúčinnějších spôsobov hasenia elektromobilu je voda, ktorá má schopnosť chladenia a môže uhasiť plamene a taktiež spomaliť tepelný únik. Existujú však viaceré riziká, ktoré samotné hasenie sprevádzajú ako sú napr. úraz elektrickým prúdom, samovznietenie batérie, vyššia spotreba dýchacej techniky, preto je dôležité správne si zvoliť spôsob a postup hasenia. Medzi najefektívnejšie metódy ochladzovania elektromobilu patrí: vodný prúd, systém vodnej hmly, ponorenie do vodného kúpeľa, využitie systému COBRA, použitie CO₂.

Ochladzovanie vodným prúdom a/alebo vodnou hmlou

Táto metóda nehasí priamo požiar článkov batérie ale jej úlohou je ochladiť batériu na teplotu okolia. Patrí sem ochladzovanie prúdom vody „C“, vodnou clonou a systém vodnej hmly. Pri použití vodného prúdu (kombinovanej prúdnice) sa elektromobil ochladzuje cca 10 min., potom sa sleduje po dobu 5 min. správanie batérie. Ak nastane samovoľné rozhorenie batérie opakuje sa tento postup. Ochladená batéria sa potom monitoruje cca 45 min. Systém vodnej hmly sa využíva na hasenie elektromobilov v objektoch a funguje na princípe SHZ. [13]

Ochladzovanie vo vodnom kúpeli

Ponorenie horiaceho elektromobilu do kontajnera určeného pre ochladenie vodným kúpeľom sa využíva v prípadoch, ak rozsah poškodení vozidla už nebude možné opraviť. Pri tomto druhu chladenia dochádza k vzniku výbušných jedovatých plynov a je preto dôležité vytvoriť podmienky pre ich únik – utesnenie kontajnera. Vozidlo ponorené vo vode by malo zotrvať v kontajneri 48 až 72 hodín. Ďalšou nevýhodou je nákladná likvidácia kontaminovanej vody, ktorú nie je možné vypustiť do bežnej kanalizácie. [13]

Systém COBRA

CCS Cobra systém (Cold Cut Systém) je špeciálne zariadenie, ktoré predstavuje techniku rezania pomocou vodného lúča a zároveň vytvára vodnú hmlu. Toto zariadenie dokáže prerezať kryt batérie (rovnako ako aj steny alebo strechy budov) a preto sa využíva na priame hasenie článkov batérie. Hasenie systémom COBRA je možné aplikovať iba v tom prípade, že ho odporúča samotný výrobca elektromobilu s presným uvedením miesta rezu na batérii. [13]

Hasenie CO₂

Hasiace médium sa bežne používa pri hasení na zamedzenie prístupu kyslíka. Nakoľko má CO₂ zriedňujúci účinok je potrebné použiť veľké množstvo na ochladenie automobilu. Tento spôsob hasenia je preto neefektívny. [13]

FIRETEST 2024

Ako už bolo vyššie uvedené, je potrebné aby bol pri hasení elektromobilu zvolený správny postup, spôsob hasenia a technického vybavenia, preto v spolupráci s Hasičským a záchranným zborom SR (ďalej len HaZZ) prebehlo vo výcvikovom priestore Lešť cvičenie zamerané na hasenie elektromobilu v podzemnej garáži.

Priebeh simulácie bol rozdelený na jednotlivé kroky:

1. **krok** – zapálenie elektromobilu pomocou plynového horáka, ktorý vložili pod vozidlo a nechali ho asi 8 minút pôsobiť na veľkokapacitnú trakčnú batériu. Nasledoval voľný rozvoj požiaru
2. **krok** – inštalácia elektronickej požiarnej signalizácie (EPS) na princípe automatického nasávacieho systému do plechovej garáže. EPS ohlásila stav „poplach“, pričom sa nechal požiar rozvinúť do 3-tej fázy šírenia požiaru (t.j. plne rozvinutý požiar, ktorý postupne prechádza do 4-tej fázy dohorievania)
3. **krok** – manuálne spustenie stabilného hasiaceho zariadenia (SHZ) na báze vodnej hmly. Vodné trysky museli odolať teplote okolo 670°C a postupne ochladiť vozidlo a priestor garáže. Súčasne boli aktivované zariadenia na odvod tepla a splodín horenia (ZOTaSH), aby sa do priestoru vtlačil vzduch a vytlačil dym smerom von
4. **krok** – vytiahnutie auta pomocou robota First Mover - 3500 a následné hasenie lítium-iónových batériových článkov vodou a špeciálnym penidlom, ktoré vykonali príslušníci HaZZ prostredníctvom ručného systému COBRA
5. **krok** – presunutie elektromobilu do kontajnera, ktorý slúži ako vodný kúpeľ a dohasenie priestoru garáže vodnou lafetou 3000l/min.



Obr. 6 FIRETEST 2024, výcvikové stredisko Lešť

Cieľom testu bolo predstaviť dostupné riešenia pre efektívne hasenie požiaru a získať údaje z meraní, ktoré prebiehali počas celého cvičenia ako podklad pre tvorbu legislatívy, technických noriem a interných predpisov.

Požiaro-bezpečnostné riešenia 3MON

Vodná hmla pre parkovacie domy

Jedná sa o technológiu, ktorú vyvinul Dánsky inštitút požiarnych a bezpečnostných technológií (DBI) spolu s dánskou firmou VID Firekill. Táto technológia je ideálnym riešením pre parkovacie domy a podzemné garáže, nakoľko využíva statický systém špeciálnych trysiek. Tie majú vysoko spoľahlivú schopnosť detekcie požiaru a v jednom momente rozptýlia na vznietený elektromobil a samozrejme na okolité vozidlá vodnú hmlu. Práve tieto mikročastice vody majú schopnosť absorbovať veľké množstvo tepla premeneného na paru. Len jeden liter vody sa rozptýli až na 1,64 m³. Spotrebuje sa tak o polovicu menej vody, ako pri klasických sprinkleroch. Keďže pri hasení elektromobilov je zásadné znížiť ich teplotu, vodná hmla sa ukázala ako mimoriadne efektívna. Technológia vodnej hmly má vysokú schopnosť znížiť teplotu a zároveň vziať z okolia kyslík a tým zobrať ohňu prvotné momentum a celkový potenciál. [11]

Hlavné výhody vodnej hmly [11]:

- o 60-90% nižšia spotreba vody a o 20-70% menšia spotreba energie,
- zelenšie riešenie, ktoré ponúka až o 71% menej CO₂ emisií,
- schválené hlavnými poisťovňami a miestnymi štandardmi,
- úspora celkových nákladov,
- rýchlejšie uhasenie požiaru a minimálne poškodenie budovy,
- minimalizuje prestoje firmy,
- malé rozmery potrubia (vonkajší priemer 1"),
- jednoduchá inštalácia a údržba.



• Obr. 7 Systém hasenia nízkotlakovou vodnou hmlou

Protipožiarna deka FIRE ISOLATOR

Jedným z ďalších účinných riešení ako dostať požiar elektromobilu pod kontrolu je použitie protipožiarienej deky FIRE ISOLATOR, ktorá je určená aj pre autá s bežnými spaľovacími motormi. Protipožiarnu deku možno použiť až 6 až 8 krát a je odolná oči vysokým teplotám (do 1600 °C, testované podľa ISO EN 13501-1). Faktom je, že samotná deka však neuhasi oheň v batérii iba ho ňou dostane pod kontrolu.

Protipožiariene deky sa tiež môžu použiť v priemyselných prostrediach, ako sú napr. továrne a dielne, kde sú prítomné horľavé kvapaliny, plyny alebo iné materiály, aby pomohli obmedziť vzniknutý požiar a zabrániť jeho šíreniu. [12]



Obr. 8 Protipožiarna deka FIRE ISOLATOR

Hasiace prístroje na lítiové batérie SYSTÉM F-500, Neuruppin

Na prvotný zásah pri požiaroch lítiových batérií je možné použiť hasiaci prístroj. Systém F-500 od výrobcu Neuruppin predstavuje stálotlaké hasiace prístroje, kde je hnacím plynom dusík a náplň pozostáva z 98 % z vody a z 2 % z prísady F-500 Encapsulator Agent. Vlastnosti prísady F-500 Encapsulator Agent sa vyznačujú najmä: znižovaním povrchového napätia, zvyšovaním povrchovej aktivity, silnejším chladiacim účinkom a obmedzením horiacej látky a toxických plynov. Hasivo v systéme F-500 je bez fluóru a bolo schválené podľa UL, EN a Seeschiffahrt. [14]

Ochranná maska LFIM

Celotvárová ochranná maska LFIM je určená na ochranu dýchacích ciest a zásah pri požiaroch lítium-iónových batérií. Masku je vybavená filtermi poskytujúcimi ochranu pred toxickými plynmi, ktoré sa pri požiaroch uvoľňujú z článkov po dobu 15 minút. Je certifikovaná v súlade s príslušnými európskymi a medzinárodnými normami. Sektory, v ktorých možno LFIM používať [15]:

- doplnok k hasiacim systémom F-500,
- hasiace zásahy pri lítium-iónových batériách,
- parkovacie garáže a nabíjacie miesta pre EV,

- spoločnosti pre recykláciu a správu odpadov,
- služby zdvíhania a ťahania,
- opravárenské dielne,
- stanice na nabíjanie nástrojov pre stavebníctvo a úpravu krajiny,
- nabíjacie stanice pre batérie,
- skladovanie batérií,
- nákladné autá, osobné autá, autobusy a vlaky,
- elektrobicykle a elektromobilita vo všeobecnosti.

Použitá literatúra:

- [1] Høyer, Karl Georg. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. *Utilities Policy*. 2008, 16(2), 63–71. ISSN 0957-1787. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.11.001>
- [2] Boehmer, H., Klassen M. a Olenick S. Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers. 2022. Dostupné z: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/RFModernVehicleHazards-in-ParkingGarages.pdf>
- [3] Berg, Helena. Batteries for electric vehicles: materials and electrochemistry. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. Book, Whole. ISBN 1316090973. Dostupné z: <https://go.exlibris.link/MSsfvlg1>
- [4] Potančoková, Andrea. Elektromotory - ich princíp a prednosti. AT&P. Dostupné z: <https://www.atpjournal.sk/buxus/docs/atp-2004-02-38.pdf>
- [5] Aké rôzne spôsoby nabíjania elektromobilu existujú? Dostupné z: <https://www.kia.com/sk/predajca/motorcar-zlatepiesky/predaj/electrification/charging-methods-for-electric-cars/>. [citované 2024-05-02].
- [6] PHOENIX CONTACT. Základy technológie nabíjání pro elektromobilitu. [online]. Dostupné z: <https://www.phoenixcontact.com/cs-cz/prumyslova-odvetvi/elektromobilita/zaklady-technologie-nabijeni-elektromobility#ex-d1ka6>. [citované 2024-05-02].
- [7] DORSZ, Adam a Mirosław LEWANDOWSKI. Analysis of Fire Hazards Associated with the Operation of Electric Vehicles in Enclosed Structures. *Energies (Basel)*, 2021, 15(1), 11. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en15010011
- [8] 3MON. Lítium-iónové batérie poháňajú náš život. [online]. Dostupné z: <https://3mon.sk/litium-ionove-baterie-pohanaju-nas-zivot/>. [citované 2024-05-03].
- [9] CUI, Y., Liu J., Han, X., Sun, S. a Cong, B. Full-scale experimental study on suppressing lithium-ion battery pack fires from electric vehicles. *Fire Safety Journal*, 2022, 129, 103562. ISSN 0379-7112. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2022.103562>
- [10] Foad H. Gandoman Jaguemont, J., Goutam, S., Gopalakrishnan, R., Firouz, Y., Kalogiannis, T., Noshin O., Van Mierlo, J. Concept of reliability and safety assessment of lithium-ion batteries in electric vehicles: Basics, progress, and challenges, *Applied Energy*, Volume 251, 2019, 113343, ISSN 0306-2619, Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113343>.
- [11] 3MON. Vodná hmla pre parkovacie domy. Dostupné z: <https://3mon.sk/stabilne-hasiace-zariadenie-vodna-hmla/vodna-hmla-pre-parkovacie-domy/>. [citované 2024-04-29].

- [12] 3MON. Protipožiarna deka. [online]. Dostupné z: <https://3mon.sk/portfolio/item/protipoziarna-deka-fire-isolator/>. [citované 2024-04-29].
- [13] MALKOVSKÝ, Z., Karl, J., Suchý, O. a Thin P. Aktuální poznatky z elektromobility pro potřeby HZS ČR. [online]. B.m.: GŘ HZS ČR. říjen 2020. Dostupné z: https://www.hasici-vzdelavani.cz/sites/default/files/download/soubory/201007%20Komentovan%C3%BD%20v%C3%BDklad%20k%20MU%20s%20EV-H_0_0.pdf
- [14] 3MON. Systém F-500. [online]. Dostupné z: <https://hasenie.sk/produkt/stalotlaky-hasiaci-pristroj-na-lithiove-baterie-neuruppin-wd9-f-500-9l/> [citované 2024-04-29].
- [15] 3MON. Hasičská maska pre zásah pri požiaroch lítiových batérií. [online]. Dostupné z: <https://hasenie.sk/produkt/hasicska-mask-a-pre-zasah-pri-poziaroch-lithiovych-baterii/>[citované 2024-05-02].
- [16] Battery University. [online]. Dostupné z: <https://batteryuniversity.com>

Autori:

Ing. Simona Kalinovská Lhotová
Owner and Fire Protection Specialist
3MON, s.r.o.
Kopčianska 94/B, 851 01 Bratislava
Tel.: +421 918 641 394 E-mail: kalinovska@3mon.sk

Ing. Dominika Štuberová
Firesafety Consultant
3MON, s.r.o.
Kopčianska 94/B, 851 01 Bratislava
Tel.: +421 948 914 591 E-mail: info@3mon.sk