



ÚDRŽBA

MAINTENANCE - INSTANDHALTUNG

VYDÁVA SLOVENSKÁ SPOLOČNOSŤ ÚDRŽBY



ÚDRŽBA 1/2021

OBSAH

Šéfredaktor:	doc. Ing. Juraj Grenčík, PhD.	Preventívna údržba a pandémia – súvislosti	1
Redakčná rada:	Ing. Michal Abrahámfy Ing. Dušan Belko Ing. Peter Darvaši Ing. Gabriel Dravecký, PhD. Ing. Katarína Grandová prof. Ing. Hana Pačaiová, PhD. Ing. Marek Rentka Ing. Jan Vytřísal, MBA Ing. Michal Žilka	Juraj Grenčík Zlepšovanie produktivity továrne spojením TPM a digitalizácie Miroslav Fusko, Miroslav Rakyta, Marcel Dubec, František Ruman Opravy PP, PE, PVC plastov	2 9
Vydavateľ:	Slovenská spoločnosť údržby Koceľova 15 815 94 Bratislava	Praktické skúseností a postrehy z oblasti použitia priemyslového tesnenia Martin Tesař 3D tlač časti motora vrátil závodný špeciál späť na trať	14 26
		Tomáš Vít	

Elektronický časopis

Ročník vydania: XXI

Periodicita nepravidelná

ISSN 2729-8396

PREVENTÍVNA ÚDRŽBA A PANDÉMIA – SÚVISLOSTI

Juraj GRENČÍK

Už je to zhruba rok, čo bojujeme s neviditeľným nepriateľom – koronavírusom, ktorý spôsobil celosvetovú pandémiu a prinútil nás zmeniť naše zabehané životné stereotypy. Reakcie na novú situáciu sú rôzne a často lietajú z jedného extrému do druhého. Od popierania existencie až po paralýzu z obavy, čo všetko zlé môže COVID napáchať.

Keď sme začiatkom roku 2020 zachytili správy, že na nový vírus začínajú ľudia umierať, bolo to veľmi vzdialené – Čína, na druhom konci sveta. Keď vírus zachytili prvé krajiny Európy, situácia zrazu začala byť vážna, všetci spozorneli a hľadali spôsob, ako sa čo najefektívnejšie chrániť. Nakoľko naň neexistoval účinný liek, najefektívnejšie bolo uzavrieť sa, zabrániť prenosu vírusu a čo najlepšie izolovať prípadné ohnisko. Výsledkom prijatých opatrení a ich dodržiavania bolo, že v Európe sme boli best in class. Obmedzenie, samozrejme, prinieslo veľké ekonomické straty. No na miskú váh bolo treba dať straty na životoch na jednej strane a ekonomické straty na druhej strane. A mnohí považovali cenu za výborné výsledky za privysokú. Tak sa s nástupom druhej vlny opatrenia prestali dodržiavať a výsledok je tu. Z best in class sme sa prepadli medzi najhorších. Skutočnosť môžeme ignorovať, ale ona si spôsob, ako nás o svojej existencii presvedčí, skôr či neskôr nájde. V prípade ignorovania pandémie by došlo k situácii, že postupne by nebolo ľudí a nemal by kto pracovať. To isté by však nastalo aj v prípade úplného lockdownu – úplné zastavenie života by znamenalo, že by sme postupne zomreli od hladu, ešte predtým by sme boli bez elektriny atď.

A ako to súvisí s údržbou? Aj v prístupe k nej bývajú extrémny. Niektorí by ju najradšej nechceli, čiže prístup ignorácie. Dá sa aj tak, ale stroje a zariadenia nie sú dokonalé a poruchy skôr či neskôr nastanú. Následky bývajú od „len“ výpadku výroby až po katastrofy s množstvom obetí. Druhý extrémny prístup je totálna prevencia porúch. Ani to sa nedá na sto percent dosiahnuť, navyše preventívna údržba stojí veľa prostriedkov a času. Treba nájsť správny balans medzi prevenciou a nápravou. A nezabúdať, že aj optimálne nastavená údržba bude vždy niečo stáť a samo to nepôjde. Nielen zo Slovenska poznáme prípady, keď sa v podniku, v ktorom bola vynikajúca preventívna údržba, prišlo k záveru, že načo platiť údržbárov, keď nie sú žiadne poruchy. Dôsledok zbavenia sa údržbárov si každý domyslí. Len veľmi ťažko sa situácia potom napráva. Neviditeľní hrdinovia, ako kedysi nazval pracovníkov preventívnej údržby bývalý predseda Švédskej spoločnosti údržby Jan Frånlund, si zaslúžia náležitú pozornosť. Lebo podobnosť medzi zbavením sa preventívnej údržby a (ne)zvládaním druhej vlny pandémie asi nebude celkom náhodná.

Vyšlo v ATP Journal 2/2021

ZLEPŠOVANIE PRODUKTIVITY TOVÁRNE SPOJENÍM TPM A DIGITALIZÁCIE

Miroslav FUSKO, Miroslav RAKYTA, Marcel DUBEC, František RUMAN

Anotácia

Údržba výrobných zariadení je dynamický systém, ktorý musí zohľadniť mnoho faktorov – požiadavky zákazníkov (interných, externých), vekovú štruktúru a typ strojov, typ výrobných procesov a hlavne požiadavky akcionárov pri zabezpečení spoľahlivosti výrobných zariadení hlavného výrobného procesu. Preto je potrebné plánovať údržbu a opravy výrobných systémov na princípoch: nákladovosti, efektívnosti, spoľahlivosti a bezpečnosti. V továrňach je veľmi dôležité urobiť poriadok v údajoch pre potreby prechodu na digitalizáciu aj na oddeleniach údržby. Inak je len ťažko hovoriť o digitálnom podniku a digitálnom dvojčati, projektoch Industry 4.0, alebo Maintenance 4.0. Z tohto dôvodu je nutnosťou v továrňach vypracovať stratégiu údržby prechodu z klasického systému riadenia údržby na digitálny systém riadenia údržby, jeho personál na jeho zabezpečenie a zároveň pripraviť vzdelávací program od stredných až po vysoké školy na nový systém organizácie a riadenia údržby. Zmena pohľadu na profesiu údržbár!

Kľúčové slová: produktivita, TPM, údržba, priemyselné inžinierstvo, digitalizácia, inovácie

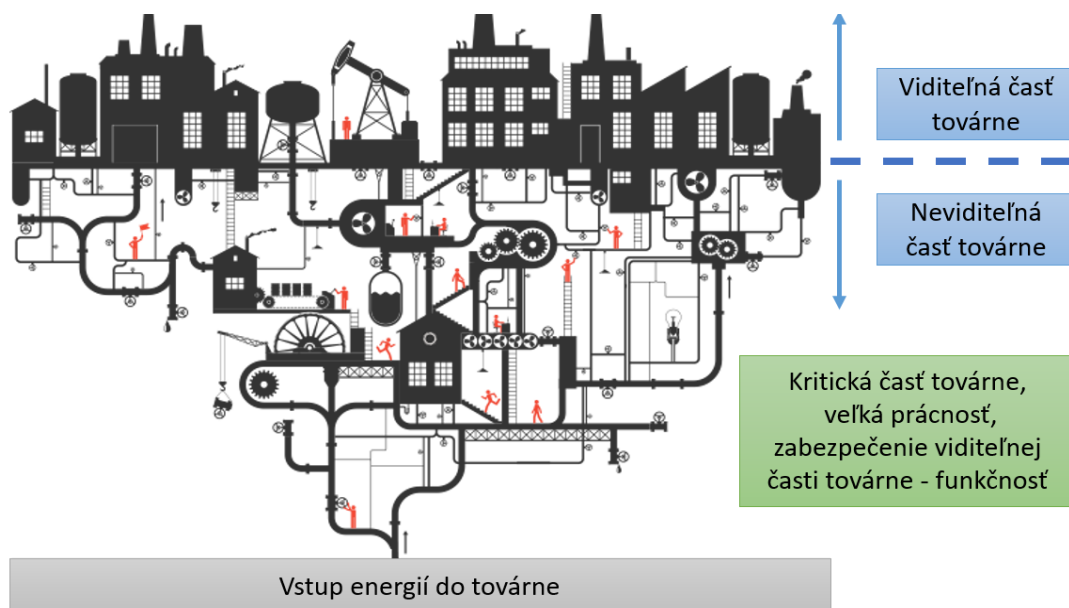
ÚVOD

Historický vývoj, ako aj vplyv globalizácie a megatrendov vyvolali potrebu zmeny procesu v jednotlivých priemyselných odvetviach. Meniace sa požiadavky zákazníkov kladli veľký dôraz na flexibilitu výroby, inovácie a flexibilitu pri reagovaní na zmeny. Dnes je potrebné rýchlo upraviť štruktúru a organizáciu výroby, čo je často časovo náročné a nákladné. Mnoho krajín a skupín štátov pripravilo svoje vlastné iniciatívy na zlepšenie postavenia jednotlivých priemyselných odvetví a priemyselnej výroby. Jednou z najznámejších iniciatív je nemecký Priemysel 4.0. Medzi ďalšie známe prístupy a iniciatívy patria Továrne budúcnosti alebo Holandský inteligentný priemysel a podobne. Spoločným menovateľom všetkých iniciatív je zvýšenie úrovne digitalizácie a autonómie procesov. Digitalizáciu výroby a údržby je možné robiť postupne a aj bez veľkých investícií na existujúcich strojoch a zariadeniach. Je to postupný a dlhodobý proces, ktorý však prinášajúci pozitívne výsledky od samotného začiatku. Na aplikáciu Priemyslu 4.0 neexistuje žiadna šablóna. Každá továreň a organizácia potrebuje unikátne riešenie zodpovedajúce jej stratégii rozvoja, podmienok charakteru výrobkov, výroby, jej opakovanosti, trhu a predstáv manažmentu. Je potrebné nastaviť manažment konfigurácie údržby pre Priemysel 4.0 na dané odrazové podmienky továrne, t.j. zistenie súčasného stavu údržby. V súčasnosti už má veľa tovární spracované min. základné vstupy do programu Priemysel 4.0, avšak o tom nemusí vedieť. Takéto Smart a neskôr inteligentné továrne budú konkurencieschopnejšie a ich úroveň konfigurácie procesov bude na vysokej úrovni. Úspešnosť budúcich aktivít tovární bude preto závisieť od včasného odhalenia potenciálnych príležitostí a hrozieb [1].

1. TPM – Totálne produktívna údržba

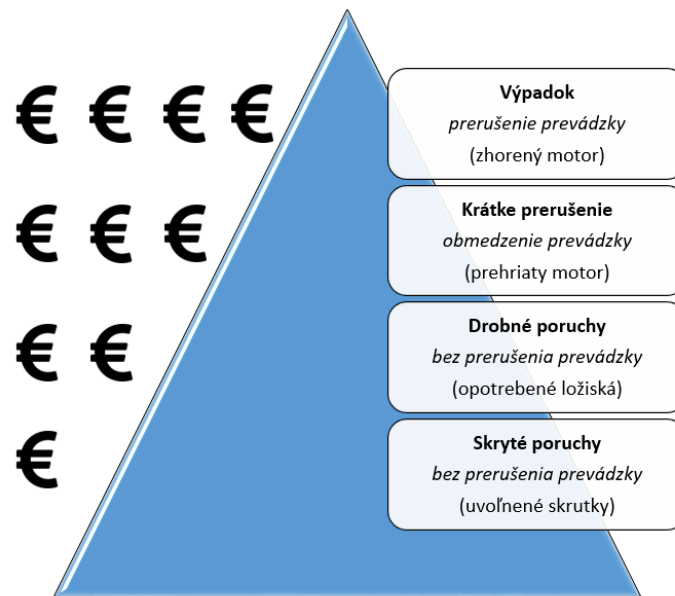
Pozitíva zavedenia TPM v továrňach nesledujeme len vo sfére výroby, môžeme však vidieť hmotné i nehmotné prínosy v rámci celej továrne. Táto japonská filozofia údržby sa postupne začala uplatňovať vo väčšine svetových úspešných továrňach a v súčasnosti reprezentuje nástroj, ktorého správnou implementáciou možno výrazne zvýšiť konkurencieschopnosť továrne. Hoc vznik TPM sa datuje v rokoch 1950 – 1970 v Japonsku (autor Seiichi Nakajima) aj dnes predstavuje táto filozofia veľmi účinný nástroj pre zefektívnenie procesov v továrňach a zvýšenie produktivity bez väčších investícií. Tento prístup však prináša do praxe, okrem iného aj reálnu aplikáciu matematických a štatistických metód. Jeho prvoradým cieľom je predchádzať poruchám v továrni. Tento koncept, resp. filozofia, tvorí teda prvotný základ na ceste k transformácii klasickej továrne na smart továreň.

Továreň možno rozdeliť na dve časti, a to na viditeľnú a neviditeľnú časť (obr. 1). Viditeľná časť je prezentácia továrne navonok, čiže to čo vidíme, keď navštívime továreň. Viditeľnú časť predstavuje environment továrne, stroje a zariadenia, budovy, okolie továrne, pracovníci a pod. Tú neviditeľnú časť predstavuje všetko čo, čo treba na zabezpečenie tej viditeľnej časti továrne. Predovšetkým je to technický servis, ktorý má za úlohu udržiavať všetky procesy funkčné. Táto neviditeľná časť továrne sa môže nazvať aj kritická časť továrne, pretože keď zlyhá, tak nastáva problém v celej továrni.



Obr. 1 Časti továrne (spracované podľa [2])

Na základe štatistických a matematických metód je možné efektívne určiť optimálny rozsah preventívnej údržby, tak aby sa možnosť poruchy minimalizovala. Pracovníci technického servisu v továrni využívajú vyhodnotenia poznatkov z terénu (implicitné a explicitné znalosti) na tvorbu harmonogramu údržby strojov a zariadení. Cieľom tohto postupu je predísť akýmkoľvek neželaným technickým problémom a zvýšeným výdajom financií na údržbu strojov a zariadení (obr. 2). Výsledkom aplikácie TPM je minimalizovanie výpadkov stroja počas výroby a s tým spojené straty produkcie.



Obr. 2 Stupňovitost porúch a ich finančné vyjadrenie

Stratégia riadenia údržby v organizáciách sa orientuje na údržbu plánovanú (preventívnu údržbu), ale i na neplánovanú (údržbu po poruche) a týka sa aj špecializovaných opravovní s líniovým charakterom riadenia plánovanej údržby. Vychádza z programu preventívnej periodickej údržby a z výsledkov technickej diagnostiky (kontinuálne – online monitoring alebo nespojitej periodickej), ktorá je východiskom pre diagnostickú prediktívnu údržbu. Riadenie procesov v špecializovaných opravovniach vychádza zo zásad platných pre riadenie výroby v strojárnských organizáciách. Riadenie údržby po poruche je s ohľadom na jej náhodnosť vždy náročnejší proces, charakterizujúci lokalizáciou poruchy, opravou a výstupnou kontrolou, ktorou sa overuje spôsobilosť výrobného zariadenia po realizácii výkonu údržby po poruche. Túto údržbu nie je možné plánovať, len po výskyte poruchy riadiť opravárenský úkon, definovať príčinu a navrhnúť nápravné opatrenie pre elimináciu jej opakovaného výskytu a následkov (FMECA). V prípade potreby zaradiť do preventívnej údržby. Hlavná úloha projektovania stratégie údržby spočíva v zlepšení priepustnosti systému a v znížení pravdepodobnosti zlyhania celého systému zapojením obsluhy do starostlivosti o strojné zariadenie. Netreba však zabúdať, že tak ako ostatné princípy Lean aj v TPM je nevyhnutný tréning zamestnancov v oblasti starostlivosti o stroje a zariadenia [3].

2. SMART TOVÁREŇ

Digitalizácia ponúka možnosť optimalizovať a oveľa efektívnejšie a flexibilnejšie ovládať výrobné procesy v továrňach. Reálne výrobné-montážne systémy sa vďaka senzorum, automatizácii, robotom, systémom pre zber a spracovanie dát a v poslednej dobe aj zavedením prvkov umelej inteligencie stávajú čoraz viac Smart. Postupným vývojom sa tieto továrne začnú stávať aj čoraz viac inteligentnejšími a odolnými voči vonkajším vplyvom.

Internet vecí a cloud computing umožňujú zo zbieraných dát získavať nové znalosti a využívať ich pri optimalizácii reálnych výrobných systémov. Vstupnou bránou ku

„kyberneticko-fyzikálnym systémom“ je digitálny podnik, ktorý bol rozvíjaný na Katedre priemyselného inžinierstva ako prvej katedre na Slovensku. Ponúka riešenia pre projektovanie a riadenie výrobných systémov aj pre samotný vývoj produktov. Umožňuje postupne vytvárať digitálny model celej továrne a využívať ho ďalej pri navrhovaní, simulácii a optimalizácii výroby. Zároveň je nevyhnutným predpokladom na zavedenie virtuálnej a rozšírenej reality do výrobných procesov. S postupným osádzaním senzorov, zberom údajov v reálnom čase a implementáciou disruptívnych technológií sa tieto modely môžu dopĺňať o zozbierané dáta, čím sa začne tvoriť virtuálna továreň. Výsledkom následne dostávame koncept digitálneho dvojčaťa továrne [4].

Samozrejme, z ničoho nič sa nemôžu súčasné továrne adaptovať na nové podmienky. Táto adaptácia, resp. transformácia musí pozostávať z určitých krokov (etáp, fáz). Tieto kroky sa väčšinou zdajú jednoduché, no pokiaľ ideme podrobne po jednotlivých oblastiach, tak je to naozaj náročný proces. Tak ako sa zavádza TPM v továrňach, odporúčame zavádzať aj digitalizáciu, t.j. najskôr začínať v oblasti pomocných a obslužných procesov v tesnej spolupráci s výrobnou časťou továrne. Ako isto vieme oddelenia údržby a výroby sú spojené nádoby. Navrhnutý a odporúčaný postup digitalizácie údržby:

- KROK 1: Audit údržby z hľadiska komplexnosti a pripravenosti na Priemysel 4.0 a Údržba 4.0.
- KROK 2: Verifikácia údajov manažmentu údržby – návrh projektu digitalizácie..
- KROK 3: Segmentácia procesov výroby – výber prevádzky pre digitalizáciu údržby.
- KROK 4: Kvantifikácia položiek konfigurácie systému údržby pre digitalizáciu.
- KROK 5: Nastavenie kritérií a znalostí pre položky systému konfigurácie údržby – rozhodovací model - digitálne dvojča.
- KROK 6: Výber prostriedkov technickej diagnostiky, PLM riešení, modulov pre zber údajov, monitoring strojov.
- KROK 7: Nasadiť zber údajov - navrhnutie štruktúry správy údajov (cloud computing), technického /PDA, tablet, mobilné aplikácie/ a SW riešenia.
- KROK 8: Návrh zmeny organizácie a riadenia údržby na princípe digitalizácie.
- KROK 9: Realizácia digitalizácie údržby na vybranej prevádzke, verifikácia, prezentácia ekonomických prínosov.
- KROK 10: Spustiť digitalizáciu systému údržby na úrovni celej továrne.

Digitalizácia v továrni by mala pokrývať základné oblasti ako sú výroba, kvalita, logistika, údržba a základné funkcionality ako správu výrobných zdrojov, správu výrobných postupov, detailné plánovanie výroby, riadenie výroby, zber dát, sledovanie výrobkov a ich rodokmeň, analýzu výkonnosti továrne, údržbu, správu skladových postupov, manažment logistiky, interné procesy továrne (schvaľovanie dovolení, služobné cesty a pod.), firemné kolaboračné nástroje a elektronický obeh dokumentov [5].

2.1 Bezpapierová výroba

V modernej továrni nie je miesto pre papierovanie, ale úspora papiera je najmenšia z výhod. Všetky výrobné dokumenty (vytlačené) sú zobrazené na ergonomických dotykových paneloch umiestnených na každom stojane operátora. Dokumentácia o výrobkoch, výrobné

príručky, karty Kanban - niekedy ide o jeden list papiera, niekedy to môže byť až 100 listov. Skladovanie, hľadanie a archivácia papierových dokumentov je často nočnou morou a obrovským plytvaním.

2.2 Mobilné aplikácie

Používanie mobilných terminálov, smartfónov alebo tabletov sa stáva štandardom v priemysle. Mobilné terminály čiarových kódov alebo RFID sa používajú pre systémy riadenia výroby, kvality a logistiky. Smartfóny sa používajú pre aplikácie údržby, napríklad pre preventívnu údržbu. V súčasnosti už veľa firiem dokáže vytvoriť špecializované aplikácie site na mieru jednotlivým továrňam. Tieto aplikácie bežiacie na mobilných zariadeniach, ktoré podporujú rôzne výrobné činnosti.

2.3 Prediktívna údržba

Prediktívna údržba poskytuje nástroj, ktorý na základe historických dát uskutočňuje predikcie budúceho stavu. Prediktívna údržba nie je náhradou za tradičné metódy údržby. Je to hodnotný prídavok k celkovému obsahlemu programu údržby v továrni. Predpokladom prediktívnej údržby je zabezpečenie pravidelného monitorovania stavu zariadení a prevádzkovej efektivity procesných systémov, ktoré zabezpečia maximálny interval medzi opravami; minimalizujú počet odstávok a náklady spôsobené poruchami strojov a zdokonaľujú celkovú spoľahlivosť prevádzok [6].

2.4 Spracovanie dát v reálnom čase

Platforma na zber, spracovanie a analýzu priemyselných dát v reálnom čase z rôznych systémov, zariadení a cloud služieb. Nepretržitý zber collect a širokú škálu údajov z prístrojov IoT, PLC, výrobných systémov, systémov MES, podnikových databáz, aplikácií v cloude a ich analýzu v reálnom čase.

3. DIGITALIZÁCIA V SMART TOVÁRNI Z POHĽADU TECHNICKÉHO SERVISU

V procese, v ktorom sa stretávajú záujmy rozmanitých subjektov trhu a súčasne pri neustálych zmenách požiadaviek zákazníkov sa vytvára tlak, ktorý vplyva na výber nového údržbového systému a nastavenie inovačnej schopnosti výrobných a montážnych tovární spojenej s implementáciou inteligentných digitálnych technológií a diagnostickej techniky do výroby. Dnes je hlavným cieľom tovární dosiahnuť rýchlu adaptáciu vzhľadom k inicializácií novej výroby a schopnosti reakcie voči vyskytujúcim sa chybám pomocou inteligentného údržbového systému na báze konceptu Priemyslu 4.0.

Pri vytváraní konceptu Tovární budúcnosti (FoF – Factories of the Future) je potrebné identifikácia potenciálov využitia princípov, nástrojov a technológií údržby v procese tvorby a zavádzania prístupov Priemyslu 4.0. Zároveň takáto továreň by kládla hlavný dôraz na aplikáciu programu predikcie údržby a implementovať zariadenia technickej diagnostiky, inteligentné senzory, prepojiť zariadenia pomocou internetu vecí a mobilných aplikácií

v údržbe, a vytvoriť tak digitálne dvojča pre riadenie údržby s cieľom poskytnúť spoľahlivý inteligentný digitálny údržbový systém. Ukazovatele ako dostupnosť a spoľahlivosť strojov a zariadení majú rozhodujúci význam pre prevádzku strojov, výrobných a montážnych liniek. Tieto údaje pre výpočet týchto ukazovateľov je možné monitorovať pomocou inteligentných snímačov, ktoré dokážu zobrazíť stav zariadenia v akejkolvek dobe, čo má za následok elimináciu prestojov strojov a zariadení.

Prvým krokom je zabezpečiť ich prepojenie a zber údajov zo zariadení previesť od manuálnych papierových kontrol k systémom automatizovaného zberu, ktorý zlepšuje kvalitu údajov a eliminuje množstvo a čas. Monitorovanie zariadení z centra alebo z akéhokoľvek miesta vo výrobe pomocou internetu vecí rozširuje počet a rôznorodosť parametrov, ktoré možno sledovať a použiť na zabezpečenie pravidelného monitorovania mechanického stavu zariadení, prevádzkovej spoľahlivosti, nákladov na odstávky spôsobené poruchami strojov. Toto riešenie sa v praxi nazýva tiež Digitálne dvojča (Digital Twin). Ide o digitalizáciu všetkých údajov popisujúcich stav zariadenia. V reálnom čase sa zhromažďujú a vyhodnocujú všetky potrebné informácie z výrobného procesu. Zozbierané dáta vytvoria ucelený obraz o výrobku, zariadeniach a výrobnom procese. Získa sa množstvo dát, ktoré povedú k rýchlejšiemu a kvalitnejšiemu riadeniu procesov údržby [7].

Inteligentný údržbový systém ponúka nielen pružnosť a rekonfigurabilitu, ale tento koncept prináša aj nové poznatky o softvérovej inteligencii, ktorej predpokladom sú rôzne charakteristiky. Takéto systémy využívajú techniky umelej inteligencie na realizáciu činnosti. Inteligentné údržbové systémy disponujú nasledovnými vlastnosťami [8]:

- schopnosť učenia a adaptácie na interné a externé vplyvy,
- schopnosť predpovedať budúci vývoj stavu zariadení,
- schopnosť optimalizovať riadenie údržby,
- schopnosť učenia sa z historických aj aktuálnych dát.

ZÁVER

Článok prináša pohľad na to, ako digitalizácia narúša zavedené veci v priemysle. Toto narušenie bude zapríčinené tým, že pracovníci budú využívať nové technológie na posilnenie svojich schopností, zvyšovanie bezpečnosti a zefektívnenie pracovných činností vo všetkých výrobných procesoch. Pretože priemysel pokračuje v digitalizácii, automatizácii a robotike, mnohé z činností, ktoré sú dnes ručne, sa zmenia alebo zmiznú. Digitalizácia nekončí príbehom digitálnej transformácie, keď prejdeme na Priemysel 4.0. Ako príklad môžeme uviesť koncept Japonskej vlády, ktorá už niekoľko rokov pracuje na pokračujúcom koncepte, ktorým je Spoločnosť 5.0. Po digitalizácii procesov môžu vzniknúť a prakticky sa implementovať do továrni aj ďalšie technológie ako strojové učenie či umelá inteligencia.

Ako sa dnes stále ukazuje v továrňach, je nevyhnutné projektovať stratégiu údržbových systémov na princípe implementácie tzv. komplexu údržby: TPM, RCM, RBM, VDM v integrácii inovatívnych a disruptívnych technológií, ako napr. digitalizácia a s ňou spojený digitálny podnik a digitálne dvojča továrne, imerzívne technológie a s nimi spojená rozšírená a virtuálna realita a pod. Tieto procesy zabezpečia do budúcnosti továrni optimálnu

prevádzkovú spoľahlivosť pri optimálnych nákladoch na údržbu a opravy. Pri implementácií nových procesov, alebo vylepšovaní tých jestvujúcich netreba zabúdať aj na rôzne druhy rizík, ako napr. individuálne, technické, sociálne, environmentálne či ekonomické [9, 10]. Cieľom TPM je vypracovanie programu údržby na základe požiadaviek hlavného výrobného procesu, technického stavu strojov a zariadení a ekonomických možností továrne.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0488.

Použitá literatúra

- [1] Gregor, M. – Magvaši, P.: Globalizácia a megatrendy. In: ProIN : dvojmesačník CEIT. - ISSN 1339-2271. - Roč. 15, č. 4 (2014), s. 67-73.
- [2] Zobrazenie továrne. Dostupné na internete: <https://www.productivityinc.com/wp-content/uploads/2018/03/TPM-Asset-Management-System3.png>.
- [3] Rakyta, M.: TPM – stratégia pre spoľahlivé a efektívne procesy. Dostupné na internete: <https://www.engineering.sk/strojarstvo-extra/2166-tpm-strategia-pre-spoahlive-a-efektivne-procesy>.
- [4] Priemysel 4.0. Dostupné na internete: <https://www.smartanalytics.sk/riesenia/priemysel/>.
- [5] What is Total productive maintenance (TPM). Dostupné na internete: <https://www.graphicproducts.com/articles/what-is-total-productive-maintenance-tpm/>.
- [6] Fusko, M.: Predictive maintenance 4.0 as a tool for sustainability in smart factories. In: Advanced industrial engineering [print] : Advanced methods of manufacturing, maintenance and logistics. - 1. vyd. - Bielsko-Biala: Wydawnictwo naukowe Akademii techniczno-humanistycznej w Bielsku-Białej, 2019. - ISBN 978-83-66249-29-5. - s. 83-104.
- [7] Rakyta, M. – Fusko, M. – Bubeník, P. – Bučková, M.: Plánovanie a riadenie ľudských zdrojov v údržbe, základ pre I4.0 [print] / Miroslav Rakyta ...[et al.]. In: Proceedings of 11th Annual International Scientific Conference Manufacturing Systems Today and Tomorrow 2019 [print]. - 1. vyd. - Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019. - ISBN 978-80-7494-506-9. - s. 16-22.
- [8] Rakyta, M. – Fusko, M.: Inteligentný údržbový systém pre Industry 4.0. In: Údržba : časopis pracovníkov údržby. - ISSN 1336-2763. - Roč. 17, č. 4 (2017), s. 7-10.
- [9] Grenčík, J. – Poprocký, R. – Galliková, J. – Volna, P.: Use of risk assessment methods in maintenance for more reliable rolling stock operation. In: In: Machine modelling and simulations 2017 [electronic]. - ISSN 2261-236X (online). - 1. vyd. - Londýn: Édition Diffusion Presse Sciences, 2018. - s. [1-11] [online].
- [10] Svitek, R. – Krajčovič, M. – Furmann, R.: CEIT Table, system for interactive evaluation and capacitive dimensioning of production workers. In: Invention for enterprise: proceedings. – 1. vyd. – Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humnistycznej wBielsku-Białej, Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, 2019. – ISBN 978-83-66249-49-3. s. 136-139.

Opravy PP, PE, PVC plastov

Michal ABRAHÁMFY

Plasty patria k najrozšírenejším materiálom na celom svete. Okrem rozličných oblastí ako sú potravinárstvo, obchod, majú veľké zastúpenie aj vo všeobecnom priemysle a tiež v podoblasti potrubných systémov a nádrží. Prečo? Vyniknú tu ich nesporné výhody:

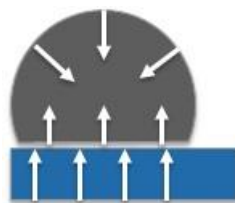
- Vysoká ohybová pevnosť
- Nízky koeficient trenia
- Veľmi dobrá odolnosť voči širokej škále kyselín a zásad
- Je to lacný materiál
- ...

Ich nevýhody:

- Náchylné na výkyvy teplôt
- Koncentruje sa v nich napätie
- Skorá únava materiálu
- Pôsobenie chémie z okolia
- Viaceré sú citlivé na UV žiarenie

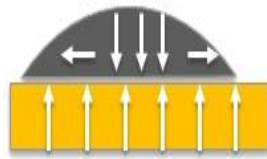
Pri prípadných opravách potrubí sa používajú metódy tepelnej fúzie, lepenie alebo spájanie mechanickými spojkami. Opravy plastov lepením (najmä materiálov ako polyetylén a polypropylén) sú komplikované, pretože tieto plasty majú nízku povrchovú energiu, takže sa nedá dosiahnuť dostatočné nasiaknutie/zmäčanie lepeného povrchu (viď. obr. č. 1). Ak ju porovnáme s niektorými inými materiálmi zistíme, že je rádovo nižšia:

Materiál	Povrchová energia (mN/m)
Nikel	cca 1800
Meď, železo	cca 1300
Striebro	cca 900
Hliník	cca 500
Polyvinylchlorid	41
Polyetylén	31
Polypropylén	31



Obr. č. 1 Povrchová energia podkladu je menšia ako povrchová energia kvapaliny

Na zlepšenie priľnavosti takýchto ťažko zlepiteľných materiálov používajú výrobcovia lepidiel rozličné primery, čím sa dosiahne stav podľa obr. č. 2.



Obr. č. 2 Povrchová energia podkladu je väčšia ako povrchová energia kvapaliny

Lepenie má oproti tradičným metódam celý rad predností: Je to najmä rovnomerný rozklad napätia po celom povrchu (zlepší sa statická a dynamická pevnosť), ďalej je to vyhnutie sa lokálnym napätiam od pôsobenia teploty alebo pripevnenia nitu. Lepením sa nemení podstatne hmotnosť spoja, v porovnaní s mechanickým spájaním. Výhodou je, že lepidlo môže mať každý pri sebe a okamžite ho, v prípade potreby, použiť.

Spoločnosť Belzona Polymerics robila testy (obr. č. 3) , ako by mohla ponúknuť svojim zákazníkom možnosť opráv zariadení (potrubia, nádrže,...) s PE a PP povrchmi.

Za cieľ si dala nasledovné:

- aby bola oprava rýchla
- aby sa dalo opraviť potrubie, ktoré je v prevádzke resp. pod tlakom
- aby pri oprave nebolo žiadne teplotné zaťaženie
- aby sa v mieste opravy rozložil tlak
- aby nebolo potrebné žiadne špeciálne náradie

Nakoniec sa v laboratóriách zistilo, že všetky tieto parametre spĺňa produkt Belzona 1221 - dvojkomponentný havarijný kompozit vyplnený kremíkovou oceľou. Vhodný aj pre kontakt s vodou a potravinami.



Obr. č. 3 Testy v laboratóriách spoločnosti Belzona Polymerics

Po testoch v laboratóriách spoločnosti prešiel produkt ešte pred oficiálnym uvoľnením pre tento druh opráv reálnym odskúšaním v plnom nasadení spoločnosti SAMSUNG v meste Dongtan v Južnej Kórei. Samsung, ako jeden z najväčších užívateľov produktov Belzona, ale aj spoločnosť s kilometrami plastových potrubí má vo svojich výrobniach pravidelné výtoky na PP/ PE potrubíach (PP je používaný väčšinou na procesných potrubíach, kým PE pre odpadovú vodu. Procesné PP potrubia majú do 5 barov, odpadové PE potrubia majú do 2 barov).

Pracovníci spoločnosti Samsung boli s riešením pomocou produktu Belzona 1221 veľmi spokojní, opravili ním viaceré živé výtoky. Dokonca potrubie, ktoré sa opravovalo pri odstavení (produkt Belzona 1221 spolu s tkaninou) vydržalo po vytvrdnutí produktu tlak 22,6 barov.



Samsung in Dongtan, South Korea



22.6 barov

Obr. č. 4 Opravy potrubí v spoločnosti Samsung

Nie je to div, produkt Belzona 1221 má nasledovné parametre:

Pri testovaní podľa ASTM D695 je typická hodnota pre pevnosť v tlaku 55,8 MPa. Pri testovaní podľa ASTM D790 je typická hodnota pre pevnosť v ohybe 59,3 MPa. Produkt je teplotne stály do 150°C v suchom prostredí, do 60°C v mokrom prostredí. Tvrdosť materiálu testovaného podľa ASTM D2240 je 80 Shore D.

Aj v slovenských podmienkach sme riešili problematiku lepenia plastov. Jednak to bola vo zvaroch tečúca PP nádrž (obr. č. 5) a tiež PVC potrubie (obr. č. 6, 7, 8).



Obr. č. 5 Oprava zvarov PP nádrže



Obr. č. 6 PVC potrubie s prasklinou



Obr. č. 7 PVC potrubie s pripraveným povrchom na zalepenie, so zväčšením praskliny do tvaru „V“ a ukončenou prasklinou zavrtaním



Obr. č. 7 PVC potrubie po oprave

Napriek nesporným úspechom pri lepení inak ťažko zlepiteľných plôch je treba povedať, že okolnosti každej takejto opravy sú jedinečné (rozličné tvary a plochy poškodenia, rôzne teploty a tlaky, teplotné a poveternostné podmienky pri oprave, odlišné médiá, namáhania, spôsob údržby,), a preto je potrebná pred každou takouto opravou odborná konzultácia.

Michal Abrahámfy
SLOVCEM spol. s r.o.
www.slovcem.sk

Praktické zkušenosti a postřehy z oblasti použití průmyslového těsnění

Martin TESAŘ

Vážení čtenáři,

Dovoľte mi za spoločnosť Pokorný spol. s r. o. Brno, ktorá je na česko- slovenskom trhu s priemyselnými tesneniami skoro 30 rokov, podeliť sa o naše praktické skúseností a postřehy z oblasti tesnení.

Ucelený prehľad o činnosti firmy Pokorný spol. s r. o. Brno si môžete urobiť na www.tesneni.cz/sk

V prípade otázok nás neváhajte kontaktovať na info@tesneni.cz

**Za spoločnosť Pokorný spol. s r. o. Brno
Tím skupiny Flange management**

Na nasledujúcich stránkach nájdete sériu krátkych odborných článkov na témy súvisiace s tesneniami a tesnosťí prírubových spojov. Články sa venujú 5 oblastiam:

- *Zvýšenie tesností prírubových spojov DN PN*
- *Materiálové limity vláknito gumových tesnení*
- *Grafitové tesnenia a na čo si pri nich dať pozor*
- *Obalované tesnenia ako pozostatok „doby azbestovej“*
- *Vytvorenie štandardov k montáži prírubových spojov*

Zvýšení tesností přírubových spojů DN PN



Tlaková třída PN 40 je myšlená hranice, do které možno relativně bezpečně používat ploché vysekávané tesnění. Od PN 40 se doporučuje používat tesnění kovové (např.: špirálovo vinuté, hřebeňové, atd.)

Rozměr tesnění je daný normou např.: ČSN EN 1514-1. Tato norma vznikla v čase, když nebyli známy výpočty na tesnost. Používané azbestové tesnění se daly "dobúchat na krv" a následně se vlivem nasiakavosti dotesnili. Po zákaze azbestu se změnila materiály tesnění, avšak rozměry podle norem pro tlakové třídy DN PN a postup montáže zůstali.

V případě, že chcete vypočítat přírubový spoj nižší tlakové třídy na tesnost podle EN 1591-1, zjistíte, že výpočet nemusí vycházet.

Čo to znamená?

Ak použijete tesnenie, ktoré je cez celú tesniacu plochu príruby, výpočet ukáže, že skrutky alebo príruby pevnostne nevyhovujú. Nie ste schopní dosiahnuť dostatočného merného tlaku na tesnenie, bez toho aby ste pri montáži nenatiahli skrutku alebo ohli prírubu.

Takýto spoj utesníte iba za cenu natiahnutia skrutiek alebo ohnutím príruby.

Ak chcete mať istotu, že je přírubový spoj správně navrhnutý, je potřebné vykonat výpočet s preukazom tesnosti a rozměr tesnenia optimalizovať.

Optimalizovať rozměr tesnenia sa oplatí napríklad pri potrubných trasách. Na základe triedy tesnosti, pre ktorú bol spoj vypočítaný, môžete deklarovať maximálne množstvo emisných únikov z celej trasy.



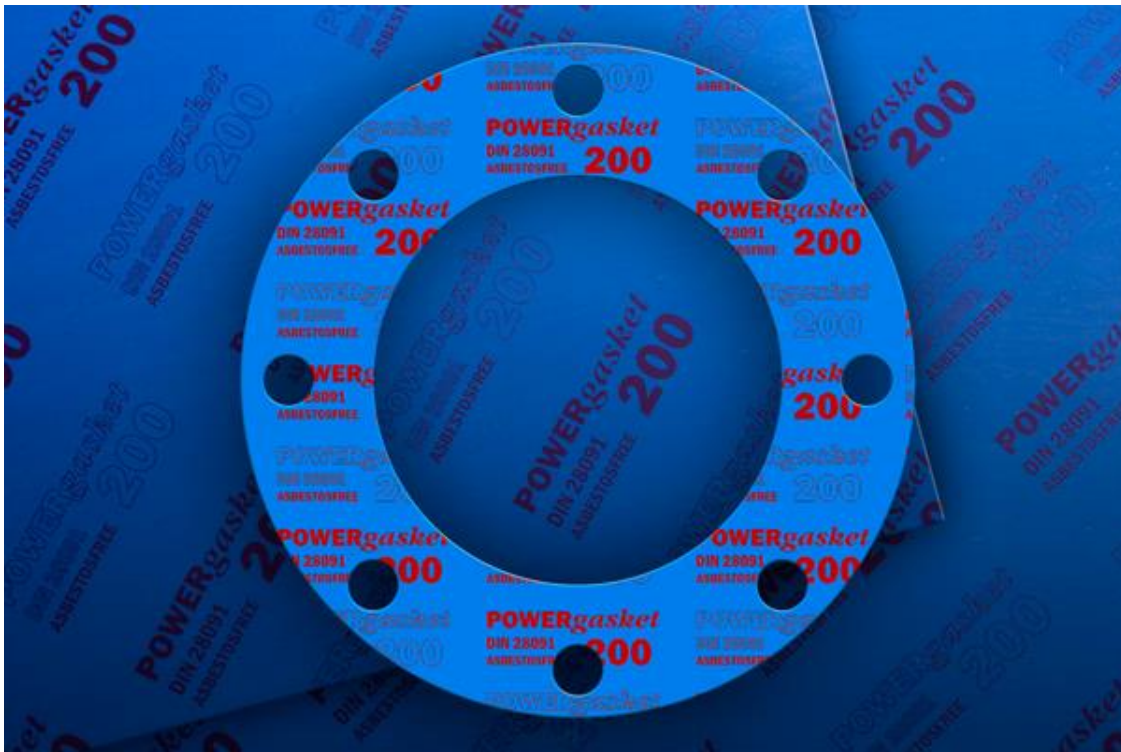
Spoľahlivosť prírubového spoja ďalej zvýšite:

- použitím maziva na skrutkové spoje uvedeným vo výpočte
- použitím plochých podložiek
- odbornou montážou
- riadeným uťahovaním vyškolenými montážnymi pracovníkmi podľa EN 1591-4

S výpočtami uťahovacích momentov a optimalizáciou rozmerov tesnení Vám radi pomôžeme.

V prípade otázok sa neváhajte obrátiť priamo, alebo cez náš kontaktný formulár www.tesneni.cz/sk/kontakt

Materiálové limity vláknito gumových tesnení



Dôvodov netesností na prírubových spojoch môže byť veľa, ale opakujúca sa netesnosť býva dôsledkom neodstránenia jej skutočnej príčiny. Jednou z príčin môže byť vplyv zvoleného materiálu tesnenia. Najmä potom **nerespektovanie materiálových limitov daného tesnenia** vo vzťahu k prevádzkovým parametrom.

Pred samotnou montážou by sme si mali položiť niekoľko otázok. Ak budú všetky naše odpovede kladné, možno predpokladať, že prírubový spoj bude následne **bezpečný a spoľahlivo tesný.**

- Bol vykonaný výpočet ťahovacieho momentu, ktorý zohľadňuje namáhanie všetkých častí prírubového spoja v jeho prevádzkových stavoch?
- Mám k dispozícii vhodne navrhnuté tesnenie, ktoré bezpečne odolá prevádzkovým parametrom, tj. teplota, tlak, médium?
- Zhoduje sa mazivo uvedené vo výpočte s tým, ktoré sa chystám použiť na ošetrovanie spojovacieho materiálu? A má toto mazivo namerané hodnoty súčiniteľov trenia podľa EN 16047?
- Sú dosadacie plochy prírub bez viditeľného poškodenia?
- Je spojovací materiál nepoškodený, očistený a vhodne namazaný?
- Bude dodržaný postup montáže podľa EN 1591-4? A je montážny personál preškolený podľa tejto normy?

V dnešnej dobe **neexistuje univerzálny tesniaci materiál.** Každý materiál má svoje limity a tie sú dané jeho najslabšou časťou.

Pre vlákno gumové materiály všeobecne platí, že onou najslabšou časťou je guma, t.j. NBR, CSM a pod. Najmä sa jedná o **teplotnú odolnosť týchto elastomérov**, ktorá sa pohybuje v rozsahu **od -20 °C do maximálne 150 °C**. Z tohto dôvodu nemožno teplotnú odolnosť zvýšiť ani pridaním napr. grafitu, aramidu apod. Napriek tomu sa často stretávame s argumentom, že tieto materiály možno "krátkodobo" použiť aj na 350 °C. Možno ale špecifikovať pojem "krátkodobo"?

Pomer jednotlivých zložiek u vlákno gumových materiálov je nasledujúca.

- Cca. 15 % tvorí grafitové, aramidové alebo syntetické vlákno
- Cca. 25-45 % sú elastomérové spojivá, tj. NBR, CSM pod.
- Cca. 40-60 % sú plnivá

Oproti tomu azbestové tesnenia boli tvorené z cca. 80 % samotného azbestu a zvyšok potom dopĺňali elastomérové spojivá a plnivá.

Z veľkého pomeru elastomérových spojív vo vlákno gumových tesneniach vyplýva, prečo býva ich **zámena za azbestové tesnenia častou príčinou netesností**. Najmä pri aplikáciách, ktoré svojou teplotou presahujú 150 °C, dochádza pri **elastoméroch k ich tvrdnutiu, strate objemu (hrúbky) a pružnosti**. Z týchto dôvodov sa na prírubovom spoji (obzvlášť kde sa mení teplota) následne objavuje netesnosť.

Z našej praxe by sme ako jeden príklad za všetky mohli uviesť riešenia netesností na špičkovom ohrievači pary. Ide o tlakovú nádobu s teplotami okolo 350 °C a tlakom pary 3,1 MPa. Netesnosť sa na tomto zariadení objavovala vždy po znížení prevádzkovej teploty. Príčinou bolo použitie vlákno gumových tesnení, ktoré boli pre uvedené parametre úplne nevhodné. Spoľahlivosť a tesnosť spoja sme vyriešili výmenou pôvodného tesnenia za tesnenia Dynagraph so zvlneným nerezovým jadrom a grafitovou fóliou.



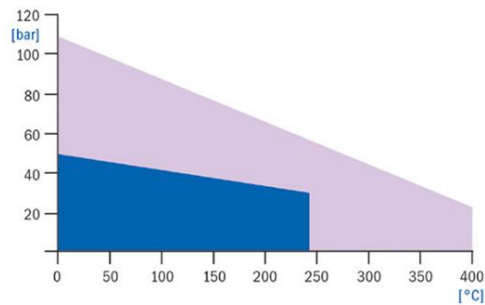
Špičkový ohrievač



tesnenie Dynagraph

Parametre uvádzané v materiálových listoch dodávateľov sú skôr marketingovou informáciou.

Informácie v PT diagramoch je potreba z tohto dôvodu čítať s rezervou a s ohľadom na konkrétne prevádzkové a rozmerové parametre prírubového spoja. Zvlášť potom pre aplikácie tesnení okolo krajných hodnôt uvedených v PT diagramoch.

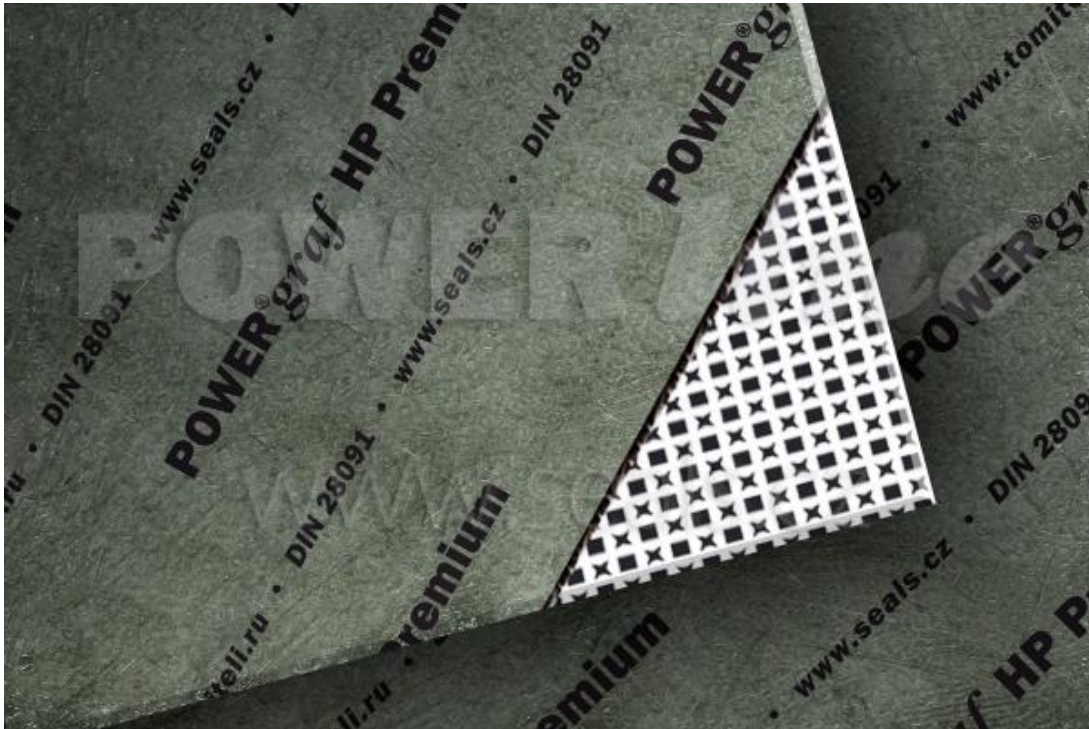


Príklad PT diagramu

Tesnenia vyrobené z kvalitných vláknito gumových materiálov majú v prírubovom spoji svoje miesto. Musia však byť používané iba na aplikácie, pre ktoré sú určené.

<https://www.tesneni.cz/sk/produkt/vlaknitogumove-dosky-powergasket>

Grafitové tesnenia a na čo si pri nich dať pozor



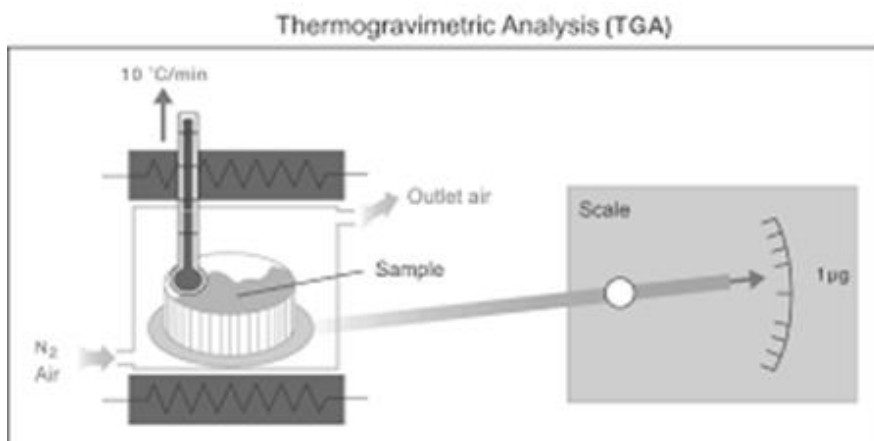
Grafitové tesnenia patria k **najuniverzálnejším tesniacim materiálom** a majú najväčší teplotný rozsah použitia, tj. od **-260 °C do +600 °C**. Jedná sa o materiál, ktorý **nestarne** a pôsobením času **ne stráca svoje vlastnosti**. Na druhej strane sú náchylné na manipuláciu a montáž. Aj z týchto dôvodov bývajú grafitové tesnenia zosilnené napr. perforovaným plechom alebo niklovou fóliou.

U grafitových tesnení je jedným z hlavných parametrov **oxidácia**.

Oxidácia, teda úbytok materiálu vplyvom teploty a kyslíku, má za následok **pokles napätia v skrutkách, zníženie merného tlaku** na tesnenie a nakoniec aj **netesnosť prírubového spoja**.

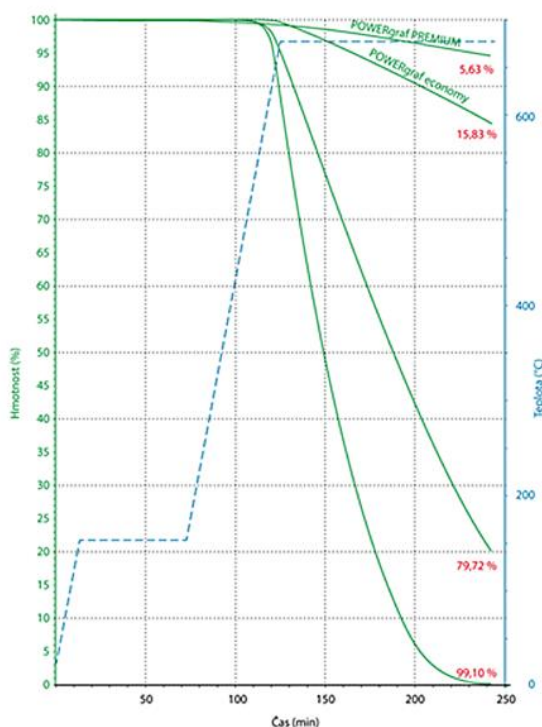
Kvalita grafitu a tým pádom aj jeho schopnosť odolávať oxidácii je **daná čistotou ložiska**, v ktorom je ťažený. Zjednodušene možno povedať, že čím vyšší je v grafito obsah chloridov, fluoridov a síry, tým väčšia a rýchlejšia je aj oxidácia grafitového tesnenia. Zároveň môžu tieto nečistoty spôsobovať jamkovú koróziu na tesniacich plochách prírub.

Oxidácia grafitových tesnení sa zisťuje pomocou tzv. **TGA analýzy**, ktorá funguje na princípe **merania úbytku váhy**.



Postup skúšky TGA analýzy:

Grafitová vzorka o váhe 2-3 g je najskôr jednu hodinu vysušaná pri teplote 100 °C a následne je na dve hodiny vystavená teplote 670 °C a prúdu vzduchu 7 l/min. Zo zostatkovej hmotnosti je po skončení skúšky vypočítaná hodnota oxidácie.

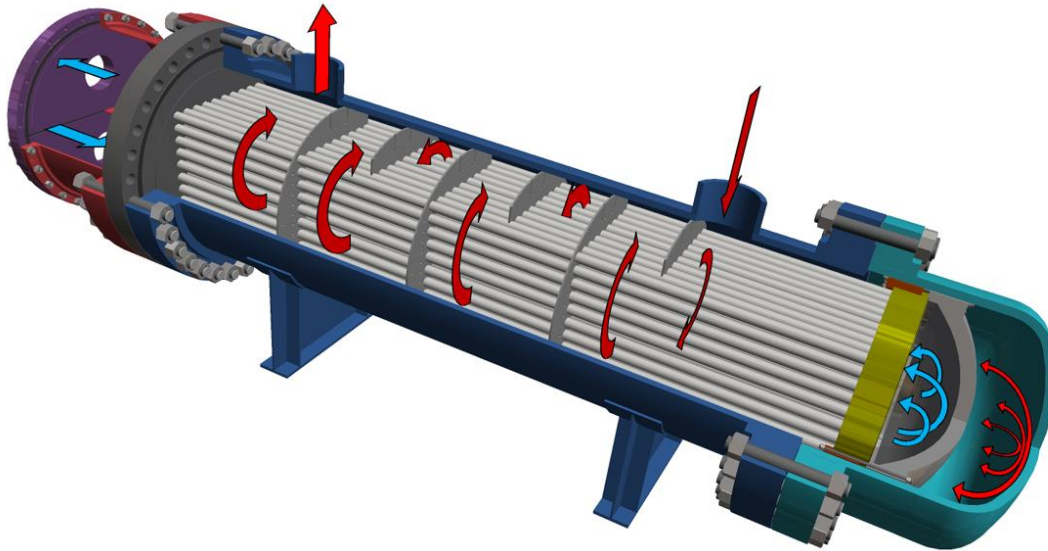


Graf oxidácie z TGA analýzy

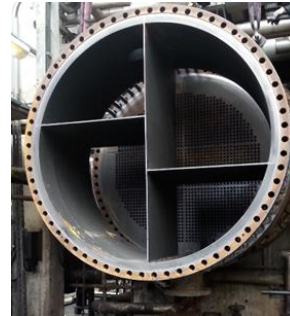
Logicky potom platí, že čím je úbytok grafitu v priebehu TGA analýzy vyšší, tým nižšia je aj kvalita testovaného grafitu. Na československom trhu sa bohužiaľ môžete stretnúť aj s materiálmi, ktorých oxidácia sa pohybuje v rozmedzí od 80 % do 99 %. **Buďte teda obozretný a vyžiadajte si od svojich dodávateľov grafitových tesnení výsledky TGA analýzy.**

<https://www.tesneni.cz/sk/produkt/grafitove-dosky-powergraf>

Obalované tesnenie ako pozostatok "doby azbestovej"



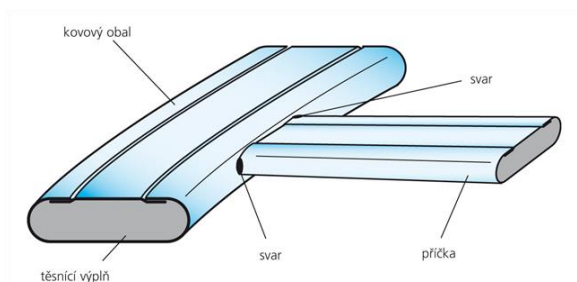
Svojou konštrukciou sa jedná o kovové tesnenie, v ktorom je tesniaca časť obalená kovovým materiálom. Toto tesnenie primárne vzniklo z dôvodu zvýšenia chemickej ochrany vnútornej azbestovej výplne. Tenký plech pri utiahnutí kopíroval tvrdý materiál azbestu vnútri, pričom pre zaistenie tesnosti spoja bolo treba vyvinúť veľký merný tlak na tesnenie.



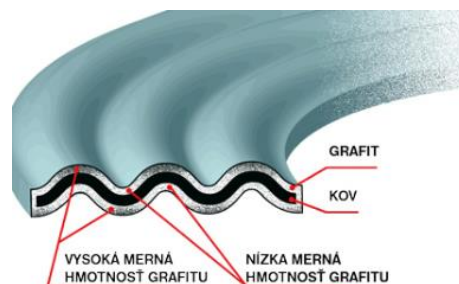
Obalované tesnenia sa často používajú u výmenníkov

Pri moderných tesneniach, v ktorých je azbest nahradený relatívne mäkkým grafitovým tesnením, dochádza pri utiahnutí k tomu, že sa tenký vonkajší plech nemá o čo oprieť a podľa čoho vytvarovať.

V kombinácii s absenciou tesniaceho materiálu na vonkajších plochách môžu byť tieto tesnenia veľmi nespoľahlivé najmä pri zmenách teplôt.



Obalované tesnenia



DynaGraph

Samotné obalované tesnenia sú z nášho pohľadu už prekonané. V dnešnej dobe sa oveľa viac využívajú tesnenia, ktorých konštrukcia je presne opačná, tzn. kovové jadro, ktoré je na vonkajších plochách ošetrené napr. grafitom. Vďaka tomu možno plne využiť pozitívne vlastnosti daného tesniaceho materiálu.

V našom sortimente tento typ tesnenia reprezentuje DynaGraph.

Nosná časť je tu tvorená zvlneným kovovým jadrom, ktoré je pokryté pružným grafitom rôznej hustoty a hrúbky. Vlnitý tvar zvyšuje schopnosť vrátiť sa do pôvodného stavu a redukuje povrchovú plochu tesnenia na začiatku ťahovania. Táto konštrukcia zabezpečuje lepšie tesniace vlastnosti oproti štandardne používaným tesneniam a je výborná pre aplikácie, ktoré sú vystavené teplotným cyklom.



Tesnenie DynaGraph na pozícii

Pre dosiahnutie vyššej chemickej odolnosti možno použiť DynaGraph aj vo variante, v ktorej je pružný grafit nahradený PTFE, alebo celé tesnenie ochrániť teflónovou obálkou, tzv. košielkou.

<https://www.tesneni.cz/sk/produkt/tesnenie-pre-vymenniky-dynagraph>

Vytvorenie štandardov pre montáž prírubových spojov

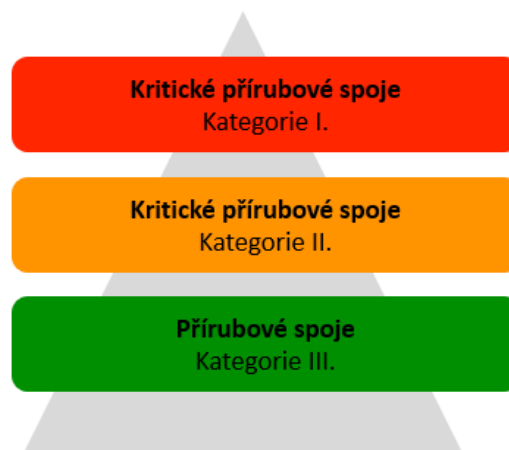


Skúsenosti prevažne z rafinérií ukazujú, že zvýšenie spoľahlivosti a bezpečnosti prírubových spojov možno dosiahnuť pomocou ich rozdelenia do jednotlivých kategórií. V nadväznosti na tieto kategórie je následne potrebné vytvoriť štandardy s nastavenými postupmi montáže a s požiadavkami na materiál, montérov, vybavenie atď.

Stanovenie kritérií, ktoré ovplyvňujú zaradenie prírubového spoja do jednotlivých kategórií, je individuálne pre každý podnik. Spoločným menovateľom môže byť napr. či daný spoj a jeho netesnosť ovplyvní výrobu prípadne bezpečnosť prevádzky, ak mal spoj v minulosti opakované netesnosti...

V prvej fáze je teda potrebné stanoviť kritériá, na základe ktorých budú definované konkrétne kategórie. Tieto kritériá sa najčastejšie určujú s ohľadom na kombináciu prevádzkovej teploty a tlaku.

Najviac sa osvedčilo rozdelenie do troch kategórií, ktoré Vám popíšeme na nasledujúcich riadkoch.



Príklad rozdelenia prírubových spojov do kategórií

Vytvorenie štandardov pre montáž prírubových spojov

Kritické prírubové spoje - kategória I.

Najčastejšie sa jedná o prírubové spoje aparátov napr.: výmenníkov, reaktorov, kolón, kotlov a pod. Mnohoročná prax preukázala, že opakujúce sa netesnosti dôležitých prírubových spojov spadajúcich do kategórie I., sa podarilo dlhodobo a spoľahlivo utesniť realizáciou tzv. Komplexným riešením.

Komplexné riešenie zahŕňa:

- návrh riešenia tesnosti prírubového spoja
- výpočet ťahovacích momentov podľa EN 1591-1 s preukazom tesnosti
- dodávku navrhnutého tesnenia a spojovacieho materiálu vrátane systému mazania
- riadené utiahnutie montážnymi pracovníkmi vyškolenými podľa EN 1591-4

V rámci komplexného riešenia má jeden dodávateľ pod kontrolou celý vyššie popísaný proces a nesie zodpovednosť za tesnosť prírubového spoja.

Kritické prírubové spoje - kategória II. a III.

Kritériá pre tieto kategórie môžu byť rôzne. Jedná sa prevažne o normalizované spoje DN PN. Tieto spoje sú najčastejšie realizované v rámci bežných montážnych a údržbárskych činností. Aj u nich by sme však odporúčali mať vypočítané ťahovacie momenty a stanoviť štandardy pre ich montáž.

Tento prístup k riešeniu prírubových spojov sa v dnešnej dobe čoraz častejšie uplatňuje aj v ďalších priemyselných odvetviach ako je energetika, papierne, farmácia a pod.

Už viac ako 20 rokov našim zákazníkom pomáhame s riešením tesností kritických prírubových spojov.

S našimi zákazníkmi najčastejšie spolupracujeme na komplexných riešeniach prírubových spojov v kategórii I. V nemalej miere sa ale tiež zaoberáme výpočtami ťahovacích momentov a napr. supervíziou prírubových spojov v kategóriách II. a III.

Výsledná spoľahlivosť takto realizovaných spojov jednoznačne preukázala svoje opodstatnenie a inšpirovala mnohých zákazníkov k zmene v ich uvažovaní.

Naše skúsenosti sú Vám k dispozícii pri stanovovaní kritérií, ktoré vedú ku kategorizácii prírubových spojov.

Na stránkach www.tesneni.cz/sk/sluzby ukazujeme na príkladoch, že spoľahlivé riešenie tesnosti prírubových spojov je otázkou vzájomne sa ovplyvňujúcich faktorov.

3D TLAČ ČASTI MOTORA VRÁTIL ZÁVODNÝ ŠPECIÁL SPÄŤ NA TRAŤ

ŠKODAMOTOR

Tomáš VÍT

Pri rekonštrukciách automobilových, motocyklových či leteckých veteránov nastávajú chvíle, keď je nutné vymeniť starý diel či celú zostavu časti motora. Ako ale získať diely skôr vyrábané napríklad tlakovým liatím, ak už ich výrobca ani technická dokumentácia dávno nie sú k dispozícii? Konštruktérovi Štěpánu Bernému pomáha 3D tlač z kovov na tlačiarni Markforged Metal X.

Individuálnej výrobe náhradných dielov a špeciálnych súčiastok pre historické pretekárske a letecké motory – s ohľadom na maximálny výkon a výdrž – sa Štěpán Berný venuje už štvrté storočie. Spolu s manželkou mu verne asistujú predovšetkým veľké množstvo obrábacích strojov. V posledných rokoch však aj 3D tlač.

„Cca pred 15 rokmi som túto technológiu zaznamenal na veľtrhu v zahraničí. Veľmi ma vtedy zaujala rýchla výroba navrhnutého prototypu, overenie presnosti a možnosť následnej výroby niektorou z vhodných technológií – alebo aj ich kombinácie.“



Replika časti karburátora vytlačenej na 3D tlačiarni Markforged Metal X pomohla vrátiť späť do prevádzkyschopného stavu pretekársky automobil

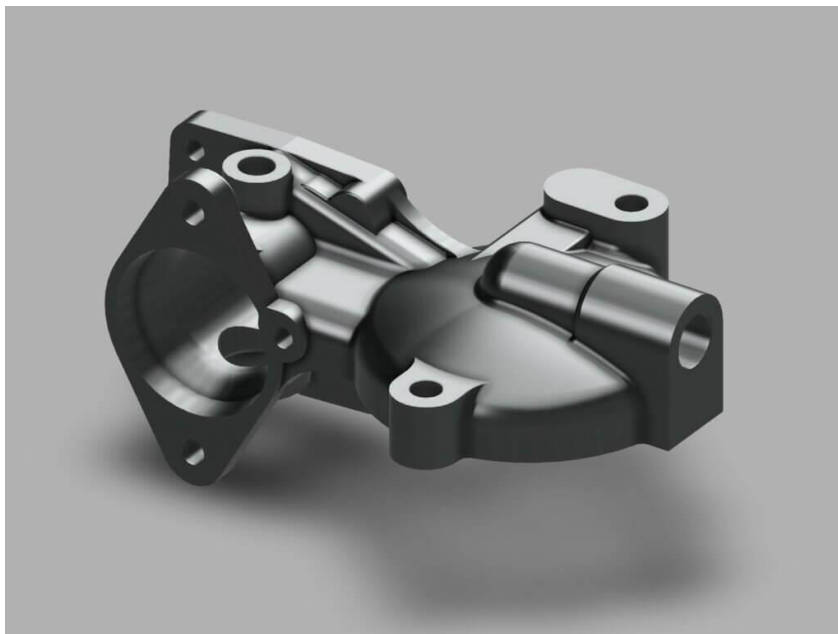
Obrábanie a 3D tlač ruka v ruke

Hlavnou náplňou práce konštruktéra v mini tíme SKODAMOTOR je výroba originálnych dielov na historické pretekárske motory. Na začiatku je digitalizácia do podoby verného trojrozmerného modelu a úpravy v CAD riešení Autodesk Fusion 360 a Netfabb. Okrem 3D tlače prototypov z termoplastov a klasického obrábania sa ako stále zaujímavejšou javí aditívna výroba priamo z kovov na tlačiarni **Markforged Metal X**.

„Zaujímavá na tejto technológii je veľká úspora času a drahých materiálov. Rovnako tak výroba negatívnych tvarov, čo je niekedy veľmi problematické,“ vysvetľuje Štěpán Berný. „Možnosť 3D tlače prináša iný prístup k materiálom, predovšetkým z pohľadu pevnosti. Napríklad aj vďaka moderným spôsobom konštruovaní, medzi ktoré patrí generatívne navrhovanie.“

3D výtlačky z kovov – vzniknuté v spolupráci s pražským tímom Tecron, ktorý technológiu kompozitného aj kovového 3D tlače Markforged využíva veľmi intenzívne – sa dajú upravovať do konečnej podoby bežnými dokončovacími prácami. Boli tiež podrobené rôznym skúškam odolnosti, vrátane tých deštruktívnych, pre kompletnú kontrolu a hodnotenie vlastností. Vďaka 3D tlači vznikol napríklad viacdielny karburátor pretekárskeho automobilu (technológia Metal X) alebo hlava motora pre historický motocykel Ariel 1932, typ SG.

„Hlavný dôraz pri výrobe hlavy motora sme kládli na autentickosť diela a vzhľad bez finálnej úpravy povrchu. Vďaka 3D tlači sme mohli predať model zákazníkovi pre kontrolu a odsúhlasenie. Celá zákazka pritom netrvala ani mesiac.“



3D model krytu plavákovej komory karburátora slúži ako podklad pre 3D výtlačok z kovu

Nepostrádatel'ný pomocník pri výrobe

3D tlač sa v dielni SKODAMOTOR osvedčila natoľko, že je v rámci ich výrobného postupu jedným z kľúčových prvkov. „Uľahčuje nám robiť rýchle zmeny modelu, urýchľuje celkový postup výroby unikátnych súčastí pre veteránov, ale aj nové pretekárske špeciály, ktoré vznikajú v českých dielňach. Vytlačené diely presvedčili mnoho do tej doby neveriacich ľudí okolo, že aditívna výroba z kovov dáva zmysel,“ uzatvára Štěpán Berný.



Originálny diel a jeho verná kópia z materiálu nerezová oceľ tlačená na 3D tlačiarni Markforged Metal X

Autor článku: Tomáš Vít