

# Strojárstvo

EXTRA

ODBORNÉ A VEDECKÉ ČLÁNKY

## Obsah \ Contents

### Návrh hydraulického systému pre skúšobné zariadenie

*Design of hydraulic system for testing bench*

02

### Pružné výrobné systémy a ich členenie

*Flexible manufacturing systems and their classification*

08

### Náterová hmota s vlastnosťami galvanických vrstiev

*Coating with properties of galvanised layers*

04

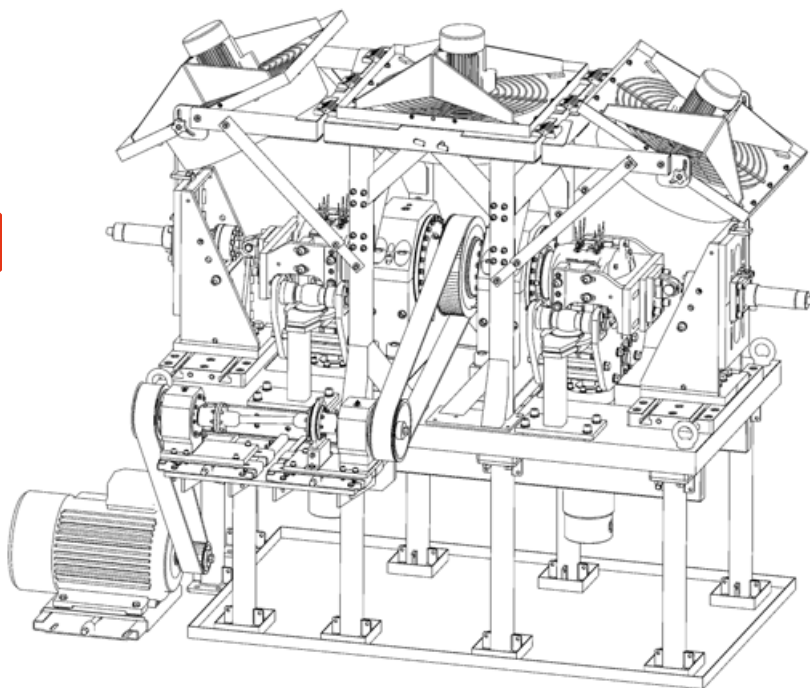
### Burza

*Exchange*

12

Strojárstvo EXTRA – miesto pre recenzované odborné príspevky

# NÁVRH HYDRAULICKÉHO SYSTÉMU PRE SKÚŠOBNÉ ZARIADENIE



Obr. 1 Skúšobné zariadenie

Strojnícka fakulta Žilinskej univerzity v Žiline v snahe vytvoriť optimálne podmienky pre vedeckovýskumnú činnosť podporuje rozvoj infraštruktúry výskumu a vývoja (laboratórne a prístrojové vybavenie), najmä so zameraním na mimorozpočtové zdroje. Táto infraštruktúra, spolu s kvalitnými výskumnými zamestnancami, tvorí základný predpoklad pre úspešné uchádzanie sa o projekty v rámci národných i nadnárodných grantových schém.

TEXT/FOTO ING. IGOR GAJDÁČ, DOC. ING. SLAVOMÍR HRČEK, PHD., ING. MIROSLAV MIKITA – ŽILINSKÁ UNIVERZITA, STROJNÍCKA FAKULTA, ING. IGOR ADAMKO – RKR & HYMAR, S. R. O.

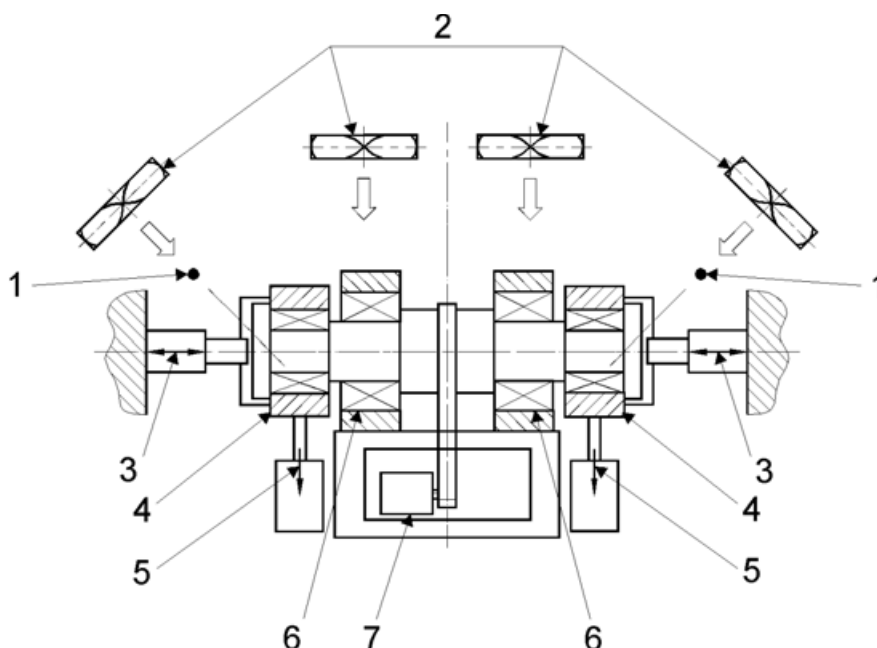
V súlade s plánom rozvoja kapacít a kompetencií pre realizáciu vývoja a skúšok v oblasti pohonov, prevodov a ložísk je na Strojníckej fakulte riešený projekt ProHiSpe – prototyp nápravového telematického ložiska pre vysoké rýchlosti.

Vznik projektu je výsledkom dlhodobých aktivít Strojníckej fakulty pri riešení úloh výskumu a vývoja v oblasti tribológie, konštrukcie, výpočtov a skúšania ložísk, uložení, ložiskových skriň, stavby prototypov a funkčných vzorov komponentov dopravných strojov a zariadení, vrátane výborného zázemia z priemyselnej praxe. Ďalej je tu potreba slovenských firiem vyrábať a používať na Slovensku aj nápravové ložiska pre vysoké rýchlosti s ohľadom na dopyt

na svetových trhoch aj na prebiehajúcu modernizáciu železničných tratí, ktoré budú napojené na európske vysokorýchlostné železničné koridory. V neposlednom rade prispela aj skutočnosť, že Strojnícka fakulta Žilinskej univerzity je dnes na Slovensku jediným pracoviskom, kde sa ešte uskutočňuje výučba inžinierov a doktorandov, ako aj výskum v oblasti vývoja, konštrukcie a skúšania komponentov koľajových vozidiel.

## SKÚŠOBNÉ ZARIADENIE PRE SKÚŠKY NÁPRAVOVÝCH SKRÍŤ

Jedným z výstupov uvedeného projektu je skúšobné zariadenie na skúšky nápravových skriň železničných vozňov, ktoré je zobrazené na obr. 1.



Legenda:

- 1 – snímač teploty
- 2 – ventilátory
- 3 – axiálne zaťaženie
- 4 – skúšaná nápravová skriňa s ložiskom
- 5 – radiálne zaťaženie
- 6 – nosné ložisko
- 7 – motor

Obr. 2 Schéma skúšobného zariadenia



Základná koncepcia skúšobného zariadenia (obr. 2), vychádza z požiadaviek normy STN EN 12082, ktorá predpisuje súčasné skúšanie dvoch nápravových skriň uchytených prostredníctvom nápravových ložísk na hriadeľ, ich zaťaženie konštantnou radiálnou silou a premenlivou axiálnou silou, pričom otáčky a smer otáčania hriadeľa sa menia podľa definovaného cyklu. Chladenie nápravových skriň je zabezpečené simuláciou prúdenia vzduchu pri jazde pomocou ventilátorov.

Dĺžka skúšky dosahuje v závislosti od požiadavky na priebeh v kilometroch niekoľko mesiacov. Počas skúšky sa zaznamenáva teplota nápravových ložísk a skriň. Podmienkou splnenia požiadaviek normy na skúšané komponenty je stabilizácia meraných teplôt pod požadovanou úrovňou, povrch obehových dráh ložiskových krúžkov a teliesok bez poškodení a viditeľného opotrebovania, ložisková klietka bez deformácií a viditeľného opotrebovania a fyzikálno-chemické vlastnosti použitého mazacieho tuku v požadovaných limitoch.

Konštrukciu navrhli a stavbu zariadenia realizovali pracovníci Strojníckej fakulty a subdodávateľa niektorých komponentov.

### HYDRAULICKÝ SYSTÉM

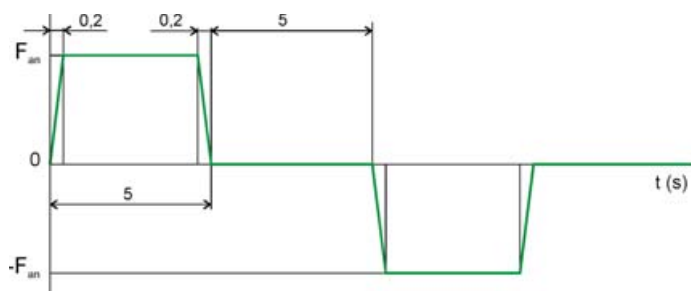
Dôležitou časťou zariadenia je hydraulický systém. Navrhnutá koncepcia riešenia obvodov hydraulického systému zohľadňuje požiadavky zadania, kde mali rozhodujúci vplyv tieto parametre:

skúšobný cyklus,

- požiadavky na presnosť a veľkosť zaťažujúcich síl,
- rýchlosť a opakovateľnosť skúšobných cyklov.

Hydraulický systém skúšobného zariadenia pozostáva z okruhu mazania a chladenia podporných ložísk a zo silového okruhu na riadenie axiálneho a radiálneho zaťaženia.

Radiálne zaťaženie je počas skúšky konštantné. Rozsah pracovného zaťaženia je 7 – 23 ton s požadovanou presnosťou  $\pm 3\%$  z rozsahu. Pracovná oblasť tlaku vo valcoch radiálneho zaťaženia je v rozmedzí 42 až 142 bar. Axiálne zaťažovanie skúšaných ložísk je cyklické a má priebeh podľa grafu na obr. 3.



Obr. 3 Priebeh axiálneho zaťaženia

### AXIÁLNE ZAŤAŽENIE

Riešenie okruhu axiálneho zaťaženia je v hydraulickom systéme najnáročnejšou časťou, pretože do samotnej regulácie vstupuje veľa spätných väzieb, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú celkovú presnosť daného spôsobu zaťažovania. Pri návrhu systému bolo potrebné uvažovať s tuhosťou celej sústavy, s vólami v jednotlivých skúšaných ložiskách pri zmene vektoru zaťaženia, s vibráciami, ktoré vznikajú pri otáčaní ložiska, so zmenou teploty. Všetky tieto faktory spolu tvoria súhrn parametrov, ktoré bolo potrebné zohľadniť pri regulácii pre dosiahnutie predpísanej presnosti axiálneho zaťaženia v rozmedzí  $\pm 6\%$  z rozsahu v stanovených časových priebehoch. Hodnoty axiálneho zaťaženia sa pohybujú v rozsahu 1,6 až 4 tony, čo zodpovedá tlaku 50 až 163 bar pri zvolených priamočiarych hydromotoroch 63/30 s pomerom plôch 1 : 1. Hydromotory sú špeciálne skonštruované pre daný typ zaťaženia a časový priebeh celej skúšky

z dlhodobého hľadiska, hlavne pre malé hodnoty zdvihu v krátkych časových skokoch 200 ms, kde hodnota zdvihu je daná len tuhosťou sústavy a vólami. Z dôvodu potreby reálneho zobrazenia priebehu síl a presnej spätnej väzby boli do riadenia hydraulického systému použité tenzometrické snímače síl.

Samotný hydraulický okruh axiálneho zaťaženia je tvorený zdrojovou časťou tlakovej kvapaliny, ktorá pozostáva zo samostatnej skupiny motor – spojka – čerpadlo s výstupom do tlakového filtra, poistného bloku s plniacim ventilom pre akumulátor, akumulátora s riadiacim blokom a regulátorom s tlakovou váhou. Nádrž hydraulického okruhu je spoločná pre axiálne aj radiálne zaťaženie. Je vybavená ohrevom na dosiahnutie optimálnej teploty pred začiatkom skúšky, okruhom chladenia s použitým olejovo-vzduchovým chladičom umiestneným do vonkajšieho prostredia, samostatným okruhom filtrácie, ktorý slúži aj na miešanie oleja pri ohreve na pracovnú teplotu, hladinomerom, teplomerom a tlakovými senzormi.

Kľúčovou časťou celého riadenia axiálneho zaťaženia je však zostava valec – riadiaci ventil. Riadiaci ventil je priamo umiestnený na každom axiálnom valci, spoločne s kontrolným senzorom tlaku. Spolu s riadiacou jednotkou zabezpečujú požadovaný priebeh síl v závislosti na čase. Po zohľadnení všetkých parametrov, ktoré nepriaznivo vplyvajú na presnosť, bol ako riadiaci ventil použitý regulačný priamo riadený ventil 4WR-SEH s elektrickou polohovou spätnou väzbou. Uvedený ventil sa vyznačuje vysokou prahovou citlivosťou s odozvou  $\leq 0,03\%$  a nepatrnou hystereziou  $\leq 0,05\%$ . Ventil má kvalitu piestov a puzdier porovnateľnú so servoventilom, preto bola veľká pozornosť venovaná zabezpečeniu čistoty oleja podľa normy NAS1638, trieda 7. Ventil má integrovanú riadiacu elektroniku s rozhraním F1 (vstup požadovanej hodnoty  $4\pm 20$  mA). Na riadenie celého procesu priebehu skúšky v hydraulickú časť bol na mieru navrhnutý vlastný PLC kvôli zabezpečeniu lepšej komunikácie medzi výstupom z tenzometrických snímačov a vstupom do proporcionálneho ventilu s vlastným programovým vybavením. Dôležitým faktorom pri konštrukcii elektrických vedení bolo aj zabezpečenie odolnosti systému voči elektromagnetickému rušeniu (menič na motore hlavného pohonu, silové vodiče), ktoré bolo dosiahnuté správnym tienením a uzemnením vodičov.

Celý hydraulický systém bol koncipovaný s dôrazom na predpokladaný dlhý časový priebeh skúšok jednotlivých ložísk, s použitím kvalitných, štandardných a ľahko dostupných prvkov na zabezpečenie dlhej životnosti celého zariadenia.

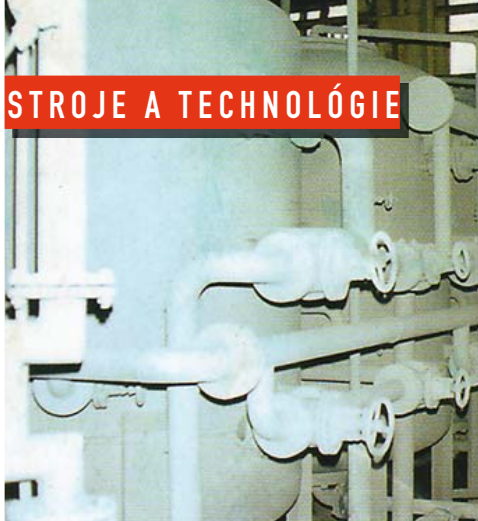
Merania vykonané počas reálnej prevádzky potvrdili splnenie požadovaných parametrov hydraulického systému. ■

Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku / Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.



## DESIGN OF HYDRAULIC SYSTEM FOR TESTING BENCH

The article deals with development of testing machine, which is creating for tests of lifetime of railway carriage axleboxes bearing for high speeds. On machine, which is constructing should be made tests of axleboxes bearings for different speeds and loadings according norm EN 12082. Radial loading of axleboxes is constant, axial loading is variable cyclic. Design of hydraulic circuit for axial loading must meet the demanding specifications. Hydraulic system is controlled by custom made PLC system. Loading of axleboxes is checked by tensometric sensors. ■



Obr. 1 Príklady aplikácie náteru Zinga

# NÁTEROVÁ HMOTA S VLASTNOSŤAMI GALVANICKÝCH VRSTIEV

Ochrana kovov pred koróziou je jednou z dôležitých úloh, s ktorými sa stretáva priemyselná prax. Až 80 percent všetkých konštrukcií je vystavených atmosférickej korózii. Korózia nepredstavuje iba technický problém, ale aj ekonomický. Napriek vedomostiam o korózných procesoch korózia spôsobuje obrovské ekonomické straty, v priemyselne vyspelých krajinách 4 až 5 % HDP ročne. TEXT/FOTO ANNA GUZANOVÁ, JANETTE BREZINOVÁ, KTAM, STROJNICKÁ FAKULTA, TECHNICKÁ UNIVERZITA, KOŠICE, FRANTIŠEK JAŠ, RENOJAVA, S. R. O., PREŠOV

**P**riame korózne straty predstavujú znehodnotený konštrukčný materiál. Preto je nutné neustále zvyšovať účinnosť protikoróznej ochrany. Napriek tomu, že oceľ patrí do skupiny dávno používaných stavebných a konštrukčných materiálov, stále ostáva najdôležitejšou komoditou v súčasných technológiách a najviac používaným konštrukčným materiálom. Najbežnejším spôsobom úpravy oceľových povrchov je tvorba ochranných povlakov. Z hľadiska rozsahu použitia protikoróznej ochrany je najvýznamnejšia katódová ochrana ocele obetovanou anódou – zinkom. Korózna aktivita kovov sa v určitom rozmedzí ich potenciálov mení. Existujú oblasti rýchleho rozpúšťania kovu, ale aj oblasti jeho stability – imunity, pasivity. Závisí to od charakteru kovu a prostredia, v ktorom sa nachádza. Elektrochemická ochrana spočíva v tom, že sa kov vnútri potenciál, pri ktorom sa výrazne zníži jeho korózna rýchlosť, teda kov sa dostáva do imúnneho alebo pasívneho stavu. Zmena potenciálu k zápornejším hodnotám, posúva kov

do stavu imunity, teda do pozície katódy – hovoríme o katódovej ochrane. Posunom k vyšším potenciálovým hodnotám je možné niektoré kovy posunúť do pasívnej oblasti – hovoríme o anódovej ochrane.

Zinok sa aplikuje na oceľ rôznymi technológiami – žiarovým zinkovaním ponorom do roztaveného zinku, galvanickou cestou alebo žiarovým nástrekom plameňom. Výsledkom snahy kombinovať pasívnu bariérovú ochranu a aktívnu katódickú ochranu je celá škála náterových hmôt obohatených zinkovým prachom rozptýleným vo vhodnej spojivovej báze. Obsah zinkových častíc sa v takýchto formuláciách pohybuje okolo 55 – 67 %, teda na hranici kritickej objemovej koncentrácie pigmentu, čo závisí aj od tvaru zinkových častíc (sférický zinok, lamelárny zinok). Výnimočným náterovým systémom z tejto skupiny zinkom plnených náterových hmôt je náterová hmota Zinga. Zinga obsahuje elektrolytický zinok s čistotou 99,995 % bez obsahu olova či kadmia. Jeho obsah v živicovej spojivovej báze je taký vysoký, že

po vytvrdnutí náter pozostáva z 96 % z čistého zinku. V koróznom prostredí sa na povrchu tejto náterovej hmoty vytvára vrstva zinkových solí, ktorá tvorí bariéru proti ďalšej korózii. Okrem toho je pomocnou bariérou aj špeciálne živicové spojivo.

Medzi silné stránky náterovej hmoty Zinga patria nasledujúce fakty:

- Zinga je jednozložkový náterový systém.
- Jednoduchá a bezpečná aplikácia (štetcom, striekaním) priamo v teréne.
- Dá sa aplikovať ako renovácia poškodených žiarovo zinkovaných povrchov.
- Nie je citlivá na nedokonale pripravený povrch (nie je nutné tryskanie, stačí odstrániť uvoľnené korózne produkty), mierna korózia podkladu ani zvýšená vlhkosť alebo mraz pri aplikácii nie sú na škodu.
- Plochy ošetrené náterom Zinga možno kedykoľvek opakovane renovovať Zingou bez rizika separácie jednotlivých vrstiev, pretože už vo veľmi krátkom čase dochádza k ich dokonalej integrácii.



Tab. 1 Popis a označenie koróznych prostredí, v ktorých boli skúšobné vzorky exponované

1	prostredie s prítomnosťou SO <sub>2</sub> , STN EN ISO 3231	celková dĺžka expozície 21 dní
2	modifikovaná cyklická skúška v prostredí SO <sub>2</sub> (4 dni) a UV žiarenia (3 dni)	celková dĺžka expozície 21 dní
3	modifikovaná cyklická skúška v prostredí nízkych teplôt (-8 °C 12 h, 25 °C 12h),	celková dĺžka expozície 21 dní
4	ponorová skúška v prostredí 5 % roztoku NaCl v destilovanej vode, STN 03 8135	celková dĺžka expozície 21 dní
5	ponorová skúška v prostredí 5 % roztoku ekologickej posypovej soli Solmag S v destilovanej vode, STN 03 8135	celková dĺžka expozície 21 dní

- Zingový náter má sivú – zinkovú farbu, možno ho mechanicky leštiť a docieľiť kovový vzhľad výrobku.
- Ak je požiadavka na konkrétny farebný odtieň konštrukcie, môže sa Zinga aplikovať ako základný náter pod ďalšie vrstvy náteru s rôznou spojivovou bázou (duplexné, triplexné náterové systémy), čím sa zvýši životnosť náterového systému až 2,5 krát.
- Zinga má výbornú príľnavosť k oceli, je veľmi flexibilná, preto odoláva praskaniu v dôsledku tepelných dilatácií podkladu, alebo mechanického poškodenia abrazíou či úderom
- Katodická ochrana náteru Zinga pôsobí aj pri lokálnom mechanickom poškodení povrchu v celej hrúbke povlaku.

Uvedené vlastnosti náteru Zinga predurčujú túto výnimočnú náterovú hmotu, ktorú z hľadiska zloženia nemožno porovnávať s inými zinkom plnenými náterovými hmotami, na najnáročnejšie aplikácie určené do najagresívnejších koróznych prostredí (C4, C5-I, C5-M): mosty, zvodidlá, stĺpy elektrického vedenia, pílóty, nosníky, rúry, silá, lode, morské bóje atď. (obr. 1).

Na overenie deklarovaných vlastností náteru Zinga bola na Katedre technológií a materiálov SjF TUKE vykonaná séria skúšobných koróznych testov. Pri testovaní bola náterová hmota Zinga aplikovaná na oceľové skúšobné panely (S235)RG2). Následne bola exponovaná v prostrediach s rôznym stupňom koróznej agresivity:

v prostredí s celkovou kondenzáciou vlhkosti s obsahom SO<sub>2</sub> a v kombinácii s UV žiarením, ponorom v prostredí posypových materiálov používaných pri zimnej údržbe komunikácií (NaCl a Solmag S), ako aj pri nízkych teplotách a po tepelných cykloch (-8 °C, 25°C).

Predúprava povrchu substrátu pred aplikáciou povlaku Zinga bola realizovaná pneumatickým tryskaním (tlak vzduchu 0,4 MPa, vzdialenosť dýza – oceľový substrát 200 mm, abrazivo hnedý korund o zrnitosti 0,9 mm, výsledná drsnosť otryskaného substrátu: Ra = 6,18 μm, Rz = 40,31 μm). Na skúšobných vzorkách s náterom Zinga bol umelo vytvorený skúšobný rez až k oceľovému podkladu, s cieľom overiť ochrannú účinnosť zinku obsiahnutého v nátere pri jeho mechanickom poškodení.

Výsledky hodnotenia koróznej odolnosti náteru v okolí skúšobného rezu sú uvedené v tab. 2. Z tab. 2 je zrejmé, že miesto vrypu je „utesnené“ koróznymi produktmi zinku, ktoré bránia korózii podkladového kovu, a to po expozícii povlaku vo všetkých typoch testovaných koróznych prostredí. Nebol pozorovaný výskyt koróznych produktov oceľového podkladu.

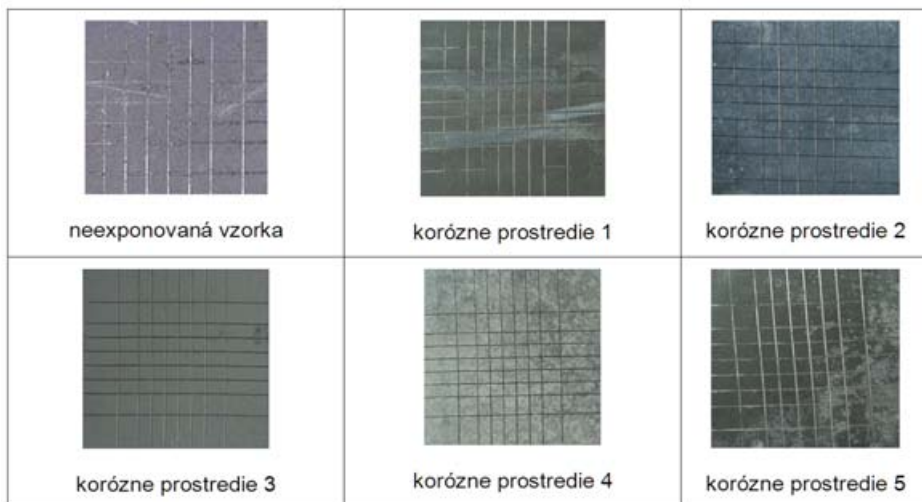
Adhézia povlaku Zinga bola hodnotená mriežkovou skúškou (STN EN 582). Ide o vytvorenie sústavy navzájom rovnobežných rezov v celej hrúbke povlaku v dvoch na seba kolmých smeroch, následnej aplikácii špeciálnej adhézneho páska a jej strhnutí pod uhlom 120°. Hodnotí sa poškodenie náteru v rohoch vytvorených štvorcov.

Z tab. 3 vyplýva, že príľnavosť povlaku hodnotená mriežkovým rezom sa pri jeho expozícii nemení, zodpovedá stupňu 0, čo podľa klasifikácie poškodenia priesečníkov povlaku v zmysle STN EN 582 znamená veľmi dobrú príľnavosť, odstránenie povlaku z rezov maximálne na 5 % plochy. »

Tab. 2 Vzhľad vzoriek s náterom Zinga so skúšobným rezom pred a po ich expozícii v koróznych prostrediach



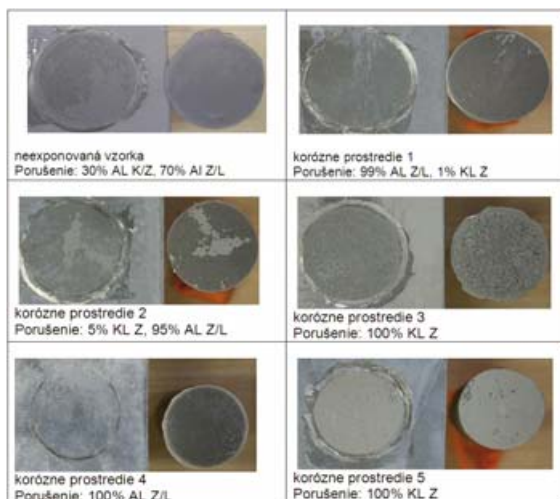
Tab.3 Vzhľad skúšobných rezov po ich expozícii v koróznych prostrediach



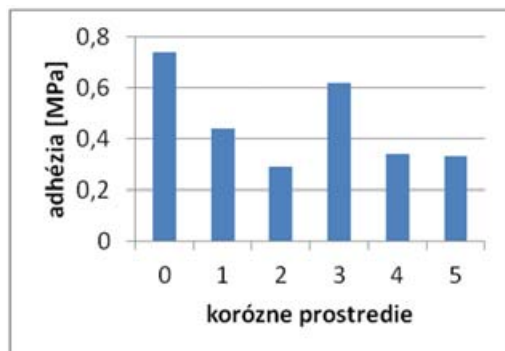
## COATING WITH PROPERTIES OF GALVANISED LAYERS

The contribution deals with the evaluation of protective efficiency of zinc powder filled paint – Zinga. The paint was tested on one hand as single-coating as well as a primer under duplex and triplex coatings in five different corrosive environments. In all tested environments coating proved its superior protective efficiency. The adhesion of coating was evaluated by cross-cut test (ISO 2409) and pull-off test (STN EN 24 624). Experimental results fully confirm the manufacturer declared properties of this unique paint and it can be recommended for use in the most aggressive corrosive conditions. ■

Tab. 4 Vzhľad lomových plôch po odtrhovej skúške a typ lomu



Obr. 2 Zmena adhézie povlaku po expozícii v korózných prostrediach



» Na kvantifikovanie väzobných síl povlaku k podkladu bola vykonaná i odtrhová skúška (pull-off test, ISO 4624). Výsledky pull-off testu pre náterovú hmotu Zinga exponovanú v rôznych prostrediach sú uvedené v tab. 4. Na obr. 2 je grafické znázornenie zmeny adhézie povlaku po expozícii v korózných prostrediach. Najvýraznejší pokles adhézie bol zaznamenaný po expozícii v prostredí č. 2. Z výsledkov pull-off testu vyplýva, že priľnavosť povlaku Zinga je veľmi dobrá, pretože vo väčšine prostredí nedošlo k porušeniu medzifázového rozhrania medzi substrátom a povlakom. Napriek tomu, že povlaky zinku v závislosti od ich hrúbky dokážu chrániť oceľ desiatky rokov, rozvoj priemyslu prispel k znečisteniu atmosféry, ktoré vedie k urýchleniu rozpúšťania zinkových povlakov, k zvýšeniu koróznej rýchlosti a teda aj k skráteniu ochrany pred koróziou základného materiálu. Za účelom zvýšenia účinnosti ochranných povlakov sa na kovové povrchy aplikujú dodatočné nátery, ktoré sú voči okolitej atmosfére inertné a tvoria bariéru medzi chráneným kovovým materiálom a okolím. Organické nátery zároveň poskytujú aj dekoratívny vzhľad. Na overenie ochrannej účinnosti náteru Zinga boli experimentálne práce rozšírené o hodnotenie kvality duplexných a triplexných náterových systémov pri použití epoxidových a polyuretánových náterov. Ochranná účinnosť duplexného a triplexného povlaku bola overená na nasledujúcich náterových systémoch:

**Duplexný povlak:** Zinga + Sika Poxicolor Primer HE NEU (hrúbka základného náteru 70 µm, hrúbka vrchného náteru: 50 µm, celková hrúbka 120 µm);

**Triplexný povlak:** Zinga + Sika Poxicolor Primer HE NEU + BARIL PoluRan Duro Vite (hrúbka základného náteru 70 µm, hrúbka druhej vrstvy: 50 µm, hrúbka tretej vrstvy 80 µm, celková hrúbka 200 µm).

## CHARAKTERISTIKA NÁTEROVÝCH HMÔT:

### Sika Poxicolor Primer HE NEU

- Dvojsložkový základný náter na oceľ a pozinkované plochy na báze epoxidových živíc s nízkym obsahom rozpúšťadiel

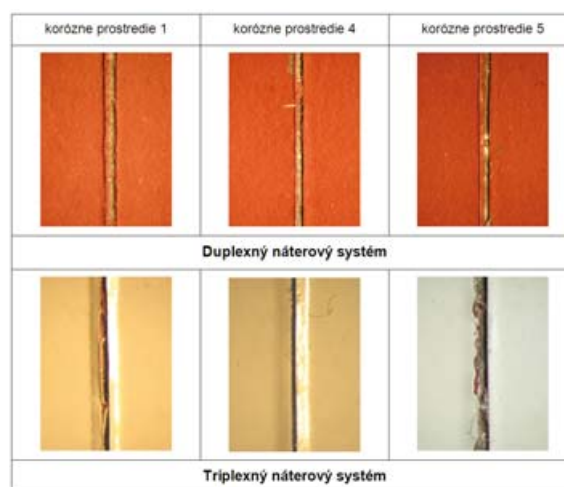
### BARIL PoluRan Duro Vite

- Dvojsložkový polepateľný univerzálny polyuretánový náter na báze hydroxyl akrylátu a mastných izokyanátov s vysokým obsahom sušiny

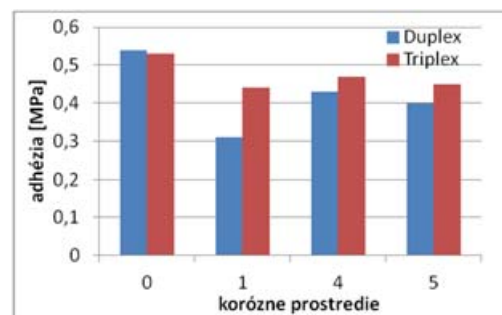
Slabým miestom organických povlakov pri poskytovaní ochrany pred koróziou je mechanické poškodenie ich celistvosti, kde dochádza k prieniku okolitého prostredia k chránenému kov, čo môže spôsobiť koróziu základného materiálu, resp. podkorodovanie pod náter. Preto boli na vzorkách vytvorené skúšobné rezy v zmysle normy ASTM D 1654-92. Vzhľad skúšobných rezov po expozícii v uvedených korózných prostrediach je uvedený v tab. 5.

Z uvedených obrázkov vyplýva, že všetky skúšobné vzorky (duplexné i triplexné povlaky) sú bez prejavov korózie v okolí skúšobného rezu. Adhézia povlakového systému sa vplyvom ich expozície v korózných prostrediach znížila v závislosti od typu a agresivity prostredia, výraznejšia zmena bola zaznamenaná pri duplexnom systéme, obr. 3.

Tab. 5 Vzhľad skúšobných rezov po expozícii vzoriek v korózných prostrediach



Obr. 3 Zmena adhézie duplexného a triplexného náterového systému pred a po expozícii v korózných prostrediach



## ZÁVER

Z hodnotenia koróznej odolnosti náteru Zinga pri jeho samostatnej aplikácii, ako aj pri jeho aplikácii ako základného náteru duplexných a triplexných povlakov vyplýva, že aktívnu protikoróznú úlohu v nich plní práve základný náter (Zinga). Zinga bráni korózii v mieste umelého narušenia povlaku rovnako pri jej samostatnej aplikácii, ako aj pri jej aplikácii ako základu pod duplexné a triplexné povlaky. Druhá a tretia vrstva v týchto systémoch tvorí pasívnu bariéru, prípadne plní estetickú funkciu. Náter Zinga účinne chráni oceľový podklad aj vtedy, ak je vrchný náter lokálne poškodený, ba dokonca aj pri porušení základného náteru. Na základe celého súboru experimentálnych prác je možné v plnej miere potvrdiť výrobcu deklarované vlastnosti tohto unikátneho náteru a odporučiť ho na použitie aj v tých najťažších korózných podmienkach. ■

# A-Z strojárskych firiem

e-katalóg na [www.strojarsstvo.sk](http://www.strojarsstvo.sk)

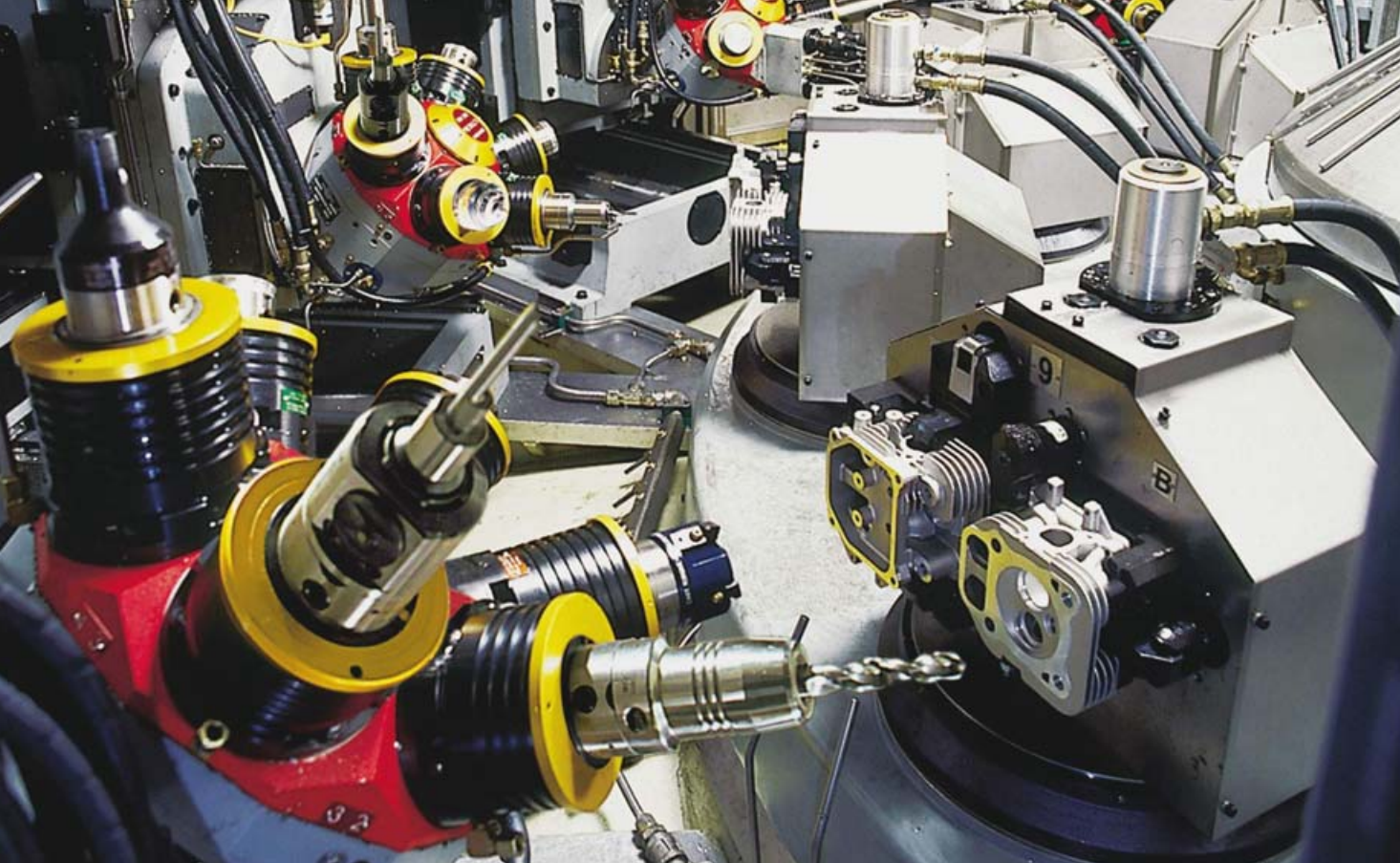
- Bezplatná registrácia
- Nové kontakty a zákazky
- Prezentácia produktov
- Cielená reklama
- Video a foto prezentácie
- Reklamné bannery



Využite výhody prvého  
strojárského servera!







# PRUŽNÉ VÝROBNÉ SYSTÉMY A ICH ČLENENIE

Výrobné systémy majú opodstatnené uplatnenie v súčasnom rýchlo sa meniacom výrobnom prostredí, ktoré sa vyznačuje rozvinutou konkurenciou v globálnom kontexte a progresívnymi zmenami v procesných technológiách a ich štruktúre podľa trhových požiadaviek. TEXT/FOTO ING. JOZEF SVETLÍK, PHD., KVTAR, STROJNÍCKA FAKULTA, TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH

**T**akéto systémy nutne vyžadujú rýchlu a vecnú integráciu nových technológií a nových funkcií ako do systémových, tak aj procesných vzťahov.

Načrtnuté trendy a ich podmienky a požiadavky vyžadujú pružný prístup z hľadiska produkcie, umožňujúci budovať:

- operatívne prispôbenie výrobných kapacít produkčných systémov požiadavkám trhu, čiže dosiahnutie urýchlene realizovateľných nových produktov,
- rýchlu integráciu moderných procesných technológií a nových funkcií do existujúcich výrobných systémov a ich ľahké prispôbenie sa dynamicky sa meniacim množstvám výrobných dávok jednotlivých produktov.

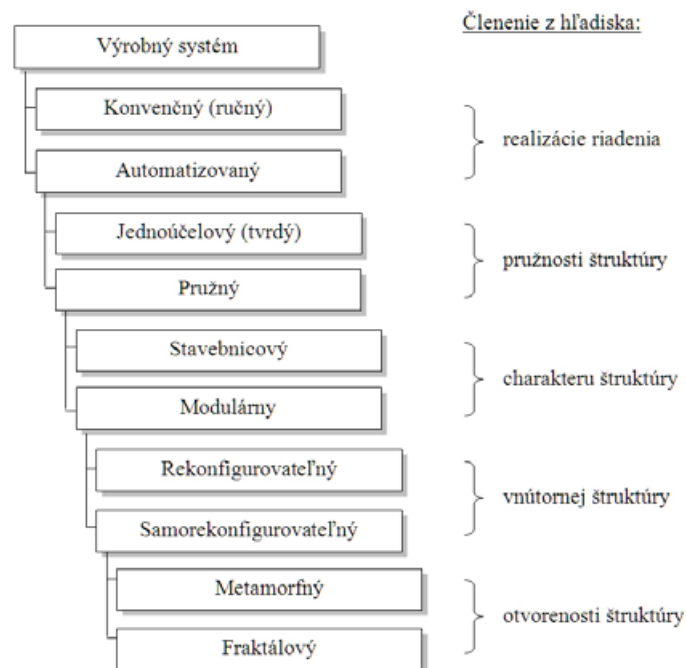
## ČLENENIE VÝROBNÝCH SYSTÉMOV

V oblasti výrobných systémov existuje veľké množstvo rôzne používaných pojmov. Tento stav závisí od spôsobu nazerania na danú problematiku. Námet na ich všeobecné ujednotenie a efektívne členenie je uvedený na obr. 1.

V rôznej literatúre je uvedené veľké množstvo definícií výrobných systémov z rôznych uhlov pohľadu. Z tohto dôvodu sú tu uvedené formulácie čo najpresnejších definícií v oblasti výrobných systémov:

**Pružný výrobný systém** – funkčné zoskupenie výrobných zariadení prepojených materiálovým tokom a informačnou sieťou, umožňujúce využitím flexibilnej zmeny vo výrobných zariadeniach z dôvodu zavedenia nových výrobkov v pomerne krátkych časových intervaloch, vyrábať efektívne malé množstvá (inšpirované [1, 2]).

**Stavebnicový výrobný systém** – flexibilná zostava kompatibilných prvkov (technologické a polohovacie jednotky, nosný rám, chladiaci systém,...)



Obr. 1 Námet na členenie výrobných systémov

a ich vzájomných väzieb, ktorá je rozšíriteľná o nové prvky za účelom zmeny parametrov systému (inšp. [3]).



**Modulárny systém** – flexibilná zostava unifikovaných modulov (modul – samostatne funkčná jednotka) vo funkčne logickom (štruktúralne, systémovo, koncepčne, kinematicky,...) usporiadaní do vyššieho funkčného celku (napĺňajúcim požadované parametre a pracovné funkcie).

**Rekonfigurovateľný systém** – modulárny systém s možnosťou zmeny usporiadania vlastných modulov (štruktúralna, systémová, koncepčná, kinematická,...) za účelom vytvorenia inovovaného systému s inovovanými vlastnosťami.

**Samorekonfigurovateľný systém** – rekonfigurovateľný systém schopný samostatne vykonať zmenu usporiadania vlastných modulov (štruktúralnu, systémovú, koncepčnú, kinematickú,...) za účelom vytvorenia inovovaného systému s inovovanými vlastnosťami.

**Metamorfný systém** – uzavretý samorekonfigurovateľný systém za účelom vytvorenia inovovaného systému s inovovanými vlastnosťami (def. Inšpirovaná [4]).

**Fraktálový systém** – otvorený samorekonfigurovateľný systém, skladajúci sa z proaktívne konajúcich prvkov – fraktálov (ich štruktúra sa opakuje), ktoré sledujú spoločný cieľ (def. inšpirovaná [5, 6]).

### KONCEPCIE PRUŽNÝCH TECHNICKÝCH SYSTÉMOV

Pružné výrobné systémy (Flexible Manufacturing Systems – FMS) umožňujú pružnú výrobu skupiny produktov na jednom výrobnom systéme. Medzi pružné technické systémy sa podľa členenia na obr. 1. radia modulárne a stavebnicové systémy. Rozdiel medzi týmito systémami je najmä v autonómnosti, resp. v sofistikovanosti základných stavebných prvkov.

Koncepciou riešenia MTS (modulárneho technického systému) vzniká ucelená zostava modulov (unifikovaných jednotiek, funkčných uzlov, stavebnicových blokov,...) a ich vzájomných prepojení vo funkčne logickom (štruktúralne, systémovo, koncepčne, kinematicky,...) usporiadaní do vyššieho funkčného celku, napĺňajúcim požadované parametre a pracovné funkcie.

### REALIZÁCIA VÄZBIEB – USPORIADANIE ZOSTAVY PRVKOV A JEHO ZMENA:

- pevné – zmena vonkajšou aktivitou mimo prevádzky stavebnicového systému – rekonfigurácia kinematickej a funkčnej štruktúry STS,
- premenné – zmena vlastnou vnútornou aktivitou v priebehu prevádzky stavebnicového systému – samoprestavenie vedúce k zmene parametrov kinematickej a funkčnej štruktúry STS,
- premenné – zmena vlastnou vnútornou aktivitou v priebehu prevádzky modulárneho systému – samorekonfigurácia kinematickej a funkčnej štruktúry MTS.

**Koncepcia 1** – Stavebnicové systémy s pevnou väzbou, ako napríklad stavebnicové výrobné stroje triedy hobby od firmy „The Cool Tool“, obr. 2 – zostavenie STS z definovaného počtu a druhov štandardizovaných prvkov (pohybových jednotiek, pohybových vedení, stavebnicových blokov, unifikovaných uzlov,...), s možnosťou jeho mechanickej prestavby mimo prevádzky na nové funkčné a prevádzkové konfigurácie STS.

**Koncepcia 2** – Stavebnicové systémy s premennou väzbou, napríklad revolverová hlava s viacvretenovými hlavami firmy PIBOMULTI [7], obr. 3 – zostavenie STS z definovaného počtu a druhov prvkov (vretenových hláv, uchopovacích jednotiek, stavebnicových blokov, unifikovaných uzlov,...) s možnosťou jeho mechanickej prestavby v priebehu jeho prevádzky na nové funkčné a prevádzkové konfigurácie STS [14].

**Koncepcia 3** – Modulárne systémy s pevnou väzbou rekonfigurovateľné, napríklad moduly Molecule, obr. 4 [12] – zostavenie MTS z definovaného počtu a druhov autonómnych modulov AM (pohybových jednotiek, pohybových uzlov,...) s možnosťou jeho mechanickej prestavby mimo prevádzky na nové funkčné a prevádzkové konfigurácie MTS.

**Koncepcia 4** – Modulárne systémy s premennou väzbou samorekonfigurovateľné, napríklad

moduly A-Tron, The Maersk McKinney Moller Inst., Univ. of Southern Denmark, obr. 5 – zostavenie MTS z variabilného počtu a druhov autonómnych modulov AM (pohybových jednotiek, pohybových modulov, stavebnicových blokov, unifikovaných uzlov,...), s možnosťou jeho samoprestavby v priebehu jeho prevádzky na nové funkčné a prevádzkové konfigurácie MTS.

### MODULARITA TECHNICKÝCH SYSTÉMOV

Konkrétna architektúra MTS zostaveného z modulov AM má vyhovovať technickými parametrami požiadavkám aplikácie, spĺňať požiadavky kvality, životnosti a bezpečnosti.

V systéme MTS – AM sú vzájomne zameniteľné – spojenie s ostatnými časťami systému MTS je realizované štandardnými (resp. účelovými) spájacími prvkami – interfejsmi.

Znaky modulu AM – typ a tvar modulu AMi závisí od jeho funkčnosti v zostave systému MTS a parametrizácie požiadaviek z toho vyplývajúcich – znaky:

- môže sa pohybovať po susedných modulloch, alebo sa môže otáčať alebo posúvať susedné moduly,
- môže byť heterogénny alebo homogénny,
- podľa typu vzájomnej polohy a koordinácie môže byť aplikovaný pre paralelnú alebo sériovú štruktúru MTS,
- počet pohov a počet stupňov voľnosti určuje jeho mobilitu,
- typ aplikovaného spájacieho mechanizmu (interface) určuje schopnosti jeho metamorfózy,
- aktívny AM môže byť postavený na rotačnom, resp. lineánom princípe pohybu, pasívny AM – spájací AM nemá pohyblivé časti (úlohou je spájať aktívne AM). »

Obr. 2 Koncepcia 1 – prestavby STS s pevnou väzbou

Obr. 3 Koncepcia 2 – rekonfigurácie doplnovaním zostavy o nové prvky (vo výrobné technike – vretenové hlavy)

Obr. 4 Koncepcia 3 – rekonfigurovateľné moduly

Obr. 5 Koncepcia 4 – samorekonfigurácie zostavy modulov



## FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS AND THEIR CLASSIFICATION

*Production systems have justified the application of the current rapidly changing manufacturing environment, characterized by advanced competition in a global context and progressive changes in process technology and the structure according to market requirements. Such systems necessarily require rapid and substantive integration of new technologies and new features like the system, as well as process relations.*

*In the area of manufacturing systems, there are many different terms used. This condition is related by way of looking at the issue. Proposal of the general unification and efficient breakdown is given in the article, as well as precise definitions of the production systems. ■*

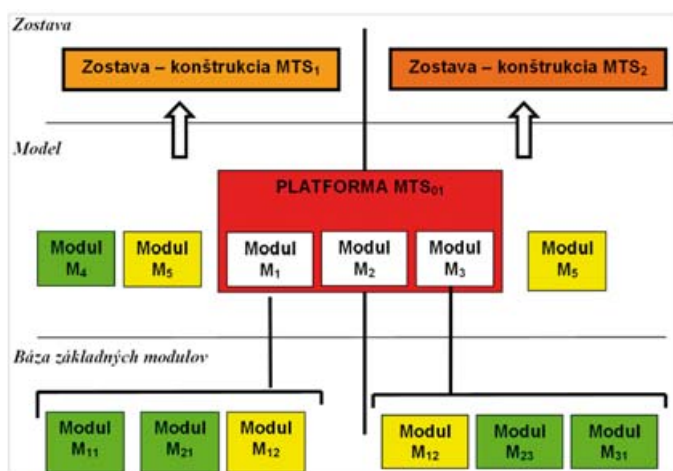
» Architektúra stavebných modulov vychádza z potreby vhodného zoskupovania vhodných modulov do architektúry MTS, ktorá je opakovateľná vo forme konštrukčnej bázy pre určité typy aplikácií.

## MODULY ZOSKUPENÉ V ARCHITEKTÚRE MTS, OBR. 6:

- platforma je množina modulov použitých vo viacerých úplných zostavách MTS (MP – Modules of Platform), napr. MTS01,
- množina modulov, podieľajúcich sa na viacerých zostavách MTS (MM – Multimachine Modules), napríklad M5,
- množina modulov, podieľajúcich sa len na jednej zostave robota (MS – Singlemachine Modules), napríklad M4.

Stupeň využitia unifikovaných stavebných modulov v jednotlivých riešeniach zostavy MTS vyjadruje „miera modulárnosti“ [8, 9]. Vo všeobecnosti môže miera modulárnosti nadobudnúť hodnotu:

Odporúča sa zostaviť štruktúru posudzovaných zostáv MTS do tzv. mapy modulárneho systému – prehľadného zobrazenia štruktúr jednotlivých zostáv a zobrazenia využitia jednotlivých variantov stavebných modulov v zostavách MTS.



Obr. 6 Zoskupovanie modulov vo všeobecnej štruktúre MTS

## MODULARITA VÝROBNEJ TECHNIKY, ZNAKY A CHARAKTERISTIKA

Hodnotenie modularity – realizovateľné z viacerých pohľadov – pre praktické potreby konštrukcie a prevádzky PR je vhodné a dostatočné modularitu členiť do základných skupín (väzba na konštrukčnú stavbu), obr. 7.



Obr. 7 Členenie modularity

**Funkčná modularita** – viazaná na hlavné funkcie a vlastnosti MTS (predovšetkým prevádzkové) – zámennou modulu AM sa dosiahne zmena funkcie (funkčnosti) MTS.

**Typorozmerová modularita** – charakterizuje konštrukciu MTS – pohľad jeho pružnej transformácie na iný typorozmerový rad MTS – zámennou modulu AM sa menia funkčné rozmery/výkonové parametre konštrukcie MTS. Typové rady AM (odstupňovanie parametrov AM, resp. typizácia AM) sa vykonáva rozlíšením parametrov na:

- základné skupiny (charakteristické pre konštrukčné a funkčné skupiny: príkon, krútiaci moment,...),
- odvodené (rozhodujúce pre používateľa: výkon, rýchlosť,...).

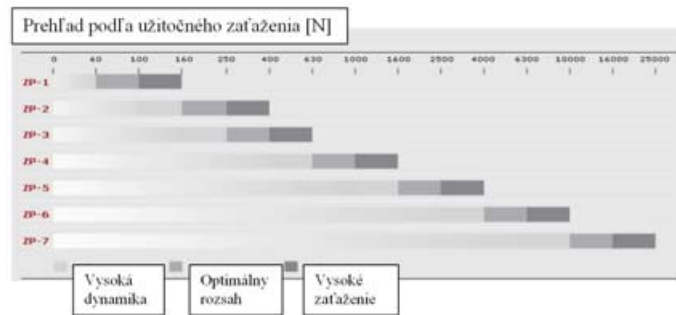
**Komponentná modularita** – charakterizuje konštrukciu MTS z pohľadu výroby, údržby a servisu. Zámennou modulu AM sa nemenia funkčné rozmery ani výkonové parametre konštrukcie MTS. Takáto výmena/aplikácia modulov AM má zmysel pri zefektívnení výroby, servisnej činnosti a údržbe.

Prvky, komponenty AM v rámci jedného druhu sú si fyzikálne podobné. Z tohto dôvodu je možné po splnení podmienok uplatňovať princípy z teórie podobnosti [20].



Obr. 8 Príklad typorozmerového radu

Na obr. 8 [10] je vyobrazený zdvojený dvojsový modulárny manipulator určený pre rôzne stupne zaťaženia. Ak je modulárna zostava vystavená maximálnym zaťažením, je nutné znížiť dynamiku pohybu na odporúčajúcu mieru, resp. pre stavbu manipulačného zariadenia volí vyšší typorozmerový rad, obr. 9.



Obr. 9 Typorozmerový rad portálových lineárnych modulov typu ZP od firmy Gudel

Predložený článok je príspevkom k riešeniu grantového projektu: KE-GA 023TUKE-4/2012 – Tvorba komplexného edukačno-didaktického materiálu pre predmet Výrobná technika s využitím kombinácie klasických a moderných informačných technológií a e-learningu. ■

## LITERATÚRA:

- [1] ONOFEROVÁ, M.: Metodický prístup k navrhovaniu rekonfigurovateľných výrobných systémov: Diplomová práca, Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2010. 53 s.
- [2] HAJDUK, M.: Pružné výrobné bunky, Viena, SjF, TU v Košiciach, 1998. ISBN 80-7099-387-1.
- [3] VARCHOLA, M., MADÁČ, K.: Semestrálny projekt z výrobných strojov, I. diel, Rektorát Technickej Univerzity v Košiciach, 1992. ISBN 80-7099-147-X.
- [4] BOBOVSKÝ, Z. Návrh robota s metamorfnou kinematickou štruktúrou: Dizertačná práca, Sjf, TU v Košiciach, 2009.
- [5] KRAJČOVIČ: Projektovanie výrobných systémov – Fraktálová organizácia [online]. Žilina: Katedra priemyselného inžinierstva, Sjf, Žilinská Univerzita, 2006 [cit. 1.2.2012]. Dostupný z WWW: <http://fstroj.utc.sk/kpi/krajcovic/pvs/PVS\_prednaska5.pdf>.
- [6] WARNECKE, Hans-Jurgen, et. Al.: Fraktálový podnik, Slovenské centrum produktivity Žilina, 2000. 208 s. ISBN 80-968324-1-7.
- [7] Pibomulti [online]: Pibomulti s. a. Jambe-Ducommun 18, CH – 2400 Le Locle Switzerland, 2012 [cit. 26.1.2012]. Dostupné z WWW: <http://www.pibomulti.com>.
- [8] GULAN, L. Modularita ako podmienka vytvárania platformy. Strojárstvo, roč. IX, č. 3/2005, str. 38, MEDIA/ST, s. r. o., Žilina, 2005, ISSN 1335-2938.
- [9] GULAN, L. Tendencie vývoja konštrukcií mobilných pracovných strojov. Stavebná technika, 2/2005, roč. 4, s. 24–25. VEGA, s. r. o., Hradec Králové, ISSN 123146188.
- [10] Gudel [online]. Gudel AG, Gaswerkstrasse 26, Industrie Nord, CH-4900 Langenthal, Switzerland. 2012 [cit. 28.1.2012]. Dostupné z WWW: <www.gudel.com>.



# prvý strojársky server

...od roku 1997

## Trendové informácie



- Aktuálne informácie zo strojárkeho diania
- Elektronický časopis – informačný náskok
- Katalóg strojárskych firiem
- Foto a videoreportáže z veľtrhov, výstav, konferencií
- Pozvánky, avíza
- Newsletters
- Recenzované odborné články
- 30 000 návštev mesačne

engineering.sk

## KOVOVÉ TRUBKY, ODLITKY, VÝLISKY, PLECHY

Mezinárodní společnost PWO Unitools CZ, a. s., hledá nové dodavatele v oblasti hutních materiálů (svitky plechů: Fe, Al; přesné trubky). Dále v oblasti strojírenství – nakupujeme odlitky z šedé slitiny GG25, GG30 a tvárné litiny GGG70, GGG70L odlévané na vystavitelný polystyrénový model.

UR123370

## DODÁVKY OCELE

Rakúska firma hľadá spoluprácu pri verejnom obstarávaní v oblasti dodávok oceľových konštrukcií, hlavne ocele S 355.

TN120955

## SPOLUPRÁCA S FIRMOU

Firma Schneider, ktorej výroba je zameraná na plastové a hliníkové výrobky, hľadá na Slovensku firmy, ktoré podnikajú v oblasti automobilového priemyslu, elektronických zariadení, meracích zariadení...

UR123348

## PONUKA DOPRAVY A COLNÝCH SLUŽIEB

Ponúkame služby v oblasti dopravy a colných služieb. Ak potrebujete služby takého charakteru v Ruskej federácii, môžete nám poslať vaše požiadavky a my sa vám pokúsime pomôcť. Firma Trans – Business úspešne rozvíja svoje aktivity v oblasti logistiky a colných záležitostí od roku 1994. Máme profesionálny personál s viac ako 200 ľuďmi a 3 000 dodaných kontajnerov za mesiac.

BB120003

## KOOPERÁCIA V STROJÁRSKEJ VÝROBE

Hľadám partnera pre strojársku výrobu, automotive... k dispozícii je 10 ha areál, administratívna budova, nástrojareň, zlievareň, obrobňa, hala plastových obrobkov..., 11 000 m<sup>2</sup> skladov, 5 ha spevnených plôch. Priestory sú vhodné pre logistiku, sklady, výrobu, elektriareň...

UR123344

## PRENÁJOM ALEBO PREDAJ OBJEKTU

Ukrajinská spoločnosť ako vlastníčka komerčnej nehnuteľnosti na Ukrajine hľadá investora alebo obchodného partnera, prípadne záujemcu o kúpu. Objekt je vhodný na obchodnú alebo výrobnú činnosť, najmä na kovovýrobu.

UR123369

**Kontakt: martin.plsko@sopk.sk • členovia SOPK kontakty zadarmo  
• nečlenovia: 8,30 eur / adresa + 20 % DPH**

**VYDÁVA:**  
**MEDIA/ST**

Moyzesova 35, 010 01 Žilina

IČO: 36380849, IČ pre DPH: SK2020102568

**RIADITELKA:**

Ing. Antónia Franeková, e-mail: franekova@mediast.sk

tel.: +421/41/507 93 39

**ŠÉFREDAKTOR:**

Mgr. Ján Minár, e-mail: minar@mediast.sk,

redakcia@mediast.sk

tel.: +421/41/507 93 35, mobil: 0905 749 092

**REDAKCIA:**

Mgr. Michal Múdry, e-mail: mudry@mediast.sk

tel.: +421/41/507 93 31

Mgr. Branislav Koscelník, e-mail: redakcia@mediast.sk

Ing. Eleonóra Bujačková, e-mail: redakcia@mediast.sk

doc. Ing. Alena Paulíková, PhD., alena.paulikova@tuke.sk

tel.: +421/55/602 27 12

**REDAKČNÁ RADA:**

prof. Andrej Abramov, Dr.Sc, dr.h.c. Prof. Ing. Miroslav Badida, PhD.,

Doc. Ing. Pavol Božek, CSc., doc. Ing. Sergej Hloch, PhD.,

prof. Alexander Ivanovich Korshunov, DrSc.,

prof. Ing. Ján Košťuriak, PhD., doc. Ing. Marián Králik, CSc,

doc. Ing. Ján Lešinský, CSc, prof. Ing. Kamil Ružička, CSc,

Ing. Štefan Svetský, PhD., doc. Ing. Peter Trebuňa, PhD.,

prof. Ing. Ladislav Várkony, PhD.

**INZERTNÉ ODDELENIE:**

Ľudmila Podhorcová – podhorcova@mediast.sk, 0903 50 90 91

Ing. Pavol Jurošek – jurosek@mediast.sk, 0903 50 90 93

Roman Školník – skolnik@mediast.sk, 0902 550 540

Ing. Slávka Babiaková – babiakov@mediast.sk, 0903 027 227

Ing. Iveta Kanisová – kanisova@mediast.sk, 0902 500 864

ŽILINA: Moyzesova 35, 010 01 Žilina

tel.: +421/41/564 03 70, fax: +421/41/564 03 71

BANSKÁ BYSTRICA: Kapitúlská 13, 974 01 Banská Bystrica

tel./fax: +421/48/415 25 77

PRAHA: Jeseniova 2863/50, 130 00 Praha – Žižkov

**GRAFICKÁ ÚPRAVA:**

Štúdio MEDIA/ST, Ing. Ján Jančo, tel.: +421/41/507 93 27

**ROZŠIRUJE:**

MEDIAPRINT-KAPA PRESSEGROSSO, a. s., Bratislava

a súkromní predajcovia

**PREDPLATNÉ:**

Celoročné: 25 € / 650 Kč prijíma redakcia

tel.: +421/41/564 03 70, e-mail: sekretariat@mediast.sk

Nevyžiadané rukopisy a materiály redakcia  
nevracia a nehonoruje.Redakcia nezodpovedá za obsah a správnosť  
inzerce a komerčných prezentácií.