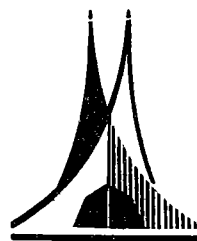


**Vybrané práce
Ústavu teoretické
a aplikované
mechaniky ČSAV
z období
1981 až 1985**



ACADEMIA PRAHA

Jan Javornický

Richard A. Bareš

Řešení kompozitního materiálového systému pro využití jako náhrady kovů

1. Úvod

Význam kompozitních materiálů spočívá především v jejich specifických parametrech, tzn. v dosud nejdokonalejším využití hmoty, kterými předstihují dosavadní konstrukční materiály. Neméně významnou je však i skutečnost, že jejich výroba je energeticky podstatně méně náročná než výroba technických materiálů, jako jsou kovy, cement, sklo atd. Toto je právě stimulem snahy využívat jich nejjednodušeji tam, kde dosavadní velkokapacitní používání kovů nemá své zvláštní konstrukční odůvodnění.

Zároveň však je nutné vzít v úvahu i druhou skutečnost, svébytně spjatou s výrobou kompozitních materiálů. Jejich výhodných technických i ekonomických vlastností je možno dosáhnout pouze za cenu potřebného sortimentu výchozích surovin, jejich jakosti a čistoty včetně příměsí a za cenu přesnosti a podstatně vyšší technologické kázně při jejich výrobě.

Je přirozené, že pozornost jak konstruktérů kompozitních systémů, tak i výrobců konstrukcí se obrací především na ty druhy materiálů, pro které existuje bohatá nebo alespoň dostatečná domácí surovinová základna. U kompozitních materiálů jí nemusí být pouze nerostné suroviny, lze se, často s výhodou, orientovat i na obnovitelné surovinové zdroje /fytomasu/ nebo odpadové suroviny, ať již schopné nebo neschopné vstoupit do procesu recyklizace. Na druhé straně ovšem je stejně důležité mít vyvinutou výrobní základnu jak pro maticové materiály, tak i pro výrobu, rafinaci či úpravu materiálů plnivových.

Doc. Ing. Jan Javornický, DrSc., vedoucí vědecký pracovník ČSAV.

Ing. Richard Bareš, DrSc., vedoucí vědecký pracovník ČSAV.

Současná průmyslová struktura umožňuje vzít v tomto smyslu v úva-
hu jako plniva částicové horninové materiály na bázi silikátové, váp-
nikové nebo smíšené /kamenivo a pisky dioritové, diabasové, žulové atd.,
moučky vápencové, křemenné apod./ a jako pojiva jednak termosety na
bázi epoxidů /pro jiné účely též polyesterů a furanových pryskyřic/,
jednak termoplasty na bázi polyolefinů, PVC, PA.

Ve strojírenství /popř. i v silnoproudé elektrotechnice/ jsou prv-
ky nabízející se přednostně aplikaci kompozitních materiálů: skříně
různých soustrojí, frémy, závaží a jiné části dosud převážně vyráběné
z litiny, charakteristické svou relativní masívností, nebo naopak menší
prvky, tradičně konstruované z plechů /nalézající dokonce objemově
mnohem větší uplatnění ve stavebnictví/. V obou případech jde o prvky
převážně staticky namáhané, s nárokem na tvarovou stálost za různých
vnějších podmínek a na schopnost tlumení vibrací, přičemž však vlastní
hustota není prvořadou podmínkou.

Oddělení mechaniky složených materiálů se zabývá řešením jak pro-
blémů kompozitních systémů z hlediska výše formulovaných obecných po-
žadavků na jejich technickou aplikaci, tak i problémů jejich vnitřního
přetváření a porušování. Mimo jiné byl právě v poslední době propracov-
ván systém, požadovaný pro použití jako náhrada litiny. Je to systém
s epoxidovým pojivem - matricí a částicovým plnivem a byl konstruován
jako materiál nahrazující litinu frém obráběcích strojů. Konstrukce
systému a jeho vyšetřování jsou v dalším informativně popsány.

Druhým typem kompozitů, nastupujících na místo kovů, jsou systé-
my na bázi termoplastů. O nich pojednává článek v samostatné kapito-
le.

Rozsah článku neumožňuje zabývat se podrobně teorií kompozitních
materiálů. Čtenář se musí smířit s použitím termínů, které mají defi-
novaný obsah, ale lze jím v kontextu porozumět nebo se seznámit s
příslušnou literaturou /1 - 3/.

2. Epoxidový plastbeton pro frémy vysokorychlostních brusek

2.1 Charakteristika litinových konstrukcí a směry její náhrady

Tradiční řešení podstavců obráběcích strojů vychází z použití še-
dé litiny, popř. ocelolitiny, jako přiměřeného materiálu splňující-
cího požadavek statické stability, přijatelné obrobitelnosti a dlouho-
dobé životnosti. Ostatním požadavkům, např. tepelné stability a vib-

račního tlumení, se konstrukce frém přizpůsobovala, nebo se na úkor pracovního prostředí zanedbávaly. Nedostatek kovů a zejména vysoké nároky na spotřebu energie při jejich výrobě a zpracování nutí v poslední době hledat jiné řešení, ekonomicky přijatelnější. V tomto směru se nabízí uvažovat kompozitní materiály vzhledem k jejich materiálové variabilitě, systémové mnohostrannosti a surovinové a energetické úspornosti při výrobě, dopravě i likvidaci. /Např. jen pro tavení litiny je třeba 967 kWh/t elektrické energie v porovnání s 590 až 680 kWh/t podle typu pojiva pro výrobu plastbetonu./ Je to myšlenka principiálně správná, její realizace však není možná bez rozsáhlých znalostí, významných zkušeností s nimi a v neposlední řadě i bez potřebného sortimentu a čistoty výchozích surovin.

Nejprostší cestou se nabízí uvažovat cementový beton jako substituční kompozitní materiál. I když výroba cementu je energeticky velmi náročná, výchozí surovina je domácí a i výztužné plnivo /kamenivo/ je zatím snadno dostupné. Na úkor skladovacích prostorů a pronikavé úpravy výrobního rytmu se lze vyrovnat i s nutností delší doby /obvykle čtyři týdny/ pro dosažení požadované pevnosti výrobku. Tento záměr sledovali poměrně široce v SSSR již po druhé světové válce, avšak bez významnějšího úspěchu, a proto byl opuštěn a neuvažuje se ani o jeho renesanci. Je to pochopitelné, uvážíme-li že toto řešení zdaleka nedosahuje požadavků, které nyní splňují kompozitní materiály na polymerové bázi. Jeho modul pružnosti je v podstatě stejný, ale jeho tahová, tlaková i ohybová pevnost je podstatně menší /třikrát až čtyřikrát/, mezní protažení desetkrát nižší, zatímco botnání je desetkrát vyšší, podstatně nižší jsou vibrační tlumení, odolnost agresivním tekutinám i afinita k výztužné oceli. Problematické výhody betonu /snadnější zpracovatelnost, nenáročná technologická kázeň/ nemohou uvedené nevýhody vyvážit.

Je přirozené, že za těchto okolností sahají výrobci stále častěji k řešení pomocí plastbetonů. První komerčně uplatněné frémy z takového materiálu se objevily již v roce 1979 v Itálii a po roce 1981 stoupá jejich aplikace v průmyslově rozvinutých zemích velmi rychle. Není to jen z úsporných důvodů; výrobci vzali v úvahu vysokou statickou a dynamickou stabilitu plastbetonů, zvláště ohybovou a torzní tuhost, jejich tepelnou stabilitu, značný vibrační útlum obecně /pětkrát vyšší než u litiny/ a možnosti systémových přizpůsobení pro ten který účel i povrchových úprav zvláště.

V současné době se uplatňují plastbetonové kompozity na výrobu podstavců různých obráběcích - i vysokorychlostních v automatizovaných

linkách - strojů, rychlostních skříní, kotev elektromotorů, měřicích ploten atd. Jde o systémy s pojivem nenasyčeného polyesteru /nejlevnější pro méně náročné aplikace/, fenolové pryskyřice, epoxidové pryskyřice /pro nejnáročnější aplikace/, metakrylátové pryskyřice nebo polyuretanové či furanové pryskyřice. Jako plniva se používá jakostního kameniva /vyvřelé křemenné horniny a písek/, křemenné nebo křemikoaluminátové mikroplnivo, podle potřeby s přísadou ocelových nebo skleněných vláken. Hmotnostní poměr pojiva a plniva je asi 1:10; vyšší plnění, i když je možné a výhodné, způsobuje zatím určité výrobní potíže. Při uplatnění všech možností, které plastbetony poskytují, je výrobní efekt z jejich použití evidentní již jen z porovnání operací potřebných pro litinové řešení: liti - frézování - vrtání - broušení - povrchová úprava a pro řešení plastbetonem: ukládání do formy /výroba lišt a výstroje mimo frézu, tzn. operativnějším způsobem/ - odformování /popř. povrchová úprava, není-li součástí systému/ /4/.

2.2. Návrh systému pro frémy brusek

Snaha udržet si konkurenční schopnost na mezinárodních trzích a kategorický požadavek úspor energie a kovů vede též naše výrobce k úvahám o novém řešení strojních částí využitím plastbetonů. První ujasněná koncepce vznikla v k.p.TOŠ se záměrem nahradit dosavadní litinové frémy rychloběžných brusek plastbetonem. Proto se přirozeným způsobem vytvořila spolupráce se základním pracovištěm v oboru kompozitních materiálů u nás, ÚTAM ČSAV. V úvahu přicházejí frémy pro brusky inovované řady BSB a BZB, které se liší především délkou lože. Podle toho se mění i celkový objem frém, od malých asi s $0,5 \text{ m}^3$ až do největších přibližně se 2 m^3 materiálu. Pro vývoj byla zvolena střední velikost frémy přibližně s rozměry $1,5 \times 0,80 \text{ m}$ a objemem hmoty 1 m^3 . Výrobce uplatňoval v první fázi požadavek tepelné životnosti v rozmezí $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ až $+50 \text{ }^\circ\text{C}$ a uchycování vedení a vlastního brusného zařízení pomocí kotev do bloku frémy a dodatečné povrchové úpravy obvyklou technologií. Mechanické požadavky zůstaly stejné jako pro varianty litinové.

Návrh systému byl nucen respektovat hlediska výrobce, neodpovídající přiměřeně charakteru plastbetonů a jejich ekonomice. Bylo též nutno činit četné kompromisy z důvodů nevyvinuté základny výchozích materiálů. Tato omezení ve svých důsledcích znamenají, že přijatý systém a příslušná technologie nejsou výsledkem, který by odpovídal dosažené úrovni znalostí.

Základní odlišností projektování z kompozitních materiálů proti tradičnímu postupu je, že zároveň probíhá koncipování materiálového systému i konečného výrobku a jeho technologie výroby. Při dříve uvedených požadavcích a výrobních možnostech byla přijata koncepce epoxidového plastbetonu a diskontinuální výroby frém odléváním do ocelové formy.

Pro epoxidový plastbetonový systém byly uvažovány pryskyřice vyráběné v tuzemsku. Z nich byla zvolena ChS 15 /Spolek pro chemickou a hutní výrobu, Ústí nad Labem/, přestože její viskozita proti zahraničním variantám je značně vyšší; proto a dále pro zintenzivnění síťování a pevnostně výhodnou kompoziční interakci se upravuje přidavkem furolu. Polyadiční vytvrzování je postaveno na směsi kapalných anhydridů a latentních tvrdidel na bázi BF_3 komplexů, které umožňují odformovávat již po šesti hodinách a tepelně dotvrzovat odlitky při pouze 80°C ve 24hodinovém cyklu. Proti zahraničním systémům umožňujícím odformovávat již po 30 minutách za pokojové teploty je to značný, ale přijatelný handicap. Zpracovatelnost plastbetonové směsi usnadňuje přidavek povrchově aktivní látky na bázi silikonu. Afinitu pojiva s plnivem a síťování pryskyřice podporuje přidavek silanového přípravku. /Pojivová fáze se dále zdokonaluje podle možností poskytovaných postupně domácími výrobci chemických látek./

Ve skladbě plnivové fáze se postupovalo ve smyslu spaciometrického požadavku výrazné přetržitosti křivky zrnitosti, teoreticky zdůvodněného studiemí o zaplňování prostoru agregovanými částicemi. Plnivo tvoří směs kameniva /drcený tříděný andezit ze slovenského ložiska u Levice/ a jemného sušeného křemenného písku ve frakcích 16 až 20 mm, popř. 2,5 až 3,5 mm a 0,25 až 0,6 mm; mikroplnivem je mletý křemen typu SUK č. II, splňující frakci 0,001 až 0,05 mm /se specifickým povrchem $0,5 \text{ m}^2/\text{g}$./

Hmotnostní podíl epoxidové pryskyřice ChS 15 v nevytvrzeném stavu byl 10 % z celého systému, pojivová fáze, tj. včetně příměsí, představovala 12 % hmotnostních. Povrchové napětí epoxidu je $46,94 \text{ mN/m}$ a směsí je $44,93 \text{ mN/m}$, při viskozitě $1000 \text{ mPa}\cdot\text{sec}$, dobře přijatelné.

Provedené testy prokázaly dobré mechanické a fyzikální hodnoty tohoto systému: hustota $2,3 \text{ g/cm}^3$, E-modul v ohybu $>9 \text{ GPa}$, tlaková pevnost $>90 \text{ MPa}$, ohybová pevnost 70 MPa , tahová pevnost $>10 \text{ MPa}$, Poissonův poměr 0,37, rázová houževnatost /podle ČSN 64 0612/ $7,5 \text{ kJ/m}^2$, tvarová stálost $>100^\circ\text{C}$, specifická teplo $1,250 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, tepelná vodivost $1,6 \text{ W/mK}$, lineární součinitel tepelné roztažnosti $1,8 \cdot 10^{-5}/\text{K}$ pro rozmezí teplot 20 až 80°C a $1,3 \cdot 10^{-5}/\text{K}$ pro rozmezí teplot $+20$

až -65°C . Důsledky nižší tepelné vodivosti a poněkud vyšší lineární roztažnosti, než má kovová alternativa, je nutno řešit vhodnou konstrukční úpravou. O creepovém přetváření nelze zatím vyslovit konečný soud. Je jisté, že zůstává v přijatelných mezích dlouhodobě, po dosažení určité stabilizace asi po 3000 hodinách. Výzkumy pokračují zdokonalováním systému za účelem dosažení vyšší rázové pevnosti, aby systém byl použitelný i za nízkých teplot do -70°C . Neobejitelnou podmínkou pro dodržení uvedených velmí příznivých hodnot při sériové výrobě je vedle zajištění čistoty a přípustné vlhkosti směsi též dokonalá homogenizace směsi při ukládání do formy a její zhutnění.

2.3. Technologie výroby frém

Pro ověřovací sérii se předpokládá vyrábět směs po padesátilitrových várkách, jež umožňuje hnětací zařízení, které je k dispozici; odlití jedné frémy představuje v tomto případě pět pracovních hodin. Takto daný výrobní rytmus ovlivnil i koncepci pojivové fáze systému: životnost směsi nesmí být nižší než doba ukládání a vibrování směsi, avšak vlastní vytvrzovací interval by měl být co nejkratší. Proto bylo nutno při řešení systému modifikovat vytvrzování aplikací pouze latentních tvrdidel. Zároveň se projektuje výrobní linka pro míšení a hnětení s výkonem 20 litrů za minutu, čímž by se odlévací čas průměrné frémy zkrátil asi na jednu hodinu.

Hnětací nádoby se plnily ručně z připravených zásobníků dílčích směsí, které byly voleny tak, aby hmota jejich podílu ve vsádce byla dobře měřitelná v přibližně řádově stejných jednotkách a snížila se možnost chybného dávkování. Míšení a hnětení se věnovala dostatečná doba, alespoň 15 minut na jednu várku.

Ocelová rozebíratelná forma měla instalovány hmoždinky a jiné úchyty k připevnění výstroje frémy a podélné trubky pro osazení závěsů pro manipulaci odlítkem. Tato úprava je, domníváme se, dočasná. Přímě-řenější řešení je lepení vodících lišt a dalších částí výstroje pomocí tmelů, které zároveň zajišťují i vyrovnání lišt do přesné polohy. Byla umístěna poblíž hnětače a situována horní plochou na spodní straně. Do formy byly vsazeny jednak vyjímatelné, jednak "ztracené" výplně pro osazení skříněk elektrovýzbroje nebo hydrauliky a pro vylehčení. Na horní straně formy byly osazeny kovové patky k ukotvení brusky. Forma byla na potřebných vnitřních površích opatřena separačním prostředkem zamezujícím přilepení na odlítek.

Separací vrstva se řešila jako samostatný problém a zlepšování

navrženého systému dále probíhá podle dostupnosti potřebných materiálů. V daném případě se na všechny k separování určené kovové povrchy nanáší silikonový lak LUKOSIL M 123 /Synthesia, Kolín/, který po vypálení při 220 °C poskytuje tvrdý separační povrch tloušťky asi 0,05 mm. Zároveň je však křehký a náchylný mechanickému poškození. Proto jako další vrstva se nanáší povlak na bázi speciálních vosků nebo směsí PFO a PVA, který se pak překartáčuje do lesklého vzhledu. Tato druhá vrstva je obnovitelná, snadno se rozpouštědly po použití odstraňuje a znovu obnovuje, přičemž lakový podklad zůstává neporušen. Tento způsob umožňuje dosáhnout hladkého povrchu odlitku pro definitivní povrchovou úpravu.

Takto navržený systém se osvědčil a je neporovnatelně výhodnější než jakékoli řešení pomocí gel-coatu. Zároveň může zabezpečit i získání povrchů bez další úpravy, pokud by si výrobce přál barvení do hmoty.

Po zaplnění formy probíhá zhutnění. Děje se nejvhodněji na vibračním stole nebo příložnými vibrátory, ovšem s /měnitelnou/ frekvencí 100 až 220 Hz podle složení směsi, aby nedocházelo k rozměšování. Při výrobě prototypu nebyly tyto vibrátory, a to ani ponorné, k dispozici. Zhutnění se proto provádělo pouze příložnými vibrátory, avšak dosažení příznivého výsledku je v takovém případě spíše záležitostí zkušenosti a citu pro materiál.

Zaplněná forma se zhutněnou směsí byla dopravena do temperační pece k vytvrzení. Vychladlá fréma se odformovala bez zvláštních pomůcek, zejména poklepem na stěny rozebrané formy. Lepší řešení - při sériové výrobě - nabízí opatření formy odtlačovacími hydraulickými členy nebo využití vodního tlaku vháněním kapaliny mezi formu a stěnu odlitku.

2.4. Prototyp

Uvedeným postupem se získal prototyp frémy vyhovující po všech zadaných parametrech. Závod TOS-Hostivař zajistil jeho povrchovou úpravu, vystrojení a kompletaci na broušící stroj. Jeho ověřovací provoz ukázal některé nedostatky, které bude třeba vzít v úvahu při dalším vývoji, zejména konstrukční koncepce stroje.

S ohledem na rozdílné tepelné a teplotní charakteristiky epoxidového plastbetonu proti litině je nezbytné optimalizovat i uspořádání

celého stroje, zejména kontaktu obráběcí a podpůrné části. K tomu byla metodou konečných prvků zpracována početní analýza nehomogenit teplotního pole a jejich vlivu na deformace jednotlivých částí zařízení. Ukázalo se, že lze vhodným uspořádáním plastbetonových a litinových částí snížit teplotní diference v důsledku nerovnoměrného ohřevu rozhodujících prvků asi na 1/10 původních hodnot. V každém případě je nezbytné počítat s tím, že se kvazistabilního teplotního stavu dosáhne v globálním měřítku teprve za dva dny. Tuto vlastnost lze do jisté míry modifikovat optimalizací složení plastbetonu, nicméně je nezbytné ji považovat za jednu z daných charakteristik, které se provoz musí přizpůsobit.

Zkušenosti s výrobou a zpracováním směsi se promítají přímo do koncepce konstrukce výrobní linky. Při dalším vývoji technologie se bude uvažovat i možnost barvení do hmoty, aby se dále snížil počet operačních postupů. Nejzávažnější skutečnosti se ukazují být důsledky nedostatečné tepelné vodivosti plastbetonu. V zahraničí se tyto problémy překonávají delší rozběhovou dobou než u litinových konstrukcí a dále mnohadenním nepřetržitým provozem, což v našich podmínkách je obtížné. Základem však vždy zůstávají konstrukční úpravy odpovídající povaze materiálu. V prototypovém případě k nim nebylo přihlíženo, neboť vyžadují zcela nový výpočet jednotlivých detailů frémy řešené originálním způsobem, což výrobní podnik odmítal. Potvrdilo se, že bez takového přístupu není možné o realizaci konstrukcí s kompozitními materiály uvažovat.

3. Koncepce kompozitních systémů nahrazujících plech

Uplatnění vědeckých, technických a technologických podkladů na základě zobecněných vztahů mezi složením a vlastnostmi kompozitů I. typu umožnilo formulaci skladby plněného polypropylénu a navazujícího technologického procesu pro zavedení výroby v rozsahu asi 2500 t/rok s koncentrací vápencového plniva 40 a 70 % /5, 6, 7/. Uplatnění tohoto kompozitního materiálu má zejména u aplikací elektrotechnického průmyslu, strojírenského průmyslu /automobilový průmysl/, stavebního průmyslu a dalších, značný národohospodářský efekt. Těsnou spoluprací SVÚM Praha, VÚMCH Brno a VUT-FT Gottwaldov se podařilo dále objasnit vliv CaCO_3 na nukleační aktivitu PP a mechanismus epitaxiální krystalizace PP na monokrystalu CaCO_3 , vypracovat soubor chemických a fyzikálně chemických metod pro výrobní kontrolu kvality komponent kompozitu PP- CaCO_3 , vyřešit technologii přípravy směsi "kopolymer propylen-

-etylén" s velkým obsahem CaCO_3 a technologii kompaundování za současného chemického odbourání polypropylenu k zvýšení tekutosti taveniny /k vstřikování/ a získat podklady pro dimenzování výrobků z hlediska pevnosti a tuhosti zejména při dlouhodobém zatěžování.

Základním teoretickým podkladem byla formulace obecných principů pevnosti a houževnatosti kompozitu I. typu na podkladě rozboru chování velkého souboru kompozitů s různými čistými a směsnými maticemi a různými plnivy. Podařilo se formulovat vztah mezi koncentrací plniva a velikostí primárních napětí kompozitu I. typu, která výrazně ovlivňuje zbytkovou soudržnost fází. Dále byl nalezen kvantitativní popis meze kluzu kompozitu v závislosti na mezi kluzu matrice, geometrických poměrech soustavy a soudržnosti přítomných fází. Primárním mechanismem poškození je přechod matrice do stavu kaučukové elasticity v lokalizovaných objemech a konkurence přetvoření se změnou objemu /tahovým napětím/ a beze změny objemu /smykovým napětím/.

Uvedené mechanismy objasňují chování kompozitů I. typu v širokém oboru deformačních rychlostí /8 řádů/ a teploty /-40 až 80 °C/. S ohledem na redukci citlivosti PP matrice na změnu teploty v okolí T_g , zvýšení rázuvzdornosti a odolnosti šíření únavových trhlin je nezbytné k optimalizaci vlastností použít nejméně tři složek s výrazně rozdílnou poddajností, a tím významně zpomalit růst defektů.

4. Závěr

Uvedené příklady řešení kompozitních systémů a jejich uplatnění ve výrobě dokumentují přístup k osvojování si vlastností nové třídy materiálů, kterými kompozity jsou, a práce s nimi. Je patrné, že tradiční chápání konstruování, pro které představoval materiál pouze zadané konstanty pružnosti a dovoleného namáhání /nebo jiné odpovídající hodnoty/, nemá u těchto materiálů žádné zdůvodnění, a že je nutno konstruování chápat v celé šíři, od tvorby systému, přes návrh konstrukce až k její životnosti a likvidaci.

Je potěšitelné, že vstříc poznatkům výzkumu přichází i u nás cílený záměr výrobců a že se tak vytvářejí podmínky potřebné pro přechod na novou materiálovou bázi budoucnosti. Nejde o revoluční obrat jako dílo okamžiku, ale jako celý proces vytřídující z dosavadní zkušenosti to, co je nadále nosné a co je utlumující, ekonomicky neperspektivní. Je přáním autorů, aby i toto stručné pojednání k uvedenému obratu kladem přispělo.

Literatura

1. Bareš, R., Javornický, J., Navrátil, J.: Some basic features in mechanics of inhomogeneous materials, Proc. Conf. Mech. Behaviour of Materials, Kyoto, 1972, sv. 5, s. 42-53.
2. Javornický, J., Bareš, R.: Rozvoj a perspektivy mechaniky kompozitních materiálů v ÚTAM-ČSAV, Stavebnický časopis, 31, 1983, č. 12, s. 97-115.
3. Němec, J., Bareš, R.: Kompozitní materiály, Sborník semináře ČSSM a ZP ČVTS-ÚTAM, 1981, Praha.
4. Bareš, R.: The optimalization of PC machine frames processing technology, Proc. Int. Symp. Future for plastics in building and in civil engineering, Liege, 1984, s. 1 A.4.1 - 5.
5. Hugo, J.: Závislost mechanických interakcí "matrice-plnivo" na objemové koncentraci plniva u PP, Konf. KGPP, Gottwaldov, 1984.
6. Petrůj, J., Veselý, K.: Plněné polyolefiny, Kong. Plasty a jejich zkoušení, Brno, 1983.
7. Rybníkář, F.: Interactions in the system isotactic polypropylene-calcite, Konf. IUPAC Modified Polymers, Bratislava, 1984.

Ян Яворницки, Рихард Вареш

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ МЕТАЛЛОВ

Одной из областей применения композитных материалов являются конструкции, не предъявляющие особых требований в отношении механических свойств и по классической технологии выпускаются до настоящего времени из серого чугуна.

В разделе 2.1 рассматривается проблематика применения пластбетона в качестве заменителя чугуна для рам металлообрабатывающих станков. По заявке производственного объединения ТОО Прага были начаты работы по обработке проекта композитного материала и его реализации на базе изготовления образца рамы нового типа шлифовального станка. В разделе 2.2 дается характеристика предложенного композитного материала на базе эпоксидной смолы ChS E 15 модифицированной фурфуровым спиртом и отверженной смесью жидких ангидридов и латентных отвердителей с наличием поверхностно-активных и структурирующих веществ отечественного производства. В качестве заполнителя применяются смесь дробленого сортированного андезита и кварцевого песка с прерывистым гранулометрическим составом, а также кварцевый микрозаполнитель. Соотношение вяжущего и наполнителей составляет 10 % по весу. Полученный материал имеет очень хорошие механические параметры, которые удовлетворяют цели и технологические условия изготовителя.

Технология производства рам, рассматриваемая в разделе 2.3, предназначена только для контрольной серии изделий и имеет модифицированную систему отверждения /только латентные отвердители/. Закладка хорошо промешанной смеси в форму производится вручную, вибрирование — при помощи вибраторов. Одновременно, однако, разрабатывается линия производительностью 20 литров смеси в минуту. Форма оснащена фиксированными шпонками для оборудования, анкерами для работы с рамой и разгрузочным стеклопластиковым заполнением, встраиваемым и съемным. Поверхность формы покрывается двойным покрытием. Нижний слой из твердого силиконового лака, верхний слой — покрытие на базе специальных восков, которые полируются щетками до блеска. Нижний слой постоянный, а верхний после каждого употребления обновляется.

Твердение проходит в форме при 95 °С и после охлаждения при помощи ручного инструмента форма была снята.

Опытный образец был окрашен лакокрасочным покрытием и укомплектирован станком.

DESIGN OF A COMPOSITE MATERIAL SYSTEM FOR USE AS METAL REPLACEMENT

One of the application fields of composites are the structures with no particular requirements on mechanical characteristics, produced so far for technological reasons conventionally of gray cast iron.

Para. 2.1 recapitulates the problems of resin concrete application as cast iron replacement in machine tool frames. On the basis of a requirement of the TOS concern, Prague, a composite system was formulated and applied to a prototype frame of an innovated grinding machine. Para. 2.2 characterizes the designed composite system based on ChS 15 epoxy resin, modified by furfuryl alcohol and cured by a mixture of liquid anhydrides and latent hardening agents in the presence of surface-active and cross-linking agents, generally of Czechoslovak make. The filler consists in a gap-graded mix of graded crushed anden-site and quartz sand and quartz microfiller. The binder / filler ratio is 10% of weight.

Frame technology production has been considered for the verification series only and has a modified curing system /latent hardening agent only/. The well mixed mass is placed into the mould by hand and compacted by surface vibrators. At the same time a production line of a capacity of 20 litres of mix per min. is under preparation. The mould comprizes fixed dowels to receive the respective accessories, and anchors enabling frame handling, as well as lost and removable foam fills to reduce the weight of the product. The inner surface of the mould was provided with a double separation coat. The lower coat consists of a hard baking silicon, the upper coat consisting of special waxes, brushed to high polish. The lower coat is permanent, the upper coat is renewed after every application. The mix was tempered in the mould at 95°C. After cooling the product was demoulded by means of standard manual tools. The prototype was varnished and used for grinder assembly. The testing has shown some shortcomings due to the lower thermal conductivity of the resin concrete than that of cast iron, which will be remedied by structural design. For the purpose of its optimization the calculation of the temperature field in the frame was carried out by the finite element method. Chapter 3 gives the characteristics of a composite system based on filled olefin, developed on the basis of generalized relations between the composition and properties of composites with seggregated particle filler. The system is intended for metal sheet replacing products.