

na stopě
současných
možností titanu
a karbonu

Materiály používané pro výrobu rámu (ale i komponentů) jsou bezesporu věčné téma. Nové kolekce kol a rámu potvrdily trendy naznačené v minulých letech – neustálé šíření karbonu, jisté oživení titanu, udržovaná či spíše ještě rostoucí rozšíření hliníkových slitin, vyklizení pozic magnezia a další ústup oceli ze slávy. Znamenají tato fakta, že se nyní pouze na zaběhlých platformách bojuje o rozsáhlou dobytou území, přičemž odpadají nejslabší, nebo je i technologický potenciál opět o mnoho dál a zbraně pro boj mezi materiály účinnější? Jaké jsou vlastně současné technologické možnosti či novinky u každého z nich?

hliník



poker na nejvyšší úrovni



titan

karbon



v hlavní roli

TITAN

Pečlivé procházení katalogů všech výrobců kol a rámu, co jich na světě existuje, dokládá potvrzení faktu patrného již minulý i předminulý rok – struktura karbonu opanovala nejvyšší posty a jako černý mor získává stále větší území. Současně však jako by tímto vyvolaná jistá šedá a stejnost produktů z uhlíku vytáhla zpět do hry titan coby stejně exkluzivní materiál. Nejen u rámařů-specialistů, ale i v sériových kolekcích renomovaných značek narazíte na nové modely postavené právě z něj. Musíme ale pro správnost tohoto tvrzení dodat, že se samozřejmě jedná o relativní počty – zatímco nové karbonové modely se každoročně objevují bez přehánění po stovkách, u titanových jde maximálně o desítky, lépe řečeno kusy. Hliník přes to vše sídlí na neotřesitelné pozici nejrozšířenějšího materiálu – nové technologie metalurgického průmyslu mu vlyly krev do žil. Byť mu již nepatří posty nejvyšší, ale spíše jen střední, není to pro něj problém, neboť našel nová útočiště ve velmi dostupnějších patrech. I zde tedy oceli začíná zvonit hrana – tento materiál se v posledních sezonách nehýbe z místa, postupným vývojem ztrácí i poslední ze svých dosud výjimečných předností.

Zatímco pouhý pohled neodhalí v nové zóně u karbonu žádné zásadní změny, stejně tak u hliníku, který snad jen stále více rozevívá nůžky mezi tvarovou střídmostí jednoho modelu a hydroformovanými kreacemi druhého, stojícího přesto na stejné kvalitativní úrovni, u titanu lze stále častěji vidět ještě před dvěma lety pouze výjimečně aplikované profilování trubek a případně jejich přizpůsobení ohnutím. Jenže chybou lávky je zůstávat u letmého zhodnocení pohledem – stačí katalogy a informační visáčky také pročíst a narazíte na nové, či stále více rozšířené pojmy.

Vyrazili jsme proto po stopách současných vlastností tří nejzajímavějších materiálů – hliníku, karbonu a titanu. Každému materiálu jsme věnovali tolik prostoru, kolik si zaslouží z pohledu své rozšířenosti a progresivity vývoje. O pomoc jsme přitom požádali povolané odborníky – u našeho vlastního článku o hliníkových slitinách byl konzultantem Milan Duchek, vlastník firmy Duratec a šéfkonstruktor této značky v jedné osobě, o možnostech, novinkách i mystifikacích v oblasti karbonu promluvil majitel a také šéfkonstruktor značky Pell's, ing. Libor Petřvalský. V případě posouzení titanové současnosti nemohla naše volba také být lepší – ing. Svatopluk Zatloukal, mozek značky Morati. Každého z nich jsme pak požádali o vyplnění krátké ankety na téma vize pro nejbližší budoucnost jednotlivých materiálů či jejich kombinací.

Rudolf Hronza

Foto: Rbyn Trnka, Litespeed, Merlin a autor

Obligátní otázka klasikova v případě titanu zní: Kam s ním. Stejně se můžeme ptát v dnešní směsi materiálové různorodosti cyklistického světa. Je skutečně karbon tak jedinečný jako rychlost, se kterou vtrhl do této branže? Vzpomeňme na miliony vložené do reklamy na magnezium. Kdysi jsem se zmínil o vlastnostech magnezia v čase, tedy jak se projeví materiál v namáhání. Ukázalo se, že přece jen technologická náročnost, hlavně u svárů, nebyla zcela poražena a výsledek nedosáhl očekávání. Přesto to nelze považovat za vyhozenou investici, jen nám zapadá kamínek do mozaiky a nutí nás ke komplexnějšímu pohledu.

Mám pocit, že spektrum materiálů se rozrůstá úměrně technologickému poznání a na tom není nic zvláštního – je to logické. Otázkou zůstává, zda ocel, hliník či titan mají kvůli tomu vyklidit pole. Každý materiál má rozhodně své místo na časové ose a vždy podstatou své existence přinesl něco nového. Připomenu krátce excelentní pružnost titanu v kombinaci s hmotností a pevností. Jeho měrná pevnost je výtečná stejně jako únavová životnost a schopnost pohlcování vibrací.

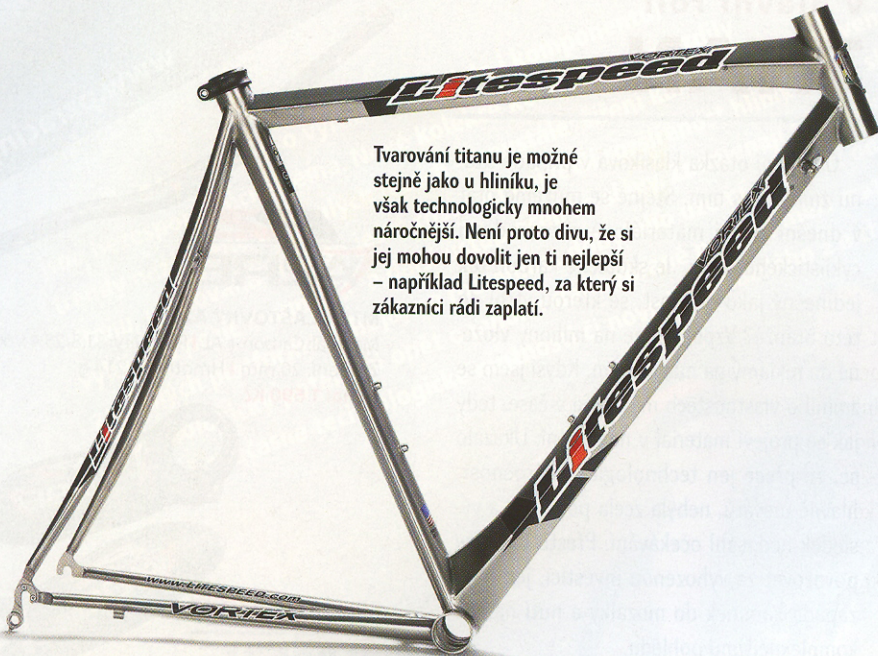
S příchodem karbonu se zdá, jako by toto vše bylo zapomenuto. Nicméně současný vývoj ukazuje, že exkluzivita karbonu na trhu se pomalu mění v průměrnou šed. Rozhodně to ale není otázkou zhoršení vlastností. Karbon je technologicky velmi dobře zpracovatelný (vzpomeňme s trochou zjednodušení dob dávných, kdy si každý pořádný vodák svůj kajak vylaminoval sám...). Stejně tak lze použít sofistikované metody vývoje vlastností karbonového výrobku, kladení vrstev dle průběhu napětí, jako prostě vyrobit produkt na průměrnou dimenzi a tedy levně. Zde však je neznámo, které na jedné straně dovoluje karbonu obrovský boom, ale stejně tak i kvalitativní rozpětí. Co karbon přinesl, je různorodost v designu a tvarování, tedy volnější pole pro designery. Aluminium kontrovalo hydroformingem a posunulo tuto oblast významně dopředu.

Kde tedy leží titan?

Jeho exkluzivita je v unikátních vlastnostech a odolnosti, v konkurenci s karbonem vyniká jeho schopnost odolat nárazu a rázovému namáhání po kontaktu s překážkou.

v hlavní roli

KARBON



Tvarování titanu je možné stejně jako u hliníku, je však technologicky mnohem náročnější. Není proto divu, že si jej mohou dovolit jen ti nejlepší – například Litespeed, za který si zákazníci rádi zaplatí.

(Vývoj v karbonu mimo jiné řeší problém „bezpečný při poruše“, tedy tzv. kovový lom, kdy trhlina narůstá postupně, dá se zjistit, nedojde tedy k náhlému přerušení, což se u kompozitu stává).

Tvarování? Ano!

Málo se ví, že titan má schopnost stejného tváření tlakem za vysokých teplot jako hliník. I zde lze profilovat v oblasti superplastického tváření, jen je to technologicky náročnější vzhledem k afinitě, tedy ochotě titanu reagovat s kyslíkem, vodíkem a dusíkem za vysokých teplot. Nicméně zde je potenciál, který lze využít. Ukazuje se, že to bude pouze otázka zdůvodnitelnosti finančních nákladů na takový vývoj. Svařování bude stále základem této produkce, nicméně kombinace titanových uzlů s karbonovými trubkami je


hojně vidět. Titanový zákaznický segment je, zdá se, stabilní, odolal útoku karbonu, což ovšem neznamená, že by kombinací materiálů nevznikaly funkční a unikátní sestavy. Přesto si myslím, a podíváme-li se kolem sebe, tak opodstatněně, že titan se nestahuje do ústraní.

Význam titanu je podepřen jeho aplikacemi v letectví a tedy, logicky, metalurgický a technologický výzkum není v útlumu. Lze očekávat materiál s vysokou pevností stejně jako zmíněné tvarování. Ukazuje se také, že karbon patřičné kvality není cenově jinde, nebudeme-li brát v úvahu asijskou invazi na name produkce. A budeme-li respektovat, že paní móda cloumá i cyklistikou, pak nezbývá než použít i základní módní axiom, tedy: přátelé, vše se vrací.

Svatopluk Zatloukal



Mluvit o hlavních výhodách karbonových kompozitů v době, kdy na nich závodí téměř celá světová špička, již asi není nutné. Hlavní výhody tedy projdeme jen stručně. Karbonové kompozity mají díky synergickému působení jednotlivých složek vlastnosti pro homogenní materiály nedosažitelné. Jsou z materiálů používaných v cyklistice nejlehčí, nejpevnější a pruží beze změny vlastností materiálu. Pomocí jeho vhodné skladby je možné dosáhnout přesně požadovaných



Slabinkou karbonu je absence tzv. kovového lomu, tedy postupného narůstání praskliny a možnosti jejího včasného zjištění.

dovaných vlastností. Tyto kompozity také nejpomaleji stárnou – mají nejpříznivější únavové charakteristiky a nekorodují. Schopnost absorpce rázů je možné rozdíly od homogenních materiálů ovlivňovat úhly nápletů, použitým typem vláken a skládáním jednotlivých vrstev. Pokud srovnáme u materiálů používaných v cyklistice klíčový poměr pevnosti a hmotnosti, vítězí karbonové kompozity zcela jednoznačně.

Nevýhodou je, že při použití kvalitních vláken, matrice a optimální technologie výroby jsou kompozitní materiály podstatně dražší v porovnání s klasickými. Dále je to náročnost výpočtů a u špičkových produktů výroba s vysokým podílem ruční práce.

Nejprogressivnější vývoj

Je nesporné, že ze všech materiálů používaných v cyklistice směřuje do vývoje kompozitů nejvíce peněz. Oblast konstrukčních materiálů zahrnuje tři hlavní okruhy vývoje:

1. kompozity
2. multifunkční materiály
3. inteligentní materiály se schopností automaticky zacelovat mikrotrhliny ve své struktuře


Velký pokrok zaznamenalo během posledních let lepení kompozitů. Ještě před zhruba deseti lety měla řada výrobců kol problémy s lepením karbonu s relativně měkkými slitinami hliníku i s rozdílnou tepelnou roztažností těchto materiálů. Dnešní technologie lepení, lepidla, přesně definovaná mechanická i chemická příprava materiálu před lepením a hlavně prudký rozvoj sendvičové konstrukce tento problém již zcela spolehlivě vyřešily. V letectví, kosmonautice i cyklistice se nyní tyto materiály zcela spolehlivě a často kombinují.

Kompozit na mnoho způsobů

Dnes existuje několik při správném postupu víceméně rovnocenných způsobů výroby karbonových rámu:

1. Vlepení karbonových trubek do kovových (nejčastěji Alu slitina, nebo titan) vnitřních nebo vnějších spojek. Výhodou je možnost postavení individuální geometrie na míru a snadná opravitelnost rámu například po nehodě. Pokud „ladíte“ jednotlivé trubky samostatně, můžete být přesnější a počty vrstev i úhly nápletů mohou ideálně odpovídat silám působícím na rám. Nevýhodou jsou značné výrobní náklady a při individuální výrobě nutnost vysoce kvalifikovaného personálu.

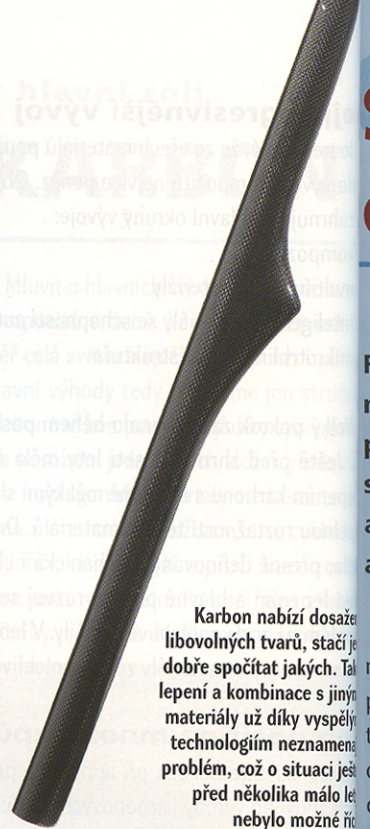
2. Vlepení karbonových trubek do karbonových spojek je metoda vlastnostmi podobná předchozímu bodu. Na karbonové spojky se vyrábějí formy. Toto umožňuje snadnější sériovou výrobu, kdy se celý rám skládá ve speciálním přípravku podobně jako stavebnice. Na jeho finální sestavení a slepení je po zaškolení možné užít i nepřítomnou kvalifikovanou obsluhu. Velmi záleží na kvalitě spojek – pokud se vyrobí kvalitní z kompozitu s direktními vlákny, je možné dosáhnout



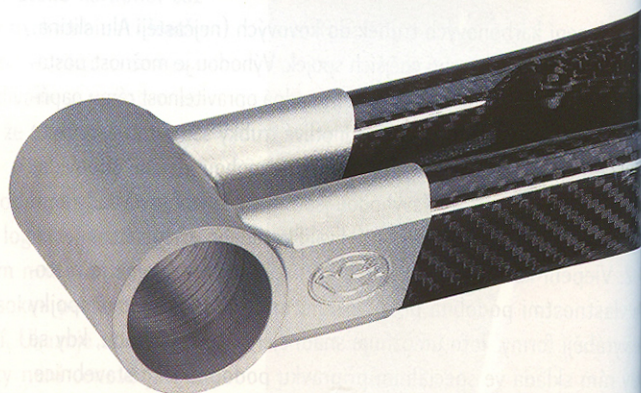
Karbon umožňuje nejlépe ze všech materiálů specifikovat konkrétní jízdní vlastnosti. Výsledkem využití tohoto potenciálu mohou být neobvyklé tvary, nicméně účel světí prostředky.

nout výborné hmotnosti i vlastností rámu. Některé firmy však pro zlevnění výroby tyto spojky vyrábí z izotropního kompozitu, který již nedosahuje vlastností anizotropního. Stěna spojek musí být silnější, výsledná hmotnost je vyšší. Užitím forem na spojky mizí možnost individuálních geometrií.

Poznejte na pohled, zda tento karbonový rám je, či není kvalitní, nebo jakou metodou je vyroben! Námaha bude zbytečná, je to nemožné.



Karbon nabízí dosažení libovolných tvarů, stačí je dobře spočítat jakých. Tím lepení a kombinace s jinými materiály už díky vyspělým technologiím neznamená problém, což o situaci ještě před několika málo lety nebylo možné říci.



3. U monokokových rámu je vyšší prvotní investice – je třeba vyrobit několik forem pro různé velké rámy, ale následná produkce už je podstatně levnější. Tento typ nejlépe vyhovuje masové výrobě a dá se dosáhnout nejnižší ceny. Při pečlivém kladení vrstev a dodržování úhlů je možné dosáhnout výborných výsledků. Bohužel mnoho výrobců neprovádí analýzu sil působících na rám. Tím logicky není provedena ani optimalizace počtu vrstev, orientace vláken, úhlů nápletů a profilace trubek v závislosti na těchto silách. Často se vychází při návrhu z empirie a funkčních testů. Při opravách rámu jsme se opakovaně přesvědčili, že se nejčastěji pracuje s velmi univerzální karbonovou tkaninou a využívá se jejich přijatelných všesměrových charakteristik. Toto samozřejmě hrozí u všech způsobů výroby, ale u této technologie výroby se s tím setkáváme nejčastěji. Je to typické i pro asijské výrobce, kteří tímto způsobem vyrábí velké množství

relativně levných rámu. Při opravách rámu jsme zjistili, že pouze několik špičkových značek mění úhly nápletů a počty vrstev v jednotlivých místech rámu přesně dle sil působících na něj. U monokokových rámu samozřejmě není možné akceptovat požadavky závodníků na geometrii a při sponzorování profitýmů – s tím bývá občas problém.

4. Poslední zmíněný postup spočívá ve výrobě přesně „laděných“ segmentů rámu, které však nejsou vlepujány do předem připravených spojek, ale sestavovány a spojovány do jednoho celku přesně definovaným postupem pomocí anizotropního kompozitu se spojitými vlákny. Tento postup vyžaduje veliký podíl ruční práce a kvalitního profesionála typu tvůrce, někdy skoro až umělce. Nejlehčí rámy, zhruba pod 850 g, které jsem kdy měl v ruce, byly všechny dělány právě touto technologií. Výroba individuálních geometrií je možná.

Nůžky rozevřené dokořán

Pro současnou nabídku karbonových rámu je typické velké cenové a kvalitativní rozpětí. Dnes prakticky každá značka nabízí nějaký karbonový rám. Většinou se jedná o cenově dostupný produkt z Asie. Vzhledem k omezené nabídce se často stejné rámy objevují u několika značek a exkluzivita bývá maximálně teritoriální. Často se nazývají „karbonové“ i v případě použití významného procenta levnějších vláken z jiných materiálů. Na druhé straně se již řada velkých firem poučila z vlastních nezdarů a začala si výrobu karbonových rámu zadávat u specializovaných firem, což se velmi pozitivně projevilo na jejich kvalitě.

Je zajímavé, že ve výrobě kompozitů (mimo rozdíl od jiných výrobních činností) je velmi úspěšná Evropa, které patří 35 % z celkové produkce, Asii a Pacifiku 30 %, Severní Americe 25 %, Jižní Americe 4 % a zbytku světa 6 %.

10-9

Sny na mínus devátou

Fenoménem několika posledních let je nástup nanotechnologií. Katalogy firem i cyklistická periodika často nepříliš kvalifikovaně operují s celou řadou pojmů od fullerenů, nanotubes až po NANO IN technologie, nanoparticles a podobně.

Nanotechnologie jsou velikým příslibem pro informační technologie, medicínu, kosmonautiku a samozřejmě i cyklistiku. Pro pochopení této problematiky je nezbytné představit si jejich skutečnou dimenzi. Každý ví, že nano je 10 na mínus devátou, ale obtížně se to představuje. Je to rozměr stokrát kratší než vlnová délka světla, 40 % šířky molekuly DNA nebo laicky řečeno rozměr desettisíckrát menší než špička jehly či velikost, za kterou vám naroste nehet za jednu vteřinu. Konstrukčními prvky nanotechnologie jsou molekuly a dokonce i samotné atomy. Právě tím, že se rozměr částice blíží rozměrům atomu, je možné vytvořit její povrch atomovou mřížkou o tloušťce (v ideálním případě) jednoho atomu. Tyto částice mají extrémní povrchovou plochu, většina atomů je na povrchu. Nejvíce se mluví o sféroidních fullerelech, což je laicky řečeno uhlíková mřížka obalující bod se strukturou podobnou fotbalovému míči. Na bázi fullerenů je možné připravit mnoho variací polymerových řetězců či derivátů. Existuje derivát fullerenu, který je nejtvrdším materiálem vyrobeným člověkem. Jeho tvrdost je taková, že s ním můžete dělat rýhy do diamantu. Je možné vytvořit kompozity stokrát pevnější než ocel, ale zároveň s nepatrnou hmotností. Dále jsou hojně užívané uhlíkové komplexy s hexagonálními, pentagonálními nebo heptagonálními substrukturami.

Ze směrově orientovaných nanokompozitů bych na prvním místě zmínil nanotrubičky (nanotubes). Zkusím laicky vysvětlit. Představte si hexagonální atomovou mřížku o tloušťce jednoho atomu, kterou smotáte jako papír do trubičky. Tyto trubičky pak dáte vedle sebe a uděláte z nich lanko. Získáte tak materiál, který může dosahovat i makroskopických délek. Jedná se o velmi lehký materiál, který snese zatížení až 100 gigapascalů! Tato dosažitelná pevnost a pružnost jsou pro většinu lidí jen obtížně představitelné a zcela mění chápání materiálů a jejich technologické možnosti. Například ještě před deseti lety byl výtah do vesmíru naprostou utopií, a to přesto, že systém „lana, které nespadne“, byl již řadu let známý. Byl založený na velmi jednoduchém principu, že těžiště celého systému bude na geostacionární dráze – to znamená, že část lana pod družicí bude gravitací přitahována k zemi a část lana nad ní bude mít díky odstředivé síle snahu „odlétnout“. Lano bude díky rovnováze těchto sil držet a i těžká břemena bude možné tahat nahoru posunutím těžiště systému o něco výš směrem k odstředivým silám. Aby lano uneslo samo sebe i kabinu s nákladem, musí existovat velmi lehký materiál s pevností až 100 gigapascalů, což bylo do příchodu nanovláken zcela nepředstavitelné. Záměrně jsem použil příklad z oblasti mimo cyklistiku, protože pokud



nyní řeknu, že toto lano by měla být stuha šíře jeden metr a tloušťky pouze několik mikrometrů, asi si snadněji představíme, o jakých hodnotách pevnosti v tahu se bavíme.

Praxe vzdálena

Tolik úvod do teorie, praxe je však zatím hodně odlišná. Přenést základní výzkum do komerční praxe je věc velmi obtížná. Existuje několik způsobů zvláknování a výroby těchto vláken. Naráží se zde však na mnoho problémů. Na pevnost mohou mít zásadní vliv drobné defekty ve struktuře nanovláken. Pokud na svém místě chybí jediný atom uhlíku, pevnost klesá až o 30 %. Vliv na odolnost svazku je ještě větší. Ve vývoji nanosystémů a nanosubstancí zaleží na umístění každého atomu. Zatím dělá nanokonstruktérům potíže značná nepřesnost této technologie. V ideálním případě by se nemělo chybovat více než v jednom případě z miliardy, což je zhruba přesnost, jakou se kopíruje DNA při dělení buněk.

Prvním úkolem je vyvinout dokonalé manipulátory k operacím v nanoprostoru. Pokud máte například pinzetu o velikosti čtyř mikrometrů, je to jako kdybyste zkoušeli sbírat zrnka máku bagrem.

Pro další zjednodušení si představme, že máme ideální nanočástice i nanotubes. I tak je jejich konkrétní uplatnění v cyklistice obtížné. Testovali jsme a dosáhli velmi dobrých výsledků přidáváním mikročástic do pojiva při lepení. Zde bylo vše přesně měřitelné a průkazné.

Přimíchání nanočástic do pojiva například při výrobě trubek je věc mnohem problematictější. Každý, s kým jsem o tom mluvil (a firem, které podobné věci skutečně testují, je v Evropě jen několik), mi potvrdil, že celkové navýšení pevnosti bylo téměř neměřitelné. Příčinu zatím přesně nevíme, ale domníváme se, že se nedaří zajistit rovnoměrné rozmíchání nanočástic v pojivu, pravděpodobně se shlukují. Pracuje se s částicemi, které jsou díky svým rozměrům neviditelné a jejich dokonalé rozmíchání není triviální problém. Masivní komerční využití nanotechnologií v letectví, ale ani kosmonautice ještě nenastalo.

Je cyklistika napřed?!

Jak je tedy možné, že se cyklistické katalogy hemží rámy „kompletně“ vyrobenými nano-

technologíí? Jak je možné, že první cyklistické rámy vyrobené nanotechnologií se objevily v cyklokatalozích v době, kdy na nejprestižnějším veletrhu kompozitních materiálů v Paříži nejúspěšnější technologičtí leadeři mluvili o pomalém růstu nanotubes do délek mikrometrů a měly spoustu defektů? (První nanotubes v délce centimetrů se objevily v roce 2006, kdy se z nich také začaly dělat první pásy.) Ceny za gram nanočástic i nanotubes jsou známé. Jak je tedy možné, že někdo nabízí celé kolo s rámem vyrobeným nanotechnologií za cenu do 200 000 Kč, když by jen za část surovin na rám zaplatil mnohonásobek této částky?

Abych mohl odpovědět na tyto otázky a vyhnul se sérii žalob, dovolím si autorskou nadsázku a odpovím zcela vymyšleným příběhem, jak by to také mohlo být:



Představme si planetu, kde pro cyklistické značky vyrábějí rámy čtyři továrny specializované na karbon. V první z nich, když se dozví o úžasných vlastnostech nanotechnologií, si řeknou: do toho musíme jít a porazíme konkurenci! Koupí si malý sáček s nanočásticemi, snaží se koupit co nejmenší a nejlavnější, ale i tak se prohnu. Opatrně je přidají do matrice, když zjistí, že je to tak, jak se uvádí, a nedošlo ke změně viskozity, považují pokus za úspěšný. Rovnoměrným rozmístěním nanočástic v pojivu se příliš nezaobírají (stejně by nevěděli jak) a mají nano-rám.

Když v druhé továrně zjistí, že zaspali, koupí pytlík s nanotubes. Prohnu se ještě trochu více, ale stojí to za to, budou přece mít rám z nanotubes! Přimíchají je do matrice a vlastnosti celku by se mohly i trochu zlepšit – nanotubes mají skutečně úžasnou pevnost a minimální váhu. Problém je v tom, že vzhledem ke své ceně je jich ve výsledném produktu tak malé procento, že zásadní změnu vlastností nezpůsobí.

Třetí továrně se ekonomicky příliš nedaří a tak když zjistí, kolik nanočástice stojí, přidají do pojiva raději mikročástice a mají nano-rám také.

Čtvrtá továrna si řekne: vždyť to stejně nemůže nikdo zkontrolovat, a má nano-rám také. Navíc dobře zná své zákazníky a ví, že potřebují cenově dostupný nano-rám. Na této virtuální planetě mají cyklistické firmy většinou nulový rozpočet na vývoj nových materiálů, ale všechny mají rozpočet na marketing (v tom se podobají naší planetě) A tak chlapi z marketingu vymyslí do katalogu název nano-rámu, přeloží alespoň ty tři věty, které pochopili od svého dodavatele rámu, a přidají nic neříkající obrázek atomové mřížky ve tvaru fotbalového míče. Katalog je pěkně barevný, nikoho nepobouří, nikoho neurazí a naši marketingoví chlapi v něm drtivě a na hlavu porazí týmy vědců, kteří při praktických aplikacích nanotechnologií ještě stále narážejí na řadu problémů.

Konec fiktivního příběhu. Doufám, že na naší zemi je to trochu lepší. Cyklistika skutečně potřebuje hi-tech materiály, ale problém je v tom, že (narozdíl například od letectví) prezentuje výsledky své práce naprostým laikům, které se snaží přimět ke koupi. Tak jsme se v dobách, kdy kralovaly slitiny hliníku, mohli dočíst o „speciálních“ slitinách s pevností nad 100 kg/mm² (což je

samořejmě nesmysl), nyní i v katalogu velké světové firmy zpevnují spoj hliníku a karbonu speciální zámky (které by v případě rozlepení spoje nejen nic neřešily, ale jsou při současných technologických možnostech zbytečné) a zrovna tak se objevuje spousta nepřesných informací o nanotechnologiích. Pokud někdo prezentuje rám vyrobený z nanotubes, zákazník by měl požadovat přesnou informaci, o jaké vlákno jde, případně jakým procentem je ve výsledném rámu zastoupeno. Sám jsem se na podobné věci zkusil zeptat těch nejpovolnějších na veletrhu Eurobike. Ti chytřejší s velmi provinilým výrazem mumlali něco o firemním tajemství a ostatní mne většinou pobavili nějakou neuvěřitelnou hloupostí.

Ale zakončeme optimisticky. Ještě chvíli bude trvat, než se díky nanotechnologiím stane hmota softwarem. Ještě chvíli bude trvat, než se některé zdravotní problémy budou řešit vpuštěním tisíců nanorobotů do krevního řečiště. A ještě chvíli bude trvat, než se na kole objeví rám naplno využívající nanotechnologií. Pokud si někdo dovedete představit, jaké by mohl mít vlastnosti, věřím, že už se těšíte tak jako já.

Ing. Libor Petřavský

materiálové vize o konkurenci

Ing. Libor Petřivský, Pell's

ušlechtilá ocel

„Materiál velmi vhodný pro výrobu 20“ a 24“ kol pro freestyle, dirt jump a podobně. U ostatních kol materiál spíše pro nostalgické milovníky tohoto materiálu, kteří se chtějí odlišit od davu.“

hliníkové slitiny

„Jednoznačně nejlevnější a nejrozšířenější materiál, který běžnému rekreačnímu cyklistovi stačí a zatím zůstane nejrozšířenější.“

magnezium a scandium

„Jakmile se u magnezia dořeší některé technologické problémy a dokonale zvládne povrchová úprava, aby se eliminovala jeho nestálost na vzduchu, nevylučují jeho comeback. Samozřejmě nikdy nebude konkurovat kompozitům. Jeho obrovskou výhodou je

nízká cena, což velmi vyhovuje masovým výrobcům zvyklým chrlit množství levných ráků. Navíc některé taiwanské firmy byly v éře hliníku zvyklé montovat kola na vlastní ráky. Tuto výhodu nástupem karbonu ztratily – nyní si ráky nechávají vyrábět a určitě by se rády ve větší míře vrátily k prvnímu modelu. Pro hliníkové slitiny s příměsí skandia platí totéž co pro ostatní alu slitiny, pouze dosahují lepšího poměru pevnost/váha.“

titan

„Titan je krásný ušlechtilý materiál, nicméně jeho homogenita jej opět oproti karbonu staví do nevýhody. Z titanu si dovedu představit hardtailové MTB ráky, u nichž vynikne především pružnost materiálu. Nicméně třeba u silničních ráků je velice složité dostat z tohoto materiálu potřebnou tuhost. Značka Morati to velice pěkně řešila malou planžetou na zadní stavbě a určitou profilací. Odváděla špičkovou práci, z materiálu vytěžila maximum, nicméně se do-

stala na limit. Pokud by měl být titanový rám stejně tuhý jako karbonový, bude muset být o hodně těžší. Zkrátka zde chybí možnost docílit pevnosti pouze v určitém směru.“

kombinace karbonu a libovolného materiálu

„Toto téma by si zasloužilo aspoň 100 stran, takže si jen naznačím. Pokud zůstaneme u nanotechnologií – velký vnitřní prostor fullerenu umožňuje do jeho dutých míst umístit atomy některých kovů, které s ním nemusejí tvořit chemickou vazbu a přesto přirovně ovlivňují jeho vlastnosti (např. nikl nebo kobalt). V leteckví je zřejmý nástup sendvičových materiálů, které bych v cyklistice ani tak neočekával na rámech jako spíše u komponentů, kde je nějaká masa materiálu a nejde to udělat duté. Obecně se často budou používat kompozitové potahy na měkkém a pružném, nebo naopak tvrdém podkladu – dle požadované aplikace (např. na pružném u přileb).“

Svatopluk Zatloukal, exMorati

ušlechtilá ocel

„Metalurgický vývoj, který si sama cyklistika sice nemůže dovolit, ale běží na jiné linii a může jeho poznatků tedy využít, se nezastavuje. Není proto divu, že některé materiály se dostanou na konec svých možností, jsou předstíženy jinými. Ocel už zůstane záležitostí pouze pro ty, kteří k ní mají opravdu pevný vztah, nebo materiálem pro levná kola.“

hliníkové slitiny

„Nové technologie, konkrétně hydrofoming, opět utvrdily hliník v jeho postavení coby dostupného a pro většinu cyklistů absolutně postačujícího materiálu. Hydrofoming umožňuje do jisté míry nejen ovlivňovat vlastnosti rámu, kromě toho také poskytuje nový prostor pro designéry.“

Milan Duchek, Duratec

ušlechtilá ocel

„Není ocel jako ocel. A bylo tomu skutečně tak, mezi favoritem z Rokycan a rámem letovaným stříbrem z trubek Columbus Max byl ohromný rozdíl. Každý materiál má ale své hranice a ani nejružnější příměsí a legury nepomohly oceli udržet se nekoněčně dlouho na výsluní. Pověstná neznititelnost ocelového rámu je dnes jen chabou náplastí na stále se zvyšující honbu za nízkou hmotností kol. Konzervativní výrobci ocelových ráků si již dávno uvědomili, že o ocelový rám dnes projevují zájem snad jen retrostylář, nebo supermarketový šilence.“

magnezium a scandium

„Hliníkové slitiny s exotickými názvy (pamětníci možná zavzpomínají i na Titanal) jsou v současné době používány jen zřídka. Jejich společným problémem, a to prakticky ve všech případech, je obtížnější svařitelnost. Jiné je to u součástek tvářených z jednoho kusu, jako jsou například nohy přední odpružené vidlice. U těchto je vyšší pevnost a nižší měrná hmot-

magnezium a scandium

„Když jsem před časem mluvil na katedře materiálů VUT s profesorem – specialistou na materiály – a zmínil nasazení magnezia pro výrobu cyklistických ráků, podivil se. Dobře věděl proč – zvládnout povrchovou úpravu tak, aby se zabránilo oxidaci materiálu, je u kol a za současných technologických možností zatím velmi obtížné, ne-li nemožné. Stačí například dvakrát třikrát pohnout s přesmykačem, porušit vrstvu a rozběhne se chemická reakce způsobená elektrochemickým potenciálem. Magnezium je po zvládnutí technologie možným perspektivním materiálem, jeho vstup na trh pro stavbu ráků v cyklistice byl ale úspěšný.“

karbon

„Nepopíratelně materiál, který má rozhodně budoucnost ještě před sebou. Jako jednu z možných cest bych viděl přístup, kterým se vydalo Campagnolo u svých nových klik – karbonová „tříš“ vstříkovaná

do forem. Touto cestou možná půjde vytvářet i rákové spojky a podobně.“

kombinace karbonu a libovolného materiálu

„Zajímavou otázkou pro nejbližší budoucnost je spojení karbonu s titanem. Pokud bych měl příležitost dále pracovat v tomto oboru, vydal bych se ale opačnou cestou, než která je nyní vidět – věnoval bych se vlepování titanových trubek do karbonových spojek. Vyřešilo by to citlivost karbonu na náraz. Myslím, že zvláště u MTB by obava z nárazu kamene do trubky nebyla tak v popředí. U karbonu hrozí v místě rázu významné poškození, lokální delaminace vrstev a tedy problém, u titanu nikoliv. A je rozdíl, pokud jste závodník a v podobném případě vám mechanik pouze vymění rám, nebo hobby jezdec, který si na své kolo dlouho šetřil.“

Ano, bylo by možné použít kompozit i s hliníkem, ale pokud jde o vytěžení maxima možností, není to ideální cesta, pouze levnější.“

nost materiálu výhodou. Proto dokud nebudeme umět vyrobit rám na jedno bouchnutí, budou se stále snášet hromy blesky na hlavy konstruktérů plnicích přání marketingových kouzelníků.“

karbon

„Kdo má na kole něco z kompozitu, je in, kdo ne, je out. I to je motor pro vývojáře věhlasných firem usilovně pracujících na nových produktech z dlouhého vlákna. Kompozit, pokud je správně navržen a použit, má tak specifické vlastnosti, že tyto nelze dosáhnout jiným dosud známým materiálem. Na vývoji samotných vláken či pryskyřice se neustále pracuje a nejnějším hnacím motorem je stále rostoucí poptávka. Vývoj karbonu směřuje k nanovláknům a k nanoprskyřicím, které slibují ještě lehčí a pevnější budoucnost. Nechme se překvapit.“

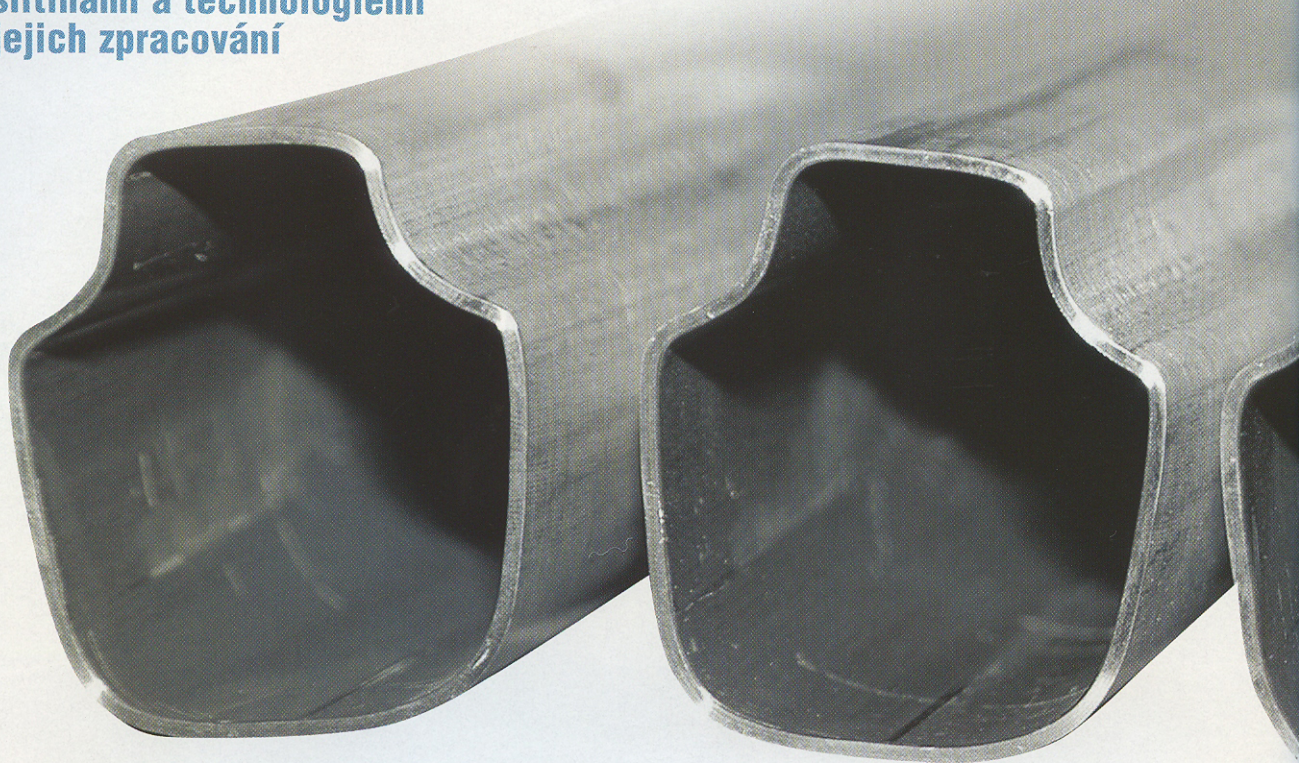
titan

„Titan použitý při konstrukci rámu jízdního kola má své místo pouze v některých cyklistických disciplínách. Jsou oblasti, například silniční cyklistika, kde bych použití tohoto materiálu pro jeho specifické

mechanické vlastnosti naprosto vyloučil. Právě pro úzkou oblast použití a pro jeho náročnou zpracování je používán pouze malými firmami. Titan rozhodně neupadne v zapomnění a své zákaznky si najde. Nemůžeme však očekávat jeho masovější používání.“

kombinace karbonu a libovolného materiálu

„Spojováním dvou materiálů se do budoucna cyklistický průmysl jistě nevyhne. Není to jen rám jízdního kola, kde se používá spojení karbonu a hliníkové slitiny. Tuto nejrozšířenější kombinaci spojení dvou materiálů najdeme i na sedlovkách či monocoque říditkách. Velké možnosti se do budoucna rýsují v kombinaci materiálů, kde na první pohled nezjistíme, že se jedná o dvě teoreticky oddělitelné součásti. Jeden materiál je součástí vnitřní struktury druhého materiálu. Tyto materiály jsou dnes již v technickém světě s úspěchem používány. Nelze samozřejmě kombinovat všechno se vším, proto v kombinaci bambusových trubek rámu a karbonových spojek, tak jak ji používá jedna z amerických firem, budoucnost nevidím.“



Starý (ne)známý

Když v průběhu osmdesátých let, v době, kdy jediným uznávaným materiálem na stavbu rámu byla ušlechtilá ocel, přišly značky Cannondale a Klein s prvními horskými koly vyrobenými z hliníku, téměř nikdo kromě nich nevěřil, že se tento materiál ve světě cyklistiky vůbec kdy uchytí. Stačilo ale pouhých pár let, situace se rapidně změnila a kormidlo vývoje se otočilo o 180°. Lehké hliníkové slitiny pak poměrně razantním způsobem vytlačily původně velmi rozšířenou ocel, do té doby vlastně jediný materiál používaný na stavbu rámu kol, až na samotný okraj trhu. Hliníkových slitin však je spousta, stejně tak technologií jejich zpracování. Jak se v nich má cyklista vyznat!

Hliník, hovoříme-li tedy o samotném kovu zaneseném v periodické tabulce chemických prvků, je třetím nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře. Jeho výroba ale není zdaleka tak jednoduchá jako u jiných kovů, například železa, které se získávají poměrně snadno tavením z příslušné rudy. Hliník je totiž obsažen v živících, jílech a také v minerálu bauxit, přičemž právě z něj se získává pomocí elektrolýzy. Postup na tento způsob výroby byl ale objeven a patentován až v roce 1886. K průmyslové výrobě a používání hliníku v praxi došlo o několik let později, v roce 1890.

Dural jako jeden z prvních

Samotný hliník je sice poměrně lehký, zato však značně měkký a tedy nevhodný pro konstrukce, jakými například jiné rámy kol a podobně. Proto se používají hlavně různé slitiny na bázi hliníku, které mají obecně dobré mechanické vlastnosti, jichž lze dosáhnout při nízké měrné hmotnosti, tedy hustotě. Jednou z nejdříve používaných slitin bylo duraluminium, pro nějž se zažil zkrácený obchodní název dural. Pro tuto slitinu hliníku s příměsí mědi (Cu) a hořčíku (Mg), která byla

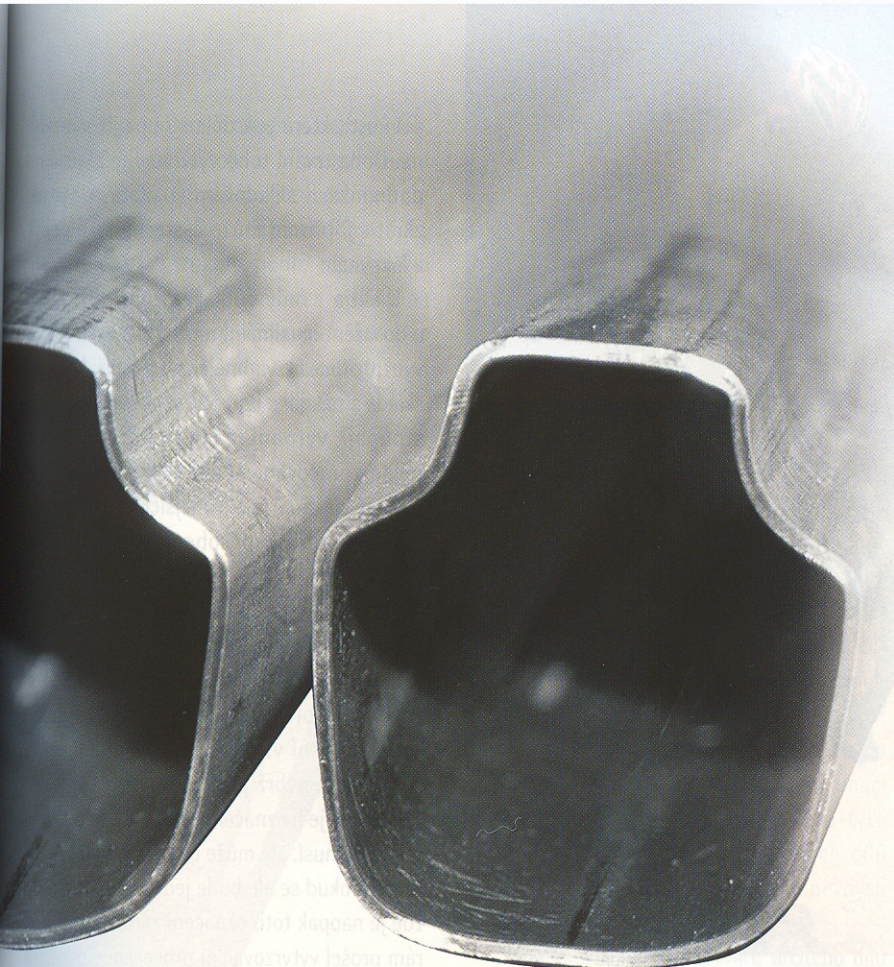
náhodně objevena na začátku 20. století, našlo poměrně brzy relativně široké využití. Například již po roce 1916 vzlétla letadla Junkers, která měla kostru a křídla vyrobená z duralových nosníků.

Značně zlidovělý a rozšířený název dural se zpočátku často používal nejen v cyklistice, ale i při označování hliníkových rámu vyrobených z různých druhů slitin, nikoli ze skutečného duralu. Ten totiž díky neustávajícímu vývoji metalurgických výrobních postupů a technologií brzy zastaral a nahradily jej jiné, lepší varianty, daleko překonávající vlastnosti svého předchůdce.

Perličkou z historie a zároveň i současnosti je odlišné označování hliníku v britské a americké angličtině. Zatímco v ostrovním království se používá výraz aluminium, za oceánem se setkáte spíše se slůvkem aluminum. U zrodu této rozdílnosti přitom údajně stojí pouze jedna tisková chyba.

Hliníkové slitiny a jejich označování

Pro označování materiálů, jejich třídy a konkrétních typů existuje poměrně velké množství odlišných norem. Neustále postupující



globalizace ale zasahuje i do tohoto odvětví, a proto se mnoho národních norem sjednocuje, aby bylo dosaženo větší přehlednosti. V oboru hliníkových slitin se již dříve jako mezinárodní standard běžně využívalo amerického způsobu označování, který později převzala i Evropa jako celek a následně i národní normy, kupříkladu naše ČSN.

V rámci tohoto kruhu norem se hliníkové slitiny rozčleňují do tříd (například 7000, 6000, 5000). Rozlišujícím znakem je první číslo, další čísla v označení (například z cyklistiky velmi známé 7020, 6061 a další) pak určují konkrétní chemické složení daného materiálu. Tato označení ale mají význam hlavně pro výrobce, který si vybírá materiál dle svých požadavků na pevnostní charakteristiky, možnosti zpracování atd., méně pak pro koncového zákazníka. Do výsledných vlastností hotového rámu totiž kromě samotného materiálu vstupuje mnoho dalších vlivů, jako je opracování, tvarování trubek, tepelné zpracování atd. Vybírat si tedy kolo podle toho, zda je vyrobeno například z materiálu 7020, nebo 6061, je zcela neopodstatněné. Určité rozdíly zde samozřejmě jsou, ale spíše v podobě vstupních parametrů u trubek určených na stavbu rámu než u finálního produktu.

Základní rozdíly v řadách

Pokud bychom se přesto chtěli zaměřit na specifické vlastnosti jednotlivých slitin, tak největší rozdíl lze najít mezi různými třídami materiálů. Ty z řady 6000 (například 6061, 6066 atd.) mají oproti třídě 7000 sice o něco horší výchozí mechanické vlastnosti (pevnost, tuhost), vynikají ale naopak nižší cenou, snadnějším svařováním a hlavně většími možnostmi tvarování. Toho se využívá zejména při hydroformingu. Z pohledu současné standardní nabídky je nejpevnějším materiálem slitina s označením 7020 T6, která byla dříve využívána pouze v letectví a až relativně nedávno byla uvolněna i pro ostatní komerční aplikace.

S pouhým nákupem běžně dostupného a ve velkých sériích vyráběného materiálu se ale mnozí renomovaní výrobci kol nehodlají smířit. Proto si, zejména s ohledem na značné finanční zázemí dané celosvětovým odbytem svých výrobků, často zadávají vývoj a výrobu vlastních specifických slitin, nejčastěji obohacených některým z poměrně vzácných legujících prvků. Typickým příkladem je koncern Trek, který posledních několik let staví na původních slitinách s příměsí zirkonia (ZR 9000), dále kupříkladu Specialized používající označení materiálů A1, M4 nebo M5, či Giant a jeho AluxX.



Skandium leguje, magnezium se nechává legovat

Dalším vzácným legujícím prvkem je skandium. O něm se často tvrdí, že napomáhá zlepšit tlumící vlastnosti hliníkových rámu. Není to ale přímo dáno přítomností tohoto prvku jako spíš možnostmi zpracování, které jím legovaná slitina nabízí. Příměs skandia totiž umožňuje vyrobit stejně pevné trubky jako u klasických slitin, ovšem za použití užšího průměru, což samo o sobě postačí k dosažení lepšího tlumení vibrací a vyššího komfortu. Druhou stranou mince jsou ale vyšší technologické nároky na zpracování a s tím související vyšší cena, proto se od tohoto materiálu, zejména pod tlakem nástupu kompozitních rámu, spíše upouští.

Zatímco tedy skandium je legovací prvek, u magnezia je to naopak, byť se cyklisté mnohdy mylně domnívají, že i hořčíkové rámy jsou postaveny z hliníkové slitiny s příměsí magnezia. Ve skutečnosti je to tak, že u hořčíkové slitiny je hliník pouze legujícím prvkem, zastoupeným zhruba 10 %.

Jen pro komponenty

Určitou zmínku je třeba věnovat také dalším používaným slitinám, například z řady 2000 (2024, 2014 a další), které se využívají na různé komponenty kola, jež není třeba svařovat. Typicky to bývají převodníky, představec, řídítka a podobně. Tyto slitiny mo-

hou být řádově až o desítky procent pevnější než výše zmiňované z řad 6000 a 7000, vzhledem k téměř nemožné svařitelnosti se ale používají pouze tam, kde si lze vystačit s frézováním, kováním, případně lisováním.

Tepelné zpracování

V průběhu výroby rámu dochází zejména při svařování k určitým lokálním teplotním zásahům, což se celkem pochopitelně odráží v pevnosti tohoto místa. Proto je jedním z dalších procesů aplikovaných v průběhu výroby tepelné zpracování. Zde ale opět záleží na druhu materiálu.

Budeme-li se zabývat slitinami tříd 6000 a 7000, pak prvně jmenované potřebují k dosažení optimálních vlastností po svařování podstoupit proces tepelného zpracování, zatímco většina slitin řady 7000 se vyznačuje tzv. samovytvrditelností. Ta spočívá v samovolném ustálení krystalické mřížky materiálu. Například u slitiny 7020 se materiál v místě tepelného zásahu vrátí sám zpět na plné hodnoty pevnosti za dobu přibližně 14 dní, přičemž již v průběhu prvních tří dnů dochází k zásadnímu nárůstu

pevnosti, která pak dále stoupá již jen zvolna. Doba trvání toho vytvrzení je závislá na podmínkách skladování (teplota, vlhkost) zkrátit ji přitom může částečně také pobyt v lakovně.

U slitin z řady 6000 je naopak při snaze o dosažení maximální možné pevnosti nutno využít proces tzv. umělého stárnutí, který se skládá z několika kroků. Tím ale pochopitelně stoupají výrobní náklady, proto se teplotně zpracování používá převážně pouze u dražších rámu a u levnějších se tento problém řeší jiným způsobem, například větší silou stěny trubek.

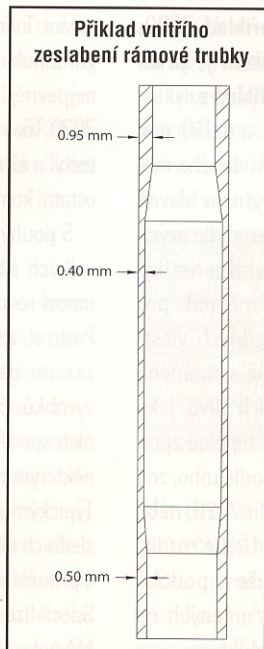
Rozpoznat, zda ten či onen rám byl tepelně zpracován, do jisté míry lze, pokud za číselným označením slitiny následuje také značka hovořící o pevnosti - nejčastěji T6. Toto označení však neurčuje nutně tepelné zpracování, nýbrž pevnostní stav materiálu. Konkrétně je-li označení T6 u materiálu z řady 7000, nemusí, ale může být tento tepelně upraven. Pokud se ale bude jednat o řadu 6000, zde je naopak toto označení zárukou toho, že rám prošel vytvrzovacím procesem v peci.

Příklad postupu tepelného zpracování slitin řady 6000

- 1) stabilizace - postupné zahřátí na teplotu zhruba 530 °C následované rychlým zchlazením ponořením do vody
- 2) umělé stárnutí - ohřátí na teplotu zhruba 180 °C po přesně stanovenou dobu (například 16 hod)

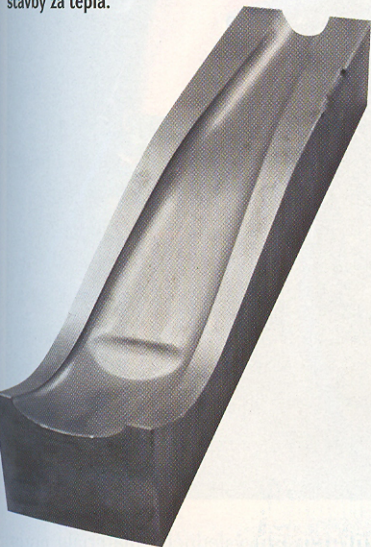
Zeslabování a obrábění

K dosažení dobrých konečných vlastností celého rámu sice teoreticky stačí poskládat a svařit k sobě několik trubek z kvalitního materiálu, existují ale i další cesty, jakými lze vlastnosti finálního produktu dále zdokonalovat. Asi nejznámějším procesem je cílené zeslabování stěn jednotlivých trubek, které vede zejména k hmotnostním úsporám. Toto zeslabování může být jedno- nebo vícestupňové (Dual Butted či Double Butted – označení pro dvojité zeslabování, Triple Butted – třikrát zeslabovaná trubka, Full Butted – trubka zeslabovaná dle zatížení konkrétních partií) a dále pak vnitřní, či vnější. Vnitřní zeslabení lze



pohledem jen těžko pozorovat, a nezbyvá tak, než věřit údajům výrobce, případně změnu síly stěny zkusit odhalit poklepáním na trubku v různých místech. Vnější zeslabování lze naopak poznat snadno podle nepatrného rovnoměrného zesílení průměru trubky na jejích koncích. Zesílení na koncích, které se používá i u trubek s vnitřním zeslabením, slouží zejména ke zpevnění oblasti spoje (sváru).

Pevná ocelová forma sloužící pro tvarování (ohýbání) zadní stavby za tepla.

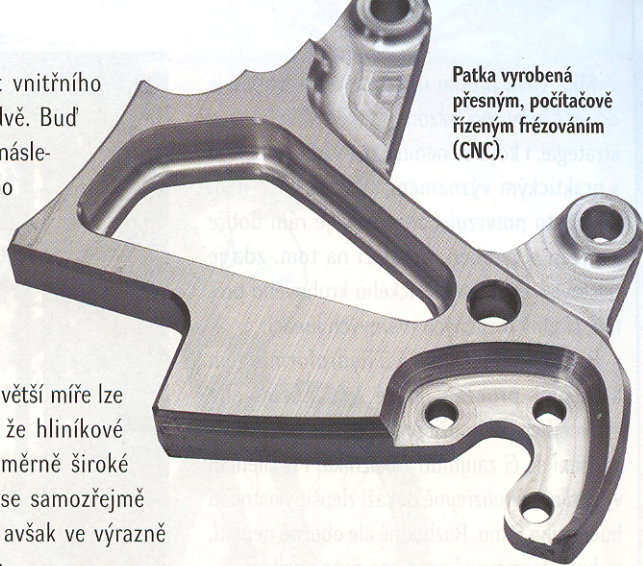


Metody, jak dosáhnout vnitřního zeslabení, jsou v zásadě dvě. Buď se využívá kování na trnu, následované zarovnáním vnějšího povrchu do roviny, nebo lze využít i hydroforming, opět následovaný zabroušením (zamas-kováním) této úpravy.

Zeslabovat sílu stěny ve větší míře lze kromě jiného díky tomu, že hliníkové trubky mají v základu poměrně široké stěny. U ocelových rámu se samozřejmě také provádí zeslabování, avšak ve výrazně jiném měřítku než u hliníku.

Do kategorie mechanického obrábění patří také frézování, které se dnes většinou provádí na přesném počítačem řízených strojích (CNC). Klasickým představitelem hojně využívaným tento postup je domácí výrobce rámu, značka RB, která na tyto postupy sází jak u některých nosných dílů na celoodpružených kolech, tak i u pevných MTB či silničních kol.

Dosáhnout konkrétního tvaru určitého dílu lze ale také kováním, a to buď za studena, nebo za tepla. Tímto postupem se materiál zhutní – zpevní. Výsledná tvarová přesnost ale není ni-



Patka vyrobená přesným, počítačově řízeným frézováním (CNC).

jak extrémně vysoká, proto i zde často dochází k dalšímu třískovému obrábění (broušení, frézování apod.).

Tvarování

Další možností úpravy vlastností rámu je profilace trubek a tvarování obecně. Zatímco před několika málo lety byly kromě úpravy základního profilu možnosti tvarování hliníkových rámu značně omezené, nyní se díky postupům, jako je hydroforming nebo technoforming (případně pressforming) dají dělat hotové zázraky.

Míra vlivu profilu u jednotlivých trubek je do jisté míry věcí názoru a také marketingové strategie, i když to nemusí být vždy v rozporu s praktickým významem. V testech se nám tak často potvrzuje, že pokud je rám dobře navržen a vyroben, nezáleží na tom, zda je postaven z trubek klasického kruhového profilu, či plný rozličných tvarových krací.

Podobně je tomu i s hydroformingem a dalšími procesy, které bývají zejména u levnějších kol použity hlavně jako způsob pro odlišení se či zaumutí zákazníka. Při cíleném využití ale samozřejmě dokáží zlepšit vlastnosti budoucího rámu. Rozhodně ale obecně neplatí, že hydroformovaný znamená nutně nejlepší.

Hydrokroky

Technologie hydroforming znamená několik kroků při profilování trubky. Nejprve se připraví pevná ocelová forma, do ní se vloží trubka, tu pak přesně podle formy vytvaruje horký olej, který se do ní vpusť pod vysokým tlakem. Takto je sice možné dosáhnout prakticky neomezené rozmanitosti tvarů jednotlivých trubek, nikoliv však upravovat sílu stěny odlišně na různých místech, jak se někdy tvrdí. K tomu je potřeba, aby byla trubka připravena již z předchozího způsobu zpracování – zeslabování.

Alternativní možností je například technofforming fungující podobně jako metoda s horkým olejem.

Jeho působení je ale nahrazeno mechanickou cestou pomocí různých trnů a forem. Takto vytvořené rámy se sice mohou na pohled jevit tvarově podobné jako u hydroformingu (typicky Merida HFS a TFS), hlavním rozdílem je zde ale méně detailů, jako jsou vystouplá loga a podobně.

Rozmanitých tvarů jako u dvou předcházejících metod lze dosáhnout také lisováním do forem, kdy je trubka či jiná část rámu tvořena dvěma díly, které jsou následně podélně svařeny. Tento postup běžně využívá třeba značka Specialized. Obdobný postup – zahřátí a následné tvarování pomocí ocelové formy – se aplikuje i při ohýbání trubek, zejména v případě zadní stavby.

O širokých možnostech tvarování hliníkových slitin díky vysoké tažnosti a plasticitě vypovídá například i způsob výroby plechovek na pivo nebo limonádu. Na začátku tohoto procesu je pouze plochý disk o průměru zhruba pět centimetrů, z kterého se plechovka vytvoří v jednom kroku tažením.



Na koncích této hlavové trubky jsou patrné výbrusy určené pro přesné usazení spodní a horní rámové trubky při svařování.

Budoucnost hliníkových slitin – černá, nebo bílá?

Před příchodem hydroformingu se zdálo, že jsou hliníkové slitiny z pohledu dalšího vývoje na konci své cesty a postupně je nahradí jiný materiál, nejspíš karbon. Hydroforming ale dovolil posunout hranice zase o kousek dál a hliníku tak svítla další naděje na přežití. Nyní se opět zdá, že se již není kam vyvíjet, ale opak může být pravdou. Těžko někdo z nás může tušit, co vše se dnes vaří v obřích kotlích světových metalurgických vývojářů či na jakých nových materiálech se pracuje v NASA a dalších organizacích s výrazným technologickým náskokem před zbytkem komerčního světa. Určitou, značně teoretickou cestou hliníku v cyklistice by mohly být hliníkové kompozity. V leteckém průmyslu se již používají zvláštní materiálová spojení kombinující vláknový kompozit a hliníkové slitiny. Cestou pro kolařský průmysl by ale spíše mohl být materiál, kde jsou v hliníkovém základu rozptýleny různé pevné částice, například karbidu křemíku. Při jejich 20% podílu lze totiž

zvýšit pevnost výsledného materiálu oproti běžné hliníkové slitině až o 50 %! Jednou ze zajímavých vlastností takto vzniklého materiálu je vysoká odolnost proti otěru, takže zde není potřeba použít lak. Tyto úvahy ale raději ponechme scientologům a vraťme se zpět na zem. Až čas totiž ukáže, kterým směrem se skutečný vývoj vydá.

Štěpán Hájíček
Foto: autor, archiv



K úpravě profilu trubek se používá různých trnů, kterých má každý výrobce rámu, či rámových sad poměrně velkou zásobu.