

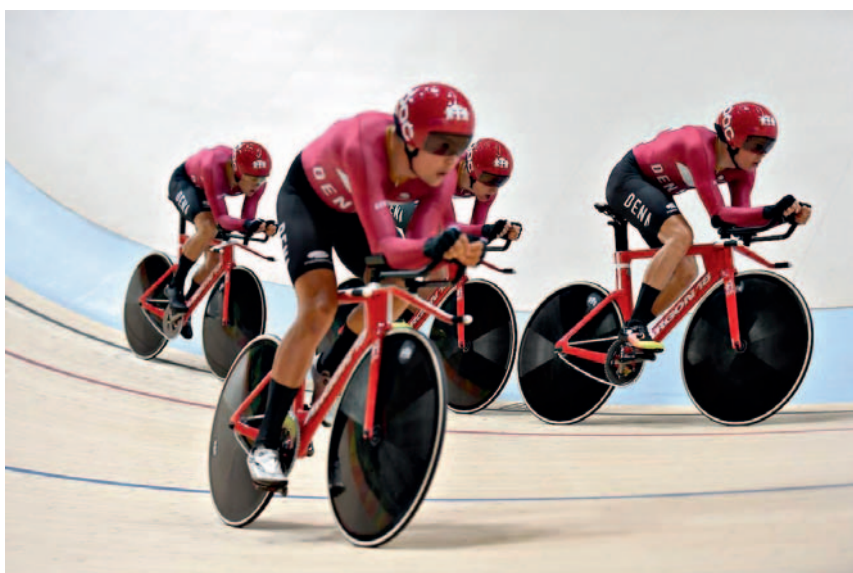
# Použití technologie HyperWorks

pro optimalizaci pevnosti konstrukce vysoce výkonného jízdního kola Argon 18

Redakce

Dráhová cyklistika si od svého debutu na letních olympijských hrách v roce 1896 získala obrovskou popularitu mezi fanoušky cyklistiky. Závod na krátké trati je agresivní indoorový sport, vyžadující od zdatných jezdců jak vytrvalost, tak i vysokou rychlost. Většinou se koná ve speciálních krytých halách, známých jako velodromy.

Firmu Argon 18 na výrobu kol založil v roce 1989 vysloužilý cyklista Gervaisem Riouxem v Montrealu v Quebecu. Pro vývoj a engineering vysoce výkonných kol využívá nejmodernější technologie a je aktivním sponzorem profesionálních cyklistických týmů s globální distribucí ve více než 70 zemích. Kola od firmy Argon 18 jsou určena nejen pro profesionální jezdce, ale i pro širokou veřejnost, která hledá nejvýkonnější jízdní kola, aby jí poskytla vynikající zážitek z jízdy.



## ARGON 18

Firma Argon 18 nedávno spolupracovala s ÉTS, vysokou školou v Montrealu zaměřenou na technologii výrobních procesů, materiály a konstrukce pro 3D tisk, na výrobě nového bicyklu pro Lasse Normana Hansena, jednoho ze závodníků soutěžících na olympijských hrách v Riu v roce 2016 za dánský národní tým. Cílem bylo vyvinout kolo, které by mělo vyšší tuhost, lepší aerodynamiku a celkově zajišťovalo vyšší efektivitu.

### Lehké a přesto pevné

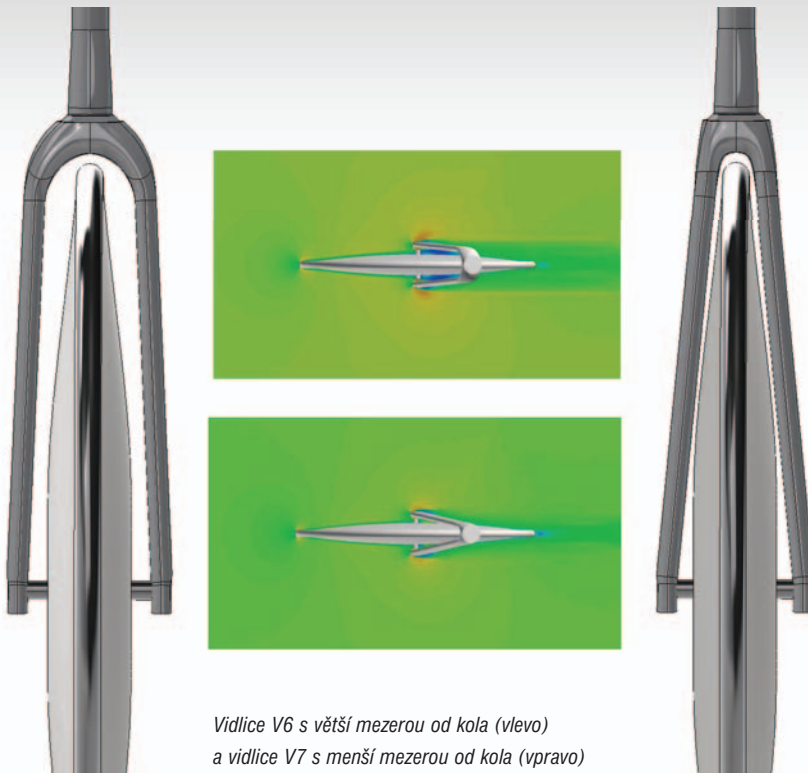
Závody v dráhové cyklistice mají vlastní individuální pravidla pro vybavení závodníků, a proto konstrukce bicyklu musí být v souladu s uvažovanými omezeními, a přitom zachovat optimální výkon sportovce.

Již delší dobu je v cyklistickém průmyslu patrná snaha o odlehčení jízdních kol. Vytvořit odlehčený bicykl, zachovat základní konstrukci,

ale zároveň i jeho pevnost, to je výzva, kterou musí výrobci splnit. Konečná váha produktu pak může určovat rozhodující rozdíl mezi závodníky při závodu.

Požadavek týmu byl navrhnout co nejpevnější kolo a zároveň získat co nejlepší aerodynamické výsledky, jelikož cyklista během závodu vynaloží na překonání aerodynamického odporu obrovské množství energie. Snaha navrhnout aerodynamičtější bicykl vede často k vytvoření tenčího tvaru. Výzvou tedy bylo, aby rám byl tuhý a současně, aby i konstrukce měla vyváženou pevnost a tuhost.

Důležitou součástí projektu byl vývoj nového hliníkového představce pro Lasse Normana Hansena na disciplínu s letmým startem (Flying lap). Pokud by se použil 3D tisk, představec by se mohl plynule integrovat do rámu bicyklu, přičemž by byl pevně spojen s vložkou vidlice a tím by se



Vidlice V6 s větší mezerou od kola (vlevo)  
a vidlice V7 s menší mezerou od kola (vpravo)

zlepšila aerodynamika sportovce. Přizpůsobením designu představy by také bylo možné dosáhnout optimální pozice sportovce. Kromě toho by také držák měl být dostatečně tuhý (lepší než jeho předchůdce z uhlíkových vláken) a lehký.

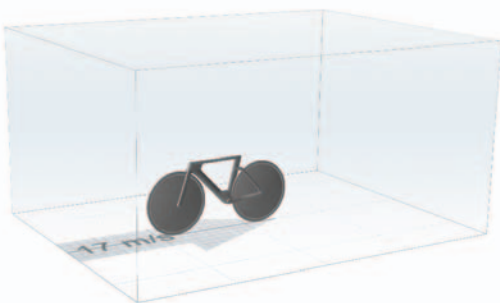
přispěly ke zlepšení aerodynamiky. Následovalo několik iterací mezi procesy FEA a CFD, zkoušení rozličných konfigurací součástí, rozšiřování, ztenčování, posouvání dále a blíže od kola, přičemž se pozorně sledovala CFD a FEA

data. Postup ke zlepšení návrhu konstrukce byl následující:

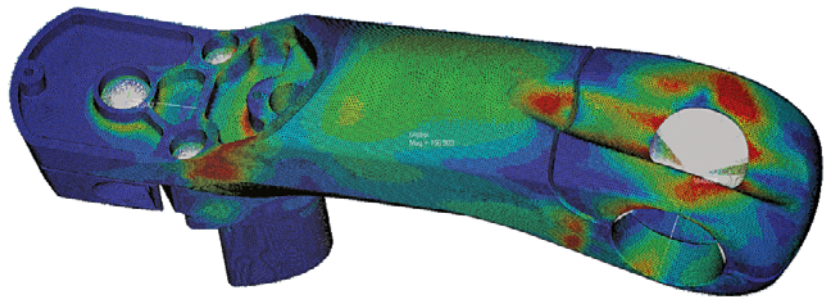
- Nejprve aerodynamika (čelní odpor), pak tuhost
- Menší profil trubky a pokud je příliš měkká, změna tloušťky a délky
- Studium trubek stávajících konkurenčních cyklistických rámu jako referenční hodnota
- CFD analýzy v Altair Virtual Wind Tunnel s více konfiguracemi pro maximalizaci výhod každého atributu designu
  - vidlice a kolo (testovány různé konfigurace / velikosti)
  - vidlice, kolo a spodní rámová trubka
  - nakonec vidlice a rám

Vylepšení designu vedlo k výraznému snížení aerodynamického odporu (CdA), což je rozhodující parametr pro výrobu rychlejších jízdních kol:

- Počáteční (stávající) návrh CdA (čelní odpor) = 0,0199
- Konečný návrh CdA (čelní odpor) = 0,01864
  - FEA pro ověření a nastavení tuhosti jednotlivých součástí rámu kola v programu OptiStruct
- Porovnání tuhosti vidlic V6 a V7
- Fyzické testy tuhosti (výchyšky) EN / ISO (ISO 4210-6) k ověření výsledků FEA a porovnání s počátečním (stávajícím) návrhem:
- Průměrné zvýšení tuhosti o 16 %



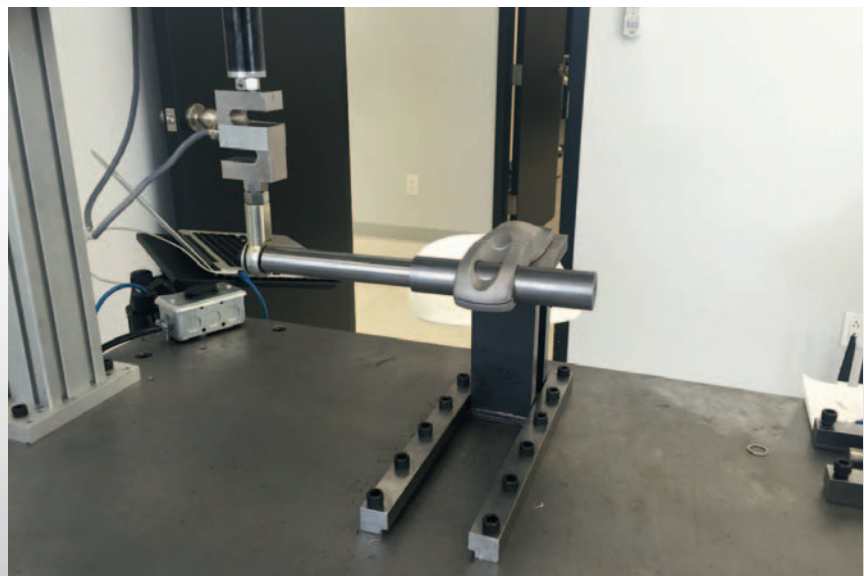
Nastavení CFD analýzy v Altair Virtual Wind Tunnel pro rámy a vidlice



### Testování, testování a další testování – k dosažení správné rovnováhy

Jelikož cyklista při této disciplíně vyvíjí obrovské množství síly, je důležité mít nejen tuhou a lehkou konstrukci bicyklu, ale také co nejlepší aerodynamiku pro minimální odpor. Pro měření a zlepšení základních vlastností stávajícího bicyklu jsou nutné různé zkoušky. Dosáhnout správné rovnováhy mezi hmotností, konstrukční pevností a tuhostí je při současném zohlednění odporu čelní plochy základních součástí kola náročné.

Pro zmapování struktury produktu, jeho zlepšení a optimalizaci byla použita analýza metodou konečných prvků (FEA). CFD analýzy a simulace virtuálního aerodynamického tunelu



Pevnostní analýza pomocí programu OptiStruct a test zkoušky únavy

	Řetěz v klidové poloze	Spodní vertikální konzola	Spodní horizontální konzola	Hlavová trubka
Počáteční návrh	3,5 mm	9,7 mm	4,5 mm	12,4 mm
Konečný návrh	3,1 mm	8,3 mm	3,9 mm	9,1 mm
Zvýšení tuhosti	11 %	14 %	13 %	26 %

Lineární analýza napětí byla pro validaci těla představce a konstrukce svorky provedena za použití Altair OptiStructu:

- Mez napětí byla na základě vlastností materiálu a souhrnných znalostí o únavě stanovena na 100 MPa, které jsou ovlivněny mnoha mikrostrukturními aspekty
- Zatížení bylo stanoveno Argonem 18 na základě experimentů

- zatížení 650 N a -650 N
- Frekvence 1 Hz
- 60 000 cyklů

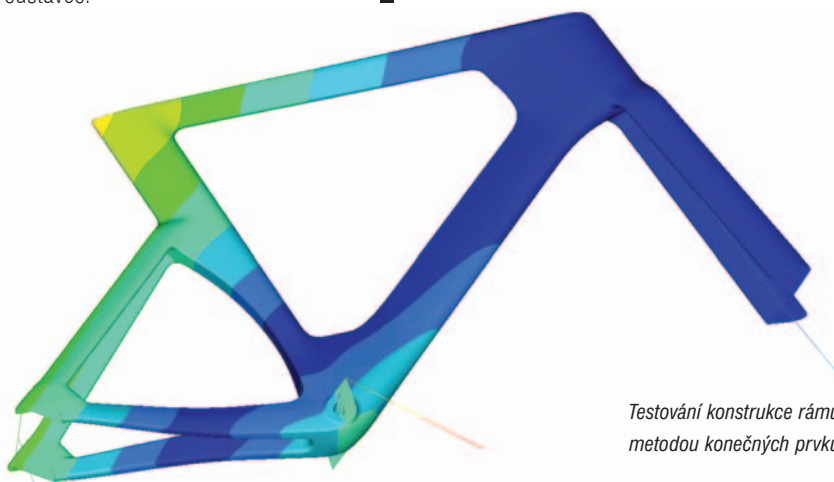
Finální návrh osobně přizpůsobeného představce je uveden na obrázku výše. Skládá se z plastového krytu, těla představce a svorky představce.



Konečný návrh představce

Pevnostní analýza vykazovala o 9 % vyšší tuhost než typický uhlíkový představec. Rovněž určila několik rozměrů, jako je tloušťka trubkového průřezu a upínací části řídicích, které mají být upraveny, aby se zachovala celistvost částí.

Pro důvěryhodnost analýzy byla na konečném návrhu provedena zkouška únavy. Zkouška byla úspěšná, nebyla zaznamenána žádná významná ztráta tuhosti ani praskání a byla pozorována dobrá korelace s analýzou napětí. Tuhost se ukázala být větší než s kompozitní konzolou vyztuženou vlákny.



Testování konstrukce rámu metodou konečných prvků



Altair | HyperWorks®

### O programu HyperWorks

HyperWorks je nejkomplexnější simulační platformou s otevřenou architekturou, která nabízí technologie pro vylepšené konstrukční návrhy a optimalizace efektivních a inovativních produktů. HyperWorks nabízí to nejlepší z hlediska modelování, analýz a optimalizací pro struktury, tekutiny, dynamiku více těles, elektromagnetismus a umístění antén a multifyzikální úlohy. Uživatelé mají plný přístup k široké škále nástrojů pro konstrukční návrhy, matematické výpočty, vizualizaci a správu dat od společnosti Altair a jejich partnerů.

### Příběh úspěchu Argonu 18

„Naším hlavním cílem je zvýšit výkon jezdců tím, že poskytneme co nejlepší možné kolo. Strukturální zlepšení konstrukce a aerodynamického výkonu pomocí Altair HyperWorks v tomto projektu značně zefektivnilo proces vývoje produktu.“

Martin Faubert  
R&D Manager, Argon 18

