POSTUP A PROBLÉMY NÁVRHU KOMPOZITNÍHO ULTRALIGHTU UL-39

Ing Robert Theiner, Ph.D., Ing. Karel Barák

ČVUT v Praze, FS, ústav letadlové techniky

Ústav letadlové techniky

COMPOSITE

SKYLEADER

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

PROUDOVÝ POHON V ULTRALEHKÉ KATEGORII

EXISTUJE REALIZOVATELNÉ ŘEŠENÍ?

- LIMITY UL KATEGORIE (POHON, HMOTNOST,…)
- POUŽITELNÁ PROPULZNÍ ÚČINNOST

PROUDOVÝ POHON V ULTRALEHKÉ KATEGORII

EXISTUJE REALIZOVATELNÉ ŘEŠENÍ?

POHON:

- **NE „KOMPLIKOVANÝ“ (TURBÍNOVÝ) MOTOR**
- **NEJBLIŽŠÍ ALTERNATIVA:**

  DMYCHADLO ULOŽENÉ V PROUDOVODU POHÁNĚNÉ PÍSTOVÝM MOTOREM

  → **„JET FEELING“**

PROUDOVÝ POHON V ULTRALEHKÉ KATEGORII

EXISTUJE REALIZOVATELNÉ ŘEŠENÍ?

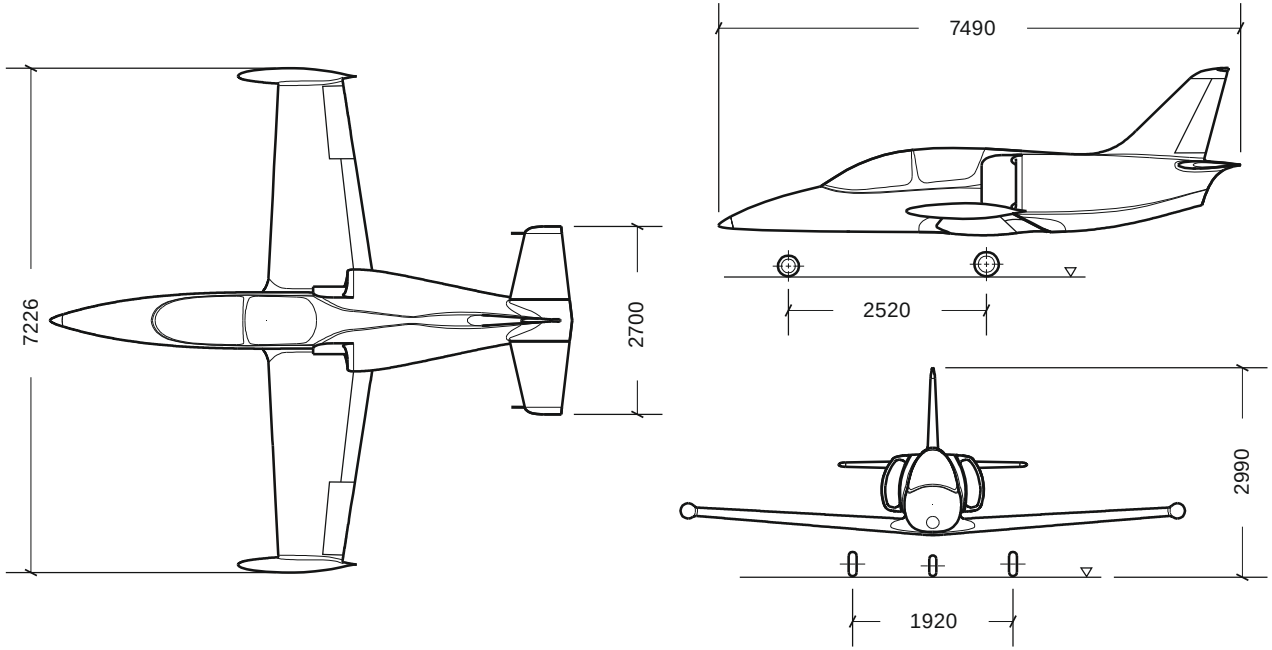
HMOTNOST:

HLEDÁNÍ NEOBVYKLÝCH KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ

POUŽITÍ ŠPIČKOVÝCH MATERIÁLŮ A TECHNOLOGIÍ

- **KOMPOZITNÍ MATERIÁLY – PREPREGY, TEXTREME**
- **TECHNOLOGIE – AUTOKLÁV, NAVÍJENÍ, PULTRUZE, RFI (RESIN FOIL INFUSION)**

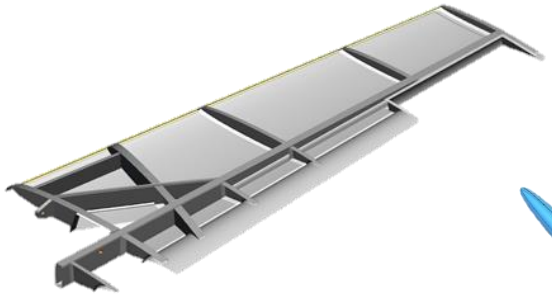
UL - 39 ALBI

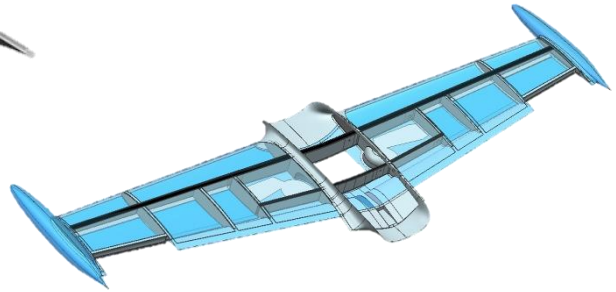


Rozpětí:	7,22 m
Délka:	7,49 m
Výška:	2,99 m
Hmotnost:	320 kg
V_{MIN}:	65 km/h
V_{MAX}:	340 km/h

PRVNÍ (A ZATÍM JEDINÉ) CELOKOMPOZITOVÉ LETADLO V ČR VYROBENÉ Z PREPREGŮ V AUTOKLÁVU

DRAK

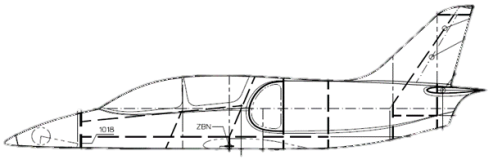


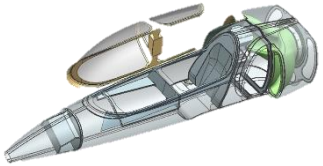


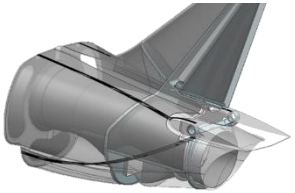
KŘÍDLO

- **Minimalizace nosné plochy (S = 8,78 m^2), vysoce účinná vztlaková mechanizace (Fowlerova klapka)**
- **Dvounosníkové průběžné nedělené křídlo, sendvičové potahy (pěna ROHACELL), TEXTREME (forma prepreg), autokláv, části lepeny**
- **Epoxidové lepidlo, teplotní odolnost vyšší než použité prepregy**

DRAK



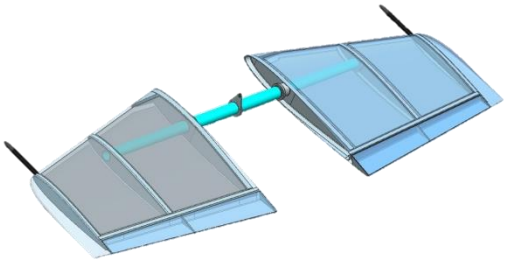




TRUP

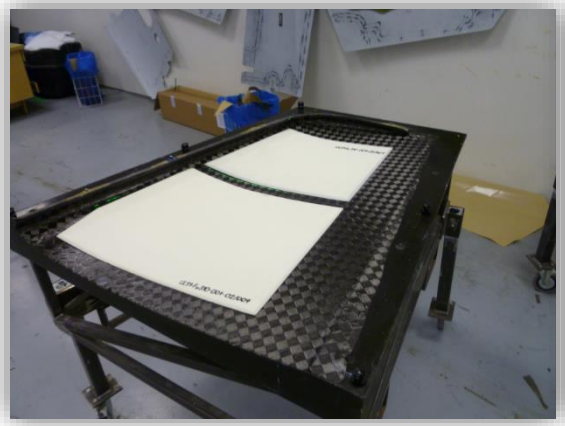
- **Sendičová skořepina vyztužená rovingovými podélníky a přepážkami, dělení trupu v rovině rotoru, autokláv, části lepeny**

DRAK

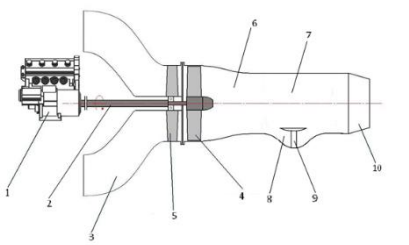


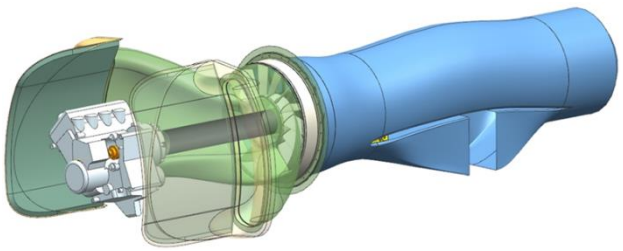
NEDĚLENÁ VODOROVNÁ OCASNÍ PLOCHA (NVOP)

- **Místo přestavitelného stabilizátoru nedělená VOP (přitěžovací odlehčovací - vyvažovací ploška bez závěsu, ovládaná el. servem)**
- **NVOP s trubkovým nosníkem z prepregu (jednosměr +tkanina) a sendvičovým potahem, TEXTREME (forma prepreg), autokláv**

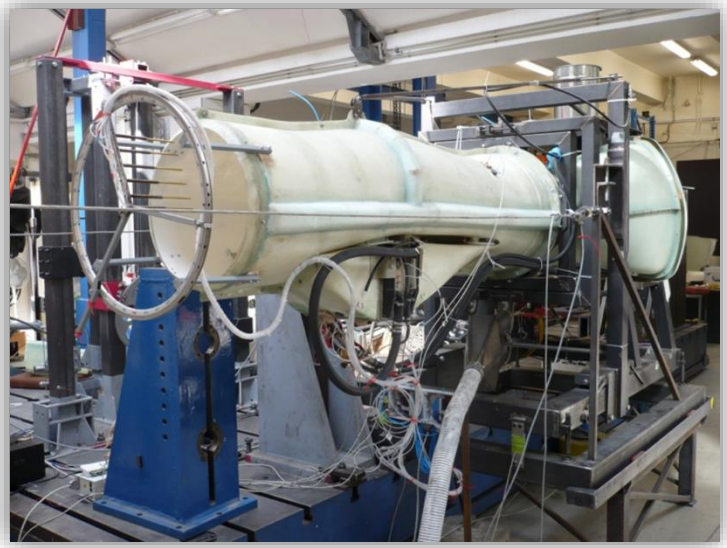


POHON





- Vstupní ústrojí (vstupní kanál s řezači mezní vrstvy)
- Ventilátorový stupeň (předstator, rotor)
- Výstupní kanál s chladicím bypassem
- Tryska



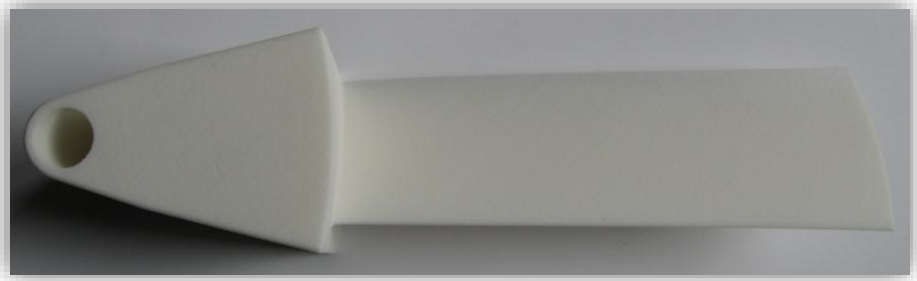
POHON

VENTILÁTOROVÝ STUPEŇ

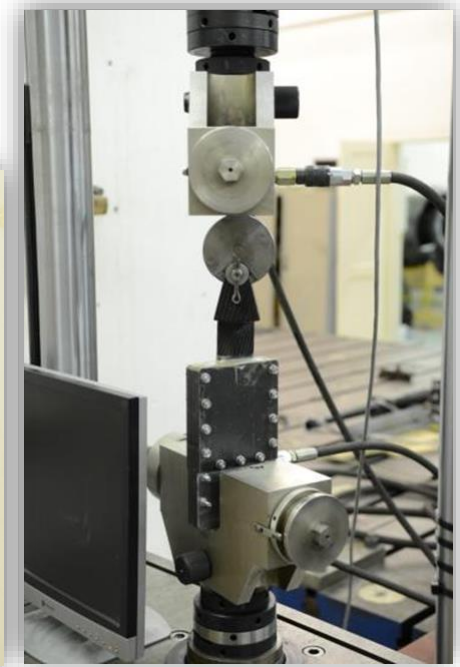
PŘEDSTATOR (14 lopatek), C prepreg

POHON

VENTILÁTOROVÝ STUPEŇ



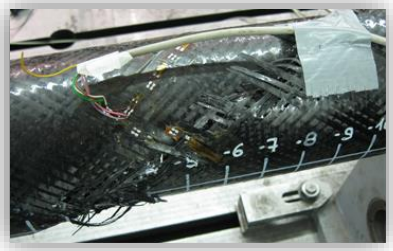
ROTOR (13 lopatek)
2 patentové přihlášky (konstrukce, technologie)
hmotnost 112g, 27kN odstředivá síla

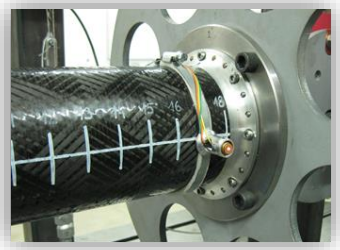


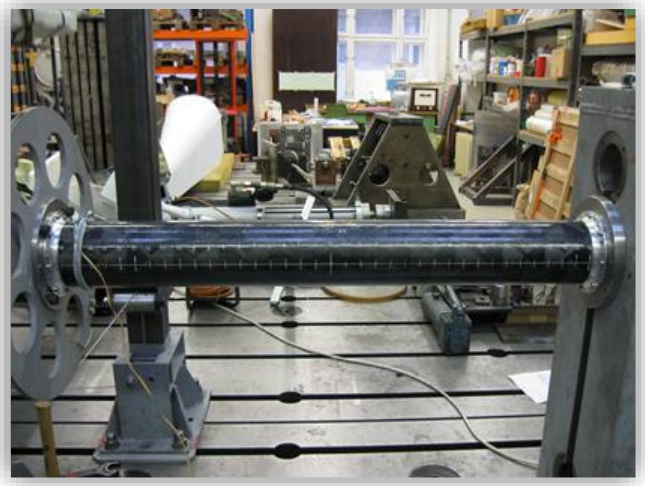
POHON

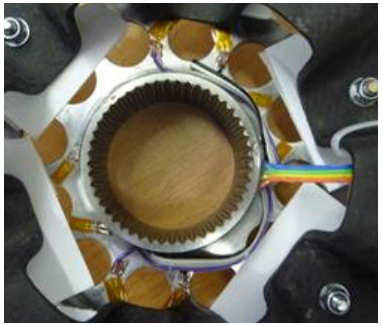
HNACÍ HŘÍDEL

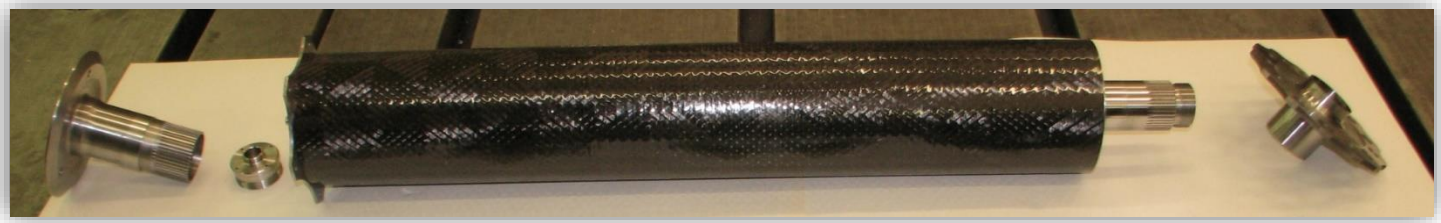
tenkostěnná navíjená trubka, Compo Tech Plus, s.r.o
(laděná ohybová a torzní tuhost,
vysokomodulová C vlákna, tlumič torzních kmitů)
lepené příruby











POHON

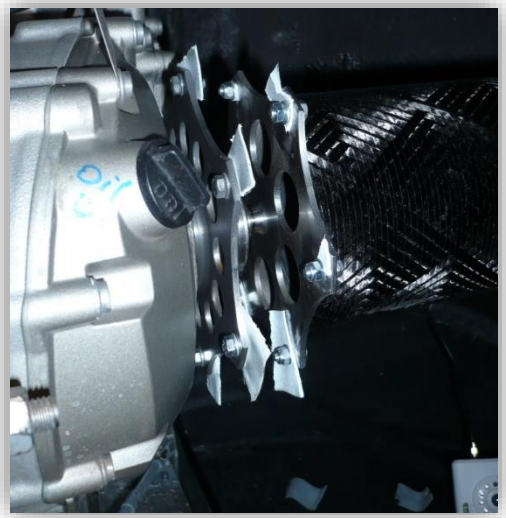
PROUDOVOD

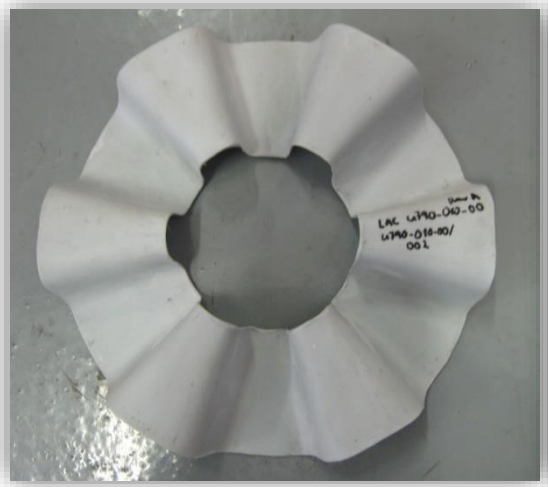
Sendvičová konstrukce, nomexové voštinové jádro, potah skelná, uhlíková tkanina

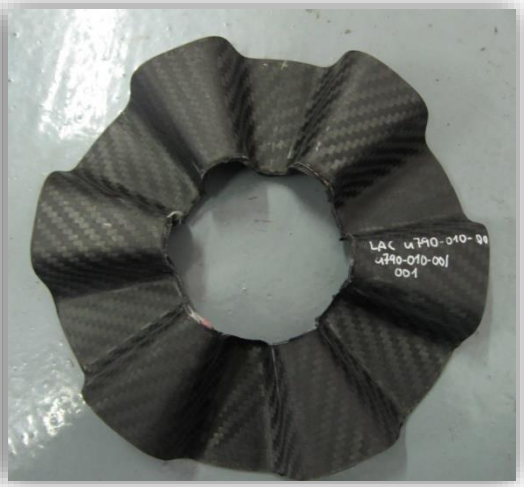
POHON

SPOJKA

Dotlumení torzních kmitů, kompenzace natočení os ventilátoru a motoru







SYSTÉMY

PRIMÁRNÍ ŘÍZENÍ

SPOJOVACÍ TRUBKA RUČNÍHO ŘÍZENÍ

navíjená z vysokomodulových C vláken, Compo Tech Plus, s.r.o., domečky řídicí páky C prepreg

SYSTÉMY

PRIMÁRNÍ ŘÍZENÍ

TÁHLA

pultruze, ovíjená C tkaninou

užitný vzor na technologii lepených koncovek

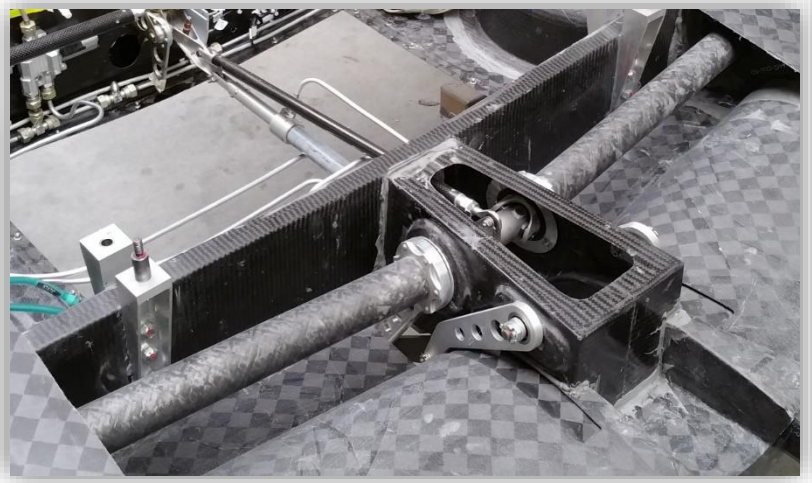
SYSTÉMY

SEKUNDÁRNÍ ŘÍZENÍ

TORZNÍ NÁHON KLAPEK

navíjená trubka z vysokomodulových C vláken

Compo Tech Plus, s.r.o.,



SYSTÉMY

SEKUNDÁRNÍ ŘÍZENÍ

TRIMOVACÍ PLOŠKA

bez závěsu, pant = potah s upravenou skladbou

pohon elektrickým servem

SYSTÉMY

PODVOZEK

PŘÍĎOVÝ PODVOZEK

kompozitové tělo nohy,
válec teleskopu, vidlice – UHLÍKOVÁ PREPREGOVÁ SKOŘEPINA
pružnice (lyra) – SKELNÝ VRSTVENÝ LAMINÁT

SYSTÉMY

PODVOZEK

HLAVNÍ PODVOZEK

kompozitní tělo nohy

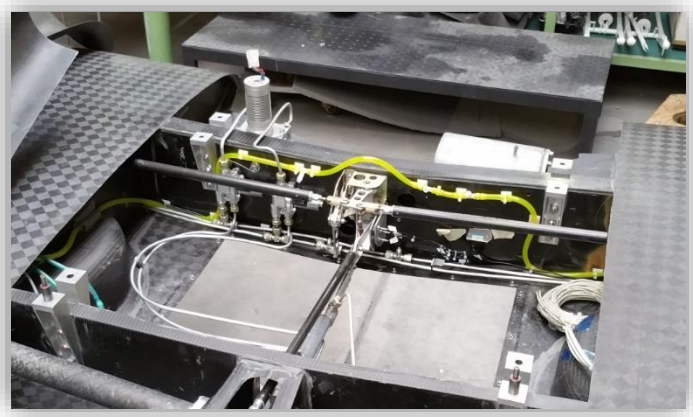
– PREPREGOVÁ SKOŘEPINA,

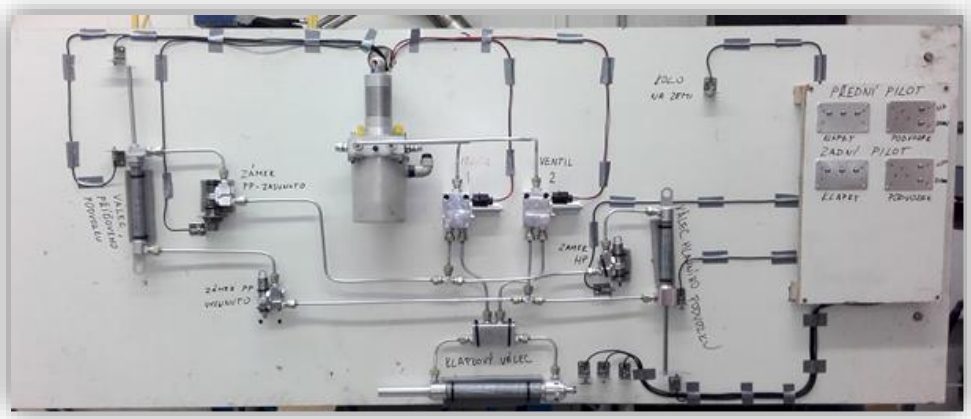
SYSTÉMY

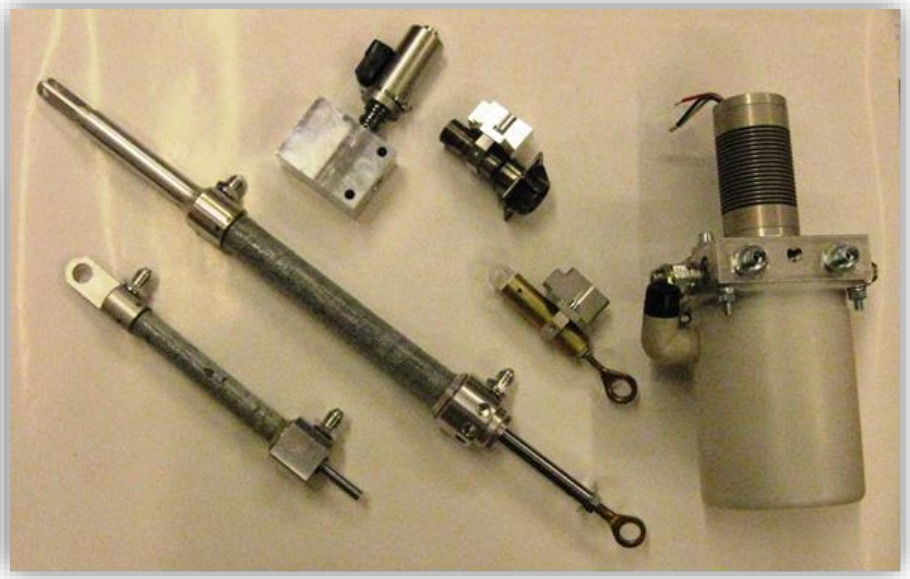
HYDRAULICKÁ SOUSTAVA

hydraulické válce

– NAVÍJENÁ UHLÍKOVÁ TKANINA







24. 3. 2016 PRVNÍ VZLET (ČESKÉ BUDĚJOVICE)

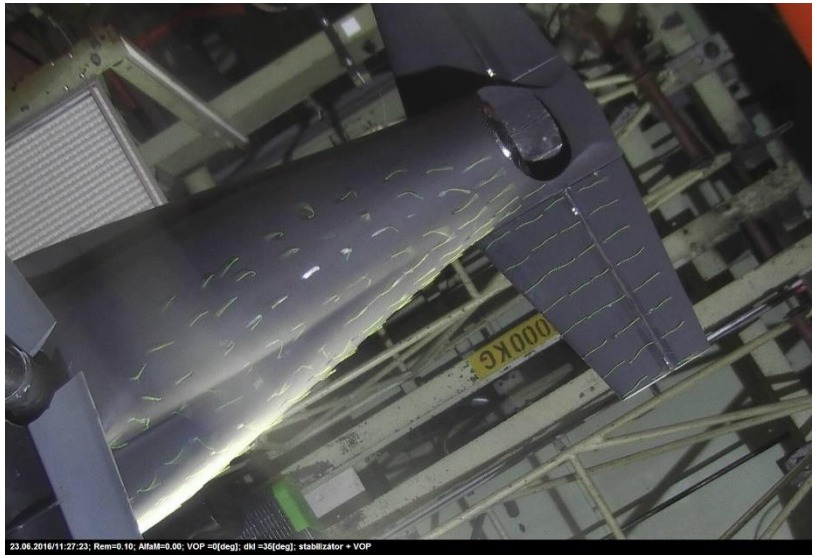
4. 4. 2016 OFICIÁLNÍ ROLL OUT (ČESKÉ BUDĚJOVICE)

20. – 22. 4. 2016 AERO FRIEDRICHSHAFEN

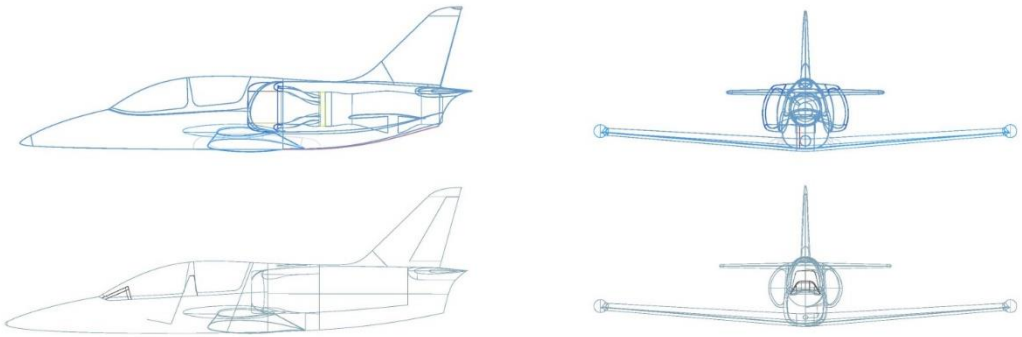
3.6.2016

VZLÚ, a. s.

20.06.2016/15:11:23; Rem=0.10; AlfaM=8.00; VOP =-10[deg]; dkl =35[deg]; VOP velikost 2


23.06.2016/11:27:23; Rem=0.10; AlfaM=0.00; VOP =0[deg]; dkl =35[deg]; stabilizátor + VOP

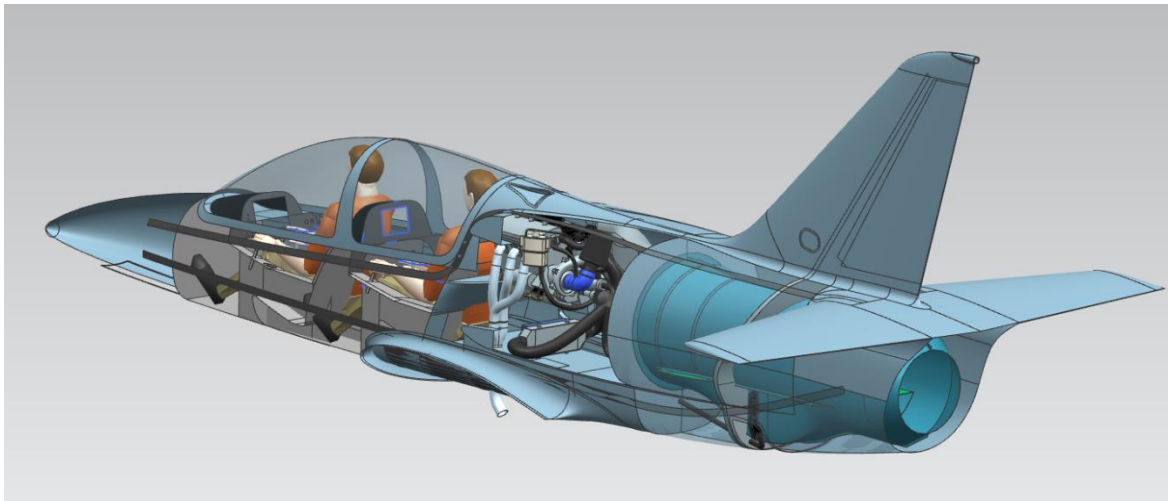
POKRAČOVÁNÍ PROJEKTU:



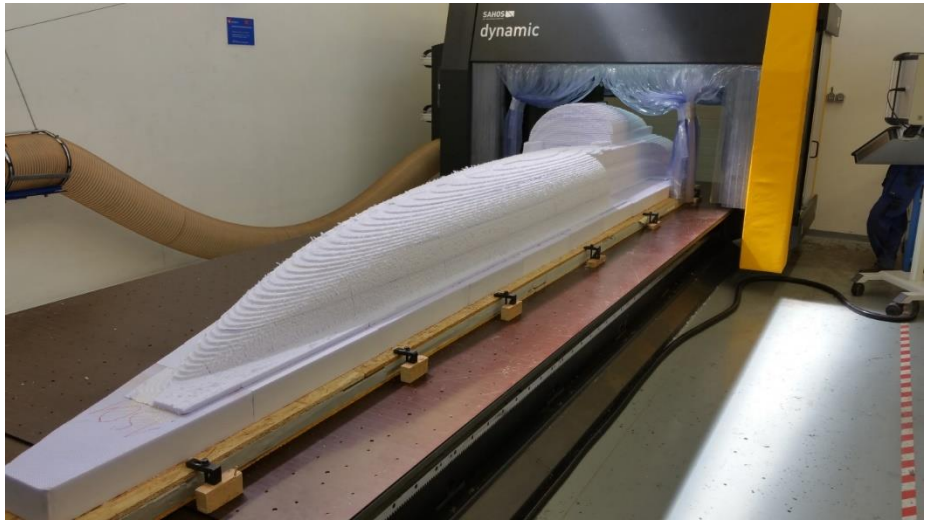
UL / LSA kategorie

- **Zvýšení účinnosti ventilátorového pohonu**
  -projekt TAČR 2014 – 2017

- **Inovace nekonvenčního ultralehkého celokompozitového letounu**
  -projekt MPO TRIO



UL-39
ALBI II



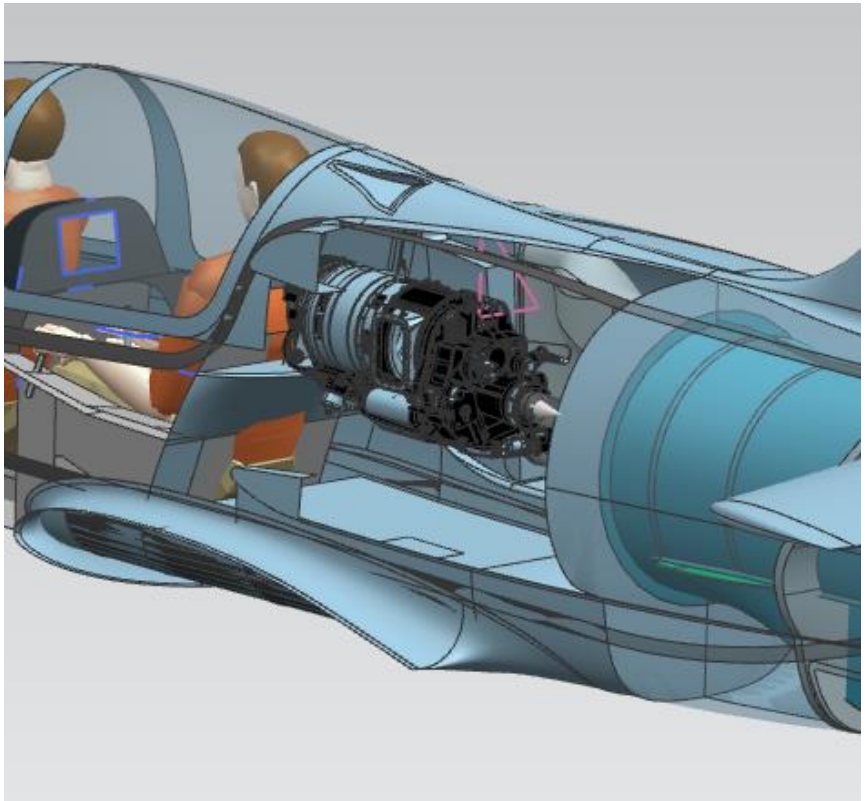
POKRAČOVÁNÍ PROJEKTU:

Vojenská verze

- **Adaptace motoru TS100 1. Brněnská strojírna Velká Bíteš**
  - **- otočení reduktoru (o 180°)**
  - **- jeden asymetrický výfuk (dolů)**
  - **- akrobatická palivová a olejová soustava**

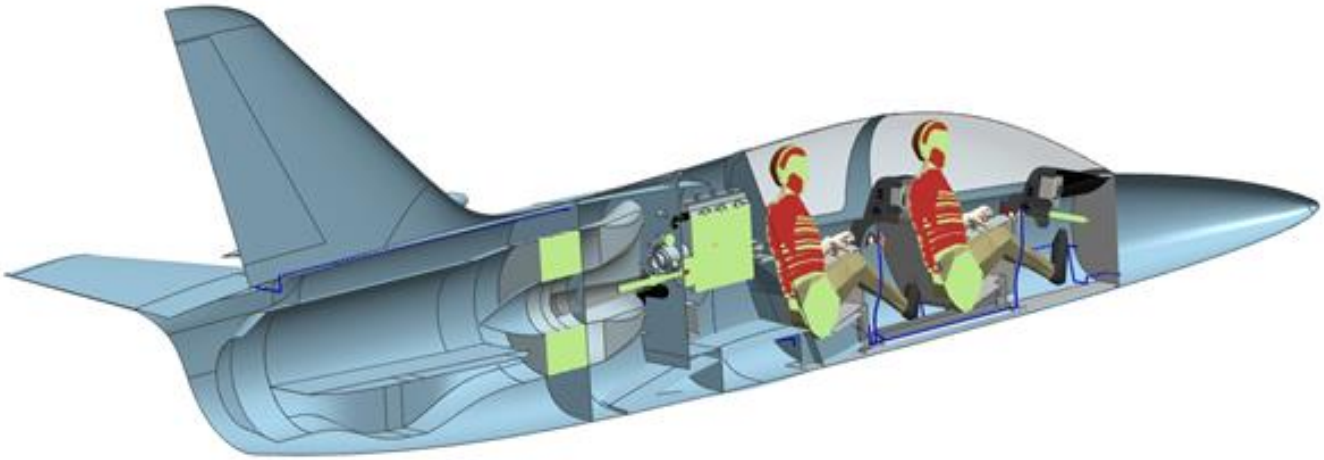
- **Identický obrys (formy), zesílená konstrukce, úprava palivové a avionické instalace**

- **Vhodné doplnění do výcvikového balíčku s L-39NG**



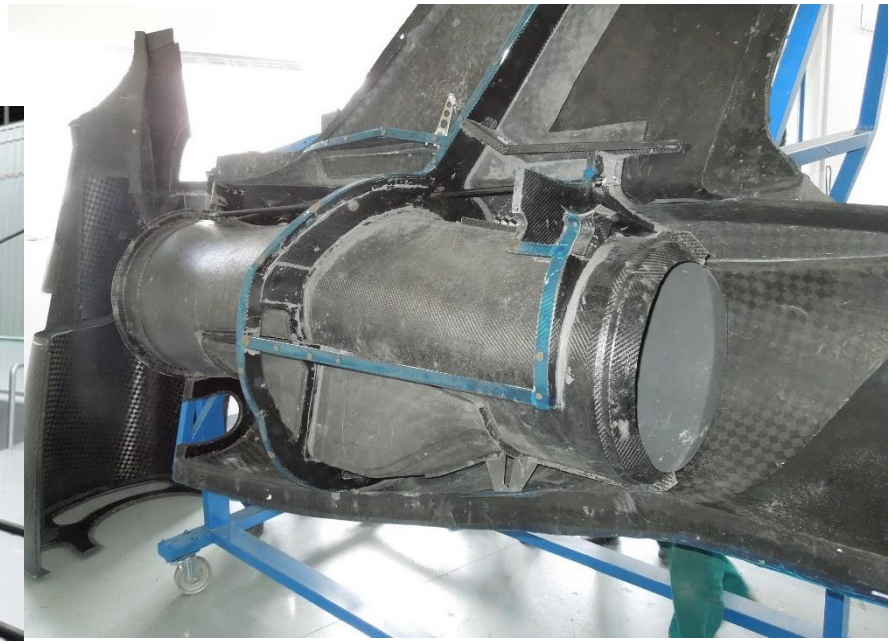
Technologický postup a problémy výroby

- Hmotnostní omezení



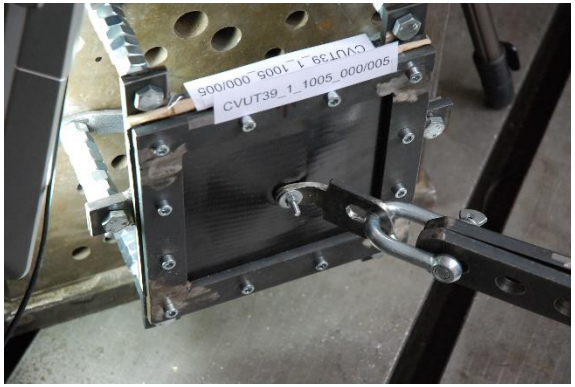
Technologický postup a problémy výroby

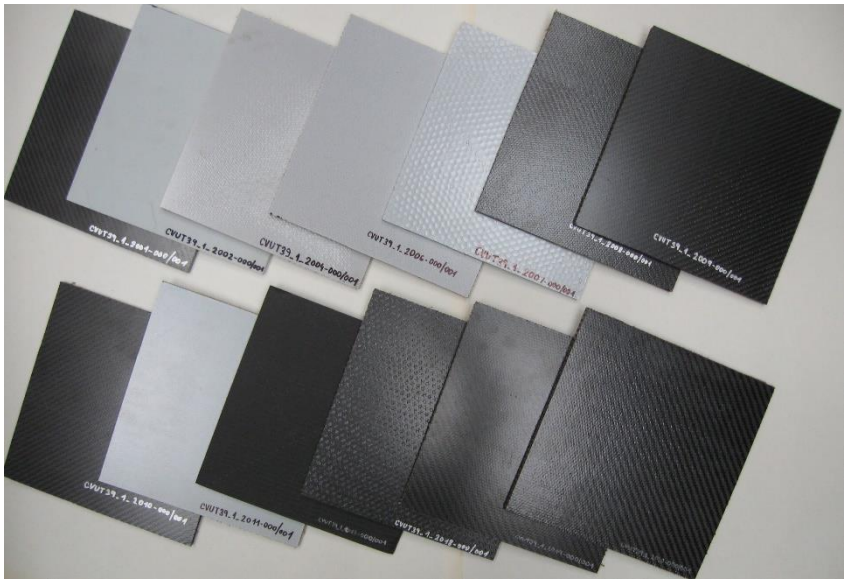
- Prepregové materiály
- Autoklávová technologie
- Sendvičové konstrukce
- Minimalizace hmotnosti

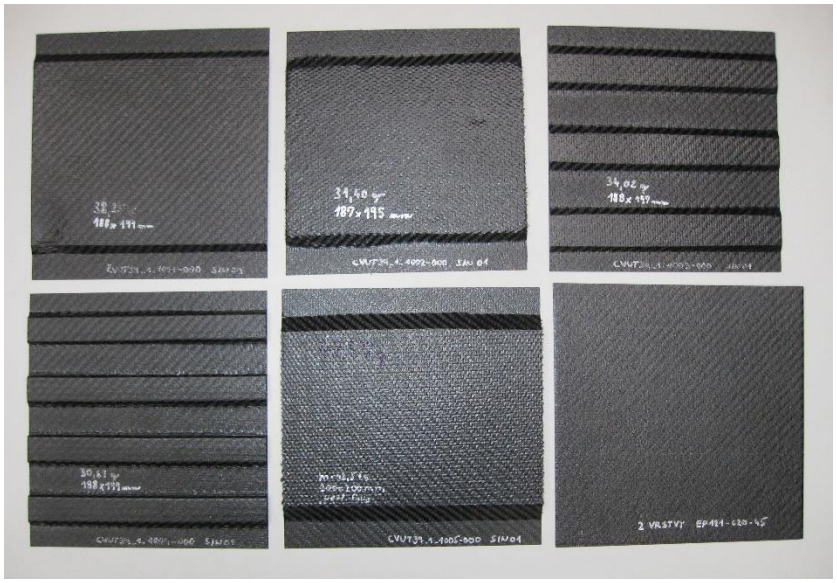


Technologický postup a komplikace výroby

- Omezený výběr prepregů
- Omezený výběr tlouštěk sendvičových jader
- Minimalizace hmotnosti



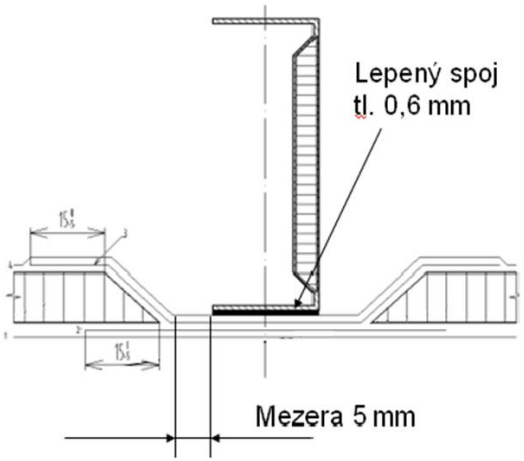


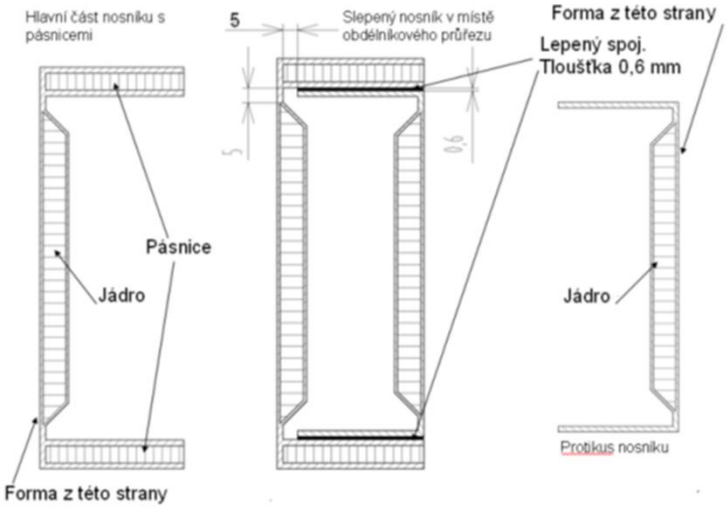


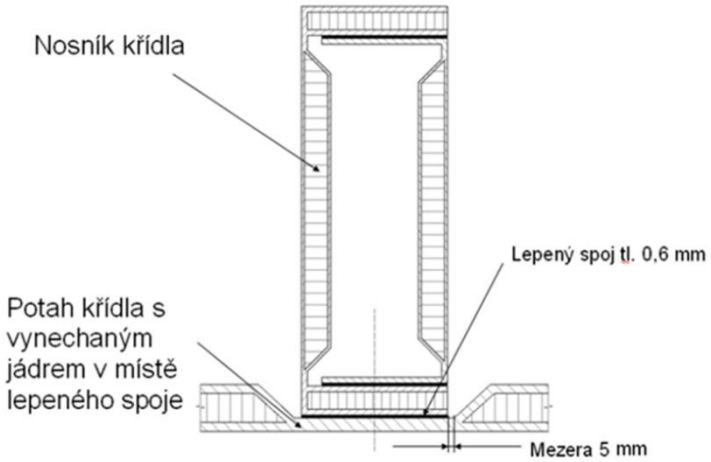
Technologický postup a komplikace výroby

Konstrukční řešení

- Skořepin
- Lepení







Vytvrzovací přípravky

Frézované formy z polyuretanu

+ Cena
+ Rychlost výroby
− Malá odolnost

Vytvrzovací přípravky

Kompozitní formy pro použití v autoklávu

+ Odolnost
– Cena
– Časová náročnost

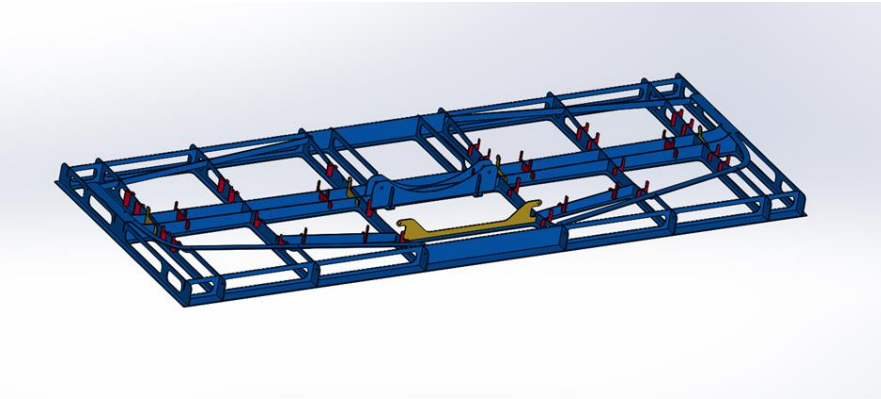
Vytvrzovací přípravky

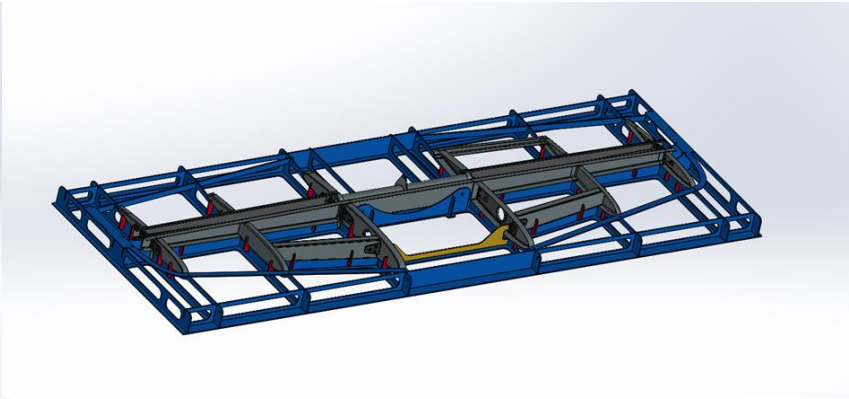
Frézované kompozitní formy pro použití v autoklávu

+ Odolnost
+ Cena
+ Časová náročnost

Sestavovací přípravky

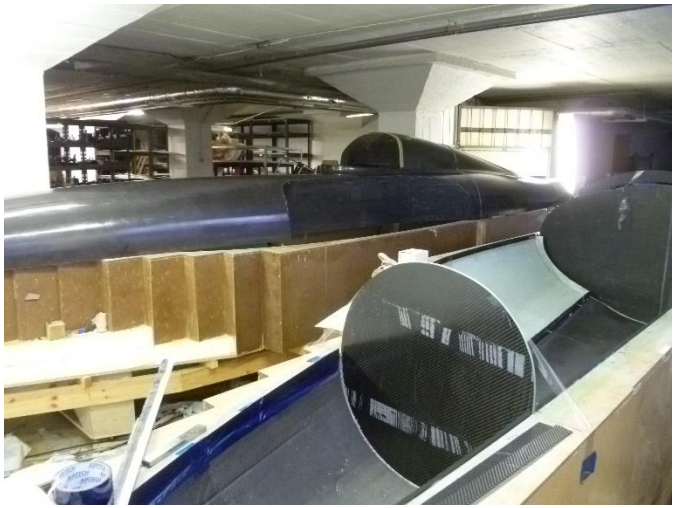
- Postupný vývoj přípravků
- Snaha lepit konstrukční celky mimo vytvrzovací přípravky





Výroba demonstrátoru trupu

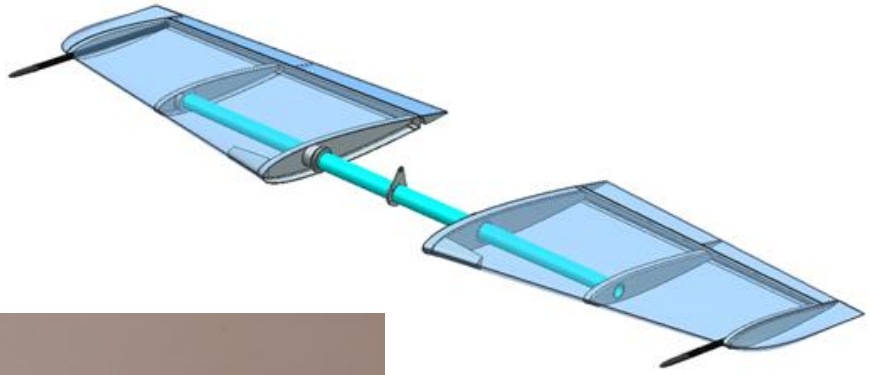
- Demonstrátor pro tunelová měření
- Kontaktní laminace



VOP

Varianty nosníku

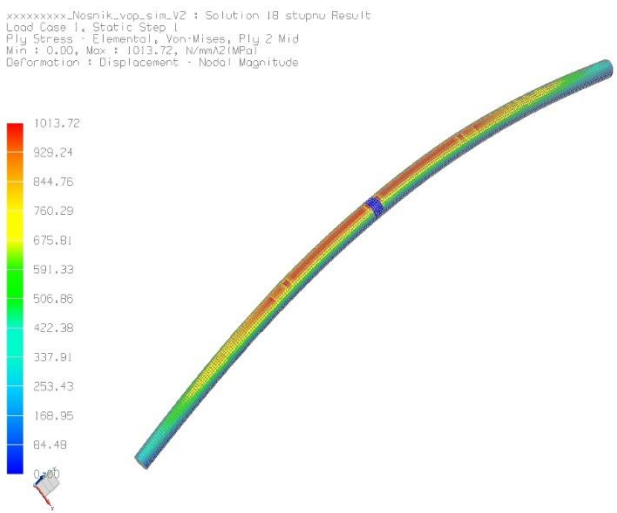
- Navíjený nosník VOP
- Prepregový nosník



VOP

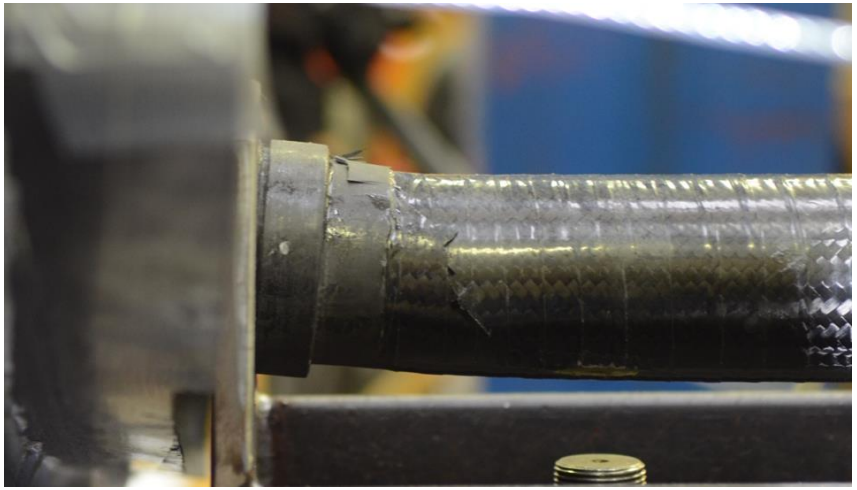
MKP výpočet nosníku

Ověření nosníku pevnostní zkouškou



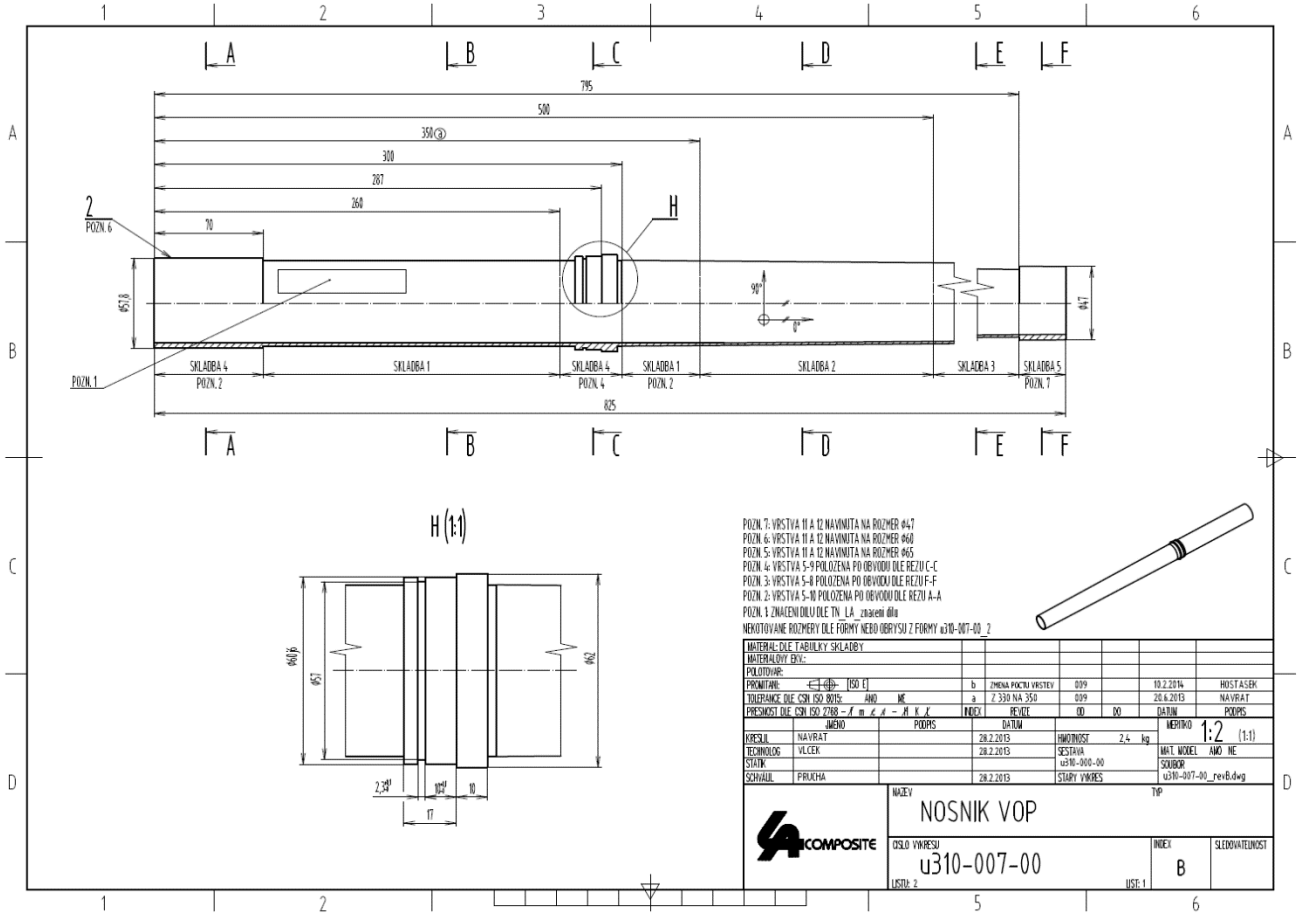
VOP

Ověření VOP pevnostní zkouškou



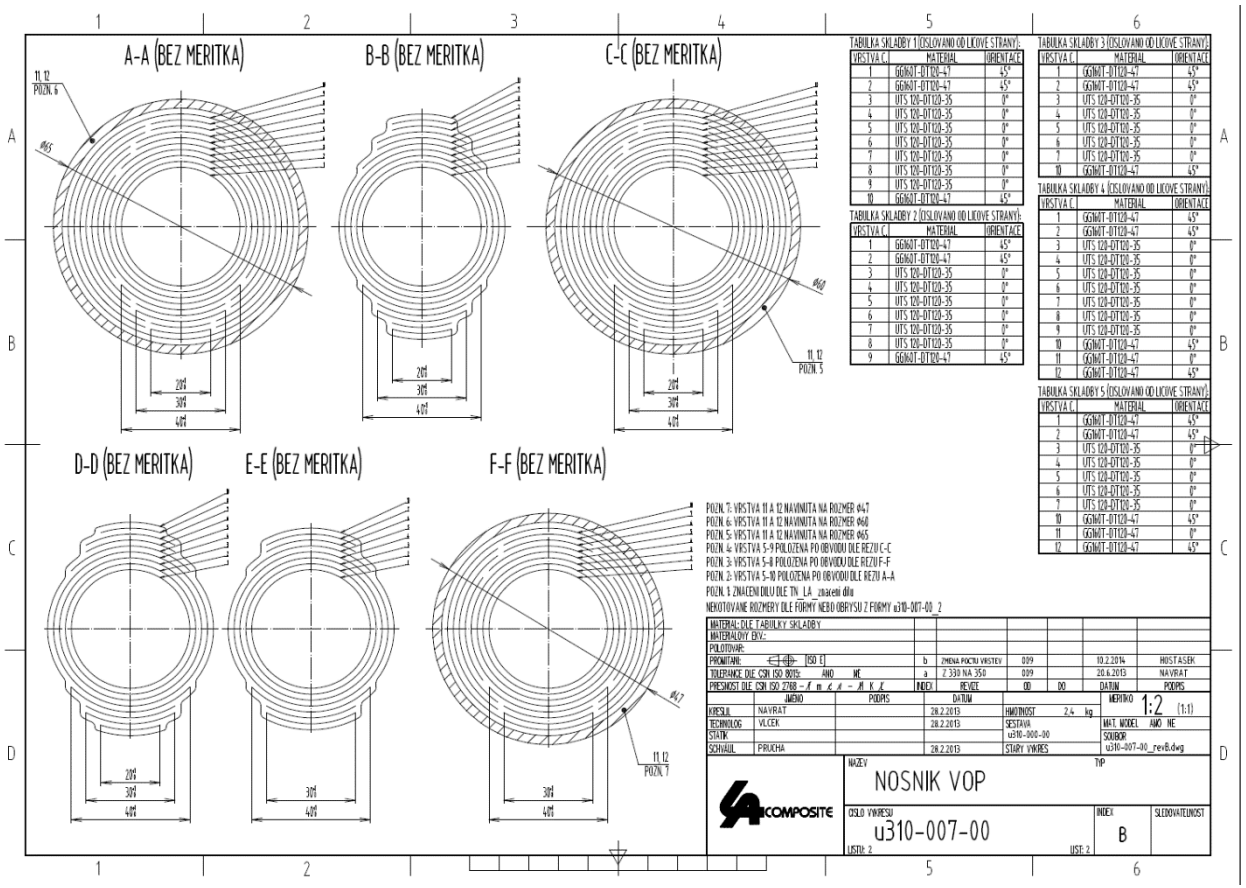
VOP

Výkres nosníku VOP



VOP

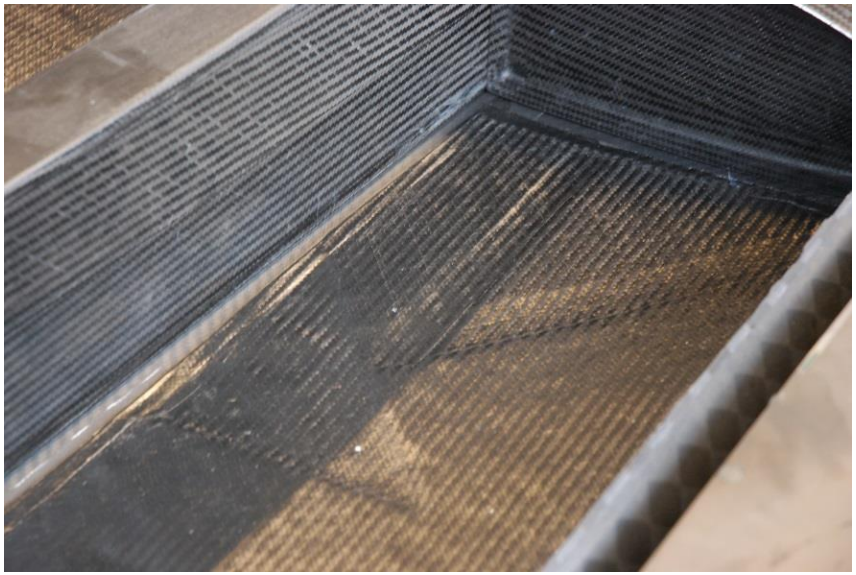
Výkres nosníku VOP

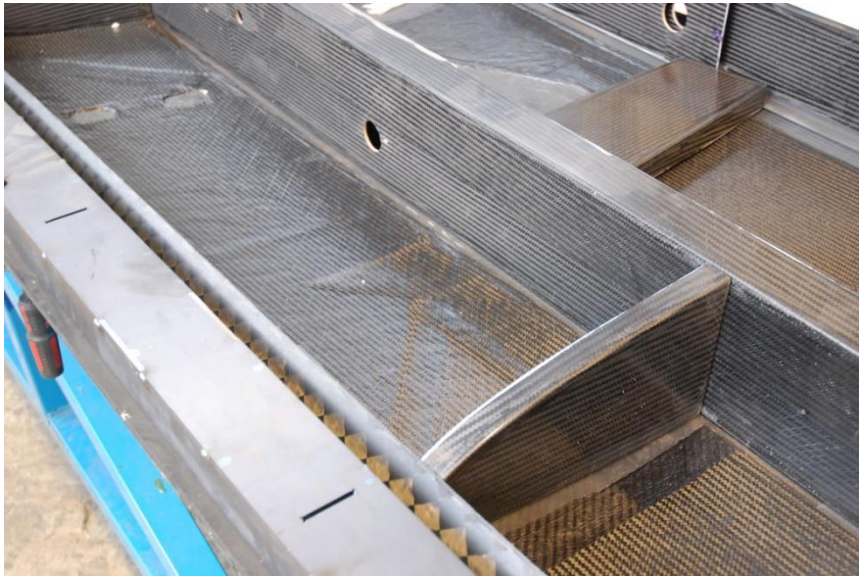


Křídlo

Vliv kombinace materiálů

- Deformace pěnových jader – působení pryskyřice

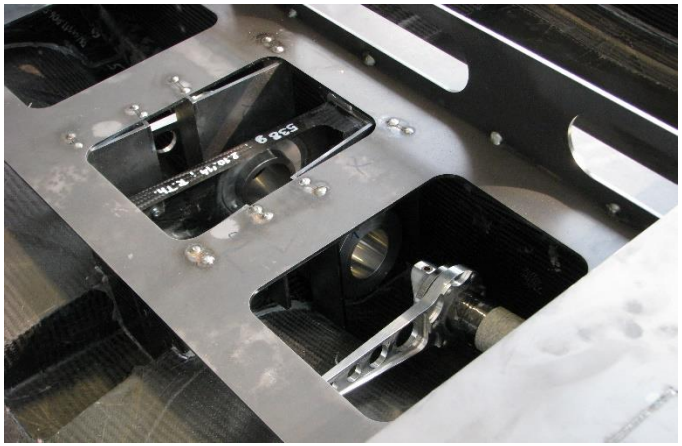




Křídlo

Sestavovací přípravky

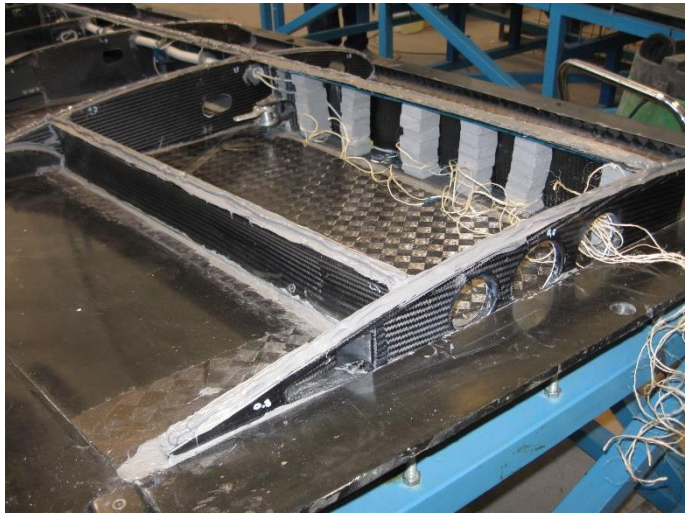
- Svařovaná ocelová konstrukce
- Ustavení všech žeber, závěsů
-



Křídlo

Lepení křídla

- Lepeno za studena
- Obtížné dodržení lepené spáry
- Nedostatečná tuhost konstrukce nosníku

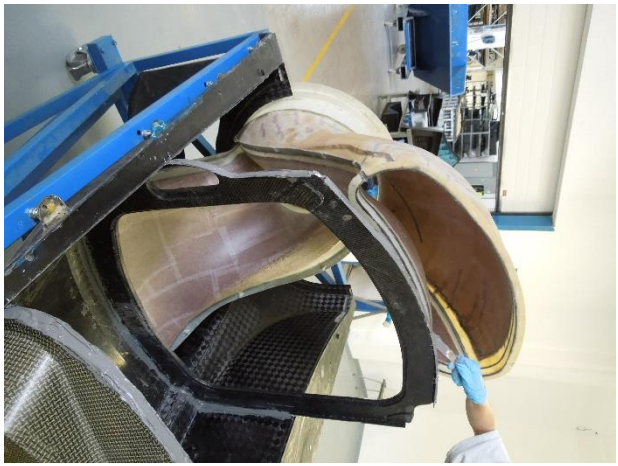


Křídlo

Statické pevnostní zkoušky křídla

- Vliv kvality lepeného spoje

Trup



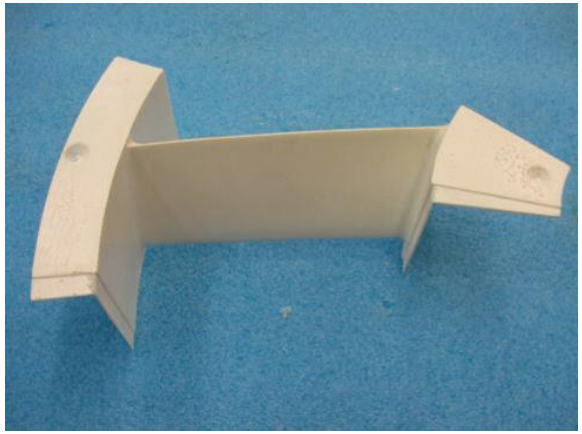
Vnitřní kanál pohonu

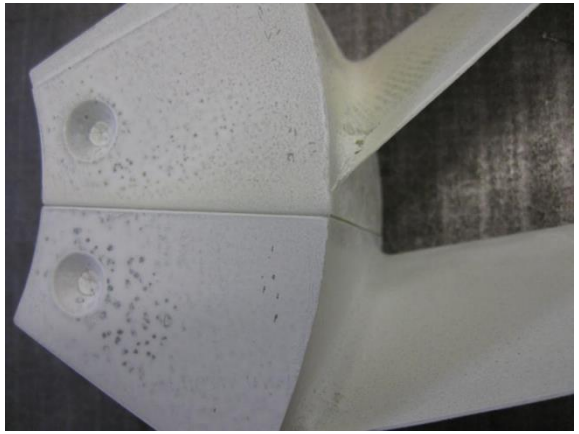
- Ustavení vstupního a výstupního kanálu

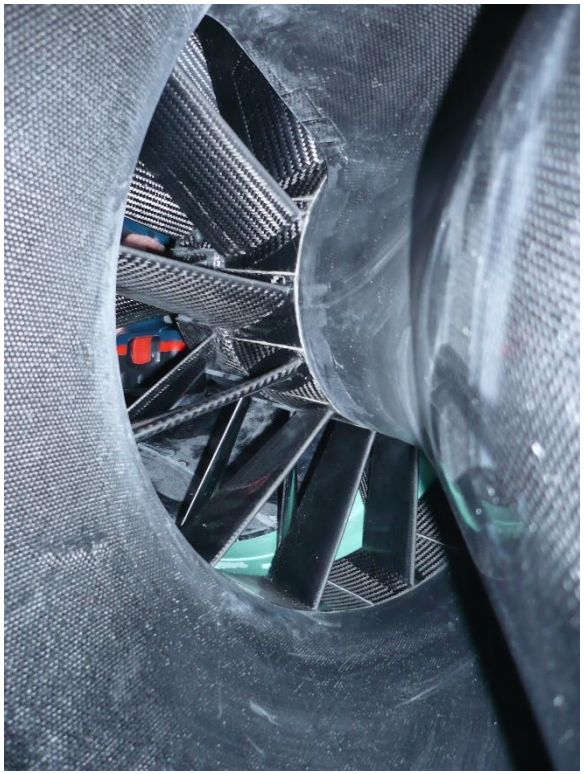
Ventilátorový stupeň

Předstator – 14 lopatek

- Jednotlivé segmenty lepeny přes tvarový zámek
- Dutiny prstenců jsou vypěněné



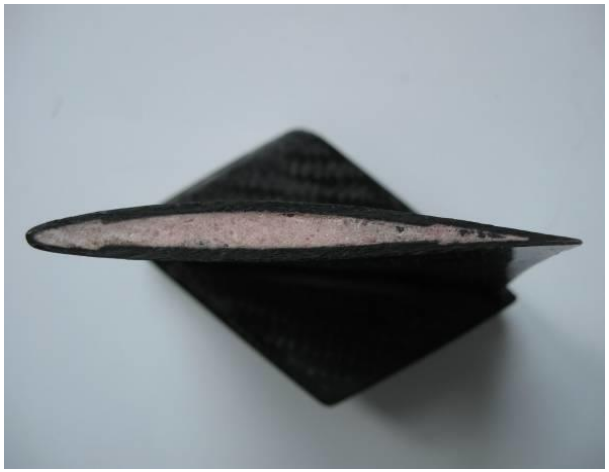


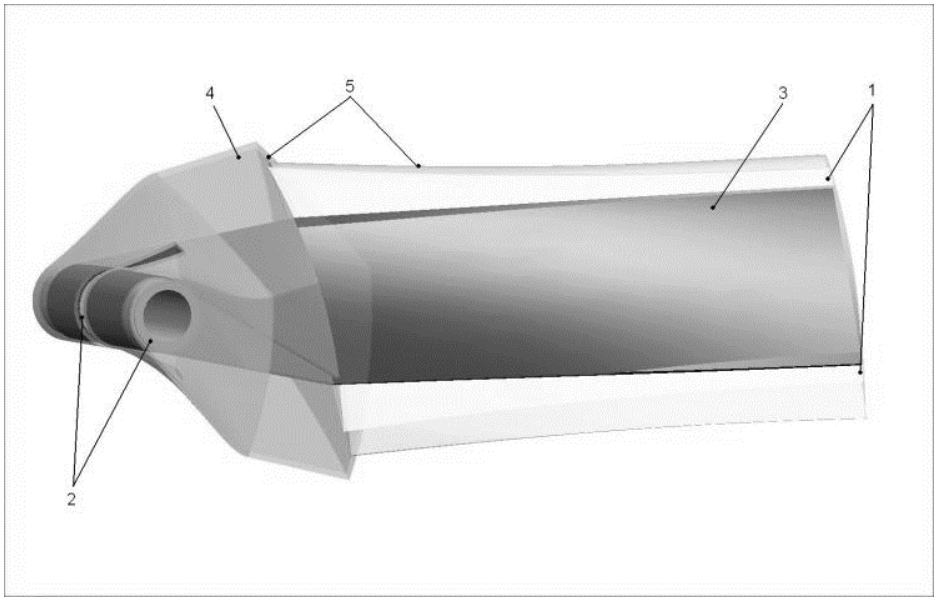


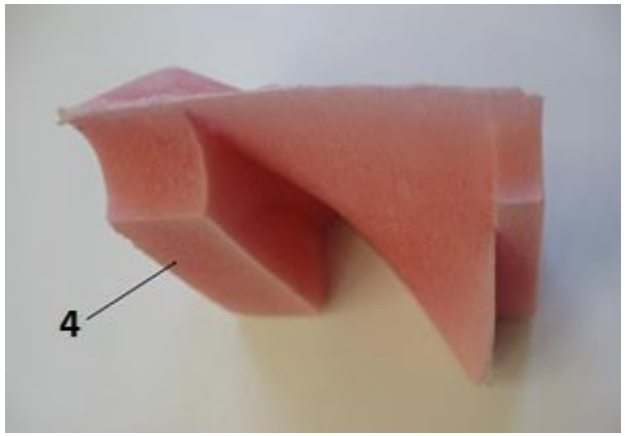
Ventilátorový stupeň

Rotorová lopatka

1. Jádro listu
2. Kovová pouzdra
3. Nosník lopatky
4. Jádra paty listu
5. Vnější potah



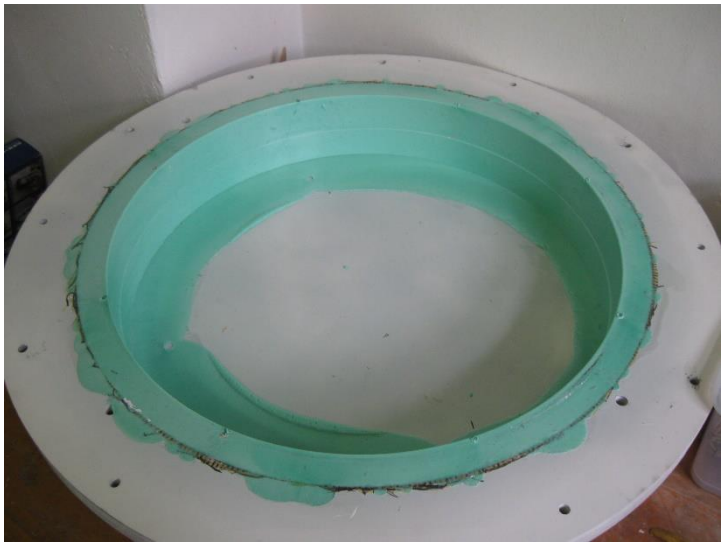




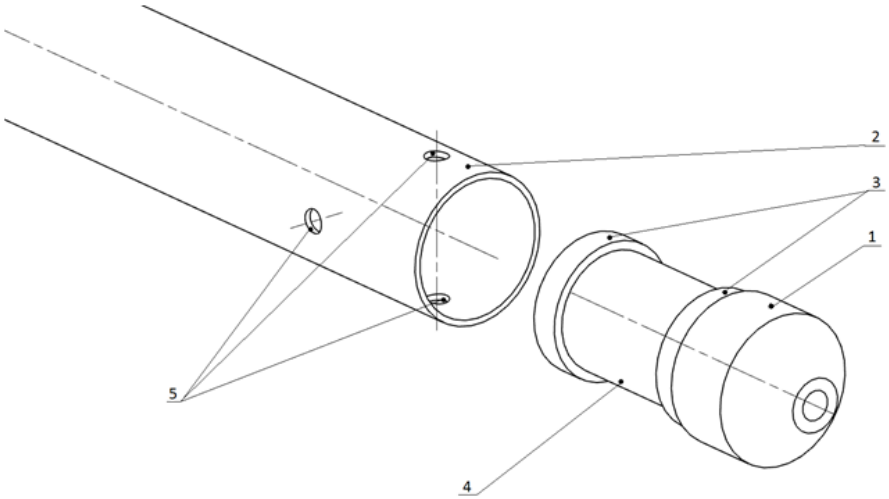
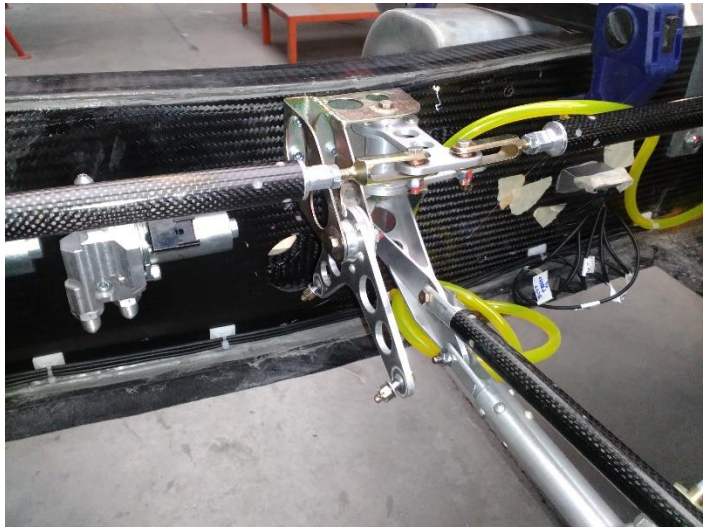
Ventilátorový stupeň

Bandáž rotoru

- Hybridní materiál uhlík-aramid
- Pěnová vrstva pro záběh lopatek
- Ochrana rotoru při montáži trupu



Lepené koncovky táhel řízení

Samo ustavovací lepené koncovky táhel řízení
s rozvodným systémem lepidla pro malé sportovní letouny

- Definovaná lepená spára
- Vysoká opakovatelnost