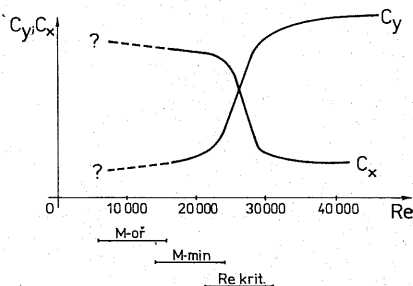


Tunelových měření vhodných profilů pro minimakety je velice málo. Pod hodnotou Reynoldsova čísla 20 000, což je oblast přicházející běžně v úvahu, prakticky neexistují žádná. Po pravdě je třeba říci, že i kdyby tato měření existovala, byly by měřené profily takřka určité zhotoveny dosud běžnou metodou jako výsoce přesné, tuhé a hladké části křídla, což by nám asi příliš nepomohlo.

Jak tedy postupovat při návrhu profilu a konstrukce křídla, které by minimaketě zajistily dobré letové vlastnosti a hlavně stálost výkonů? Tímto tématem se před časem zabývalo sympozium, konané při soutěži „oříšků“ v Novém Městě nad Váhom.

Přítomní experti se v podstatě shodli na tom, že mezi maketami v měřítku 1:20 (kategorie M-min), které létají venku, a halovými „oříšky“ (kategorie M-oř) je zásadní rozdíl.

Modely kategorie M-min létají v turbulentním ovzduší, jejich rozměry a rychlost letu jsou větší než u „oříšků“, takže  $Re$  je často v blízkosti kritické hodnoty (obr. 1). „Dvacetinky“ musejí také klouzat. I při dokonale zhotoveném volnoběžném zařízení se přes ložiska na model přenáší určitý klopný moment doprava, což, pokud se s tím předem nepočítá, může mít za následek pravou sestupnou spirálu v klouzavém letu. Svazek se zpravidla vytáčí úplně, někdy se také posunuje ve směru podélné osy a částečně i příčné.



Obr. 1

Tím se pochopitelně mění poloha těžiště, z čehož vyplývá nutnost použití v tomto ohledu méně citlivého profilu.

Je zřejmé, že je nutné zvolit takovou konstrukci křídla, aby zajistila neměnné obtékání při různých režimech letu. Zkušenosti ukazují, že nejlepší je klasická konstrukce s lištami nosníků na horní (sací) straně profilu. Křídlo je nutné geometricky krotit (pravou polovinu s menším úhlem nastavení – tzv. negativ). Zvláště u menších modelů, s rozpětím asi do 600 mm, je vhodná i aerodynamická úprava, například v střední části křídla použít profil s rovnou spodní stranou a na koncích profil blížící se Benedeku B 6356b. Jde-li o dolnoplošný model s křídlem ke koncům značně zúženým (což zhusta bývají stíhačky z období 2. světové války), pak je třeba v střední části volit

# Aerodynamika malých maket na gumu

Ing. Lubomír Koutný,  
Brno

a pár důležitých rad navíc

dvojvypuklý profil a na koncích opět B 6356b. Lišta hlavního nosníku by měla být asi v 25 % hloubky křídla, lišta nosníku pomocného pak do 70 % (obr. 2). Model s takovým křídlem zpravidla létá velmi dobře: Je stabilní, rychlý v motorovém letu a pomalý v kluzu, v němž není ani náchylný k přechodu do pravé sestupné spirály.

Proč tomu tak je? Pozvolně klesající kinetická energie mezní vrstvy je obnovována nerovností povrchu na sací straně profilu v místě hlavního nosníku, který zastává funkci turbulátoru. Poloha pomocného nosníku pak při větších úhlech náběhu jednoznačně určuje bod odtržení mezní vrstvy, který se proto po profilu neposouvá, ale má neměnnou polohu. Při použití nosníků zapuštěných pod povrch křídla anebo při jejich umístění na spodní straně profilu jsou letové vlastnosti modelu, především stabilita, podstatně horší.

Větší a těžší vícemotorové modely však dosahují větších rychlostí, mají tedy větší  $Re$ , a také díky vzájemné eliminaci reakčních momentů vrtulí snadněji překonávají přízemní turbulenci a nemají ani problémy v klouzavém letu. U těchto modelů si tedy můžeme dovést zapustit lišty nosníků pod povrch křídla, případně použít žebra z pásků, která značně šetří hmotnost modelu; nebezpečí pádu do pravé sestupné spirály zde nehrozí.

Pro „oříšky“ létající venku platí přibližně totéž co pro menší „dvacetinky“.

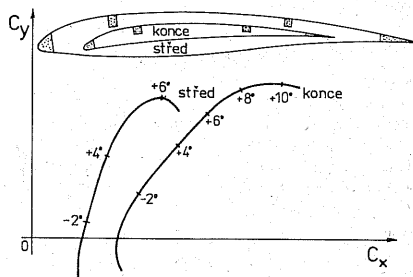
Modely kategorie M-oř létající v hale mají zcela odlišné podmínky, především jsou uchráněny škodlivé turbulence. Při optimálním návrhu pohonné jednotky, tedy gumového svazku a vrtule, není třeba řešit problémy klouzavého letu, protože model přistává při dotáčení svazku. Plošné zatížení „oříšků“ při jejich hmotnosti kolem 5 g je proti „dvacetinkám“ téměř o řád menší, jejich rychlost je asi třetinová a téměř konstantní. Hodnota  $Re$  je jen

kolem 10 000, tedy hluboce podkritická. Zde již žádné turbulátory nepomohou, naopak škodí zvýšeným odporem.

Reakční moment poměrně velké vrtule je u „oříšků“ potřeba vyrovnat úpravou křídla: Levá polovina má zpravidla o 3 až 5 % větší délku než pravá, navíc na ní bývá větší úhel nastavení (tzv. pozitiv), což zajišťuje plochou odporovou zatáčku.

Při nízkých rychlostech bývá zvláště u modelů s velkou hloubkou křídla a malou plošnou délkou často problematické zabezpečení jejich stability. Je nutné volit větší úhel seřízení, asi 4 až 7°, případně zvětšit plochu VOP. Stabilitu zajistí i vhodný profil křídla, nejlépe se střední křivkou prohnutou do tvaru písmene S.

Zásadně nevhodný je klapkový profil, který sice přináší určité zvýšení vztlaku, ovšem za cenu zmenšení stability. Vhodné profily jsou na obr. 3. Křídlo by mělo mít konstrukci s lištami nosníků zapuštěnými pod povrch. Velmi vhodná jsou žebra z pásků, která nejen ušetří hmotnost, ale i zlepší obtékání. Funkční křídélka po celém rozpětí usnadní zalétávání. Na potah je velmi vhodný kondenzátorový papír, který je hladký, dobře se vypíná vodou a není třeba jej impregnovat. Navíc má pro modely letadel z pionýrských dob letectví (asi

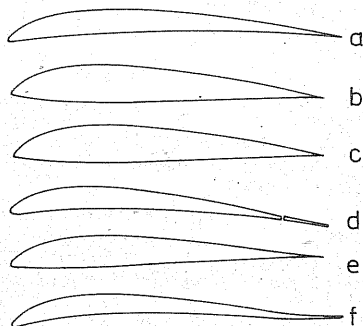


Obr. 2

do roku 1914) i realistickou barvu tehdy používaného plátna. Hmotnost potahu z kondenzátorového papíru je poloviční než při použití Modelspanu. Obdobné vlastnosti má i lesklý americký Japan, který je však trochu těžší.

Vrtule je u modelů poháněných gumou nejsložitější částí, navíc teoreticky velmi obtížně zvládnutelnou. Seriál o vrtulích, který skončil v minulém čísle Modeláře, měl vysokou odbornou úroveň, zabýval se však vrtulemi pro motorové modely, což je trochu jiný problém.

Vrtule pro modely kategorie M-min má stanovený maximální průměr 35 % rozpětí křídla. Tím je hodně řečeno, chceme-li aspoň trochu akceptovat tvarovou podobnost s vrtulí předlohy modelu. Oblast největší účinnosti vrtule v závislosti na poměru stoupání a průměru (H/d) leží v rozmezí hodnot 1,5 až 1,9. Jestliže máme daný průměr vrtule i tvar listu a délka svazku je omezena délkou trupu, a přesto chceme využít co nejvíce energie gumy (mít svazek o velkém průřezu), musíme volit velký poměr H/d, tedy použít vrtuli o velkém stoupání. Někdy je lepší vrtule



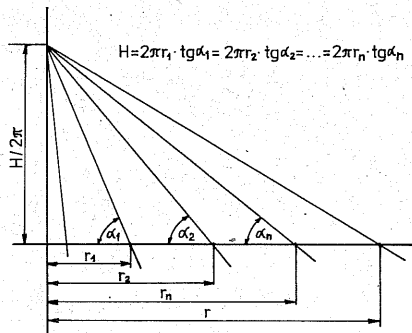
Obr. 3: a — pro lehké modely s velkou plošnou délkou a na konce zužovaného křídla; b — pro lehké modely; c — pro těžší modely; d — pro modely s větší plošnou délkou; e — pro modely s menší plošnou délkou; f — pro modely s malou plošnou délkou (typy z let 1909 až 1914)

s poměrem H/d větším než 2; její účinnost je sice menší, ale možnost použití většího množství gumy to vynahradí.

Z toho, co jsme zatím uvedli, je zřejmé, že plastické vrtule Igra, které mají malý poměr H/d, nejsou pro kategorii M-min zrovna ideální. Lze je doporučit pouze pro pomalé modely (víceplošníky, lehké sportovní typy), pro začátečníky, kteří by správnou vrtuli nedokázali zhotovit, a pro lenochy. Na modely běžných typů letounů se vrtule Igra hodí po úpravě — zvětšení úhlu nastavení listů v náboji vrtule asi o 10° (například při zhotovování vícelisté vrtule pro stíhačku).

Vhodnější než výrobek družstva Igra je vrtule zhotovená z balsy či překližky ohnutím rozvinutého listu za tepla (na žehliče) nebo namočením a následným vyschnutím na kopytě (láhvi).

Návrh vrtule vychází zpravidla z redukovaného stoupání a rychlostních trojúhelníků (obr. 4). S ohledem na námi používané profily by však takto zhotovená vrtule nebyla zrovna optimální. Po pravdě řečeno bývají vrtule zhotovené podle tohoto návrhu vyřezáním z bloku balsy — byť jsou



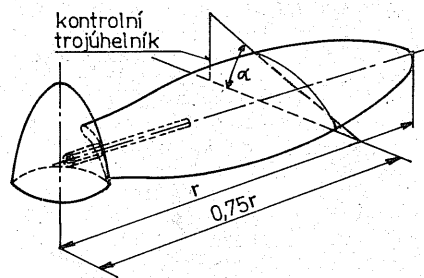
Obr. 4

přesnější — horší než vrtule ohýbané, protože konce listů pracují s nulovým úhlem náběhu.

U ohýbaných listů, kde většinou není dosaženo plného prohnutí navrženého na počátku, jsou výsledky lepší. Listy jsou totiž „placatější“, teoreticky mají na konci větší stoupání než ve středu. Tvarová paměť materiálu zde pracuje proti chybám ve zjednodušené teorii. Nastavení hotového ohýbaného listu v náboji zpravidla kontrolujeme trojúhelníkovou šablonou ve vzdálenosti 75 % poloměru vrtule od středu, tedy v nejdůležitější oblasti (obr. 5).

Gumový svazek je v podstatě motorem o konstantním krouticím momentu (při určitém natočení) a otáčky vrtule jsou závislé na rychlosti letu a stoupání vrtule — pokud jsou úhly náběhu na větší části listu ve správných mezích. Pro jistotu si ještě připomeňme, že všechny listy musejí mít stejné stoupání, hladký, lakovaný a nejlépe vyleštěný povrch, stejný profil a vrtule musí být vyvážená.

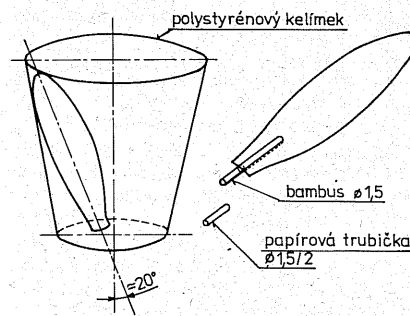
O vrtulích pro kategorii M-oř platí v podstatě totéž, co bylo řečeno o vrtulích pro „dvacetinky“, ale podle našich pravidel není omezen maximální průměr. Pro létání v nízkých halách volíme co největší průměr a malou hloubku listu. Tím získáme vrtuli „konstantních otáček“, s níž model na začátku letu příliš nestoupá a šetří tak



Obr. 5

otočky i krouticí moment svazku pro další fázi letu.

Pro lehčí modely, které budou létat se svazkem o malém průřezu (do 2,5 mm<sup>2</sup>), a zvláště pro začátečníky lze doporučit vrtuli s listy z kladívkového papíru, nebo lépe z papíru na dřevě štítky. Střední část vrtule zhotovíme z bambusu o průměru 2 mm nebo z balsové lišty o rozměrech 3×3×30 mm, do níž listy úhlopříčně zapustíme do hloubky 10 mm. Do patřičného tvaru listy zprohýbáme mezi prsty.



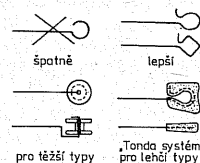
Obr. 6

Poměrně dobrou vrtuli zhotovíme z bílého plastického kelímku od jogurtu nebo mléčných nápojů. Listy z něj vystříháme tak, aby jejich osa byla vychýlena asi 20° od osy kelímku (obr. 6); pak mají dobrý profil i potřebné překroucení. Zasazení do středu je stejné jako v předešlém případě.

Závěs svazku (obr. 7) je velmi důležitým detailem. Zásadně nelze doporučit závěs ve tvaru nedovřeného kroužku. V lepším případě se uzly natočeného svazku nahnou na bok a svazek kmitá, což pochopitelně klidnému letu neprospívá, nebo se uzly namotají na háček a roztáčení svazku je brzděno o hlavici. V horším případě svazek z háčku vyklouzne a v trupu máme díru od gumové koule, která se z natočeného svazku vytvoří. Bohužel právě tento typ háčku je dodáván ve všech stavebnicích a kreslen na většině výkresů.

Tzv. pokojáckářský háček, jehož konec je vyhnutý, sice zamezí vyklouznutí svazku, ale boční uzly, jež jsou zdrojem chvění, se mohou tvořit dále.

Řešením vhodným zvláště pro větší modely je zavěšení svazku na otočnou cívku.



Obr. 7

Optimální háček jak pro „dvacetinky“, tak pro „oříšky“ představuje tzv. Tonda-systém. Na pokojáckářský háček je za tepla nalisován polyetylen nebo polystyrén tak, že jeho zadní strana je téměř tečnou ke kruhovému otvoru háčku, kolmou na hřidel vrtule. Svazek pak nemá snahu „cestovat“, sedí v ose a závěs pracuje lépe než kardan.

## Profily FX osířely

Dne 16. ledna zemřel ve věku 64 let po těžké nemoci prof. Dr. F. X. Wortmann, aerodynamik světového významu, autor mnoha úspěšných profilů.

MM