



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

215 981

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita

(22) Přihlášeno

(21) (PV 6020-79)

30 03 81

(51) Int. Cl. B 64 C 11/18

F 01 D 5/14

(40) Zveřejněno

31 12 81

(45) Vydáno

01 09 84

(75)

Autor vynálezu

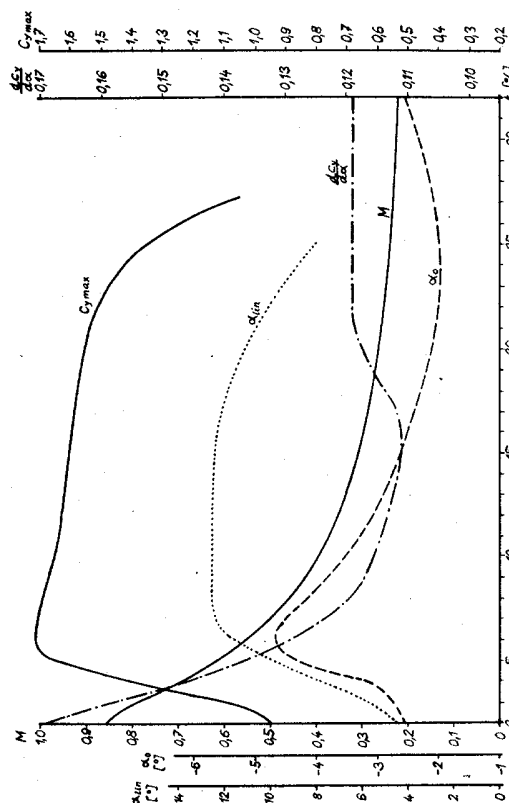
BENDA LUBOMÍR ing.,

PRAHA

(54)

List vrtule nebo dmýchadla s profiláží z aproximativních
superkritických aerodynamických profilů

Použití superkritických aerodynamických profilů u listů vrtulí a dmýchadel vede k dosažení vysokých součinitelů vztlaku při malých součinitelích odporu, protože tvar aerodynamického profilu umožňuje zeslabení rázové vlny a využití vzájemného vlivu jevů vazkosti a stlačitelnosti při rychlostech obtékání média vyšších, než je kritické Machovo číslo. Teoretické tvary superkritických aerodynamických profilů nevyhovují pro konstrukci a výrobu listů. Podle vynálezu se vytvářejí aproximativní superkritické aerodynamické profily, které se svými vlastnostmi blíží teoretickým tvarům superkritických aerodynamických profilů i při značně proměnných pracovních a konstrukčních podmínkách. Tvar aproximativního aerodynamického profilu v libovolném řezu po délce listu od osy otáčení vrtule nebo dmýchadla je dán matematickými analytickými funkcemi. Tvary těchto funkcí, předstávajících obrys superkritického aerodynamického profilu v uvedeném libovolném řezu, jsou dány systémem konstant, které u aerodynamického profilu vyjadřují jeho absolutní hloubku, poměrnou polohu maxima tloušťky, poměrný průhyb, poměrnou plohu maxima průhybu a tloušťku odtokové hrany, a určují průběh tloušťky od náběžné hrany do maxima tloušťky a od něj k odtokové hraně, a průběh střední čáry od náběžné hrany do maxima průhybu a od něj k odtokové hraně. Tři další konstanty, neuvedené ve funkcích, určují průběh skroucení a prostorového prohnutí listu.



Vynález se týká listu vrtule nebo dmychadla s profiláží z aproximativních superkritických aerodynamických profilů.

K profiláží listů vrtulí nebo dmychadel se až dosud používá buď klasických aerodynamických profilů, například CLARK-Y, RAF-6, nebo laminárních aerodynamických profilů řady NACA 16 a NACA 64.

Nevýhodou klasických aerodynamických profilů je jejich nízká aerodynamická účinnost a nezpůsobnost k práci při vyšších Machových číslech, nevýhodou laminárních aerodynamických profilů je jejich vysoká náročnost na dodržení přesnosti tvaru a kvality povrchu při výrobě, přičemž účinně pracují v malém rozsahu režimů.

Pro profilování pevných aerodynamických nosných ploch byly v poslední době vytvořeny aerodynamické profily, které mají vhodné vlastnosti při rychlostech obtékání média vyšších než je kritické Machovo číslo. Toho je u těchto aerodynamických profilů, jež se nazývají "superkritické", dosaženo tím, že jejich tvar umožňuje využití vzájemného vlivu jevů vazkostí a stlačitelnosti média. Rázová vlna je zeslabena, blízko za náběžnou hranou vzniká turbulentní mezní vrstva, která je přilehlá až do těsné blízkosti odtokové hrany. Takto je dosaženo snížení součinitele odporu a příznivého odtržení proudění na horní straně aerodynamického profilu při nižší tvarové citlivosti než u dosud používaných aerodynamických profilů laminárních. Pokusy o použití těchto aerodynamických profilů k profiláží vrtulových listů se setkaly s nezdarem vzhledem k nutnosti nízkého zatížení vrtule, vynuceného vlastnostmi těchto aerodynamických profilů. To vedlo k pokusům navrhnout k profiláží vrtulí za pomoci teoretických postupů, používaných k návrhům tvarů aerodynamických profilů pevných nosných ploch, aerodynamické profily způsobí pracovat v rozsahu podmínek to jest Machova a Reynoldsova čísla a součinitele vztlaku, nutných pro činnost vrtule. Ani tyto pokusy nevedly k úspěchu. Zkušenosti získané z těchto pokusů by bylo možno užít i pro listy dmychadel.

Vypočtené teoretické tvary vrtulových superkritických aerodynamických profilů nevyhovují pro konstrukci a výrobu listů vrtulí a dmychadel především proto, že mají ostrou odtokovou hranu, u některých aerodynamických profilů jsou na tlakové straně v blízkosti odtokové hrany místní konkávní oblasti s malým poloměrem křivosti, a u tlustých profilů pro menší rychlost obtékání média se objevuje na zadní části konkavita sací strany aerodynamického profilu. Konkavita sací strany s malou tloušťkou odtokové hrany může způsobit nedostatečnou tuhost a ztrátu stability listu. Místní konkavita nebo malý poloměr zakřivení tlakové strany a malá tloušťka odtokové hrany vedou k výrobním potížím při obrábění listu. Obtížně lze dosáhnout přijatelné tvarové návaznosti aerodynamických profilů po délce listu.

Nedostatky teoreticky získaných tvarů superkritických aerodynamických profilů pro listy vrtulí nebo dmychadel odstraňuje profiláž z aproximativních superkritických aerodynamických profilů podle vynálezu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že u listu vrtule nebo dmychadla tvar jeho aproximativního superkritického aerodynamického profilu v libovolném řezu po jeho délce směrem od osy otáčení vrtule nebo dmychadla k jejich obvodu je dán matematickými analytickými funkcemi, které mají tvar

pro $x_i \leq A_3$

$$\eta_i = \left\{ -4 \left[A_5 (A_2 x_i + A_1) \sqrt{\frac{-2(1-A_2 x_i)^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(1-A_2 x_i)^2 + 1}{2} \right)^2 + (1-A_2 x_i)^2 - (1-A_2 x_i)^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}$$

pro $x_i > A_3$

$$\eta_i = \left\{ -4 \left[B_5 (B_2 (1-x_i) - B_1) \sqrt{-\frac{2(B_2(1-x_i))^2+1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(B_2(1-x_i))^2+1}{2} \right)^2 + (B_2(1-x_i))^2 - (B_2(1-x_i))^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}$$

pro $x_i \leq C_3$

$$\xi_i = \left\{ -4 \left[C_5 (C_2 x_i + C_1) \sqrt{-\frac{2(1-C_2 x_i)^2+1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(1-C_2 x_i)^2+1}{2} \right)^2 + (1-C_2 x_i)^2 - (1-C_2 x_i)^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}, a$$

pro $x_i > C_3$

$$\xi_i = \left\{ -4 \left[D_5 (D_2 (1-x_i) - D_1) \sqrt{-\frac{2(D_2(1-x_i))^2+1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(D_2(1-x_i))^2+1}{2} \right)^2 + (D_2(1-x_i))^2 - (D_2(1-x_i))^4} + \right. \right. \\ \left. \left. + D_4 \sin \frac{2\pi D_2(1-x_i)}{1-D_3} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}, a \text{ potom}$$

$$\gamma_{ni} = A_6 (B_8 \xi_i + \frac{1}{2} (\eta_i (B_7 - A_3 B_6) + B_6 x_i)), a$$

$$\gamma_{di} = A_6 (B_8 \xi_i - \frac{1}{2} (\eta_i (B_7 - A_3 B_6) + B_6 x_i)), kde$$

x_i je i-tá ixová souřadnice profilu

γ_{hi} je i-tá ypsilonová souřadnice horního obrysu profilu

γ_{di} je i-tá ypsilonová souřadnice dolního obrysu profilu

$\underline{i}$ je substituční funkce představující průběh tloušťky profilu, a

i je substituční funkce představující průběh střední čáry profilu,

přičem tvary uvedených matematických analytických funkcí, představujících obrys aproxima-
tivního superkritického aerodynamického profilu v uvedeném libovolném řezu, jsou dány
systémem konstant A, B, C, D , kde u profilu

A_6 je absolutní hloubka,

A_3 je poměrná poloha maxima tloušťky,

A_2, A_5 určují průběh tloušťky od náběžné hrany do maxima tloušťky,

B_7 je funkcí poměrné tloušťky t profilu,

B_8 je poměrný průhyb,

B_6 je poměrná tloušťka odtokové hrany,

B_2, B_5 určují průběh tloušťky od maxima tloušťky k odtokové hraně,

C_3 je poměrná poloha maxima průhybu

C_2, C_5 určují průběh střední čáry od náběžné hrany do maxima průhybu, a

D_2, D_3, D_4 a D_5 určují průběh střední čáry od maxima průhybu k odtokové hraně. Konstanty

A_1, B_1, C_1 a D_1 určují plynulý průběh derivací obrysu a jsou dány vztahy

$$A_1 = \frac{0,5 - A_2 A_5 A_3}{A_5 \sqrt{2,25 - 4A_2 A_3 + 2A_2^2 A_3^2 - 1,5 + 2A_2 A_3 - A_2^2 A_3^2}}$$

$$B_1 = \frac{0,5 + B_2 B_5 (1 - A_3)}{B_5 \sqrt{2B_2^2 (1 - A_3)^2 + 0,25 - B_2^2 (1 - A_3)^2 - 0,5}}$$

$$C_1 = \frac{0,5 - C_2 C_5 C_3}{C_5 \sqrt{2,25 - 4C_2 C_3 + 2C_2^2 C_3^2 - 1,5 + 2C_2 C_3 - C_2^2 C_3^2}}$$

$$D_1 = \frac{-0,5 + D_5 (1 - C_3 + D_5 D_4 \sin \frac{2\pi D_2 (1 - C_3)}{1 - D_3})}{D_5 \sqrt{2D_2^2 (1 - C_3)^2 + 0,25 - D_2^2 (1 - C_3)^2 - 0,5}}$$

Vrtule s listy profilovanými podle vynálezu pracuje s vyšší účinností, dosahuje značně vyšších statických tahů, v případě potřeby se může nakonstruovat tak, aby pracovala s nižšími obvodovými rychlostmi pro snížení hlučnosti a aby byla lehčí než vrtule s listy profilovanými dosavadním způsobem. Dmychadlo s listy profilovanými dosahuje vyššího stlačení, oddaluje se u něho hranice pumpáže a může být nakonstruováno tak, aby bylo lehčí než dmychadlo s listy profilovanými dosavadním způsobem.

Listy vrtulí a dmychadel profilované podle vynálezu jsou výhodné při výrobě na číslíkové řízených obráběcích strojích, kde tvar listu je zadán průběhem uvedeného systému konstant a tří dalších konstant, určujících průběh zkroucení a prostorového prohnutí listu. Takto zadáný tvar listu pro řídicí počítač obráběcího stroje podstatně zjednodušuje zadávání tvaru oproti dosavadnímu způsobu, který vyžadoval zadávání souřadnic tvaru mnoha desítek profilů po délce listu. Rovněž paměťová část řídicího počítače je zadáním tvaru listu podle vynálezu méně zatěžována. Operativní úpravy tvaru listu, vyplývající z vývojových požadavků, lze provést snáze.

Příklad provedení listu vrtule nebo dmychadla podle vynálezu je znázorněn na výkrese, kde představuje obr. 1 tvar aerodynamického profilu jednoho z daných řezů v souřadném systému X-Y s uvedením významu jednotlivých konstant ze systému konstant, obr. 2 charakteristické tvary aerodynamických profilů konkrétního listu vrtule, a obr. 3 diagram znázorňující výkonnost a vlastnosti aproximativního superkritického aerodynamického profilu při práci na vrtuli v jednotlivých daných řezech konkrétního listu vrtule.

Aerodynamický profil je zakreslen v souřadném systému X-Y, kde osa X je totožná s geometrickou tětivou aerodynamického profilu. Náběžná hrana aerodynamického profilu leží v bodě O, který je počátkem souřadného systému X-Y. Odtoková hrana je koncem úsečky o délce A_6 na ose X. Poměrná tloušťka aerodynamického profilu je dána poměrem B_7 , kde B_7 představuje maximum tloušťky aerodynamického profilu. Prohnutí aerodynamického profilu je dáno poměrem $\frac{B_8}{A_6}$, kde B_8 představuje poměrný průhyb střední čáry aerodynamického profilu, jejíž souřadnice Y je ve vzdálenosti X_1 od náběžné hrany dána vztahem $\frac{Y_{hi} + Y_{di}}{2}$ kde Y_{hi} je souřadnice horního obrysu aerodynamického profilu a Y_{di} je souřadnice

dolního obrysu aerodynamického profilu. Poměrná tloušťka odtokové hrany je dána poměrem $\frac{B_6}{A_6}$. Poměrná poloha maxima tloušťky je dána poměrem $\frac{A_3}{A_6}$. Poměrná poloha maxima průhybu je dána poměrem $\frac{C_3}{A_6}$. Skupiny A_1, A_2, A_5 určují průběh tloušťky od náběžné hrany do maxima tloušťky. Skupiny B_1, B_2, B_5 určují průběh tloušťky od maxima tloušťky k odtokové hraně. Skupiny C_1, C_2, C_5 určují průběh střední čáry od náběžné hrany do maxima průhybu. Skupiny D_1, D_2, D_3, D_4 a D_5 určují průběh střední čáry od maxima průhybu k odtokové hraně.

Tvar aproximativního superkritického aerodynamického profilu listu vrtule v lokálním souřadném systému $X-Y$ v libovolném řezu po délce listu od osy otáčení vrtule k jejímu obvodu je dán matematickými analytickými funkcemi, které mají tvar

pro $x_i \leq A_3$

$$\eta_i = \left\{ -4 \left[A_5 (A_2 x_i + A_1) \sqrt{-\frac{2(1-A_2 x_i)^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(1-A_2 x_i)^2 + 1}{2} \right)^2 + (1-A_2 x_i)^2 - (1-A_2 x_i)^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}$$

pro $x_i > A_3$

$$\eta_i = \left\{ -4 \left[B_5 (B_2 (1-x_i) - B_1) \sqrt{-\frac{2(B_2 (1-x_i))^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(B_2 (1-x_i))^2 + 1}{2} \right)^2 + (B_2 (1-x_i))^2 - (B_2 (1-x_i))^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}$$

pro $x_i \leq C_3$

$$\xi_i = \left\{ -4 \left[C_5 (C_2 x_i + C_1) \sqrt{-\frac{2(1-C_2 x_i)^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(1-C_2 x_i)^2 + 1}{2} \right)^2 + (1-C_2 x_i)^2 - (1-C_2 x_i)^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}, \text{ a}$$

pro $x_i > C_3$

$$\xi_i = \left\{ -4 \left[D_5 (D_2 (1-x_i) - D_1) \sqrt{-\frac{2(D_2 (1-x_i))^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(D_2 (1-x_i))^2 + 1}{2} \right)^2 + (D_2 (1-x_i))^2 - (D_2 (1-x_i))^4} + D_4 \sin \frac{2\pi D_2 (1-x_i)}{1-D_3} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}, \text{ a potom}$$

$$\gamma_{ni} = A_6 (B_5 \xi_i + \frac{1}{2} (\eta_i (B_7 - A_3 B_6) + B_6 x_i)), \text{ a}$$

$$\gamma_{di} = A_6 (B_8 \xi_i - \frac{1}{2} (\eta_i (B_7 - A_3 B_6) + B_6 x_i)), \text{ kde}$$

x_i je i -tá ix ová souřadnice profilu,

γ_{hi} je i -tá y psilonová souřadnice horního obrysu profilu,

γ_{di} je i -tá y psilonová souřadnice dolního obrysu profilu,

η je substituční funkce představující průběh tloušťky profilu, a

ξ je substituční funkce představující průběh střední čáry profilu.

K požadovaným pracovním parametrům libovolného řezu po délce listu se zvolí systémy konstant A, B, C, D , které přímo určí tvar aproximativního superkritického aerodynamického profilu.

Hodnoty systému konstant v charakteristických řezech konkrétního listu vrtule, určených poměrnou tloušťkou $\underline{t}$ (%) aerodynamického profilu v rozmezí hodnot 2 až 32 jsou uvedeny na tabulkách 1 a 2. Tvary mezilehlých aerodynamických profilů se určí interpolací v systému konstant. Vhodné je interpolovat graficky anebo při použití samočinného počítače splinem.

Příklad charakteristických tvarů aproximativních superkritických aerodynamických profilů konkrétního listu vrtule je znázorněn na obr. 2, kde jsou se vztahovými značkami $\underline{1}$ až $\underline{8}$ znázorněny tvary aerodynamických profilů v řezech od obvodu vrtule k středu jejího otáčení. Tvar aerodynamického profilu $\underline{4}$ o poměrné tloušťce $\underline{t} = 4$ a o absolutní hloubce $A_6 = 100$ je vytvořen s použitím konkrétního systému konstant A, B, C, D , uvedených v tab. 4.

$A_1 = 1,671386$	$B_1 = 0,839946$	$C_1 = 0,0730489$	$D_1 = 0,0384799$
$A_2 = 1,83$	$B_2 = 0,758$	$C_2 = 1,3115$	$D_2 = 1$
$A_3 = 0,125$	$B_3 = 0,522$	$C_3 = 0,482$	$D_3 = 0$
$A_5 = 0,649$	$B_6 = 0,009$	$C_5 = 0,765$	$D_4 = 0$
$A_6 = 100$	$B_7 = 0,04$		$D_5 = 0,9906$
	$B_8 = 0,0406$		

Tabulka 4

Souřadnice obrysu tvaru aproximativního superkritického aerodynamického profilu $\underline{4}$ jsou uvedeny v tabulce 5.

i	X_i	Y_{hi}	Y_{di}	i	X_i	Y_{hi}	Y_{di}
1	0	0	0	14	45,0	6,002	2,086
2	0,3	0,587	-0,398	15	50,0	5,970	2,139
3	1,0	1,115	-0,628	16	55,0	5,846	2,129
4	2,0	1,613	-0,750	17	60,0	5,628	2,058
5	4,0	2,318	-0,769	18	65,0	5,316	1,928
6	7,0	3,057	-0,580	19	70,0	4,909	1,742
7	10,0	3,594	-0,281	20	75,0	4,406	1,503
8	15,0	4,249	0,285	21	80,0	3,807	1,212
9	20,0	4,780	0,782	22	85,0	3,111	0,871
10	25,0	5,212	1,194	23	90,0	2,320	0,480
11	30,0	5,549	1,526	24	95,0	1,432	0,040
12	35,0	5,792	1,783	25	97,5	0,953	-0,198
13	40,0	5,943	1,968	26	100,0	0,450	-0,450

Tabulka 5.

Tvary aproximativních superkritických aerodynamických profilů, představované systémem konstant v tabulkách 1 a 2, byly nalezeny cestou poloempirického vývoje. Byla vybrána řada charakteristických řezů konkrétního vrtulového listu s typickým rozsahem pracovních podmínek (to jest Machova a Reynoldsova čísla a součinitele vztlaku). Pro každý z těchto charakteristických řezů byl prováděn vývoj iteračním postupem, jehož každý krok sestával z úpravy tvaru aerodynamického profilu s následujícím výpočtem obtékání a poláry tohoto tvaru aerodynamického profilu prozatím nejpřesnější dostupnou výpočtovou metodou Bauer-Korn-garabedian-Jamesonovou, s nezávislou orientační kontrolou Rigelsovou a metodou Kármán-Tsienovou. Aerodynamické charakteristiky vybraných aerodynamických profilů byly měřeny v laboratoři vysokých rychlostí Výzkumného a zkušebního leteckého ústavu v Praze. Výsledkem tohoto vývoje je geometricky spojitá profiláž, zadaná rozvojovou řadou

aerodynamických profilů s tvary popsány uvedenými analytickými funkcemi a systémem konstant.

Forma zadání tvaru aerodynamických profilů umožňuje jejich snadný výpočet s použitím malého samočinného počítače a/nebo programovatelné kalkulačky a je zvláště vhodná při stavbě programu pro číslicově řízené obráběcí stroje při výrobě listů vrtulí anebo dmychadel nebo při výrobě modelů pro výrobu těchto listů na kopírovacích strojích. Listy vrtulí a dmychadel podle vynálezu dobře vyhovují požadavkům konstrukčním i technologickým. Aerodynamická výkonnost a účinnost takto profilovaných listů je blízká hodnotám, dosažitelným listy tvarů profilovaných podle současného stavu znalostí teoreticky ideálními superkritickými aerodynamickými profily.

Návrhové pracovní parametry aproximativních superkritických aerodynamických profilů daných řezů popsaného listu vrtule jsou na diagramu v obr. 3, kde

- t (%) je poměrná tloušťka profilu,
- M (1) je Machovo číslo obtékání profilu
- α_0 ($^\circ$) je úhel nulového vztlaku (aerodynamická tetiva profilu vztažená k ose souřadnic aerodynamického profilu X),
- C_Y (1) je součinitel vztlaku,
- α ($^\circ$) je úhel náběhu aerodynamického profilu,
- α_{lin} ($^\circ$) je rozsah úhlů náběhu, ve kterém se v oblasti kladného vztlaku zachovává vztlaková čára linearitu,
- $\frac{dC_Y}{d\alpha}$ (1/o) je počáteční sklon vztlakové čáry,
- C_{Ymax} (1) je maximální součinitel vztlaku.

Uvedené průběhy jednotlivých parametrů se vztahují k podmínkám práce daného řezu aerodynamického profilu v režimu maxima součinitele vztlaku C_{Ymax} , to jest při nulové dopředné rychlosti vrtule. Profiláž listu podle vynálezu má dostatečné rezervy Machova čísla pro obvyklou regulaci vrtule v letových podmínkách. Je ji možno používat i při značně nižších Machových číslech. V případě potřeby je možno měnit aerodynamické vlastnosti profiláže v oblasti tenkých aerodynamických profilů změnou prohnutí střední čáry aerodynamického profilu tak, jak je to obvyklé u dosud používaných starších profilových řad. Poměrné prohnutí aerodynamického profilu, představované hodnotou konstanty B_3 , je možno měnit od nulové hodnoty, odpovídající symetrickému aerodynamickému profilu, až na hodnoty, uvedené v tabulce 3, při kterých si aerodynamické profily ještě stále udržují vlastnosti superkritických aerodynamických profilů. Při tom všem není žádoucí požadovat od aerodynamických profilů s větším prohnutím práci při nízkých součinitelích vztlaku C_Y .

Pro dosažení správné práce profiláže podle vynálezu je v rozsahu velikostí, obvyklém u leteckých vrtulí nutné, dosáhnout přesností výroby, představované velikostí zvlnění obrysu profilu do 0,05 mm/100 mm absolutní hloubky A_6 aerodynamického profilu. Dobrá tvarová shoda je nezbytná zvláště v přední části aerodynamického profilu. Za stejných podmínek by drsnost neměla překročit hodnotu $R_a = 0,4$.

Vynález je zejména vhodný pro profiláž listů vrtulí a dmychadel moderních konstrukcí, kde jeho využití přináší zvýšení hospodárnosti provozu letadel tím, že vrtule pracuje s vyšší účinností při menší vlastní hmotnosti, a u dmychadel tím, že na daný příkon hnacího motoru se přepraví větší množství vzdušiny.

t	B_{3max}
6	0,051
5	0,0555
4	0,06
3	0,0645
2,5	0,066
2	0,067

Tabulka 3

t	A ₂	A ₃	A ₅	B ₂	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈
32	0,11	0,251	2,20	1,19998	0,500001	0,03700	0,32	0,04800
28	0,1115	0,250621	2,15799	1,20054	0,561493	0,0330622	0,28	0,0440480
24	0,12822	0,249833	1,96663	1,18677	0,63584	0,0291941	0,24	0,0404238
20	0,5	0,25	1,2	1,15	0,703	0,02500	0,2	0,0376400
17	1,09555	0,244635	0,703651	1,09782	0,741615	0,0219881	0,17	0,0360148
15	1,56618	0,23972	0,547447	1,06245	0,760946	0,0200187	0,15	0,0356971
13	2,06	0,23	0,477	1,023	0,775	0,01800	0,13	0,0361100
12	2,20204	0,22054	0,470227	0,954727	0,774189	0,0170750	0,12	0,0367200
11	2,28246	0,210445	0,472946	0,923577	0,769299	0,0160920	0,11	0,0377152
10	2,3	0,2	0,477	0,9	0,76	0,01500	0,1	0,039900
9	2,26051	0,187985	0,495066	0,868236	0,73834	0,0140666	0,0900035	0,0413501
8	2,19	0,175	0,517	0,84	0,705	0,01300	0,0800002	0,0444200
7	2,1	0,163	0,543	0,82	0,668	0,012100	0,0704502	0,04800
6	2,02	0,15	0,575	0,8	0,63	0,01100	0,0605502	0,0501801
5	1,93	0,1375	0,61	0,776	0,575	0,0100	0,0505501	0,047300
4	1,83	0,125	0,649	0,758	0,522	0,00900004	0,0405500	0,040600
3	1,73	0,1125	0,688	0,74	0,475	0,00800005	0,030500	0,03200
2,5	1,675	0,106	0,71	0,732	0,45	0,00750004	0,025300	0,025500
2	1,61	0,1	0,732	0,721	0,42	0,00700004	0,0201600	0,01700

Tabulka 1

t	C ₂	C ₃	C ₅	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
32	1,388	0,185	0,65	1	0,324	0,0550002	0,4
28	1,38642	0,193781	0,683598	1	0,323961	0,0415068	0,639066
24	1,3685	0,206413	0,778833	1	0,322967	0,0344336	0,785777
20	1,32	0,225	0,862	1	0,32	0,02300	0,89
17	1,1956	0,241808	0,923755	1	0,309654	0,0136362	0,93629
15	1,09724	0,268543	0,953014	1	0,314272	0,00708595	0,966015
13	1,12	0,305	0,9226	1	0,304	0	0,977
12	1,17511	0,326465	0,838201	1	0,205955	0	0,98086
11	1,21563	0,346734	0,833465	1	0,155761	0	0,981639
10	1,25	0,37	0,822	1	0,1	0	0,985
9	1,26691	0,387815	0,807869	1	0,0195066	0	0,986207
8	1,28	0,408	0,795	1	0,0100	0	0,9875
7	1,291	0,427	0,785	1	0	0	0,9892
6	1,3	0,444	0,779	1	0	0	0,99
5	1,306	0,464	0,771	1	0	0	0,9902
4	1,3115	0,482	0,765	1	0	0	0,9906
3	1,315	0,5	0,761	1	0	0	0,991
2,5	1,3175	0,509	0,759	1	0	0	0,9912
2	1,319	0,518	0,756	1	0	0	0,9912

Tabulka 2

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

List vrtule nebo dmyhadla s profiláží z aproximativních superkritických aerodynamických profilů, vyznačený tím, že tvar jeho aproximativního superkritického aerodynamického profilu v libovolném řezu po jeho délce směrem od osy otáčení vrtule nebo dmyhadla k jejich obvodu je dán matematickými analytickými funkcemi, které mají tvar

pro $x_i \leq A_3$

$$\eta_i = \left\{ -4 \left[A_5 (A_2 x_i + A_1) \sqrt{-\frac{2(1-A_2 x_i)^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(1-A_2 x_i)^2 + 1}{2} \right)^2 + (1-A_2 x_i)^2 - (1-A_2 x_i)^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}$$

pro $x_i > A_3$

$$\eta_i = \left\{ -4 \left[B_5 (B_2 (1-x_i) - B_1) \sqrt{-\frac{2(B_2 (1-x_i))^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(B_2 (1-x_i))^2 + 1}{2} \right)^2 + (B_2 (1-x_i))^2 - (B_2 (1-x_i))^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}$$

pro $x_i \leq C_3$

$$\xi_i = \left\{ -4 \left[C_5 (C_2 x_i + C_1) \sqrt{-\frac{2(1-C_2 x_i)^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(1-C_2 x_i)^2 + 1}{2} \right)^2 + (1-C_2 x_i)^2 - (1-C_2 x_i)^4} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}, a$$

pro $x_i > C_3$

$$\xi_i = \left\{ -4 \left[D_5 (D_2 (1-x_i) - D_1) \sqrt{-\frac{2(D_2 (1-x_i))^2 + 1}{2}} + \sqrt{\left(\frac{2(D_2 (1-x_i))^2 + 1}{2} \right)^2 + (D_2 (1-x_i))^2 - (D_2 (1-x_i))^4} + D_4 \sin \frac{2\pi D_2 (1-x_i)}{1-D_3} - 0,5 \right]^2 + 1 \right\}, a \text{ potom}$$

$$\gamma_{ni} = A_6 (B_8 \xi_i + \frac{1}{2} (\eta_i (B_7 - A_3 B_6) + B_6 x_i)), a$$

$$\gamma_{di} = A_6 (B_8 \xi_i - \frac{1}{2} (\eta_i (B_7 - A_3 B_6) + B_6 x_i)), kde$$

x_i je i-tá ixová souřadnice profilu,

y_{hi} je i-tá ypsilonová souřadnice horního obrysu profilu,

y_{di} je i-tá ypsilonová souřadnice dolního obrysu profilu,

i je substituční funkce představující průběh tloušťky profilu, a

i je substituční funkce představující průběh střední čáry profilu,

přičemž tvary uvedených matematických analytických funkcí, představujících obrys aproximativního superkritického aerodynamického profilu v uvedeném libovolném řezu, jsou dány systémem konstant A, B, C, D, kde u profilu

A_6 je absolutní hloubka,

A_3 je poměrná poloha maxima tloušťky,

A_2, A_5 určují průběh tloušťky od náběžné hrany do maxima tloušťky,

B_7 je funkcí poměrné tloušťky profilu,

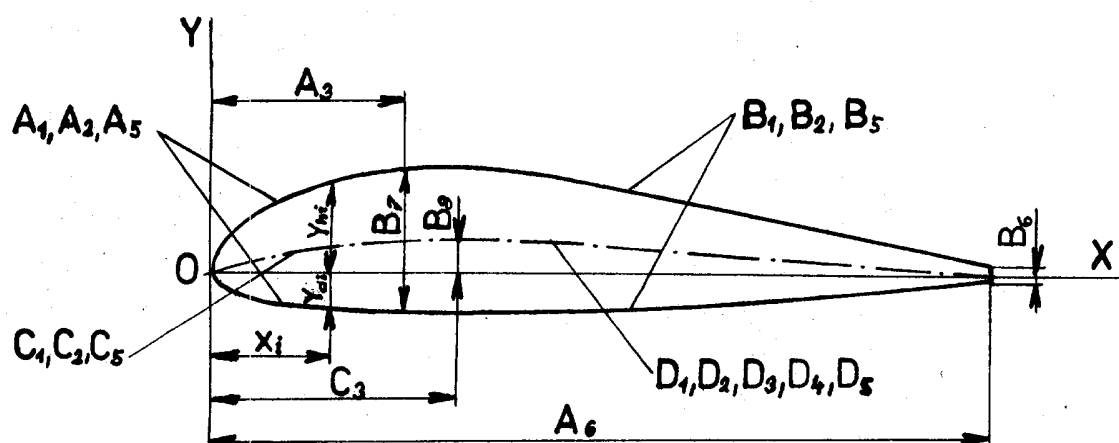
- B_8 je poměrný průhyb,
 B_6 je poměrná tloušťka odtokové hrany,
 B_2, B_5 určují průběh tloušťky od maxima tloušťky k odtokové hraně,
 C_3 je poměrná poloha maxima průhybu,
 C_2, C_5 určují průběh střední čáry od náběžné hrany do maxima průhybu, a
 D_2, D_3, D_4 , a D_5 určují průběh střední čáry od maxima průhybu k odtokové hraně, a
konstanty A_1, B_1, C_1, D_1 určují plynulý průběh derivací obrysu a jsou dány vztahy :

$$A_1 = \frac{0,5 - A_2 A_5 A_3}{A_5 \sqrt{2,25 - 4A_2 A_3 + 2A_2^2 A_3^2 - 1,5 + 2A_2 A_3 - A_2^2 A_3^2}}$$

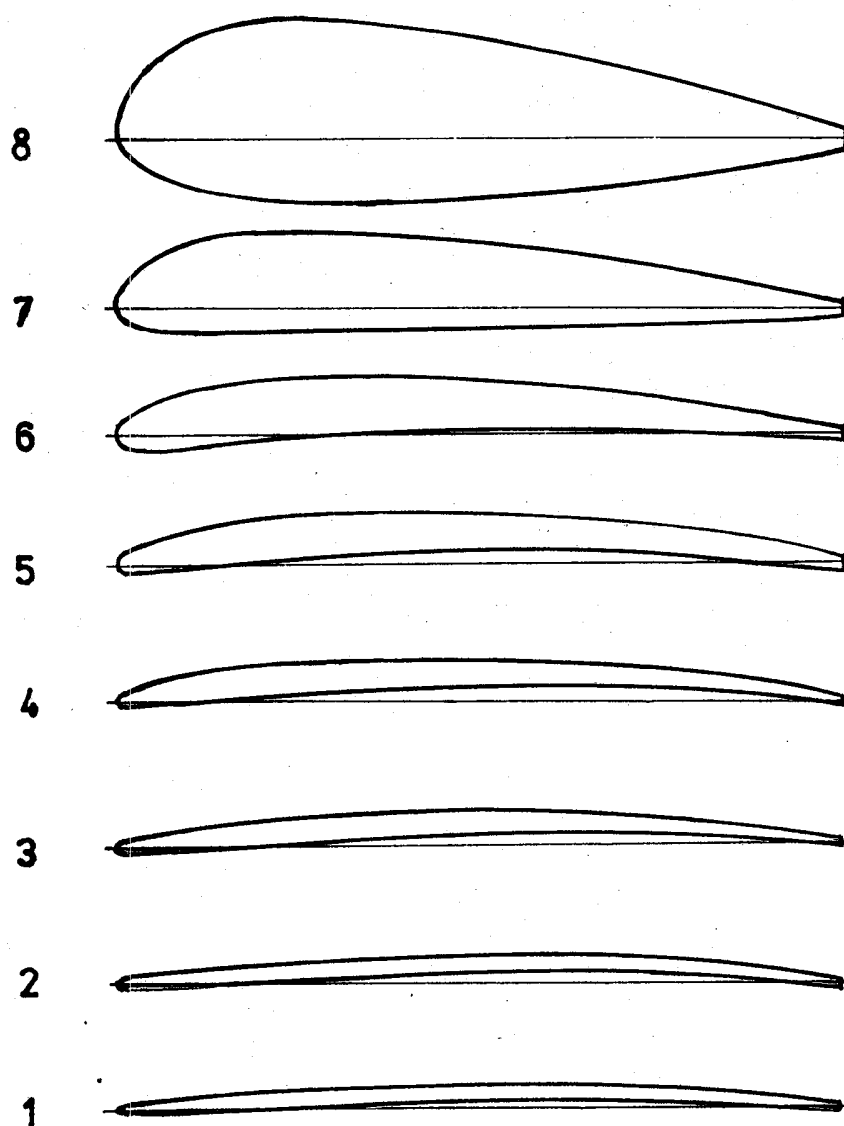
$$B_1 = \frac{0,5 + B_2 B_5 (1 - A_3)}{B_5 \sqrt{2B_2^2 (1 - A_3)^2 + 0,25 - B_2^2 (1 - A_3)^2 - 0,5}}$$

$$C_1 = \frac{0,5 - C_2 C_5 C_3}{C_5 \sqrt{2,25 - 4C_2 C_3 + 2C_2^2 C_3^2 - 1,5 + 2C_2 C_3 - C_2^2 C_3^2}}$$

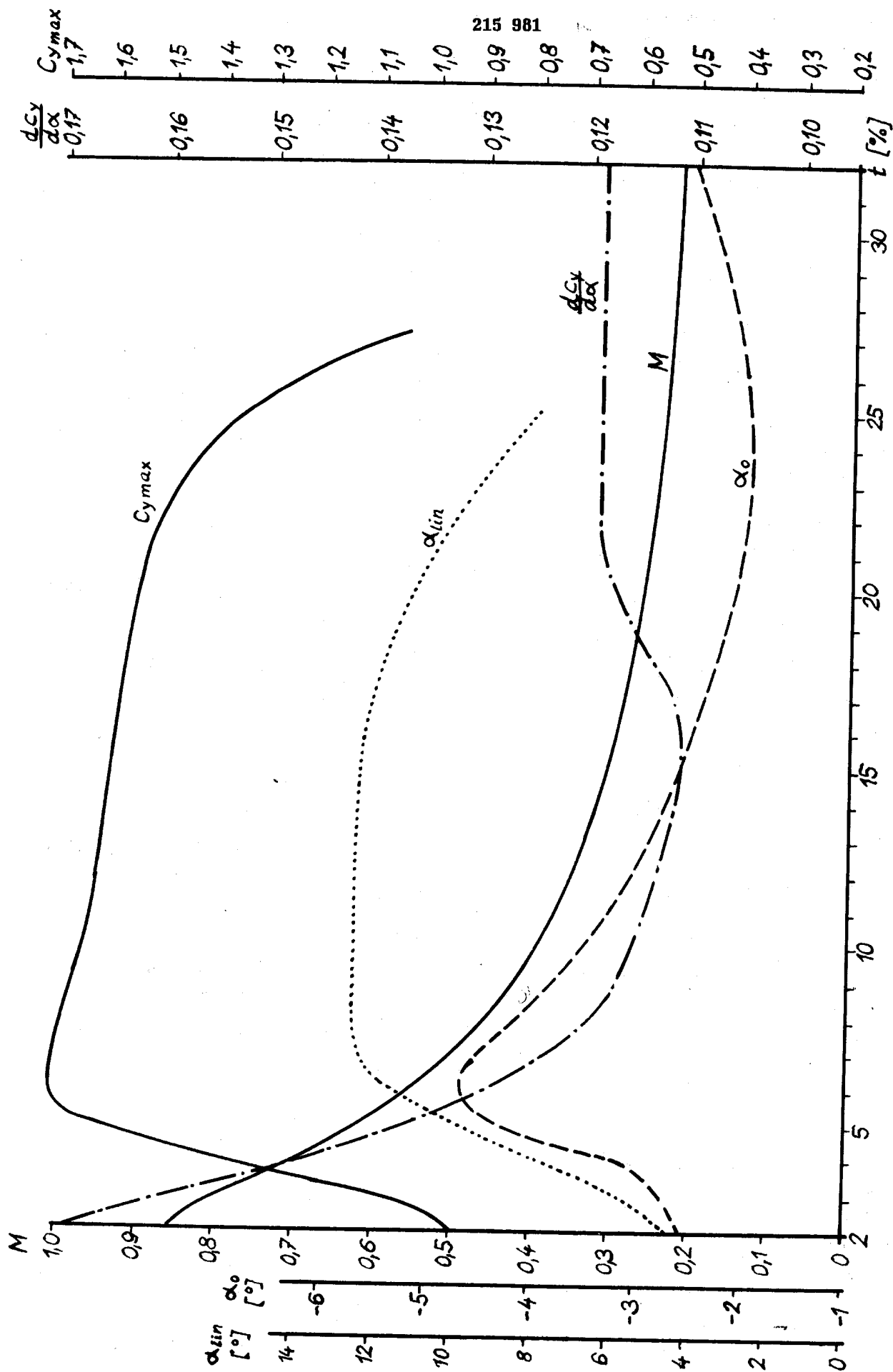
$$D_1 = \frac{-0,5 + D_5 (1 - C_3 + D_5 D_4 \sin \frac{2\pi D_4 (1 - C_3)}{1 - D_3})}{D_5 \sqrt{2D_2^2 (1 - C_3)^2 + 0,25 - D_2^2 (1 - C_3)^2 - 0,5}}$$



Obr. 1



Obr.2



Obr. 3