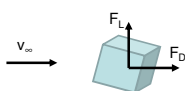


Műszaki alkalmazások

Dr. Kristóf Gergely
BME Áramlástan Tanszék
2015 március 23.

A testekre ható áramlási erő



Általánosan, a testre ható erő a feszültségtenzornak a test felületén képzett felületi integráljával adható meg:

$$E = \int_A \sigma \cdot dA$$

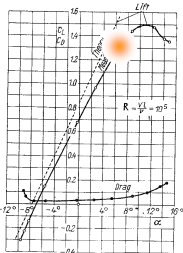
Tompa test: a test felületéhez képest jelentős méretű leválási buborékok alakulnak ki, a csúsztatófeszültségből származó erők elhanyagolhatók a nyomásból származó erőköz képest.

Áramvonalas test: nincsenek kiterjedt leválások, a csúsztatófeszültségből származó erők jelentősek a nyomásból származó erőköz képest.

Ellenállás tényező és felhajtóerő tényező: $c_D = \frac{F_D}{\frac{\rho}{2} v_\infty^2 A}$ $c_L = \frac{F_L}{\frac{\rho}{2} v_\infty^2 A}$

„A” felület szárnyak esetében a függőleges vetület, egyéb esetekben az áramlás irányában képzett vetületi terület.

Szárnyakra ható erők



[Schlichting]

Igények

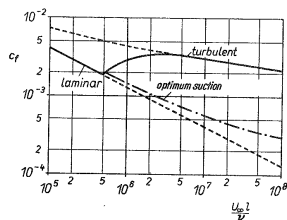
- | | |
|---|---|
| <p>↓</p> <p>Kis sebességnél nagy F_f</p> <p>Könnyű fel és leszállás</p> <p>↓</p> <p>Leválás késleltetése</p> | <p>↓</p> <p>Nagy sebességnél kicsi F_e</p> <p>Gazdaságos repülés.</p> <p>↓</p> <p>Tranzíció késleltetése</p> |
|---|---|

A tranzíció késleltetése

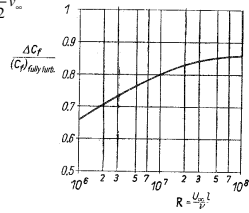
1. Sima felület
2. Enyhe határréteg elszívás.
3. A felület nagy részén gyorsuló határréteg: laminál profilok.

Enyhe határréteg elszívás

A teljes bőrsúrlódási tényező:

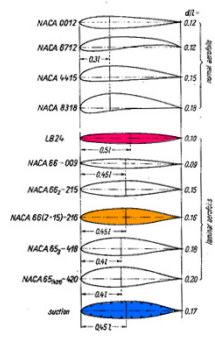
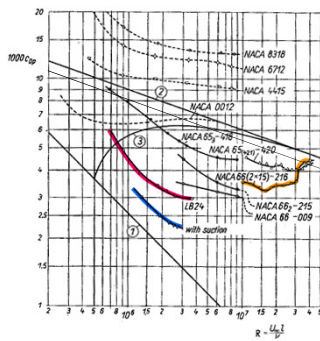


$$c_f = \frac{\tau}{\frac{\rho}{2} V_\infty^2}$$



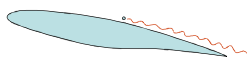
[Schlichting: 17.15]

NACA laminál profilok

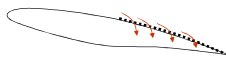


1,2 és 3 örbék: sík lap kétszerese.
A laminális profilok kis ellenállása csak kis állásszögeknel érhető el! [Schlichting: 17.9]

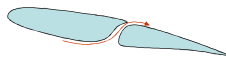
A leválás késleltetése



1. Turbulencia generálás (passzív vagy aktív)




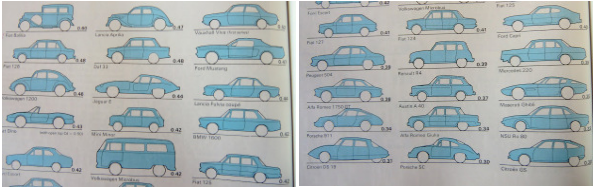
2. Intenzív határréteg elszívás (aktív)



3. Határréteg frissítés (passzív vagy aktív)

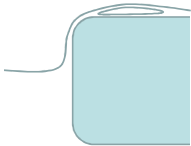
Tompa testek ellenállása: a homlokfelület lekerekítése

A járművek ellenállásának nagy részét a homlokfelületre ható erő adja, mely a kontúr élek lekerekítésével majdnem zérusra csökkenthető, így a jármű ellenállása közel 1/4-ére csökkenthető:

[További részletek: Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, 11. fejezet]

A görbület folytonossága

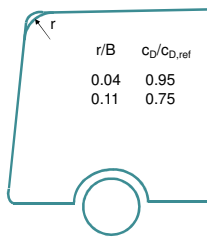


Általában leválik a határréteg egy köríves lekerekítést követő egyenes oldalfelületen.

Ennek oka a görbült felületen kialakuló szívóhatás megszűnésével járó nyomásnövekedés.

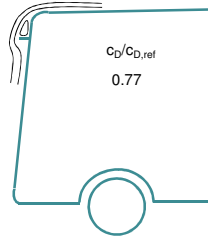
A leválási zóna mérete a lekerekítési sugár növelésével, vagy elliptikus lekerekítéssel csökkenthető.

Nyíróréteg szabályzás



r/B	C _D /C _{D,ref}
0.04	0.95
0.11	0.75

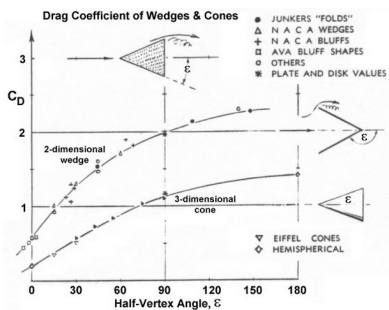
A kiinduló modell C_D=0.62 ellenállás tényezője a felső belépő él lekerekítésével jelentősen csökkenthető. Túl nagy sugár szükséges...



C_D/C_{D,ref} 0.77

Egy 15 cm széles spoilerrel leválás hozható létre, amely csökkenti a nyomást a homlokfelület felső részén. 77 km/h sebességnél 5.7% fogyasztás csökkenés.

A leválás irányának szerepe



ϵ szög csökkentésével növelhető a hátoldali nyomás, így csökkenthető az ellenállás.

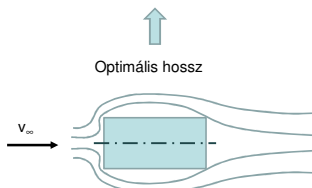
A homlokfal lekerekítése ϵ értékét is csökkenti.

[<http://www.aerospaceweb.org/>]

A hossz szerepe

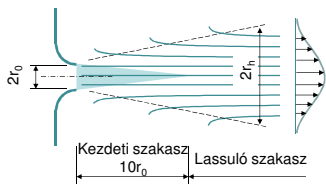
Tengely irányában megfűjt henger ellenállás tényezője:
($Re: 10^3-10^5$).

L/D	0	1	2	4	7
c_D	1.1	0.91	0.85	0.87	0.99



- A nyíróréteg éppen visszafekszik a falra, ezért az első buborék alacsony nyomása nem terjed át a hátfalra.
- A külső áramvonalak a hátfalnál befelé haladnak.

Szabadsugarak



- 1) A sugár áramvonalai párhuzamosak, a környezeti nyomás behatol a sugárba.
- 2) A sugár $2r_n$ szélessége lineárisan nő.
- 3) A sugár impulzusárama állandó.
- 4) A kezdeti szakaszon egy $10r_0$ magasságú kúpban fennmarad a v_0 kilépő sebesség.
- 5) A lassuló szakasz sebességprofiljai egymáshoz hasonlóak.

[További részletek: Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, 7.5 fejezet]

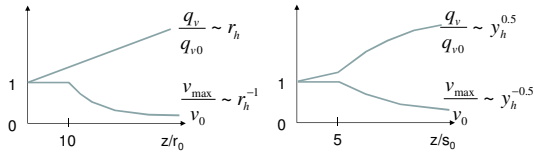
Hengeres szabadsugár vs. sík szabadsugár

Impulzusáramok [N]:

$$I = \int_0^{r_h} \rho v^2 2r \pi dr = \rho v_0^2 r_h^2 \pi \qquad I = \int_{-y_h}^{y_h} \rho v^2 h dy = \rho v_0^2 h s_0$$

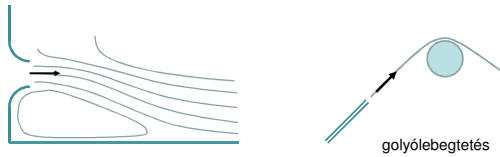
$$I \sim v_{\max}^2 r_h^2 \qquad I \sim v_{\max}^2 y_h$$

A térfogatáram és a maximális sebesség változása a z hossz mentén:



Coanda effektus

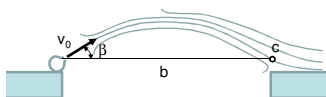
A sugár a környezetéből folyadékot ragad magával. Ha a hozzááramlást egyik oldalról fal korlátozza, akkor a sugár föltpad a falra:



A fal felől keveredés nincs, a csúsztatófeszültség kisebb mint a szabad áramlás felőli oldalról, ezért a falra tapadó sugár sokkal lassabban fékeződik.

Légfüggöny

Az oldalbefúvásos kapulégfüggöny egy sík szabadsugár, amely a nyomáskülönbség hatására meggöbül:



Az impulzusáram megváltozása a nyomásból származó erő:

$$\Delta p h b = \rho v_0^2 h s_0 2 \sin \beta$$



A sugár körív alakú, ha falon nem képződik torlópont, azaz kívülről súrolja a falat a sugár. Ha a szél hatására a nyomáskülönbség változik, a sugár görbülete is változik. A sugár felső részét elötetével le kell zárni a kapu tetejénél.

Méretezés

Dimenziótlan nyomás és hossz: $D = \frac{\Delta p}{\frac{\rho}{2} v_0^2}$ $B = \frac{b}{s_0}$

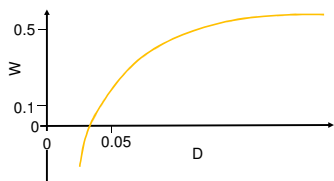
A légfüggöny méretezési összefüggése: $D = \frac{K}{B} \sin \beta$

Az egyszerű elméletből $K=4$ adódik.

T.Lajos és L.Preszler mérései alapján a teljes záráshoz tartozó K érték: $K = 1.71 + 0.0264 B$
 $25^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$ és $10 \leq B \leq 40$

A zárási tényező

A légfüggöny zárási tényezője a kapun kilépő levegő w átlagsebessége alapján: $W = \frac{w}{\sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}}$



A felső befúvós légfüggöny esetében a sugár a padlónak ütközik, a torlónyomás hatására a sugár impulzusárama lecsökken, a torlópont közelében a sugár erőteljesen meggyöngyösödik Δp hatására. Ezért a felső befúvós légfüggöny zárási tényezője kedvezőtlenebb.

Meleglevegős légfüggöny

