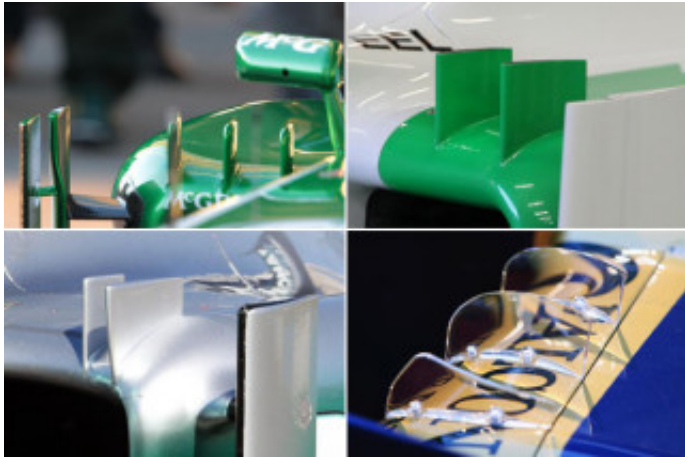


## Az örvénykeltés fontossága az F1-es oldaldoboz felületén

by Papp István - vasárnap, február 17, 2013

<http://www.formula1tech.hu/az-orvenykeltes-fontossaga-az-f1-es-oldaldoboz-feluleten/>



Az oldaldoboz mentén kialakuló örvénylések kontrollálása kiemelt szerepet játszik a Coanda-kipufogók hatékonyságának tekintetében (Fotó: Formula1Tech Blog)

A Nemzetközi Automobil Szövetség 2012-es évre eszközölt technikai szabálmódosítása, melynek értelmében a csapatok számára tiltott lett a kipufogóval befűjt diffúzorok további használata, komoly fejtörést, és egyben mélyreható fejlesztési harcot váltott ki a mezőny résztvevői között. Az új elírásoknak köszönhetően a versenyautók kipufogórendszerének végződését a karosszéria, illetve az oldalsó kocsiszekrény fölé kellett emelni, ami már önmagában véve is megváltoztatta a versenyautók hátsó traktusára jellemző aerodinamikai karakterisztikát.

A 2011-es szezon egyik legjelentősebb technikai megoldása a kipufogóval fűjt diffúzorok alkalmazása volt, amely igencsak komoly aerodinamikai elnyert jelentett a versenyautóra ható aerodinamikai leszorító erő fokozásának tekintetében. A kipufogóból kiáramlott forró égéstermék a versenyautó padlólemeze, illetve diffúzora alá vezették, és a meleg levegő kedvező aerodinamikai jellemzőjéből adódóan fokozni tudták az autóra ható leszorító erőt. Mivel az FIA a 2012-es évtől kezdődően már nem engedte, hogy a motorvezérléssel befolyásolt égéstermék-áramlást a padlólemez aerodinamikai hatékonyságának növelésére használják a csapatok, a mérnökök számára az egyik legnagyobb kihívást az jelenti, hogyan oldják meg a fentiekben említett korlátozásból eredő leszorító erő hiány pótlását a versenyautó hátsó tengelyére vonatkozóan.

A Formula-1 jelenlegi technikai szabályzata értelmében a versenyautó mindkét oldalán egy-egy kipufogóvégződést lehet kialakítani. A versenyautó hosszanti szimmetriatengelyétől 200mm-re meghatározott 300mm széles, 700mm hosszú (a hátsó tengelytől mért 500...1.200mm-es tartományban) és 350mm magas

(az autó alatt lévő referencialemez feletti 250...600mm-es tartományban) képzeletbeli doboz által körülhatárolt területen kell elhelyezni a kipufogórendszer végződését, amelynek az utolsó 100mm-es szakaszának egyenes vonalvezetéssel és kör keresztmetszettel kell rendelkeznie. A kipufogó végződéssel kapcsolatos további kritérium, hogy a versenyautó szimmetriatengelye és a kipufogó végződés által bezárt szög nem lehet nagyobb  $10^\circ$ -nál, míg az utolsó 100mm-es szakasznak a vízszinteshez képest  $10...30^\circ$  között kell lennie.

Az újonnan megjelent kipufogó-konstrukciók révén pedig a meleg égéstermék a hátsó kerékfelfüggesztés lengőkarjai, a hátsó légterelő szárny, valamint annak alsó eleme, a rúdszárny, és nem utolsósorban a hátsó fékek légbeömlő nyílása mellett kialakított légterelő lemezek felé is áramolhat.

A csapatok szakemberei azonban egyre inkább kezdtek alkalmazkodni az új szabályok adta lehetőségekhez, és a 2013-as évre tervezett versenyautók mindegyike a [Coanda-effektuson](#) alapuló kipufogó-végződéssel rendelkezik. A kipufogórendszerből kiáramló forró égéstermék aerodinamikai leszorító erő fokozására történő felhasználásához a csapatok olyan oldaldobozokat alakítottak ki, amelyek a kipufogógázokat a karosszéria felülete mentén elvezetik a padlólemez irányába, majd a diffúzor oldalsó légkamrájánál kilépve fokozta a menetstabilitást a leszorító erő növelésének köszönhetően.



A pilótafülke mellett megjelent légterelő lapok az oldaldoboz körüli légáramlások minőségét hivatottak javítani (Fotó: Mercedes AMG Petronas Formula 1 Team)

A kipufogórendszerből kiáramló forró égéstermék nagyobb része a megfelelő módon kialakított oldaldoboz és a kipufogó végződését követően kialakított légcsatorna révén az előzőekben említett Coanda-effektus hatására követi az oldalsó kocsiszekrény felületének vonalvezetését, és a hátrafelé szökül, valamint a padlólemez irányába lejtő vonalvezetésnek köszönhetően a meleg levegő a hátsó kerékfelfüggesztés irányába továbbhaladva lép ki az autó mögé.

A jelenség hatására az oldaldoboz hátsó részét takaró felület felszínét a meleg levegő egy bizonyos pontig követi, majd azután áramlásleválás következik be. A karosszériára ráhajló levegő görbült áramvonalai

miatt pedig megn? a nyomáskülönbség a burkolattól távolabb lev? ponthoz képest, és az így kialakuló nyomáskülönbség hatására az autó karosszériájára, vagy éppen a padlólemezére ható aerodinamikai leszorító er? jön létre.

A román repül?mérnök, Henri Coanda nevéhez f?z?d? aerodinamikai törvényszer?ség elvén alapuló kipufogórendszerek tehát nagy lépést jelentenek az F1-es csapatok számára abban, hogy az autó hátsó részét a lehet? legoptimálisabb menetdinamikával lássák el. A Formula-1-es versenyautók oldalsó kocsiszekrénye meglehet?szen nagy felülettel rendelkezik ahhoz, hogy az ott elhaladó légáramlatok aerodinamikai hatékonyságnövelése ne lenne kiemelt prioritású. Áramlástan szempontból az autó oldaldobozának elüls? része – amely els?ként találkozik az els? kerekek irányából érkező légáramlatokkal – jelent?s szerepet játszik az autó hátsó részének aerodinamikai karakterisztikája szempontjából. Az oldaldoboz fels? részén végighaladó leveg? egy bizonyos pontig képes követni a karosszéria felületét, majd mielőtt elérné a kipufogó el?tti területet, a felület görbületi sugarától – az áramló közeghez képest kialakított állásszögét?l – függ?en kavitációval együtt járó áramlásleválás valósul meg. Az ilyen módon létrejöv? szabálytalan áramlások aerodinamikai szempontból nézve meglehet?szen kevés hasznos energiát képesek biztosítani. Ezen probléma minél hatékonyabb módon történ? megoldása érdekében az F1-es csapatok mérnökei egy, a repül?gépek gyártása során is alkalmazott aerodinamikai kiegészít?t, az örvénykelt? lemezek használatát kezdték el alkalmazni az autók oldalsó kocsiszekrényei mentén.

Még mielőtt azonban ismertetésre kerülnének a 2013-as konstrukciók esetében használt örvénykelt? lemezek és azok jelent?sége, érdemes megnézni, hogy milyen aerodinamikai jelenségek állnak ezen kiegészít?k alkalmazásának hátterében.

### Az örvénylések hatása és jelent?sége



A levegő megfelelő páratartalma esetén láthatóvá válnak a hátsó légterelő szárnynál kialakuló turbulens áramlások (Fotó: F1technical.net)

A Formula-1-es versenyautó hatékony menett jellemzőihez a megfelelő nyomatékviszonyok és a sebesség biztosításához szükséges erőforrás mellett szükség van olyan karosszériaelemekre is, amelyek az áramló közeg – jelen esetben a levegő – és az útjába kerülő autó által keltett turbulenciákat és áramlásokat úgy alakítja, hogy az minden körülmények között stabil útfekvést tegyen lehetővé. Az egyes karosszériaelemek felülete mentén elhaladó levegő egy vékony, viszkózus határrejteget képez az autó adott részei körül.

A Formula-1-es versenyautókon alkalmazott, az autó különböző pontjain, különböző kialakítással megjelenő légterelő lemezek használatával a túlkülvárt feladattól függően hol az áramló levegő turbulens hatásainak csökkentése, hol pedig ezzel ellenkezőleg, turbulens hatások létrehozása a cél. Jogosan merülhet fel a kérdés, hogy miért is lehet olyan kifizető, ha egy versenyautó körül turbulens légáramlatokat alakítanak ki szándékosan. Ha a kérdés megválaszolására az egyszerűbb módot kellene választani, akkor azt lehetne mondani, hogy a turbulens légáramlatok nagyobb energiával rendelkeznek, amelyek megfelelő felhasználásával javítani lehet az egyes karosszériaelemekre ható aerodinamikai leshorító erő nagyságán. A téma érdekessége és az ezzel együtt járó összetettség révén azonban talán érdemes egy kissé továbbgondolni mindezt.

Az örvénylés, vagy más néven kavitáló légáramlatok belsejében a levegő rotáló mozgása következik be, ami ezzel együtt megváltoztatja a közeg áramlási sebességét és/vagy az irányát is. Az örvénylés légáramlatok azon része, amelyek az örvénylés középpontjától távolabb haladnak, megváltoztatják az áramló levegő áramlási irányát, vagy más néven folyásirányát. Az örvénylés középpontjában mindezek mellett lecsökken a statikus nyomás mértéke, ami kihat az áramló közeg viselkedésére. Éppen ezért a Formula-1-es csapatok mérnökei igyekeznek ezen aerodinamikai jellemzőket kihasználni a versenyautók oldaldobozának a kialakításánál, hogy általa az oldaldoboz- és ezzel együtt a Coanda-kipufogó aerodinamikai hatékonysága javítható legyen.

Egy Formula-1-es versenyautó esetében megfelelő körülmények esetén leginkább annak hátsó légterelő szárnyán lehet szabad szemmel is látni a szárny két végén leváló légáramlatok turbulens áramlását. A hátsó légterelő szárnyra érkező légáramlatok a szárny konfigurációjától és állásszögétől függően eltérő statikus nyomáskülönbséget idéznek elő a légterelő felületek felső- és alsó felülete mentén. Ennek hatására a szárny felületén végighaladó levegő a kilépő élt követően a magasabb nyomású térből a kisebb nyomású tér irányába alábukik. A kilépő él kialakításának módjától függően az alááramló légáramlatok forgó mozgást végeznek, miután azok nem képesek további légterelő felülethez tapadni, miközben az örvénylés középpontjában a statikus nyomás lecsökken. A létrejövő örvényelő hatás következtében kialakuló leáramlás mellett csökkenni kezd a turbulens áramlás belsejében keletkező kinetikai energia is. Ezen hatásokat megfelelő módon alkalmazva az örvényelő légáramlatok meglehetősen hasznosak lehetnek egy Formula-1-es versenyautó aerodinamikai hatékonysága érdekében, a statikus nyomás csökkentése és a levegő áramlási irányának befolyásolása révén.

Az előzőekben a hátsó légterelő szárny két végén leváló légáramlatok turbulens hatásának példaként történő megemlézése azonban még egy kis magyarázatot érdemel. Ez a fajta légáramlási jelenség természetesen minden esetben ott van a versenyautók hátsó szárnyánál, ha az autó mozgásban van. Azok szabad szemmel való láthatósága azonban nem minden esetben valósul meg. Az olyan versenyhelyszínek esetében viszont, ahol a levegő magasabb páratartalommal rendelkezik, már egészen más a helyzet. A levegő megfelelő mértékű páratartalma esetén a turbulens légáramlatok középpontjában az alacsony statikus nyomás azt eredményezi, hogy a levegőben lévő nedvességtartalom vízpára képeben kicsapódik, ami láthatóvá teszi számunka a szárny végeiről leváló levegő turbulens mozgását.

### Az örvénykeltő lemezek jelentősége



A kipufogórendszer végződésénél érvényesülő Coanda-effektus hatékonyságának növelése érdekében örvénykeltő lemezek kerültek fel a CT03-as autó

oldaldobozára (Fotó: Caterham F1 Team)

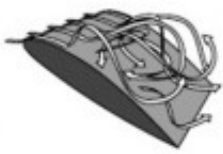
Az elzések alapján kis túlzással azt is mondhatnánk, hogy egy Formula-1-es versenyautó karosszériája örvénykeltő, és örvénymentesítő felületek összességéből áll össze. Bármennyire is egyszerűnek tűnik azonban ez a fajta megfogalmazás, áramlástan szempontról el kell ezt fogadnunk.

A versenyautó oldaldobozának felső felülete meglehetősen nagy ahhoz, hogy a mérnökök ne igyekeznének azt a lehető legjobb aerodinamikai jellemzőkkel felruházni, vagyis kiaknázni mindazon lehetőségeket, amelyek segítségével az érintett felület részt tud venni az aerodinamikai leszorító erő fokozásában. Az autó elülső része felől érkező levegő egy bizonyos hosszon képes követni az oldaldoboz felületét. A felületen kialakuló határréteg kiterjedése azonban nem elegendő ahhoz, hogy ezt a határréteget létrehozó légáramlatokat megfelelő módon alkalmazni lehessen az autó hátsó traktusában is. Ezen áramlatok ugyanis alapesetben nem képesek kellő hatékonyságot produkálni az oldaldoboz hátsó szakaszánál, miután az oldaldoboz felső felületéről kisebb örvénylések mellett áramlásleválást hajtanak végre, amelyek nem képesek kellő hatékonysággal szolgálni.

Miután a Coanda-kipufogó lényege nem más, mint hogy a meleg égéstermék az oldaldoboz hátsó szakaszának és a padlólemez felületének a követése mellett fokozza az autó hátsó traktusának menetstabilitását, és az oldaldoboz elülső szakasza az elzésekben ismertetett aerodinamikai jellemzőkkel rendelkezik, a kipufogórendszer végződése és az oldalsó kocsiszekrény belépő éle közötti felület aerodinamikai hatékonyságának növelése jelentős elrelépést jelenthet a Coanda-kipufogók szempontjából.

Az oldaldoboz felső felületén kialakuló határréteg meghosszabbítása és ezzel együtt az időeltérési áramlásleválások megakadályozása érdekében a Formula-1-es autók oldalsó kocsiszekrényének elülső részén kiegészítő légterelő elemek kezdtek megjelenni, ami a 2013-as konstrukciók esetében egyre nagyobb hangsúlyt kapnak. A McLaren és a Sauber alakulatok már a tavalyi évben is használtak olyan műszaki megoldásokat, amelynek eredményeként az oldaldoboz mellett lévő váll-lemezt a pilótafülke oldalsó részével összekötő, vízszintes légterelő idom jelent meg. Mindezek mellett vannak olyan megoldások is, aminek hatására az oldaldoboz elülső részén, annak felületére merőlegesen kisebb légterelő lemezek kaptak helyet, míg egyes autók esetében, mint például a Mercedes W04-es konstrukción a pilótafülke külső oldalán további, a jerezi teszteken látott kivétel szerint 3-3db vízszintes légterelő lap is megjelent. Ezeket a légterelő elemeket szokás örvénykeltő lemezeknek nevezni, amelyek feladata nem más, mint az elzésekben ismertetett, az oldaldobozok felső felületén kialakuló határréteg által képviselt felület megnövelése, és az időeltérési áramlásleválások megakadályozása.





- Nem kontrollálható turbulens áramlásleválások
- Aerodinamikailag "haszontalan" felület



- Örvénykeltő lemezek a felületen
- Megnövelt méretű határréteg
- Megfelelően kontrollált örvénylések
- Aerodinamikai hatékonyság nagyobb felület mentén

Az adott felület aerodinamikai hatékonyságának növelése a légáramlatok örvénylésének megfelelő kontrollálása révén (Fotó: Formula1Tech Blog)

Az örvénykeltő lemez tehát egy bizonyos aerodinamikai felület, amelynek a feladata nem más, mint hogy a segítségével az adott felületen örvényléseket lehessen létrehozni. A Formula-1-es versenyautók oldaldobozának felületére merőlegesen elhelyezett örvénykeltő lemezek hasonló célt szolgálnak, mint a repülőgépek szárnyfelületein lévő társaik, amelyek segítségével tulajdonképpen a szárnyfelületet megfelelő mértékben igyekeznek aerodinamikai célokra alkalmazni.

Az oldaldoboz felső felületén tapasztalható idő előtti áramlásleválások megakadályozása mellett tehát a mérnökök igyekeznek minél több légáramlatot juttatni az oldaldoboz mentén egészen a kipufogó végéig. Ehhez a határréteg és a felület közötti távolság ismerete mellett megfelelő nagyságú négyzetes, vagy háromszögű közeli kialakítású örvénykeltő lemezeket alkalmaznak. A repülőgépiparban sincs ez másként, ahol ezzel a megoldással a határrétegnek hozzávetőlegesen a 80%-os magasságáig terjedő örvénykeltő lemezek segítségével próbálják javítani a szárnyak kilépő éleinek aerodinamikai szerepét. Az oldaldoboz esetében tehát a kiegészítő légtérrel lemezek segítségével képesek beavatkozni a felület mentén kialakuló határréteg szempontjából, hogy a létrejövő kisebb örvényléseknek köszönhetően minél inkább késleltetni tudják a nem kívánt áramlásleválások kialakulását, több levegőt juttatva ezzel az oldaldoboz hátsó részéhez, növelve ezzel a Coanda-effektus szerepét.

Rating: 5.0/5 (4 votes cast)

Rating: **+1** (from 1 vote)

---

PDF generated by Kalin's PDF Creation Station