



Turbo rizična populacija

PIŠE:
MARKO
GUZINA

Prvo treba razjasniti čemu turbo služi i gdje se koristi. Ako želite znatan porast snage na agregatu visokih performansi i sa više cilindara, turbo je rješenje za vas. Mane takve vrste prednabijanja su gotovo nebrojene, a kritičari ih redovito nalaze još. S druge strane, ako jednom probate neko vozilo potpomognuto turbom, a ne govorimo o popularnim turbo diesel automobilima, sve ostalo će vam djelovati kao električni autići u lunaparku. Istinski turbo je nasilan, stvara buku, obilje topline i dim spaljenih guma. Kome smeta, ne mora, ali mnogima sve ovo govori u korist ugradnje turba na motocikle. Ako nema poboljšanja, reći će neki, dolazi do stagnacije, pa zašto onda ne biste poboljšali svoj motocikl na preko 250 konjskih snaga?

Turbo se sastoji od dva glavna dijela. Turbinski dio je plinska turbina pogonjena ispušnim plinovima agregata na koji je ugrađena, a ona pogoni centrifugalni kompresor koji upuhuje svjež zrak u isti agregat. U prirodi turba je da tlakovi u sustavu rastu eksponencijalno, pa kada ne bismo koristili sredstva za ograničavanje tlaka, lako bi došlo do uništenja motora. Za ograničenje tlaka se koristi tlačni ventil poznat kao wastegate. Izvedbe mogu varirati od onih jednostavnih, s oprugom i vijkom za regulaciju, do složenih, elektronskih, kojima upravlja elektronski menadžment motora. Ako razumijemo da su tlakovi u ispuhu i usisu turba povezani, postaje nam jasno kako kontrolom tlaka ispušnih plinova kontroliramo tlak

zraka koji ulazi u motor. Tlakovi upuhivanja se kreću od umjerenih 0,4 bara kod sistema ugrađenih na serijske agregate do golemih 3 i više bara na motociklima za utrke ubrzanja.

Važno je napomenuti da je turbo moguće ugraditi u kućnoj radinosti, ali isto tako da najbolje rezultate možete postići tek finim podešavanjem na dinamometru. Također će složenost ugradnje ovisiti o motociklu koji izabere te kao osnovu. Da bi sve radilo kako treba potrebno je promijeniti gotovo sve parametre motora, pa ako se odlučite za rasplinjače i jednostavno paljenje, to ćete moći sami.

Elektronsko ubrizgavanje i složeni sustavi paljenja će vam otežati ugradnju i podešavanje turba. Budući da je pogonjen ispušnim plinovima, njihov stalni protok i pritisak su bitni za pravilan rad. Iz tog razloga se turbo rijetko ugrađuje na motore s manje od 4 cilindra, a pogotovo na one sa jednim. Pulsiranje tlaka u ispuhu dovodi do nepravilnog rada turbine, a time i do manjeg porasta snage. Iako se prodaju i turbo kompleti za ugradnju na velike V2 agregate, ako pogledamo što koriste trkači, uvidjet ćemo da je za njih ipak znatno bolji izbor mehanički kompresor.

Mada nije lagana, ugradnja turba na motocikl nije neizvediva. Kompleti za ugradnju, dostupni i preko interneta, sadrže sve potrebno za uspješnu operaciju. Uobičajeni sadržaj koji bi vam bio potreban i za ugradnju u kućnoj radinosti je: turbo pumpa, ispušna grana, usisna grana, tlačni ventil (wastegate), instrument za mjerenje pritiska i sustav

za podmazivanje turbine.

Turbo pumpe koje se koriste za motocikle imaju širok ras-

pon primjene. Uz odgovarajuće podešavanje moguće je istu turbinu koristiti na motociklu od 600 ccm kao i na onom od 1300 kubičnih centimetara. Opet je potrebno napomenuti da nam umjerena povećanja snage za cestovnu upotrebu dozvoljavaju slobode koje nam za vrhunske rezultate ne bi bile dovoljne. Vrhunski motori za utrke ubrzanja koriste posebno prilagođene turbine s predimencioniranim kompresorom zbog velikih tlakova na kojima rade.

Ako kupujete komplet za ugradnju, prodavač će vam sigurno preporučiti optimalnu turbinu za vašu primjenu. S druge strane, ukoliko ste se odlučili na kućnu izradu, možete se poslužiti zdravim razumom ili nekim od složenih programa za izračunavanje parametara turbine. Kod izbora turbine svakako obratite paž-

**Ako se odlučite za polovnu turbinu
trebat će ju reparirati i balansirati**



Turbo pod opterećenjem

menzijama, ventile je teže podešavati i nemoguće ih je kasnije zamijeniti. Vodite se idejom da ćete prije ili kasnije htjeti unaprijediti svoj turbo sustav. Kada ste odabrali turbinu, ako i nije nova, treba provjeriti njezino stanje. S obzirom da se radi o krajnje delikatnom sklopu čiji se dijelovi vrte i preko 120 tisuća okretaja, stanje ležaja i balansiranost su jako bitni. Ako vaša turbina i nije u najboljem stanju, ne očajavajte - postoje specijalizirane radionice za njihovo repariranje.

Sljedeći element je ispušna grana koja ujedno i drži turbinu. Sama turbina je prilično lagana, pa nema potrebe za posebnim nosačima. Oblik grane određuje gdje će naša turbina biti smještena. Kod motocikala sa oplatama turbina je u pravilu smještena ispred samog motora, iza prednjeg kotača. Takav smještaj omogućuje bolje odvođenje topline i moguć je na većini motocikala. Ako ste se odlučili za motocikl bez oplat, turbinu možete smjestiti i na mjesto do rasplinjača. Tada ispušne plinove trebate dovesti oko motora do turbine, a onda ih i na pravilan način zbrinuti da ne bi prenosili toplinu na osjetljive dijelove vašeg tijela. Ispušna grana na sebi mora imati i priključak za tlačni ventil koji bi trebao biti lako dostupan za podešavanje.

Usisna grana vodi stlačeni zrak, odnosno smjesu, od turbine do motora. Za njenu izvedbu možemo izabrati nekoliko predložaka. Preporučljivo ju je izraditi od aluminija ili nekog drugog metala. Na taj način ćemo izbjeći neugodnosti koje visoki tlak može proizvesti, a i metal bolje odvodi toplinu. Pošto su temperature usisa male, ili bi barem trebale biti takve, elemente usisne grane možemo spojati gumenim cijevima i obujmicama. Ukoliko smo se odlučili za hladnjak stlačenog zraka ili sustav ubrizgavanja vode, treba ih ugraditi između turbine i glave motora.

Odabir rasplinjača, odnosno načina miješanja goriva sa zrakom, određuje oblik usisne grane, a djelomično i smještaj turbine. Uz najmanje prerade možete koristiti serijske rasplinjače na motoru na koji ugrađujete turbinu. Takva odluka ograničit će porast snage time što turbina upuhuje stlačeni zrak kroz rasplinjače i smanjuje količinu goriva u smjesi. Jasno, osiromašenje smjese je opasno jer može dovesti do pregrijavanja već i tako opterećenog motora, te kliktanja kao najveće opasnosti. Kliktanje je pojava kada se smjesa u cilindru samozapali prije nego ju je upalila svjećica. U pravilu može dovesti do uništenja klipova, klipnjača, pa čak i radilice. Prekomjerna temperatura koja se tada razvija može uništiti glavu motora i ventile. Problemi sa osiromašenom smjesom se mogu izbjeći upotrebom jednog velikog rasplinjača kroz koji turbina usisava zrak, odnosno smjesu. U takvoj izvedbi se koriste rasplinjači većih dimenzija, koje je teže pribaviti, ali jednom kada namjestite omjer goriva i zraka, on se ne mijenja kroz cijelo područje rada. Treća i daleko najbolja, ali i najskuplja opcija je elektronsko ubrizgavanje. Precizni sustav koji možete programirati pomoću lap-

topa i razni senzori omjera goriva i zraka, tlaka i temperature smjese omogućit će vam velika povećanja snage na siguran način.

Tlačni ventil poznatiji kao wastegate je još jedna nezaobilazna komponenta. Osnovni kompleti za ugradnju turba sadrže izvedbe s ventilom kontroliranim pomoću opruge. Sama tehnologija im nije previše složena, pa ih uz malo matematike i fizike možete konstruirati i u bolje opremljenoj radionici. Sve se svodi na to da se ventil otvori kada tlak u ispušnoj grani dosegne određenu vrijednost. Poznato je da tlak možemo opisati kao vrijednost sile na jedinicu površine. Izračunamo li površinu ventila i ako znamo za koje područje tlakova projektiramo ventil, možemo odrediti silu kojom opruga treba djelovati na ventil. Pridodamo li opruzi i vijak kojim možemo mijenjati napetost opruge, dobit ćemo tlačni ventil koji možemo podešavati. Kod turba se može koristiti još jedan tlačni ventil, poznat i kao pop-off ventil. Njega po potrebi možemo ugraditi u usisnu granu, u slučaju da koristimo elektronsko ubrizgavanje ili rasplinjače kroz koje se upuhuje zrak. Svrha pop-off ventila je da smanji tlak u usisu kada se leptiri u rasplinjačima ili tijelima ubrizgača zatvore. Kada mijenjate brzinu, naglo otpustite ručicu gasa, a to zatvara leptire i sprječava protok zraka. Kada se to dogodi, udarni val u dovodu stlačenog zraka koji nastaje naglim porastom tlaka može oštetiti turbinu ili leptire. Iz tog razloga se ugrađuje pop-off ventil koji, osim što stvara onaj privlačni siktavi zvuk, pri mijenjanju brzina ima zadatak otpustiti višak tlaka. Po principu rada je u pitanju gotovo isti ventil kao i wastegate, no budući da je izložen manjim temperaturama, može biti izrađen od jednostavnijih materijala.

Instrument za mjerenje tlaka u usisnoj grani nije presudan, no nije ni na odmet. Ako ga imate, možete pratiti režim rada motora, a time i izvući najveću snagu. Također nije na odmet znati koliko tlaka iz turbine agregat koristiti, ako vas netko pita. Tlak je u osnovi najvažniji parametar turbo motora. Testiranjem možete otkriti granice trenutnih postavki svog motora, procijeniti koliko biste mogli povećati tlak dodavanjem hladnjaka stla-

čenog zraka i kontrolirati da ne dovedete motor u situaciju da se pojavi nekontrolirana detonacija.

Sustav podmazivanja turbine je od presudne važnosti. Imajući u vidu parametre rada turbine, s velikim brojevima okretaja i prisutnim temperaturama od preko 1000 stupnjeva Celzija, ulje je to koje stoji između pouzdanog rada i skupe reparature. Tlak ulja je jednako važan kao i njegovo hlađenje. Ukoliko je tlak premali, ulja neće biti dovoljno za efekt lebdjenja osovine u kliznim ležajevima i za hlađenje. I preveliki tlak može oštetiti turbinu, a posljedice će biti da će oštećene brtve početi puštati ulje u ispuh i usis samog motora. Ulje se treba i hladiti na odgovarajući način, jer jedino se tako odvodi višak topline iz turbine. Iako priključivanje na uljne kanale agregata nije problem, možda je bolja opcija koristiti zasebni uljni sustav. Električna pumpa nam omogućava precizno određivanje protoka i pritiska ulja, a zasebni sustav sprječava kontaminaciju ulja česticama metala iz motora i mjenjača. Ako se i odlučite na korištenje zajedničkog uljnog sustava motocikla, svakako obratite pozornost na to



Ovako nešto bismo rado vidjeli pod Božićnom jelkom



Presjek turba, s lijeva: turbinski dio, osovina, kompresorski dio



Komplet za ugradnju turba na motocikli

da turbina bude iznad nivoa ulja u karтеру motora. To je važno jer ulje iz turbine treba otečati slobodno. Kada bi se ulje zadržavalo u turbini, počelo bi nalaziti put pored ležaja, a to bi rezultiralo većim količinama bijelog dima. Ono što kod svih turbo motora zaslužuje pozornost jest gašenje motora. Ukoliko ste se vozili pod većim opterećenjem dulje vrijeme, turbina je zacijelo jako zagrijana. Dok god motor radi i ulje cirkulira, sve bi trebalo biti u najboljem redu, no ako takav motor naglo ugasite, moguće su loše posljedice. Ulje prestaje cirkulirati i ono koje se nalazi u turbini izgara te ostavlja čestice čađe na osjetljivim ležajevima turbine. Kada motor opet pokrenete, te čestice počinju raditi štetu, i tako svaki puta. Preporučljivo je da turbo motor nakon dulje vožnje autoputom ili u višim režimima ostavite nekoliko minuta da radi u praznom hodu, kako bi protok ulja ohladio turbinu. Time ćete povećati trajnost svojeg turbo ljubimca, a i spriječiti opadanje performansi uslijed povećanja trenja.

Za povećanje snage je presudna gustoća upuhane smjese, a ne njezin tlak. Problem je u tome što tlak možemo povećati i zagrijavanjem zraka, ne samo njegovim tlačanjem, ali tada u cilindar ne unosimo više smjese. Nedostatak turba je to što stlačenom zraku predaje i priličnu toplinu koja povećava tlak, ali i smanjuje gustoću. U krajnjim slučajevima je moguće da to zagrijavanje svede porast snage motora i na nulu, što nam nikako nije cilj. Kao protumjera ovoj pojavi koriste se dva osnovna načina hlađenja stlačenog zraka. Ako imamo dovoljno mjesta, koristimo hladnjak stlačenog zraka, takozvani intercooler. U stvari se radi o izmjenjivaču koji višak topline stlačenog zraka predaje okolini. Ako nemamo mjesta za ugradnju hladnjaka, stlačeni zrak možemo hladiti ubrizgavanjem vode. U cijev koja vodi stlačeni zrak od turba do cilindra ubrizgava se fina maglica hladne vode. Na taj način voda hladi stlačeni zrak i čini ga gušćim, čime povećavamo porast snage.



Za praćenje rada turba ugrađuju se dodatni instrumenti

Sljedeće što treba znati o turbinama jest da povećavaju kompresiju. Kada to kažemo, ne mislimo na fizičku kompresiju, već na tlakove u cilindru. Većina motocikala koji su zanimljivi za turbo prerade već sami po sebi imaju visoku kompresiju. Kada bismo toj vrijednosti dodali i visoki tlak prednabijanja, rezultat bi bile nekontrolirane detonacije. Jedna opcija je biti umjeren i koristiti smanjeni tlak punjenja ili se prihvatiti alata i početi s izmjenama na samom motoru. Prvo što možemo napraviti jest ugraditi deblju brtvu glave, po mogućnosti od bakra. Bakar je dovoljno mekan da zabrtvi glavu, a dovoljno tvrd da pretrpi dodatna naprezanja. Debljom brtvom povećavamo prostor izgaranja u cilindru i time smanjujemo kompresiju. Iako bi na atmosferskom motoru smanjenje kompresije dovelo do pada snage, kod turbo motora to lako kompenziramo dizanjem tlaka prednabijanja. Rezultat je motor koji je slabiji u nižim okretajima, ali zato jači u višim. S dizanjem glave treba biti pažljiv jer za svaki milimetar debljine brtve mijenjamo fazu bregastih osovina za približno jedan stupanj. Jedan do dva stupnja su podnošljiva, no kada lovimo rezultat i svaki detalj je bitan, možemo ugraditi podesive lančanike bregastih osovina. Vijci koji drže glavu i glavne ležaje radilice su na svakom motoru adekvatno predimenzionirani,

Iako turbo najbolje radi sa više cilindara moguća je ugradnja i na V-2 motore

no, ukoliko krenemo s povećanjima tlakova u cilindru, treba ipak misliti i na njih. Kada smo već skidali glavu da bismo ugradili deblju brtvu, mogli smo ugraditi i titanske vijke za glavu.

Druga opcija za smanjenje kompresije su takozvani turbo klipovi. Proizvođači dodatne opreme nude razne klipove s nižim čelom koji daju niži stupanj kompresije. Na taj način možete podesiti stupanj kompresije tlaku prednabijanja koji želite koristiti. Treba li posebno napominjati da komplet kovanih klipova košta daleko više od bakrene ploče od koje ste sami izrezali brtvu glave? Kada počnemo razmišljati o izmjenama na unutrašnjim komponentama motora, granice postaju maglovite, a sume se penju daleko izvan dosega. Ako imate dubok džep i partnericu punu razumijevanja moći ćete potrošiti gomile novca na titanske ventile, opruge ventila, titanske klipnjače, balansirane radilice, bregaste osovine prilagođene turbo motoru itd. Popis namjenskih dijelova od plemenitih metala je gotovo beskrajan. Kada ste najzad došli blizu kraja, motocikl postaje beskoristan bez produljenja zadnje vilice, jer u svakom stupnju prijenosa na blago otvaranje gasa diže prednji kotač sa zemlje. Niti serijsko kvačilo više nije doraslo zadatku, pa treba izbrojati novce za jaču inačicu.

Na kraju možemo ustvrditi da kod turba nema sredine. Ili ćete ga voljeti ili mrziti, a svakako nećete ostati ravnodušni. Također vas trebamo upozoriti da je turbo svojevrsna zaraza. Ako ste imalo skloni mehaničkom nasilju, budite oprezni, jer iskušate li ga jednom, nikada nećete biti isti. Prvo ćete samo sanjati o turbo motoru. Zatim ćete po svaku cijenu nabaviti turbo motor, a kada to jednom učinite, ušli ste u začarani krug. Ako ste pročitali ovaj članak sa zanimanjem, pazite, spadate u „turbo“ rizičnu populaciju. ■

Najpoznatiji proizvođač turbo kompleta za motocikle: www.mrturbo.com



Metalna ploča sprečava usisavanje malene djece i kućnih ljubimaca



Turbo sa usisnom granom nalazi se na mjestu rasplinjača



Tlačni ventil ugrađen u ispušnu granu