

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ZPŮSOBY ZVYŠOVÁNÍ VÝKONU VZNĚTOVÝCH A ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

OVERCHARGING OF SI AND CI ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL FREISLEBEN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Pavel Freisleben

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Způsoby zvyšování výkonu vznětových a zážehových motorů

v anglickém jazyce:

Methods in Power Increasing of CI and SI Engines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadaného tématu. Zamyšlení nad budoucností problematiky přeplňování spalovacích motorů včetně tzv. down-sizingu.

Cíle bakalářské práce:

Vytvoření přehledu základních principů zvyšování výkonu spalovacích motorů a obrázkové dokumentace ilustrující znalost zadané problematiky. Zdrůraznění řešení používaných na současných pohonných jednotkách.

Seznam odborné literatury:

[1] HOFMANN, Karel. ALTERNATIVNÍ POHONY [s.l.] [s.n.] 2003 73 s Dostupný z WWW: <www.ite.fme.vutbr.cz/opory/Alt.pohony.pdf>.

[2] VLK, František. Vozidlové spalovací motory. 1. vyd. Brno : Vlk, 2003. 580 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 19.11.2012



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na přeplňování a jeho vliv na zážehové a vznětové motory. Popisuje rozdílné způsoby přeplňování. U těchto způsobů přeplňování uvádí jejich výhody i nevýhody. U nejpoužívanějších způsobů přeplňování se zmiňuje detailněji o konstrukčních prvcích. Popisuje materiál pro jejich výrobu i tvar součástí a jeho možné nedostatky. Obsahuje stručnou historii i novodobé možnosti přeplňování. U některých koncepcí jsou uvedeny konkrétní případy přeplňování motorů.

Klíčová slova:

přeplňování, turbodmychadlo, kompresor

Abstract

The bachelor's thesis is focused on supercharging and its effects on gasoline and diesel engines. It describes different ways of supercharging. In these ways of supercharging, it lists advantages and disadvantages. In the most common ways of supercharging, it mentions in detail the structural elements. It describes the material for producing, the shape of parts and its possible drawbacks. It contains a brief history and modern options of supercharging. In some concepts, the cases of specific turbocharged engines are mentioned.

Key words:

supercharging, turbocharger, supercharger

Bibliografická citace

FREISLEBEN, P. *Způsoby zvyšování výkonu vznětových a zážehových motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce, pana Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne:

.....

Pavel Freisleben

Poděkování

Tímto děkuji panu Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za ochotu a cenné připomínky při tvorbě bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Něco málo z historie.....	9
3	Turbodmychadla.....	10
3.1	Princip.....	10
3.2	Konstrukce.....	11
3.3	Regulace plnicího tlaku	12
3.3.1	Regulace plnicího tlaku pomocí obtokového regulačního ventilu	12
3.3.2	Regulace plnicího tlaku pomocí variabilní geometrie rozváděcích lopatek turbínového kola.....	13
4	Mechanicky poháněná dmychadla	15
4.1	Turbokompresor	15
4.2	Rootsovo dmychadlo	15
4.3	Lysholmovo dmychadlo	16
4.4	G – dmychadlo.....	17
5	Chlazení nasávaného vzduchu.....	18
6	Sestavy vícestupňového přeplňování	20
6.1	Dvoustupňové přeplňování turbodmychadly.....	20
6.1.1	Dvoustupňové přeplňování sériové.....	20
6.1.2	Koncepce TwinPower Turbo (značení firmy BMW).....	21
6.2	Kombinace kompresoru a turbodmychadla (Twincharger).....	24
6.3	Elektricky poháněná dmychadla.....	25
7	Výstupní charakteristiky přeplňování	26
7.1	Vliv přeplňování na průběh výkonu a točivého momentu	26
7.2	p-v diagramy.....	27
7.2.1	Teoretické p-v diagramy	27
7.2.2	Reálné p-v diagramy	28
7.2.3	Klepání motoru.....	28
8	Nejčastější závady turbodmychadla a jeho příčiny	29
8.1	Poškození cizím předmětem	29
8.2	Znečistěný motorový olej	29
8.3	Nedokonalé mazání turbodmychadla	29
8.4	Přerušení dodávky oleje.....	30
8.5	Přehřátí.....	30
9	Příklady přeplňovaných vozů.....	31
9.1	Přeplňování turbodmychadlem.....	31
9.2	Přeplňování mechanicky poháněnými dmychadly	31
9.2.1	Turbokompresor	31
9.2.2	Rootsovo dmychadlo	32
9.2.3	Lysholmovo dmychadlo	32
9.2.4	G – dmychadlo	33
10	Závěr.....	33

1 Úvod

V dnešní době, kdy lidé neustále zvyšují své nároky na svůj každodenní standard, v době kdy už z matičky Země těžíme prakticky cokoli, co nám jen může poskytnout, v době, jak se říká „uspěchané“, jsou konstruktéři nuceni neustále přicházet s novými produkty, které tuto poptávku uspokojí. Nejinak je tomu v automobilovém průmyslu.

Ještě nedávno, v době, kterou prožívali lidé z konce 19. století, nikdo neznal spalovací motor. Většina lidí chodila pěšky, ti bohatší měli koně. Na delší vzdálenosti se jezdilo vlakem. S tímto se ale ne každý chtěl smířit. Po dlouhém bádání spatřil světlo světa první spalovací motor a odstartoval tím novou éru. Najednou se motor hodil prakticky pro vše. Od různých stacionárních strojů až po všelijaké samohybné stroje, ze kterých se postupně vyvinuly automobily, ale i letadla, lodě, vlaky aj. Rozvoj se řídil mílovými kroky kupředu.

Dnes, když už víme o motorech mnohé, musíme se dívat také na to, co tato významná změna znamenala pro životní prostředí. Lidé jsou neustále lační po větším výkonu. To je také zřetelné na spoustě druhů motoristických sportů. V dřívějších dobách bylo tohoto efektu dosaženo pouhým zvětšováním již prozkoumané technologie. Litrový motor měl najednou litrů pět, spotřeba šla velmi rychle nahoru. Motor byl velmi těžký a neforemný, takže bylo třeba vozy zvětšit. To s sebou neslo mnoho dalších problémů. Tento jev lze pozorovat na některých západních vozech, které jsou pro potřeby svého majitele mnohdy zbytečně velké. Když to někdy pozoruji, jaké „krabice“ se dnes pro obyčejné lidi vyrábějí, přijde mi to, jako kdyby lidé chtěli jezdit do práce traktory.

Konstruktéři si však řekli dost. Tímto směrem směřovat nemůžeme. Musíme „vyždímat“ více výkonu z konvenčních motorů. Jedním způsobem jak získat nárůst výkonu, při zachování jeho velikosti, je do válce „nacpat“ více směsi. S touto myšlenkou došli k řešení a o tom je tato práce.

2 Něco málo z historie

Princip přepřňování pomocí turbodmychadla byl navržen Švýcarem Alfrédem Büchim na počátku 20. století, konkrétně 1909 – 1925. Bylo to první dmychadlo poháněné pouze spaliny ve výfukovém potrubí. Využití si našlo rychle, zejména v leteckém a lodním průmyslu. Konkrétně to byly bombardéry B17. Právě v této oblasti bylo zvýšení výkonu velmi žádané.

Prvními přeplňovanými osobními automobily se staly Chevrolet Corvair Monza a Oldsmobile Jetfire z roku 1963. Jejich nespolehlivost je přes revoluční konstrukci přivedla k rychlému stažení z trhu.

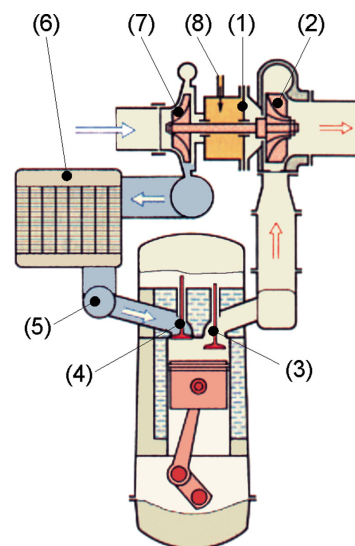
První „funkční“ motory vybavené přeplňováním byly vyráběny v 70. letech 20. století. K nejznámějším vozům s touto technologií patří nepochybně Porsche se svým modelem 911 Turbo. Pro mnohé je tento model vrcholnou verzí celé řady a to i na dnešní měřítku. K dalším značkám patří zajisté Saab, který v roce 1976 přivedl na trh přeplňovaný čtyřválec jako reakci na atmosférické motory jiných značek, které museli pro zachování výkonu zvolit cestu větších objemů a většího počtu válců. Lidé se avšak stále více ztotožňovali s atmosférickými motory, protože u tehdejších motorů byla velmi patrná tzv. turbo-prodleva.

Pro vyznavače vznětových vozů byl na trhu připraven Mercedes 300 SD, který se začal vyrábět od roku 1978. Pro méně majetné řidiče byla započata, od roku 1981, výroba vozů Volkswagen Golf. Pokračováním vývoje se stali vozy s označením TDI s proměnnou geometrií lopatek dmyhadla. Tato změna měla kladný vliv na průběh točivého momentu zejména v nižších otáčkách, avšak byla poznamenána nutností použití další elektroniky a složitějšího programu řídicí jednotky. [2]

3 Turbodmychadla

3.1 Princip

Výfukové plyny, které opouští spalovací prostor vysokou rychlostí, jsou přiváděny na lopatkové kolo turbíny (2), kde je část jejich energie převáděna na rotační energii turbodmychadla, které se díky tomu roztočí na vysoké otáčky (až 300 000 min^{-1}). Turbínové kolo je pevně spojeno pomocí hřídele s kompresorovým kolem (7), které má tedy stejné otáčky jako turbínové. Kompresor na vstupu nasává vzduch z atmosféry a stlačuje jej na určitý plnicí tlak. U variabilních turbodmychadel lze tento plnicí tlak regulovat. Hřídel je uložen na olejovém filmu, který zamezuje styku hřídele se skříní turbodmychadla. Tento olej je přiváděn z olejové vany, tudíž slouží též pro mazání motoru. Na tento



- (1) - tepelně izolační vložka
- (2) - lopatkové kolo turbíny
- (3) - výfukový ventil
- (4) - sací ventil
- (5) - rozdělovací sací potrubí
- (6) - chladič plnicího vzduchu
- (7) - lopatkové kolo dmyhadla
- (8) - přívod mazacího oleje

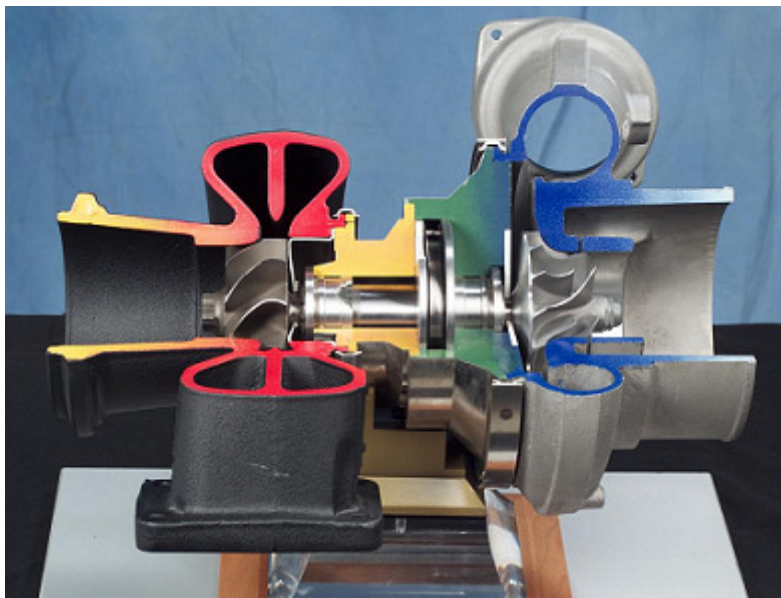
Obr. 3.1 Schematické znázornění motoru přeplňovaného turbodmychadlem [1]

olej jsou kladeny vyšší nároky než na olej používaný u motorů bez turbodmychadel. Teplotní rozdíl mezi lopatkovými koly turbíny a kompresoru může být až 1000°C, což zvyšuje nároky na přesnost výroby a vlastnosti použitých materiálů. [1]

3.2 Konstrukce

Turbodmychadlo se skládá z několika částí. Má tři rotující části a jednu statickou část. Pojďme se tedy na nejdůležitější části podívat podrobněji.

Turbínové kolo (na obr. 3.2 vlevo) je nejvíce namáhaná část turbodmychadla. Nejen, že se otáčí velmi rychle, ale ještě je zatíženo velkým teplotním namáháním. To je



Obr. 3.2 Řez turbodmychadlem [3]

důvodem, proč musí být vyrobeno z materiálu, který toto extrémní namáhání vydrží. Jedním z nejčastějších materiálů na výrobu turbínového kola je žáruvzdorná niklová slitina, která se zhotovuje přesným litím.

Spojovací hřídel je rovněž namáhán, je to avšak namáhání jiného typu. Je třeba zaručit, aby při rotaci docházelo k co nejmenšímu otěru hřídele s blokem turbodmychadla. Z tohoto důvodu je třeba volit ocel ušlechtilou a její povrch upravit tak, aby nedocházelo k otěru. Spojovací hřídel je spojen s turbínovým kolem zpravidla technologií třecího svařování.

Kompresorové kolo je vyrobeno zpravidla z hliníku nebo z jiných lehkých slitin a je rovněž odléváno technologií přesného lití. Dále je spolu s příslušenstvím, jako jsou těsnící a distanční podložky a ložiskem, připojeno k spojovacímu hřídeli.

Posledním hlavním členem turbodmychadla je samotná skříň. Skříň bývá zpravidla rozdělena na tři samostatné celky, které se vzájemně oddělí izolační vložkou, která ve značné míře odizoluje teplo vzniklé zejména v turbínové části. Turbínová část skříňe je vyrobena zpravidla z litiny s lupínkovým grafitem (dříve známá jako šedá litina). Skříň ložisek je také vyrobena z litiny, druh litiny je ovšem různý a mění se dle výrobce. Skříň kompresorového kola není zatížena velkým tepelným namáháním, a proto lze vyrábět z méně odolných

Ústav automobilního a dopravního inženýrství Způsoby zvyš. výkonu vznět. a zážeh. motorů materiálů. Nejvíce se opět používá hliníková slitina, výjimečně, zejména u luxusních vozů, může být použit titan. [1]

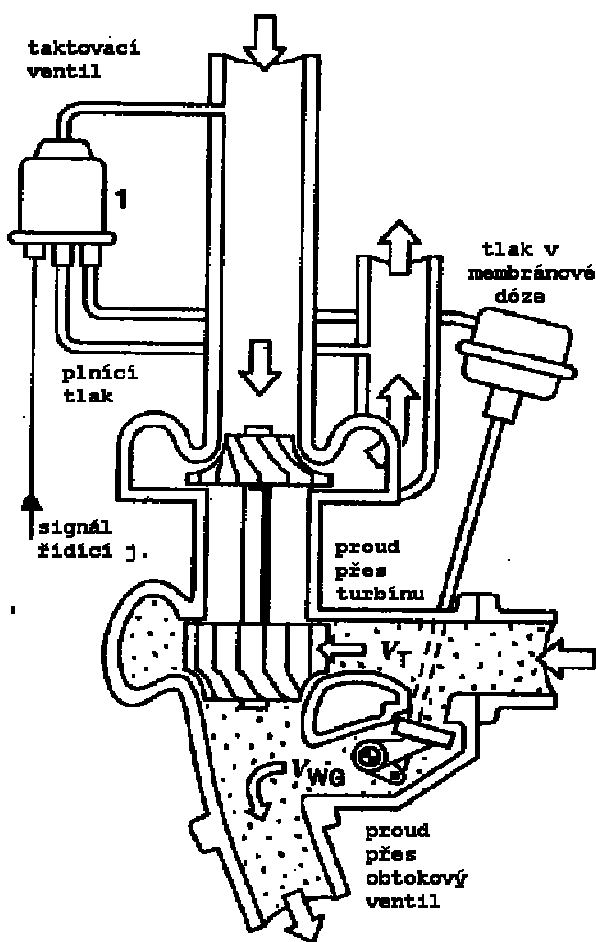
3.3 Regulace plnicího tlaku

Mezi otáčkami turbodmychadla a otáčkami motoru neexistuje žádná mechanická vazba. Jediná vazba je pneumatická, která se projevuje neochotou měnit svůj stav. Z tohoto důvodu je vhodné udržovat motor v konstantních otáčkách a tedy i rotor turbodmychadla v konstantních otáčkách. Toho lze však dosáhnout jen obtížně a to jen u stacionárních strojů. U automobilů není možné tento vstupní požadavek akceptovat a musí se tedy počítat se změnami otáček. Budete-li chtít zvýšit otáčky, přidáte plyn a do motoru se bude dostávat bohatší směs. Na tento pokyn ale nemůže turbodmychadlo včas reagovat a tak vzniká tzv. „turboefekt“. Toto zpoždění, které je v praxi kolem jedné vteřiny, je dáno opožděným roztočením turbíny. Tento nežádoucí jev je naštěstí možné ovlivnit regulací. [1]

3.3.1 Regulace plnicího tlaku pomocí obtokového regulačního ventilu

Jedná se o nejčastěji používaný způsob regulace, zejména u nákladních automobilů. Způsob regulace je pasivní. Turbodmychadlo je navrženo tak, aby již při nízkých otáčkách dodávalo velké množství vzduchu. Jakmile plnicí tlak dosáhne určité hodnoty, otevře obtokový regulační ventil tzv. „bypass“ a část výfukových plynů je přepuštěna mimo turbínové kolo přímo do tlumiče výfuku. Tím se omezuje další zvyšování plnicího tlaku, které by vedlo k velkému namáhání motoru.

Při brzdění motorem je škrtková klapka uzavřena. Aby nedocházelo k tlakovému kmitání vzniklému vlivem komprese vzduchu do uzavřeného plnicího potrubí, je propojena plnicí a sací větev dmychadla odlehčovacím (taktovacím) ventilem. Vzduch stlačovaný dmychadlem může



Obr. 3.3 Systém regulace plnicího tlaku obtokovým regulačním ventilem [10]

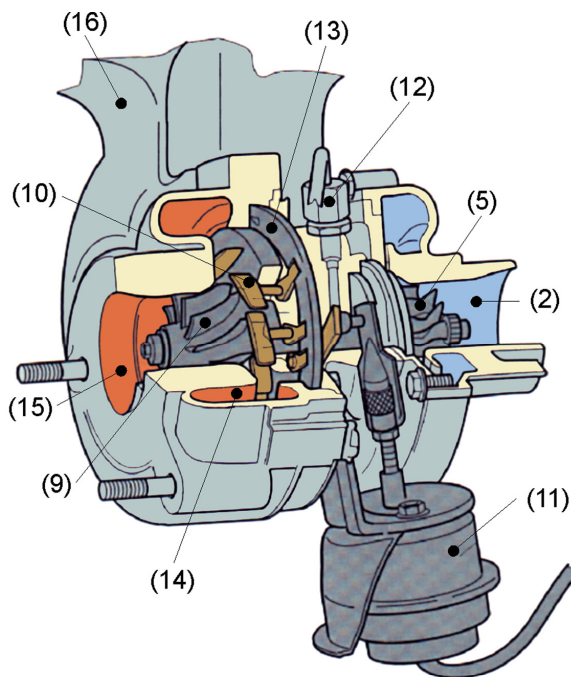
proudit zpět do sacího potrubí (uzavřený okruh).

Regulace plnicího tlaku může být čistě pneumatická, ale u motorů s elektronicky řízeným vstřikováním bývá pneumatické ovládání řízeno elektronicky přes převodník. [1] [9]

3.3.2 Regulace plnicího tlaku pomocí variabilní geometrie rozváděcích lopatek turbínového kola

Při regulaci pomocí variabilní geometrie rozváděcích lopatek turbínového kola se využívá toho, že v průběhu otáčení turbínového kola lze měnit tok spalin pomocí nastavitelných rozváděcích lopatek (10). Jedná se o tzv. aktivní regulaci, která je možná v celém rozsahu pracovních otáček, narozdíl od regulace pomocí obtokového ventilu, který pracuje pouze s přebytkem tlaku.

Tok spalin je dán rychlostí spalin a velikostí průřezu, kterým proudí výfukové plyny od motoru (14) do prostoru turbínového kola (9). Hmotnost spalin na vstupu do turbodmychadla je rovna hmotnosti spalin z turbodmychadla vycházejících (není zde žádný obtokový ventil), avšak směr toku je regulován pomocí nastavitelných rozváděcích lopatek (10), které se natáčí dle požadavku motoru.



- (2) - nasávaný vzduch
- (5) - kolo dmychadla
- (9) - turbínové kolo
- (10) - nastavitelná rozváděcí lopatka
- (11) - pneumatický válec pro nastavování rozváděcích lopatek
- (12) - přívod oleje pro mazání
- (13) - otočný nastavovací kroužek
- (14) - výfukové plyny (od motoru)
- (15) - výstup výfukových plynů
- (16) - skříň turbodmychadla

Obr. 3.4 Částečný řez turbodmychadlem s proměnnou geometrií turbíny (VW 1,9 / 81 kW TDI) [1]

3.3.2.1 Vliv natočení rozváděcích lopatek na průběh plnění

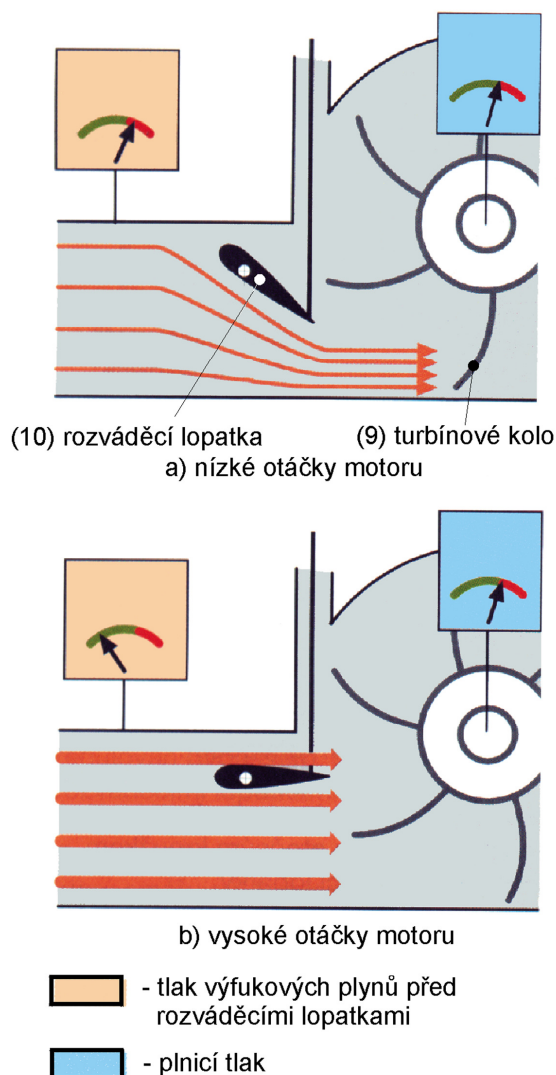
Na obrázku (Obr. 3.5) můžeme pozorovat dva rozdílné stavy motoru a to při nízkých a vysokých otáčkách.

Při proudění plynů potrubím můžeme obecně konstatovat, že čím je vyšší rychlost proudění, tím je nižší tlak a naopak, čím je nižší rychlost proudění, tím je tlak vyšší.

Na obrázku (Obr. 3.5 a) vidíme situaci při nízkých otáčkách motoru. Na ukazateli tlaku výfukových plynů před rozváděcími lopatkami vidíme velký tlak. Z této informace je patrné, že na vstupu do turbodmyhadla je nízká rychlost spalin. Pomocí rozváděcích lopatek zmenšíme průřez, čímž zvýšíme rychlost toku spalin, které usměrníme tak, aby na turbínové kolo přicházeli tangenciálně a to na konec lopatek.

Na obrázku (Obr. 3.5 b) můžeme pozorovat jiný extrém. Budeme-li uvažovat nízký tlak spalin přicházejících do turbodmyhadla od motoru, musíme také uvažovat jejich vysokou rychlost. Tato rychlost spalin je transformována na otáčky turbodmyhadla. Aby nedošlo ke kritickým otáčkám turbodmyhadla, a následně ke kritickému tlaku plnění, musíme spaliny usměrnit tak, že jejich část necháme proudit na „paty“ lopatek. Tím se otáčky turbodmyhadla optimalizují.

Porovnáme-li oba obrázky, můžeme pozorovat, že výstupní tlak turbodmyhadla, tedy plnicí tlak motoru, je v obou případech stejný. Při zachování stejného tlaku plnění v celém rozsahu otáček motoru, dostáváme příznivější charakteristiku výkonu a točivého momentu.



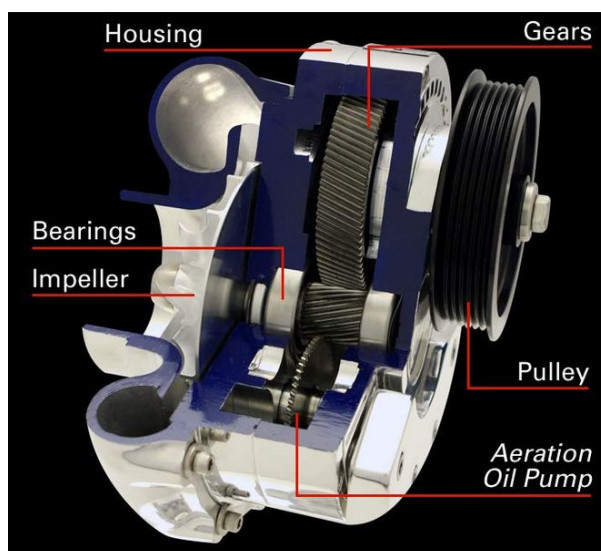
Obr. 3.5 Proudění výfukových plynů na lopatky turbínového kola při různých otáčkách motoru [1]

4 Mechanicky poháněná dmychadla

U mechanického přeplňování je dmychadlo poháněno dnes nejčastěji mechanickým ozubeným převodem od klikového hřídele motoru. To znamená, že tento další „spotřebič“ ubírá část výkonu motoru, který by jinak mohl být využit na kolech vozidla. Výhodou mechanického přeplňování je skutečnost, že jisté stlačení vzduchu je k dispozici již od nejnižších otáček motoru. Přímá vazba otáček dmychadla s otáčkami klikového hřídele poskytuje okamžitou odezvu v nestacionárním provozu. Studie ukazují, že mechanické přeplňování nabízí ve srovnání s přeplňováním turbodmychadlem nižší výkonové zisky a také měrná spotřeba nedosahuje tak příznivých parametrů jako u přeplňování turbodmychadlem. Tato nevýhoda může být zmírněna odpojováním dmychadla při nižších zatíženích motoru. Mechanická vazba dmychadla s klikovou hřídelí je také zdrojem nadměrného hluku. [12]

4.1 Turbokompresor

Na vstupním hřídeli je nasazena řemenice (Pulley), která je spojena zpravidla pomocí drážkového řemene s klikovou hřídelí. Na vstupním hřídeli je také nasazeno ozubené kolo, které spolu s ozubeným kolem na výstupním hřídeli tvoří soukolí (Gears). Na konci výstupního hřídele je umístěno lopatkové kolo (Impeller). Toto kolo slouží k nasávání a stlačování vzduchu. Oba hřídele jsou uloženy na ložiscích (Bearings) a umístěny do skříně turbokompresoru (Housing).

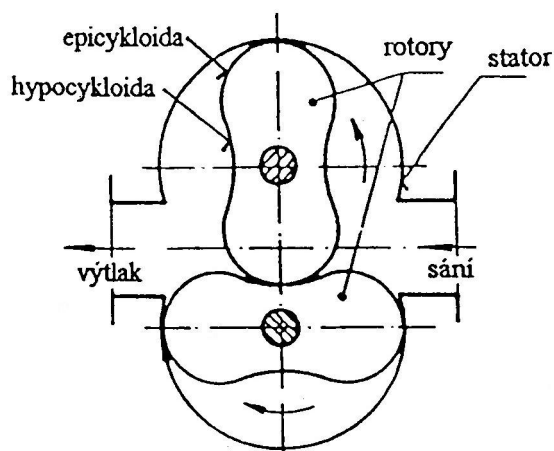


Obr. 4.1 Řez turbokompresorem [11]

4.2 Rootsovo dmychadlo

Ve skříni jsou uloženy dva rotory, které se vzájemně otáčejí proti sobě. Jeden z rotorů je poháněn od klikové hřídele, druhý rotor je poháněn prvním přes čelní soukolí s přímým ozubením. Toto spojení zaručuje přesnou polohu jednoho rotoru vůči druhému.

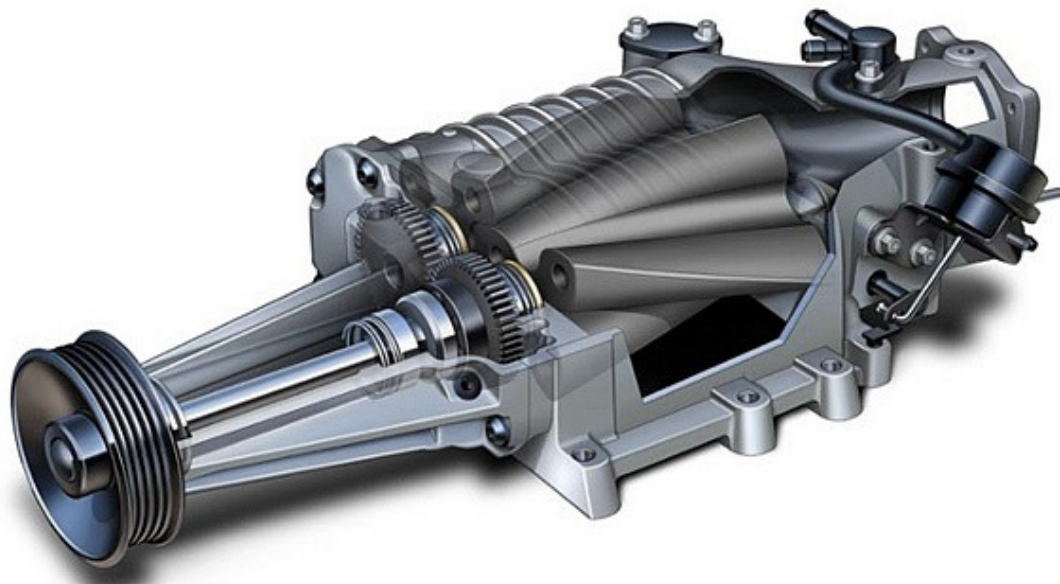
Vzduch je nasáván ze sací části do



Obr. 4.2 Schematický řez mechanicky poháněným dmychadlem Roots s dvoulaločnými rotory [13]

Ústav automobilního a dopravního inženýrství Způsoby zvyš. výkonu vznět. a zážeh. motorů
 prostoru mezi rotorem a skříní dmyhadla. Pomocí otáčení rotorů je vzduch stlačován. Stlačený vzduch je vytlačován výstupní částí dmyhadla do sacího potrubí.

Těsnost dmyhadla závisí na stupni přesnosti a stupni opotřebení. U běžných konstrukcí se 20 – 30% stlačeného vzduchu vrací zpět k sacímu hrdlu dmyhadla.

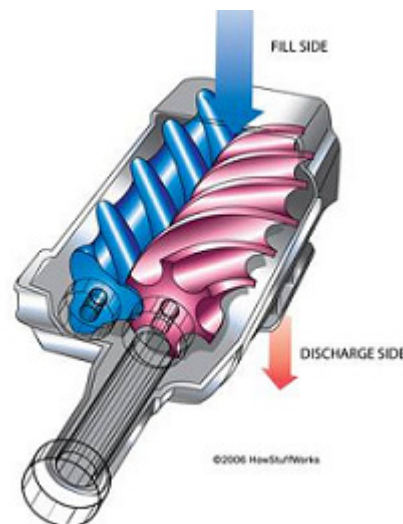


Obr. 4.3 Rootsovo trojlaločné dmyhadlo [14]

4.3 Lysholmovo dmyhadlo

Lysholmovo dmyhadlo je podobné šroubovému rootsovu dmyhadlu, ale rotory mají konický úkos. Z toho vyplývá, že tyto šroubové kompresory mají vnitřní stlačení vzduchu, což je činí efektivnějšími pro vysokotlaké přeplňování. Bohužel nevýhodou interního kompresního poměru jsou vyšší ztráty při běhu naprázdno. Rootsovo dmyhadlo může být vybaveno obtokem s jednoduchou škrticí klapkou pro částečná zatížení. Jedinou zátěží pak bude mechanický pohyb ozubených kol a lopatek (ten podle firmy Eaton činí pouze okolo 0.3 hp).

Oproti tomu Lysholmovo dmyhadlo bude stlačovat vzduch dokud je poháněno, dokonce i když obtokový ventil umožní jeho re-cirkulaci. Jediný způsob eliminace ztrát Lysholmova dmyhadla je odpojit jeho pohon pomocí mechanické spojky. Toho využijeme při situacích, kdy nepotřebujeme plný výkon motoru. [15]



Obr. 4.4 Lysholmovo dmyhadlo [16]

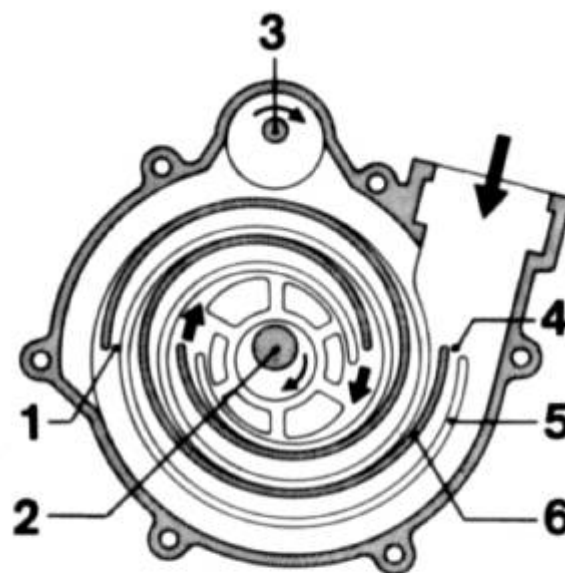
Na obrázku (Obr. 4.5) je patrný rozdíl oproti rootsovu dmychadlu. Tento rozdíl tvoří tvar lopatek a jejich rozdílný počet vůči druhému rotoru. Oba rotory musí být vyrobeny velmi přesně tak, aby docházelo k co nemějším ztrátám tlaku v průběhu plnění. Také materiál, ze kterého jsou rotory vyrobeny, musí být houževnatý a zároveň tvrdý aby nedocházelo k poškození zejména rotoru s menší tloušťkou stěny lopatky (Obr. 4.5 vlevo) Právě tato koncepce je důvodem vyšší ceny dmychadla.



Obr. 4.5 Lysholmovo dmychadlo - detail rotorových lopatek [16]

4.4 G – dmychadlo

G – dmychadlo je mechanicky poháněné spirální dmychadlo, jehož název je odvozen od tvaru funkční části. Použila jej automobilka Volkswagen v polovině osmdesátých let u zážehového motoru vozu Polo. Využila tak princip patentovaný již v r. 1903 v USA. Ve dvoudílné skříni dmychadla jsou na každé straně dvě spirálovité přepážky. Uvnitř této nepohyblivé skříně je výtlačný díl dmychadla, jenž má rovněž na obou stranách po dvou spirálovitých přepážkách zapadajících do mezer mezi přepážkami skříně. Výtlačný díl

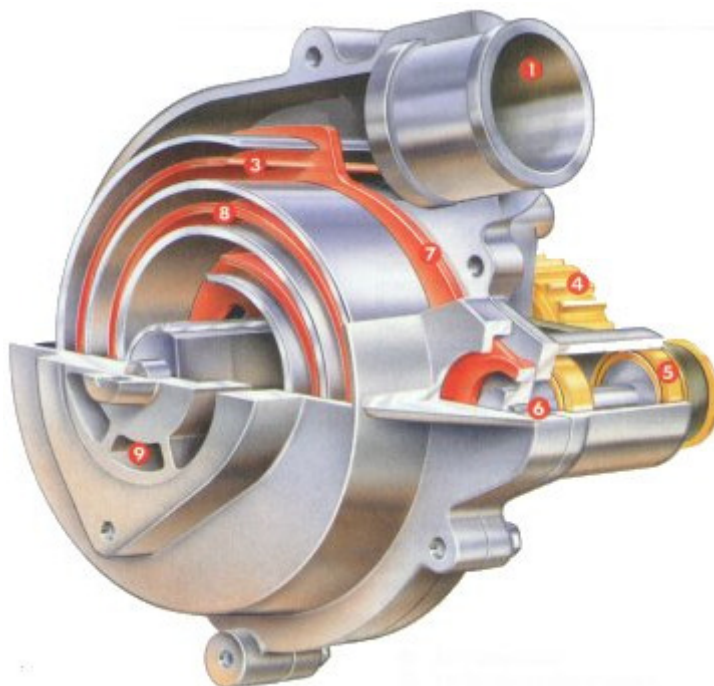


- 1 - vstup vzduchu do druhé pracovní komory
- 2 - hnací hřídel
- 3 - vedení výtlačného dílu
- 4 - vstup vzduchu do první pracovní komory
- 5 - výtlačný díl

Obr. 4.6 Schematický řez G - dmychadlem [17]

vykonává krouživý pohyb, ale neotáčí se. Mezi pevnými a pohyblivými se přepážkami na obou stranách vznikají čtyři pracovní komory, které plynule „putují“ ke středu dmychadla. Výtlačný díl je uložen na výstředném čepu hřídele poháněného dvojitém klínovým řemenem od klikového hřídele motoru. Aby se neotáčel, je uložen ještě na jednom výstředníkovém hřídeli, jenž je s hlavním spřažen rovněž klínovým řemenem s převodovým poměrem 1:1,

takže celá pohyblivá soustava tvoří paralelogram. Vzduch se nasává na vnější straně skříně a vytlačuje u jejího středu přes jazýčkové ventily. Proti dnes nejrozšířenějším konstrukcím má G-dmychadlo řadu předností. Především není namáháno vysokými teplotami jako výfukové turbodmychadlo. Opracování jeho činných částí nemusí být tak přesné jako u Rootsova dmychadla a je tedy i levnější. Neboť jeho relativní rychlosti jsou malé, mohla být použita nemazaná těsnění z bronzu s teflonovým povlakem. Další předností je, že díky pracovnímu principu vznikají na sací straně jen malé pulzace, nezvyšující hladinu hluku motoru. [17]



Obr. 4.7 Průhledová kresba G - dmychadlem [18]

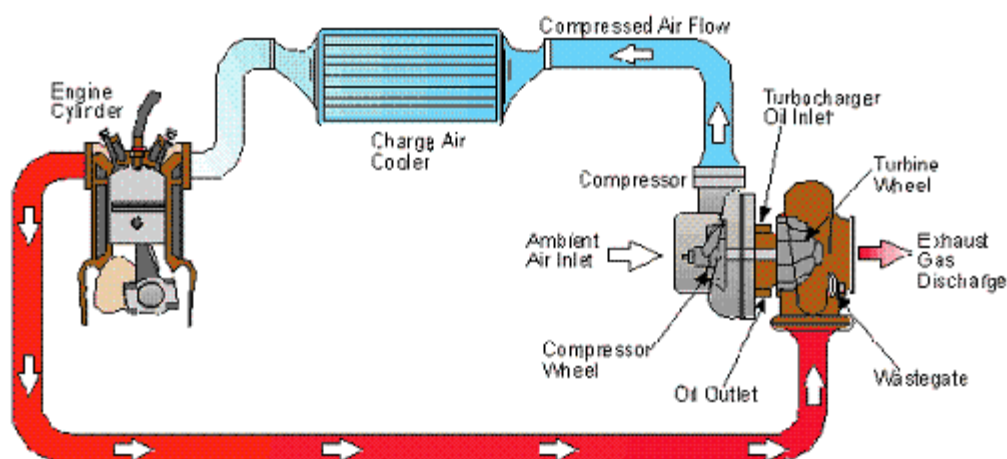
5 Chlazení nasávaného vzduchu

Snížením teploty plnicího tlaku vzduchu v tzv. mezichladiči (intercooler) se dosáhne nejen zvýšení hustoty plnicího vzduchu, ale i snížení teploty pracovního oběhu motoru, a tím i tepelného namáhání funkčních částí spalovacího prostoru. Požadujeme-li určitou hodnotu hustoty plnicího vzduchu a dosahujeme-li jí převážně snížením teploty, není nutno o mnoho zvyšovat hodnotu plnicího tlaku. Tím i méně vzroste tlak pracovního oběhu a mechanické namáhání dílů motoru se tolik nezvýší.

Nesmíme rovněž zapomínat, že na teplotu plnicího vzduchu má vliv i účinnost dmychadlové (kompresorové) strany turbodmychadla. Čím je tato účinnost vyšší, tím je teplota plnicího vzduchu za dmychadlem nižší.

Obvykle se používají chladiče vzduchové, u nichž je plnicí vzduch ochlazován okolním prouděním vzduchu. Kapalinové chladiče se používají méně často. Příkladem použití

kapalinového chladiče je např. u motoru Audi V8 TDI. U kapalinových chladičů se stlačený vzduch na výstupu z turbodmyhadla chladí pomocí kapaliny, která má svůj oddělený okruh a vlastní čerpadlo. U motorů s koncepcí bloku válců do V se mezichladič obvykle umísťuje mezi protilehlé řady válců. Díky kompaktní stavbě motoru, krátkým drahá plnicího vzduchu a minimálním tlakovým ztrátám je schopný snížit teplotu plnicího vzduchu až o 80°C. [1]



Obr. 5.1 Schéma přepřívání motoru turbodmyhadlem s mezichladičem [19]

Na obrázku (Obr. 5.1) máme nakresleno schéma přepřívání motoru s vloženým mezichladičem. Nasávaný vzduch je díky stlačení zahříván. Další zvýšení teploty nastává sdílením tepla s lopatkami kompresorového kola. Tyto lopatky jsou zahřívány od lopatek turbínového kola. Toto teplo se od turbínového kola přenáší pomocí hřídele na kolo kompresorové. Takto zahřátý vzduch je nutno chladit. Toto chlazení probíhá v mezichladiči (Obr. 5.1 uprostřed). Zchlazený vzduch je následně pomocí sacího ventilu přepouštěn do motoru.

Na obrázku (Obr. 5.2) pozorujeme montážní sadu vzduchového mezichladiče (intercooleru). Do této sady patří různé spojky, hadice, trubky, objímky, držáky a samozřejmě mezichladič. Konkrétně tato sada je určena pro sportovní vůz značky Subaru a to konkrétně typu WRX/STI.



Obr. 5.2 Intercooler kit Japspeed Subaru Impreza GR WRX/STI (08-11) [20]

6 Sestavy vícestupňového přeplňování

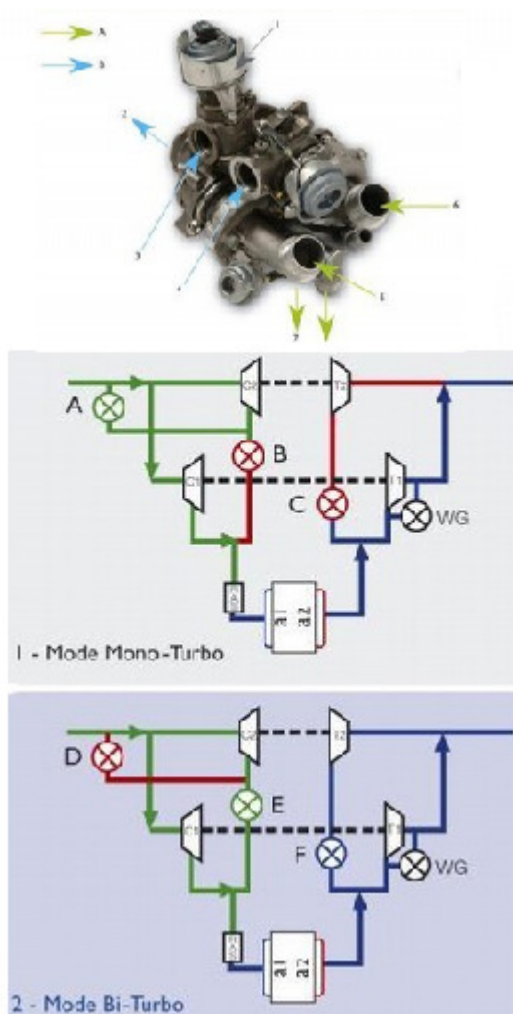
Hovoříme-li o sestavách vícestupňového přeplňování, myslíme tím sériové, či paralelní zapojení turbodmychadel nebo mechanicky poháněných dmychadel. Tyto komponenty řadíme do okruhu z důvodu využití nejlepších vlastností každé z rozdílných komponent v různých jízdních režimech. Výsledkem je pak plynulejší chod motoru (přeplňování již od malých otáček) a také zvýšení výkonu motoru.

6.1 Dvoustupňové přeplňování turbodmychadly

Při realizaci dvoustupňového přeplňování pomocí dvou turbodmychadel využíváme jejich rozdílné velikosti. První turbodmychadlo je menší určené pro jízdu v malých otáčkách, kde není zapotřebí velkých výkonů. Je-li toto dmychadlo menší, má také nižší hmotnost a tudíž i menší setrvačnost. Z tohoto důvodu reaguje svižněji na změny otáček a tím redukuje prodlevu tzv. „turboefekt“. Druhé turbodmychadlo je větší určené k jízdě při vysokých otáčkách motoru. Má avšak větší setrvačnost. Mezi oběma dmychadly je plynulý přechod a dají se kombinovat buďto do série nebo paralelně.

6.1.1 Dvoustupňové přeplňování sériové

Dvoustupňové přeplňování znamená, že dvě turbodmychadla jsou zařazena za sebou, čímž je dosaženo výrazně vyšších plnicích tlaků (kolem 3 bar) při širokých možnostech jeho regulace, pomocí prepouštěcích obtokových ventilů. Plnicí tlak je v nízkých otáčkách dodáván pouze prvním menším turbodmychadlem, které je naladěno na maximum momentu v extrémně nízkých otáčkách. Ve středních otáčkách se přidává účinek druhého, velkého dmychadla a ve vyšších otáčkách pracuje již jen velké dmychadlo. Větší z obou turbodmychadel má rozměry a konstrukci, která by neumožnila použití tohoto dmychadla u jednostupňově přeplňovaného motoru. [21]



Obr. 6.1 Princip činnosti dvoustupňového turbodmychadla Peugeot [28]

6.1.2 Koncepce TwinPower Turbo (značení firmy BMW)

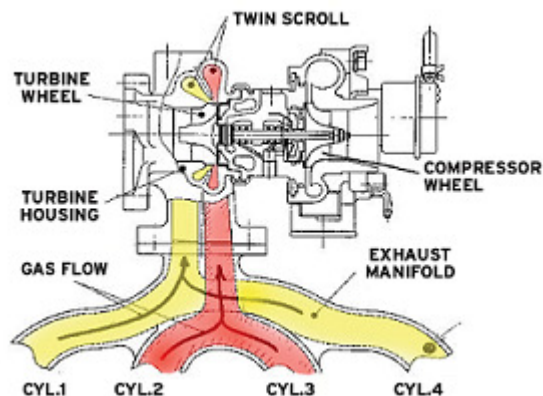
Tato technologie přeplňování zážehových i vznětových motorů BMW se vyznačuje skutečností, že některá z částí systému přeplňování je dvojí. Přínosem tohoto řešení je zejména rychlost reakcí přeplňovaných jednotek, jež se blíží standardním atmosférickým motorům. Motory přeplňované technologiemi BMW TwinPower Turbo se vyznačují výkonem mnohem větších jednotek při nízké spotřebě na úrovni dané koncepce motoru. Přínosem je také menší hmotnost jednotek ve srovnání s podobně výkonným atmosféricky plněným motorem.

Pod označením BMW TwinPower Turbo se ukrývají následující technická řešení:

- motory přeplňované dvojicí stejně velkých turbodmychadel zapojených paralelně (například osmiválec modelu BMW 750i nebo BMW X6 xDrive50i či dvanáctiválec BMW 760i)
- jednotky přeplňované dvoukomorovým turbodmychadlem twin-scroll (například řadový zážehový šestiválec typů BMW 135i Coupé, BMW 335i, BMW X6 xDrive35i a další)
- turbodiesely vybavené stupňovitým přeplňováním Variable Twin Turbo (například čtyřválec typu BMW 123d nebo šestiválce modelů BMW 335d, BMW 740d, BMW X5 xDrive40d a další)
- specialitou je motor používaný v modelech BMW X5 M a BMW X6 M, jejichž osmiválec přeplňovaný technologií BMW M TwinPower Turbo používá dvojici dvoukomorových turbodmychadel twin-scroll [23]

6.1.2.1 Twin-scroll

Dvoukomorové turbodmychadlo twin-scroll se vyznačuje oddělenými svody na turbínové straně, které se spojují až těsně před turbínou. Tím nedochází ke vzájemnému ovlivňování toku výfukových plynů směrem k turbíně, jež by mohlo mít za následek vznik pulzací. Přínosem turbodmychadla twin-scroll je zejména vyšší účinnost v nízkých otáčkách a rychlejší reakce motoru. Dvoukomorová turbodmychadla jsou použita například u zážehových šestiválců modelů BMW 135i Coupé, BMW 335i, BMW 535i nebo BMW X6 M.[23]



Obr. 6.2 Schéma systému twin-scroll [25]



Obr. 6.3 Průhled turbodmychadlem twin-scroll [26]

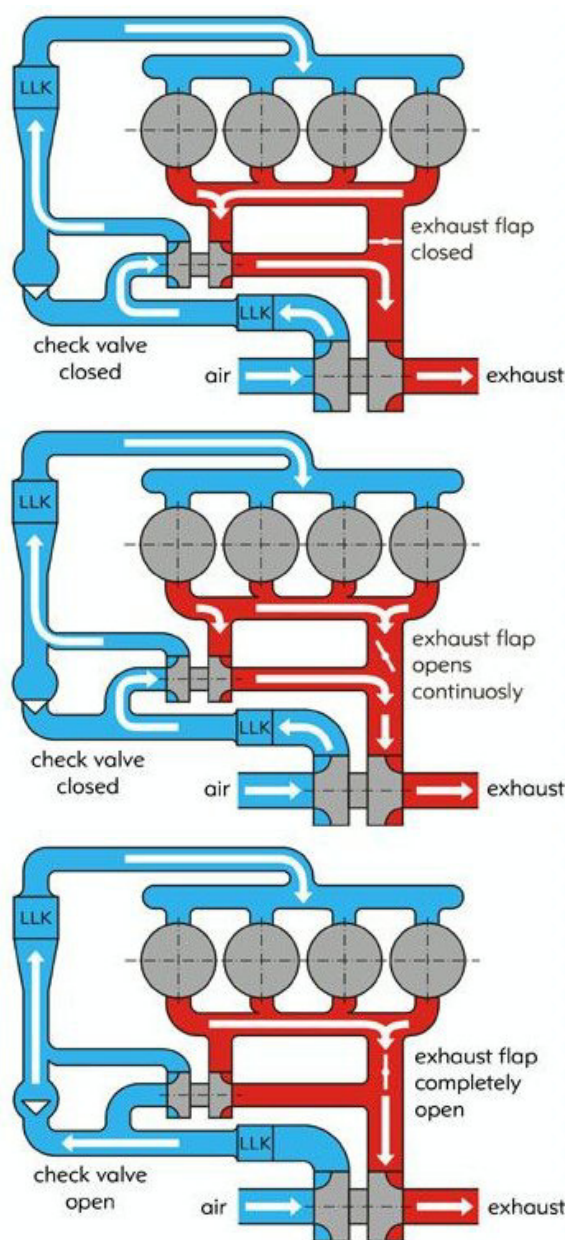
6.1.2.2 Variable Twin Turbo

Jedná se o dvoustupňové přepřlňování dvojicí malých turbodmychadel. Výsledný výkon je vysoký a to vše při velmi nízké spotřebě paliva. Vývoj přepřlňovaných pohonných jednotek v programu EfficientDynamics je u automobilky BMW příspěvkem ke snižování kompresních objemů, a tedy i emisí CO₂ a spotřeby paliva, a zároveň hmotností při vynikajících dynamických parametrech, srovnatelných s typy, které k jejich dosažení potřebovaly větší objem, či větší počet válců.[24]

Na obrázku (Obr. 6.4) máme schématicky nastíněny různé režimy jízdy. Mezi těmito režimy řídicí jednotka plynule přechází od jednoho k druhému dle aktuálního požadavku plnění motoru. Tento přechod je realizován pomocí výfukové klapky (exhaust flap) a ventilu sání (check valve).

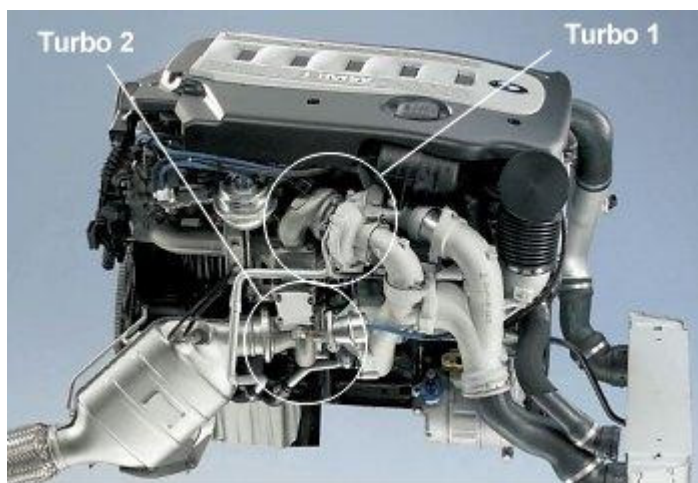
Na obrázku nahoře je režim jízdy, ve kterém se otáčky motoru pohybují do 1800 (min^{-1}). Veškeré spaliny jsou přiváděny nejprve na horní dmychadlo a následně pak na spodní v celém svém objemu. Ventil sání je uzavřen. Vzduch je tedy do motoru přiváděn přes obě dmychadla, je tedy stlačován dvakrát.

Na obrázku dole je režim jízdy, ve kterém se otáčky motoru pohybují přes 3000 (min^{-1}). Výfuková klapka je otevřena a většina spalin míří k turbínovému kolu spodního dmychadla. Akčním členem je tedy pouze spodní dmychadlo. Horní dmychadlo je nečinné. Ventil sání otevřen. Nasávaný vzduch je stlačován pouze jednou.

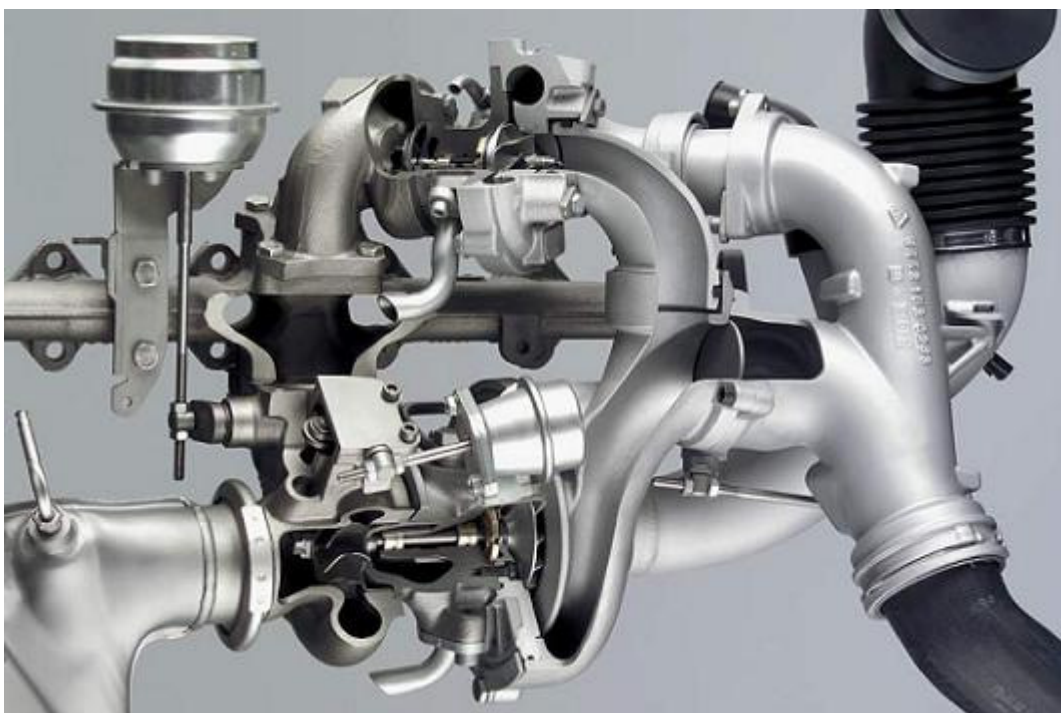


Obr. 6.4 Princip činnosti systému Variable Twin Turbo [27]

Při klidné jízdě, tedy otáčkách mezi 1800 – 3000 (min^{-1}), se dostáváme do přechodového stavu. Natáčením výfukové klapky a regulací ventilu sání dostáváme ideální plnicí tlak.



*Obr. 6.5 Pohled na systém Variable Twin Turbo
Motor BMW 535d [27]*

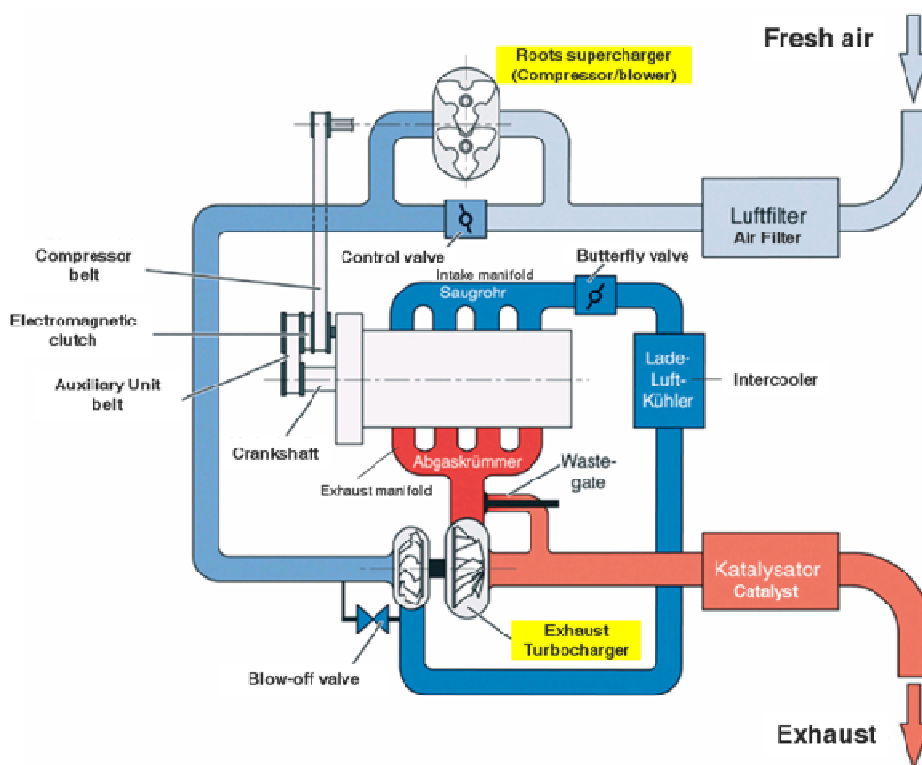


Obr. 6.6 Průhled sacím a výfukovým potrubím vozu BMW 535d Twin Turbo [21]

6.2 Kombinace kompresoru a turbodmyhadla (Twincharger)

Kompresor v kombinaci s turbodmyhadlem. Kompresor se stará o přísun vzduchu v nízkých otáčkách. Jak otáčky motoru stoupají, přebírá plnicí funkci turbodmyhadlo a kompresor je odpojován, aby se minimalizovaly mechanické ztráty.[22]

Air Flow in the VW Twincharged TSI



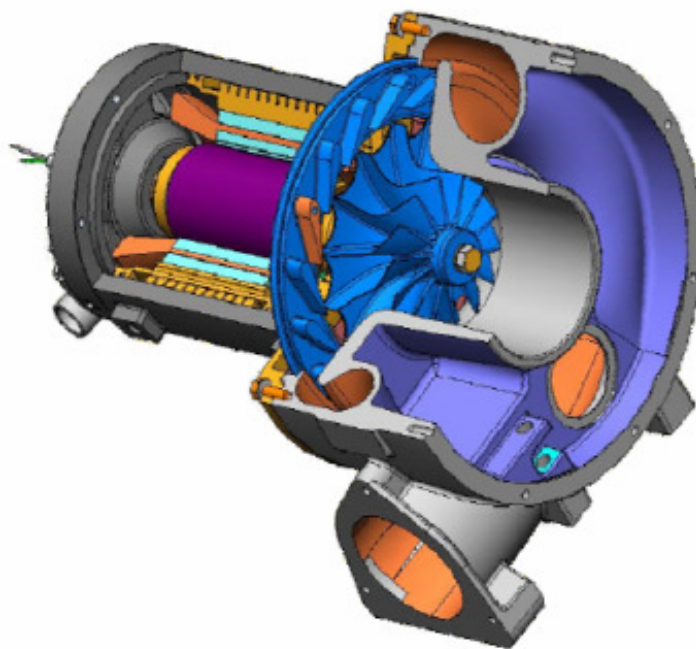
Obr. 6.7 Schéma přepínání pomocí kombinace kompresoru a turbodmychadla [29]

6.3 Elektricky poháněná dmychadla

S elektricky poháněnými turbodmychadly výrobci v posledních letech zatím jenom experimentovali. Jsou avšak považována za jedno z možných řešení v cestě za snižováním emisí.

Mohou být totiž poháněna z nezávislého zdroje, který může získávat energii např. rekuperací při brzdění, přitom na rozdíl od běžných turbodmychadel mohou fungovat už od nízkých otáček motoru.

Elektromotor jednoduše roztočí dmychadlo na požadované otáčky (a tedy požadovaný plnicí tlak) už



Obr. 6.8 Průhledová kresba elektricky poháněným turbodmychadlem [30]

prakticky od volnoběžných otáček motoru. Teprve, jak stoupají otáčky motoru, přestává dmychadlo pohánět elektromotor a svou funkci přebírají, jako u klasických turbodmychadel, výfukové plyny.

Tento systém znamená, že motor bude mít vysoký výkon už od nízkých otáček. Elektricky asistované turbo, jak se také tento systém nazývá, má být přitom výhodnější než použití mechanického kompresoru, který je poháněn přímo z klikové hřídele a tím odebírá motoru část jeho síly.

Vývojáři ale museli u elektricky poháněných turbodmychadel vyřešit řadu překážek. Především jak elektromotorem efektivně turbo roztočit do vysokých otáček a jak v takových vysokých rychlostech spolehlivě elektrický pohon připojovat a opět odpojovat.[22]

Konkrétně u firmy BMW se hovoří o realizaci systému se třemi turbodmychadly, z nichž právně jedno má být elektrické. Tento projekt je avšak stále jen na papíře.

7 Výstupní charakteristiky přeplňování

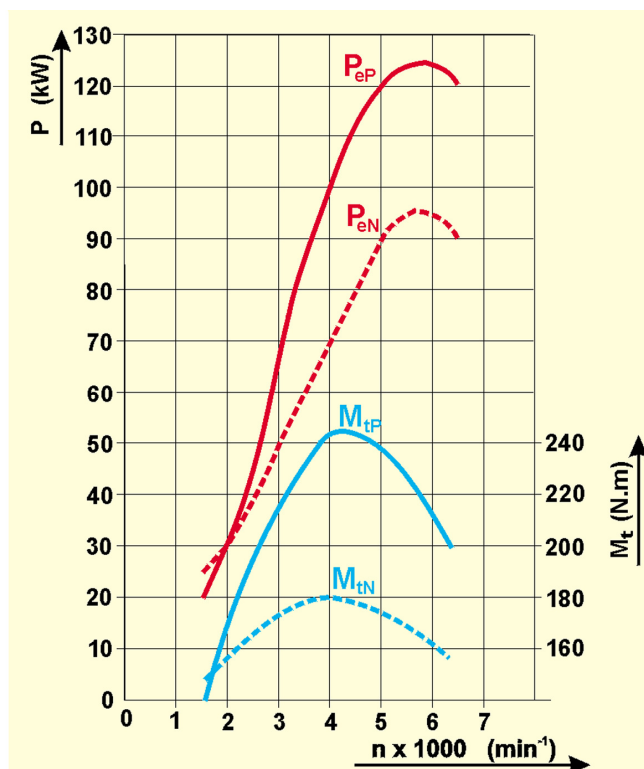
7.1 Vliv přeplňování na průběh výkonu a točivého momentu

Na obrázku 7.1 je znázorněn průběh točivého momentu, respektive výkonu nepřepřňovaného (index N) a přeplňovaného (index P) zážehového motoru.

Je patrné, že hodnota maximálního točivého momentu, respektive výkonu leží v určité oblasti otáček motoru a to bez ohledu na to, zda-li je motor přeplňován či nikoliv.

Nárůst výkonu je v tomto případě o zhruba 30% a nárůst točivého momentu o zhruba 20%. Tato hodnota je ovšem pouze informativní a je u každého motoru odlišná. Slouží pouze k vytvoření jakési představy.

Můžeme si také všimnout, že tečna ke křivce výkonu, respektive točivého momentu má u přeplňovaného motoru strmější směrnici. Z tohoto tvrzení vyplývá, že se zvyšujícími se



Obr. 7.1 Vnější rychlostní charakteristika přeplňovaného a nepřepřňovaného zážehového motoru [1]

otáčkami velikost výkonu, respektive točivého momentu, vzrůstá rychleji než u nepřepřehnaného motoru. To má velký vliv v situacích, kdy rychle potřebujeme zvýšit výkon, respektive točivý moment, a to například při předjíždění vozidel.

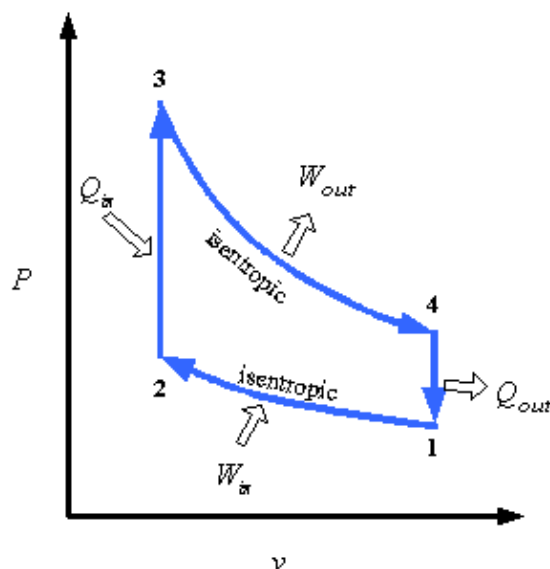
7.2 p-v diagramy

7.2.1 Teoretické p-v diagramy

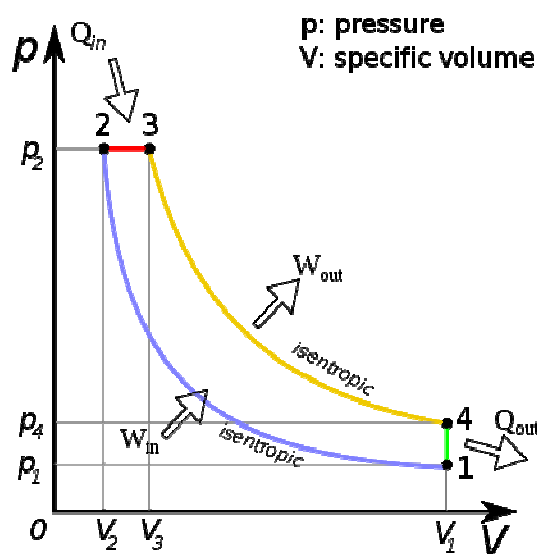
Teoretické p-v diagramy jsou zjednodušenou verzí skutečných p-v diagramů. Pracují s termodynamicky přesně popsány ideálními ději, které se ve skutečnosti nevyskytují. Pomocí těchto diagramů můžeme lépe pochopit, jak dochází k plnění motoru patřičnou směsí a také jakým způsobem je konána práce motoru.

Na obrázku 7.2 je znázorněn teoretický (ideální) p-v diagram zážehového motoru. Pracovní cyklus začíná isentropickou, neboli adiabatickou kompresí (křivka 1-2). V tomto ději je již nasátá směs stlačována až do horní úvratě pístu kde má objem v_2 a tlak p_2 . Při této změně musíme do soustavy vložit práci W_{in} . Následuje isochorický nárůst tlaku, který je v praxi realizován zažehnutím paliva pomocí zapalovací svíčky (křivka 2-3). V našem ideálním případě tuto změnu popisujeme jako dodání tepla Q_{in} . Po dosažení maximální hodnoty tlaku p_3 následuje opět isentropický (adiabatický) děj, který koná práci W_{out} až do konečné hodnoty tlaku p_4 a objemu v_4 . V poslední části (křivka 4-1) přebytečné teplo Q_{out} isochoricky odvádíme. Rozdíl prací ($W_{out} - W_{in}$) je práce cyklu. Na obrázku je to plocha mezi všemi křivkami.

Na obrázku 7.3 je znázorněn teoretický (ideální) p-V diagram vznětového motoru. Můžeme zde pozorovat značnou podobnost s předcházejícím obrázkem. Zásadní změnou je to, že změna 2-3 není isochorická, nýbrž



Obr. 7.2 Teoretický p-v diagram zážehového motoru [4]



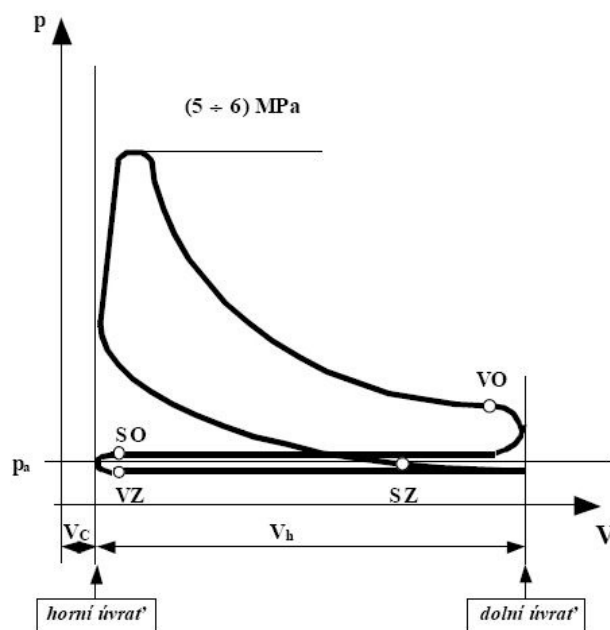
Obr. 7.3 Teoretický p-V diagram vznětového motoru [5]

isobarická, tedy za stálého tlaku. Všechny ostatní změny jsou stejné.

7.2.2 Reálné p-v diagramy

Reálné p-v diagramy udávají konkrétní průběhy změn tlaku a objemu. Je v nich navíc zakomponován zdvih, který je nutný pro opětovné naplnění prostoru nad pístem čerstvou směsí a také pro únik spalín do výfukového potrubí. Při tomto zdvihu motor neprodukuje žádný výkon, naopak výkon odebírá (to neplatí pro dvoudobé motory).

Na obrázku 7.4 máme p-v diagram zážehového motoru. Je to motor jednoho z nejprodávanějších automobilů v ČR. V porovnání s ideálním p-v diagramem



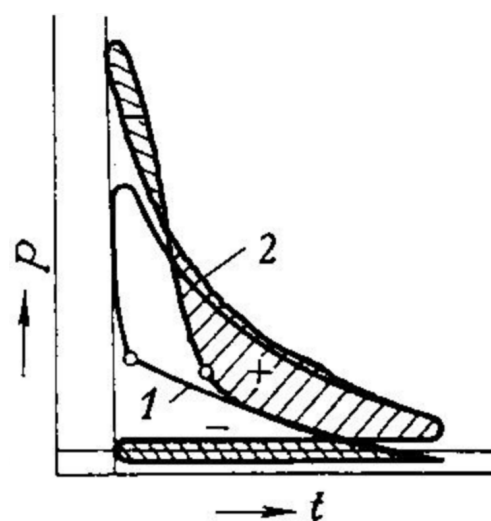
Obr. 7.4 Reálný p-v diagram zážehového motoru ŠKODA FABIA 1.2 HTP [6]

zážehového motoru pozorujeme patrné změny. Jednou ze změn je přítomnost zdvihu potřebného k plnění motoru (viz výše). Další změnou je, že hoření paliva neprobíhá za konstantního objemu. To je dáno tím, že žádná změna neproběhne za nekonečně krátký okamžik. Motor se stále otáčí a písty neustále konají přímočarý pohyb vratný. Navíc v bodě maximálního tlaku nepozorujeme ostrý průběh. To je opět dáno tím, že celý objem směsi nehoří naráz v jeden okamžik.

7.2.3 Klepání motoru

Klepání motoru je velmi nežádoucí jev, který vzniká v motorech, které nejsou dobře navrhnuty. Na klepání má velký vliv tlak. Zvýšíme-li tlak nad pístem nad přípustnou mez, což se může stát velkým kompresním poměrem, nebo velkým přeplněním, dochází k samovznícení směsi.

Za normálních okolností se směs stlačí a v patřičný okamžik zapálí pomocí zapalovací svíčky. Hoření se šíří v kulovitých plochách směrem od zapalovací svíčky, což je zpravidla směrem k povrchu pístu. Rychlost hoření se pohybuje od 6 do 20 ms^{-1} .



Obr. 7.5 Klepání zážehového motoru
1 - správné zažehnutí směsi
2 - samovznícení [7]

Dojde-li avšak k samovznícení nastává tzv. detonační spalování. Rychlost hoření směsi může dosahovat až 500 ms^{-1} (jiná literatura uvádí až 2000 ms^{-1}). Směs se, podobně jako u naftového motoru, vznítí a expanduje ještě před dosažením horní úvratě, čímž má tendenci otáčet klikový mechanismus proti směru otáčení. Dochází k nadměrnému zatěžování pístu, pístního čepu, ojnice aj. Toto je důvodem, proč má přeplňování zejména zážehových motorů své hranice. [7]

K detonačnímu spalování ovšem může dojít i u motoru, který je již odzkoušen a za normálních situací k němu nedochází. Podněty k realizaci detonačního spalování a následného klepání motoru mohou být např. mechanické poškození hlavy válců, poškození těsnění hlavy válců popř. poškození pístů či ventilů. Z tohoto důvodu je na mnoha motorech instalován snímač klepání, který vyhodnocuje chvění motoru a tuto informaci předává řídicí jednotce. [8]

8 Nejčastější závady turbodmychadla a jeho příčiny [31]

8.1 Poškození cizím předmětem

Poškození cizím předmětem je snadno viditelné a rozpoznatelné na poškozených lopatkách turbínového nebo dmychadlového kola. Je nanejvýš nevhodné narovnávat lopatky poškozeného kola. Při takto „opraveném“ oběžném kole dochází k poklesu pevnosti narovnaných lopatek a k nevývahám, které se mohou projevit ve vysokých otáčkách turbodmychadla jeho celkovou destrukcí.

8.2 Znečistěný motorový olej

Vzhledem k tomu, že turbodmychadlo je uloženo na olejových ložiscích, je značně citlivé na kvalitu oleje. Proto je nutné provádět řádné a včasné výměny motorového oleje i olejového a vzduchového filtru. Nejčastější příčinou tohoto poškození bývá:

- chyba ve výrobě nebo nadměrné opotřebení motoru,
- špatná kvalita motorového oleje vedoucí k jeho karbonizaci,
- poškozený či ucpaný olejový filtr, případně filtr nízké kvality,
- nečistoty, která se do motorového oleje dostaly při chybné servisní činnosti.

8.3 Nedokonalé mazání turbodmychadla

Při opakovaných přerušení dodávky motorového oleje na dobu kolem pěti sekund dochází k poškození ložisek turbodmychadla. Nejčastějšími příčinami bývají:

- montáž turbodmychadla bez předchozí kontroly olejového systému,
- nedodržení intervalu výměny motorového oleje a filtru,
- odstavení vozu na extrémně dlouhou dobu,
- nesprávné startování převážně v zimním období s teplotami pod bodem mrazu,
- nízký tlak oleje způsobený závadou v olejovém systému,
- znečištění oleje například palivem či chladicí kapalinou.

8.4 Přerušení dodávky oleje

Mezi nejčastější závady turbodmychadel patří opakované přerušení dodávky motorového oleje při časovém úseku kolem deseti sekund. To má za následek přehřátí ložisek turbodmychadla s jejich hrozícím zadřením a následných poškozením rotoru. Příčinami jsou:

- poškozený nebo omezený přívod motorového oleje turbodmychadla,
- porucha na olejovém čerpadle,
- nedostatečné množství motorového oleje,
- průnik vzduchu do olejového systému.

8.5 Přehřátí

Při nadměrných teplotách výfukového systému nebo okamžitého vypnutí motoru po režimu vysokého zatížení dochází ke karbonizaci oleje na rozpálených smáčených stěnách. Proto se doporučuje při takovémto režimu nechat motor alespoň dvě minuty vychladit na volnoběžných otáčkách. Nejvíce ohroženy jsou turbínová skříň, ložiska a hřídel turbodmychadla. U turbínové skříně může dokonce dojít k prasklinám litinového bloku. Příčinami jsou:

- ucpaný filtr vzduchu,
- nedostatečný přívod vzduchu,
- náhlé vypnutí motoru po režimu vysokého zatížení,
- karbonizace nekvalitního motorového oleje,
- nedostatečné intervaly výměny motorového oleje,
- pronikání vzduchu do systému mazání,
- vadné olejové čerpadlo,
- nesprávná instalace turbínové skříně,
- omezený přívod oleje.

9 Příklady přepřlňovaných vozů

9.1 Přepřlňování turbodmychadlem



Obr. 9.1 Volkswagen 1.8 TSI Petrol Engine / 163 Hp [32]

9.2 Přepřlňování mechanicky poháněnými dmychadly

9.2.1 Turbokompresor



Obr. 9.2 Jaguar 3.0 V6 Supercharged / 202 kW [33]

9.2.2 Rootsovo dmychadlo

Model Sportcoupé	C 180 K	C 200 K	C 230 K	CLK 200 CGI*
Zdvihový objem [cm ³]	1796	1796	1796	1796
Počet válců/ventilů	4.IV	4.IV	4.IV	4.IV
Kompresní poměr	10	9,3	8,5	10,3
Výkon [kW/ot./min]	105/5200	120/5500	141/5800	125/5300
Max.toč.mom. [Nm/ot./min]	220/2500	240/3000	260/3500-4000	250/3000
Poh. Hmotnost [kg]	1485	1485	1490	1495
Zrychlení 0-100 km/h [s]	9,7	9,1	8,1	9
Max. rychlost [km/h]	223	234	240	235
Komb. spotřeba [l/100 km]	7,9	8,6	8,9	7,8
Palivo benzín (okt.)	95	98	95	98

* motor s přímým vstřikováním benzínu

Tab. 9.1 Technická data vozů Mercedes-Benz s dmychadlem Roots [12]

9.2.3 Lysholmovo dmychadlo

Model Sportcoupé	C 32 AMG	E 55 AMG	SLR
Zdvihový objem [cm ³]	3199	5439	5439
Počet válců	6	8	8
Kompresní poměr	9	9	8,8
Výkon [kW/ot./min]	260/6100	350/6100	460/6500
Max.toč.mom. [Nm/ot./min]	450/4400	700/2650-4000	780/3250-5000
Poh. Hmotnost [kg]	1560	1835	1768
Zrychlení 0-100 km/h [s]	5,2	4,7	3,8
Max. rychlost [km/h]	250	250	334
Komb. spotřeba [l/100 km]	11,5	12,9	14,5
Palivo benzín(okt.)	98	98	98

Tab. 9.2 Technická data vozů Mercedes-Benz s dmychadlem Lysholm [12]

9.2.4 G – dmychadlo



Obr. 9.3 Volkswagen Corrado G60 [34]

10 Závěr

Dnes je při konstrukci spalovacího motoru nutným požadavkem snižování množství škodlivých plynů. Toho je dosahováno zejména snižováním zdvihového objemu (tzv. down-sizing). Pro zachování, nebo dokonce i zvýšení, výkonu je tedy nutné použít nějaký systém přeplňování. Každý systém má své pro a proti. Z tohoto důvodu se konstruktéři vydávají různými směry. To je patrné na konvenčních zvyklostech každé z automobilových firem.

Při stále přísnějším požadavku na snižování škodlivých plynů se domnívám, že je přeplňování jedinou formou, jak „zachránit“ klasické spalovací motory.

V mnohých technických časopisech se můžeme dočíst o autech na jiný alternativní pohon. Řešením této problematiky by mohl být pohon na vodíkové články. Myslím si, že toto řešení je konstrukčně nejdále a vidím v něm budoucnost. Řešení v podobě elektrických baterií se zdá řešením, avšak mnoho lidí si absolutně není vědoma faktu, že náklady na výrobu a recyklaci baterií, a s nimi spojený dopad na životní prostředí, převyšují dosažený výsledek.

Já sám jsem zastáncem léty prověřené technologie přeplňování spalovacích motorů a věřím, že bude ještě dlouho u běžných automobilů uplatňována.

Použité zdroje

- [1] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily*. 5. vyd. Brno: Avid, 2008, 179 s. ISBN 978-80-87143-06-3.
- [2] LÁNÍK, Ondřej. Auto.cz. *Přepřehování (2. díl): turbodmychadla* [online]. 2004 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/preplnovani-2-dil-turbodmychadla-16765>
- [3] NASA. En.wikipedia.org. *Turbocharger* [online]. 2005 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Turbocharger>
- [4] JCH13. AnandTech. *Turbo vs regular high compression* [online]. 2010 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: <http://forums.anandtech.com/showthread.php?t=2117298>
- [5] TOKINO. Wikipedia. *Diesel engine: How diesel engines work* [online]. 2006 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:DieselCycle_PV.svg
- [6] Ústav konstruování. *Konstruování strojů - mechanismy* [online]. 2008 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: http://old.uk.fme.vutbr.cz/index6438.html?akce=4&sekce=vyuka&ln=cs&zobraz_predmet=141
- [7] HONZA. Čtyřdobé spalovací motory. *Klepání motoru* [online]. [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: <http://ole.wz.cz/honza/14-spalovac%C3%AD%20motory.htm>
- [8] Autoblock. *Detonační hoření (klepání motoru)* [online]. 2010 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: <http://autoblock.webnode.cz/opravarenstvi/detonacni-horeni-klepani-motoru-/>
- [9] SOŠ a SOU automobilní Kyjov. *Přepřehování* [online]. 2006 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: <http://www.sossoukyjov.cz/studovna/obor.php?id=6>
- [10] FERENC, Bohumil. Mjauto. *Trionic fy SAAB: Plnicí tlak* [online]. 2000 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z: http://www.mjauto.cz/newdocs/ferenc/fer_mo03/fer_mo03.htm
- [11] ATI PROCHARGER. ProCharger. [online]. 2012 [cit. 2013-03-22]. Dostupné z: <http://www.procharger.com/>
- [12] LÁNÍK, Ondřej. Auto.cz. *Přepřehování (1. díl): teorie+mechanické přepřehování: Mechanické přepřehování* [online]. 2004 [cit. 2013-03-22]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/preplnovani-1-dil-teorie-mechanicke-preplnovani-16778>
- [13] Stroje a zařízení. *Kompresory: Rotační dvourotorový (dvouosý) kompresor* [online]. 2002 [cit. 2013-03-22]. Dostupné z: http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kat_fyz/modules/low/kurz_text.php?identifik=kat_fyz_7356_t&id_kurz=&id_kap=16&id_teach=&kod_kurzu=kat_fyz_7356&id_kap=16&id_s et_test=&search=&kat=&startpos=5

- [14] OLIVÍK, Pavel. Autorevue.cz. *Mechanické dmychadlo: silné plíce* [online]. 2011 [cit. 2013-03-22]. Dostupné z: <http://www.autorevue.cz/mechanicke-dmychadlo-silne-plice>
- [15] Tuning.cz. *Zákulisí techniky: Malý přehled dmychadel* [online]. 2003 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.tuning.cz/a363:maly-prehled-dmychadel/>
- [16] AXON SYSTEMS, S.R.O. Wwww.streetpro.cz. *Performance díly: Lysholmova dmychadla* [online]. 2008 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.streetpro.cz/index.php?id=11>
- [17] ZELINKA, Petr. Autoroad.cz: news. *Technika: G-dmychadlo* [online]. 2006 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://news.autoroad.cz/zajimavosti/12971-technika-g-dmychadlo/>
- [18] CHAVIER. Nasetraktory. *Technické problémy* [online]. 2009 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.nasetraktory.eu/forum/viewtopic.php?f=6&t=9901>
- [19] GERL, Roger. Turbo Basics (3000GT related). *How the Turbo / Intercooler stuff works* [online]. 1998 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://www.max-boost.co.uk/max-boost/internet_articles/RTEC%20-%20Turbo%20Basics%20and%20Information.htm
- [20] Escape6. *Intercooler kit Japspeed Subaru Impreza GR WRX/STI (08-11)* [online]. 2012 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.escape6.cz/performance-dily-pro-jpn-a-us-vozy/subaru/impreza-sti--grb--08-/motorove-upravy/intercoolery/Intercooler-kit-Japspeed-Subaru-Impreza-GR-WRX-STI-08-11-/>
- [21] LÁNÍK, Ondřej. Auto.cz. *BMW 535d Twin Turbo: Dvoustupňové přeplňování sériově* [online]. 2004 [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bmw-535d-twin-turbo-dvoustupnove-preplnovani-seriove-16820>
- [22] VOKÁČ, Luděk. Auto.idnes.cz. *Lekce turbologie: BMW bude přeplňovat třemi turby* [online]. 2011 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/lekce-turbologie-bmw-bude-preplnovat-tremi-turby-f7i-/automoto.aspx?c=A110724_165858_automoto_vok
- [23] JAS. AutoPeriskop. *Technologie motorů v roce 2010 ve vozech BMW* [online]. 2011 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.periskop.cz/cz/clanky/technologie-motoru-v-roce-2010-ve-vozech-bmw/?action=clanek-tisk>
- [24] HYAN, Tom. Automobil revue. *Zážehový šestiválec 3.0 Twin Turbo - Motor roku 2008* [online]. 2008 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/zazehovy-sestivalec-3-0-twin-turbo-motor-roku-2008_29084.html
- [25] Modified. *A Look At Twin Scroll Turbo System Design* [online]. 2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://www.modified.com/tech/modp-0906-twin-scroll-turbo-system-design/photo_02.html

- [26] MAPINOTIOYΛOΣ, Νίκος. Caroto.gr. *Twin Scroll για το MINI Cooper S* [online]. 2009 [cit. 4.4.2013]. Dostupné z: <http://www.caroto.gr/2009/01/10/mini-cooper-s-twin-scroll/>
- [27] WAN. AUTOZINE TECHNICAL SCHOOL. *Turbocharging* [online]. 1997-2011 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://www.autozine.org/technical_school/engine/Forced_Induction_3.html
- [28] Novinky.cz. *Peugeot nasadí nový diesel s dvoustupňovým přeplňováním* [online]. 2006 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/auto/87603-peugeot-nasadi-novy-diesel-s-dvoustupnovym-preplnovanim.html>
- [29] Sciroccoclub.gr. *TSI Κινητήρας Twincharger* [online]. 2009 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.sciroccoclub.gr/2009/03/tsi-%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82-twincharger/>
- [30] Heat2power. *Heat to power conversion benchmark* [online]. 2012 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://www.heat2power.net/en__benchmark.php
- [31] AutoZnalosti. *Turbodmychadlo II: Nejčastější závady turbodmychadla a jejich příčiny* [online]. 2008 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.autoznalosti.cz/index.php/motor/9-turbodmychadlo.html>
- [32] NEW INTRODUCTION. *VOLKSWAGEN PASSAT: VOLKSWAGEN PASSAT HISTORY* [online]. 2009 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://newintroducee.blogspot.cz/2011/05/volkswagen-passat.html>
- [33] VAVERKA, Lukáš. Auto.cz. *Jaguar: Nové motory 3,0 kompresor a 2,0 turbo* [online]. 2012 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/jaguar-3-0-v6-66529>
- [34] Vwvortex. *Pic request - vr6 TURBO engine bays* [online]. 1999 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://forums.vwvortex.com/showthread.php?3762756-pic-request-vr6-TURBO-engine-bays>