

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

INVERTNÍ LETADLOVÉ MOTORY
INVERTED AIRCRAFT ENGINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Martin Růžička**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **Ing. Lubomír Drápal**
SUPERVISOR

BRNO 2016

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	**Martin Růžička**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	**Ing. Lubomír Drápal**
Akademický rok:	2015/16

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:

Invertní letadlové motory

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pojednání o konstrukci invertních pístových leteckých pohonných jednotek, popis specifik a jejich historickém vývoji.

Cíle bakalářské práce:

Uveďte obecné požadavky kladené na pístové letadlové motory. Dále v historickém přehledu zmapujte vývoj motorů invertních, jejich konstrukční řešení a specifika, technické parametry a porovnejte s výkonnostně srovnatelnou konkurencí s jiným uspořádáním válců. Popište soudobé konstrukce a nastiňte další možný vývoj v této oblasti. V závěru vše celkově zhodnoťte.

Seznam literatury:

KOCÁB, J., ADAMEC, J. Letadlové motory. První vydání. Praha: KANT, 2000. ISBN 80-902914-0-6.

MASLENNIKOV, M. M., RAPIPORT, M. S. Letadlové pístové motory Díl 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955. III-3-B2-L13.

MASLENNIKOV, M. M., RAPIPORT, M. S. Letadlové pístové motory Díl 2. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955. III-3-B2-L13.

KOŠŤÁL, J., SUK, B. Pístové spalovací motory. První vydání. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1963.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 20. 11. 2015



L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o invertních letadlových motorech. V úvodu je zařazen přehled obecných požadavků kladených na letadlové motory, jejich rozdělení a základní informace o invertní konstrukci. V druhé kapitole najdeme přehled vybraných motorů s invertní konstrukcí, jejich popis, technické parametry popř. modifikace. V závěru práce je zpracována kapitola uvádějící popis odlišných konstrukcí a jejich porovnání s výkonnostně podobnými invertními motory.

KLÍČOVÁ SLOVA

Letadlový motor, invertní motor, konstrukce

ABSTRACT

This thesis deals with inverted aircraft engines. Introduction contains overview of general requirements for aircraft engines, their division and basic information about inverted construction. In second chapter there is overview of selected engines with inverted construction, their description, technical specification and eventually modifications. Conclusion consists of chapter elaborating on description of different construction and their comparison with performance-wise similar invert engines.

KEYWORDS

Aircraft engine, inverted engine, construction

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RŮŽIČKA, M. *Invertní letadlové motory*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 62 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lubomír Drápal.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Lubomíra Drápala a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2016 ……..……..……..

Martin Růžička

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu panu Ing. Lubomíru Drápalovi za rady a připomínky při tvorbě mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům a přátelům za podporu během studia.

OBSAH

Úvod ... 11
1 Pístové letadlové motory ... 12
1.1 Požadavky kladené na pístové letadlové motory ... 12
1.2 Rozdělení motorů ... 14
1.3 Konstrukce invertních motorů ... 15
2 Přehled invertních motorů ... 16
2.1 Motory Walter a odvozené motory ... 16
2.1.1 Walter Mikron ... 16
2.1.2 Walter Minor 4 ... 19
2.1.3 Walter Minor 6-III ... 20
2.1.4 M-332 ... 25
2.1.5 M-337 ... 26
2.1.6 Motory řady Walter V ... 28
2.1.7 M-441 ... 29
2.2 Motory tatra 100 a 102 ... 30
2.3 Motory Zlín Toma ... 31
2.4 Jawa M-150 ... 32
2.5 Argus As-10C ... 33
2.6 Argus As-411 ... 34
2.7 Daimler-Benz 603 ... 35
2.8 Daimler-Benz 605 ... 39
2.9 de Havilland Gipsy-Major 1 ... 42
2.10 Ranger SGV-770C-1 ... 45
3 Srovnání invertních motorů s jinými konstrukcemi ... 49
3.1 Lycoming C-145-B a Walter Mikron III ... 49
3.2 Rolls-Royce Merlin 61 a Daimler-Benz 605A ... 51
3.3 Ranger SGV-770C-1 a Pratt & Whitney R-985 Wasp-Junior ... 54
Závěr ... 58
Použité informační zdroje ... 59

ÚVOD

S potřebou letectví se začaly rozvíjet konstrukce motorů, které by lépe vyhovovaly vyšším požadavkům. Mezi ně se řadila i konstrukce řadových invertních motorů, která se vyvíjela od 30. let ve všech zemích s rozvinutým leteckým průmyslem. Největší využití obracené konstrukce bylo především v Německu, kde se před i během 2. světové války osazovaly výkonné motory Daimler-Benz a Junkers do velkého množství stíhaček a bombardérů. V ostatních zemích se takto hojně nerozšířily a v jejich letounech převládaly hvězdicové a řadové stojaté motory až do příchodu proudových motorů. V ostatních zemích byly invertní motory montovány spíše do malých cestovních a cvičných letadel.

1 PÍSTOVÉ LETADLOVÉ MOTORY

1.1 POŽADAVKY KLADENÉ NA PÍSTOVÉ LETADLOVÉ MOTORY

Letadlové motory jsou specifické svou konstrukcí díky požadavkům, které jsou na ně kladeny. Mezi hlavní požadavky patří malé zástavbové rozměry, nízká hmotnost, vysoká účinnost, spolehlivost a hospodárnost. Všechny tyto požadavky jsou podrobněji popsány v následujících bodech.

a) Výkon motoru

Výkon motoru je jednou z hlavních vlastností udávajících letové atributy jako obratnost, stoupavost, maximální rychlost a dostup. Postupné zvyšování nosnosti a rychlosti letadel je spjato s nárůstem výkonu, kterého je možné dosáhnout navýšením počtu válců a jejich zdvihového objemu, využití turbokompresorů místo klasických kompresorů, které využívají menší množství energie z motoru a zvyšování plnícího tlaku.

b) Hmotnost motoru

Celková hmotnost letounu zahrnuje hmotnost vlastního motoru a jeho provozních kapalin (paliva, oleje, popř. vody). Do hmotnosti letadla musíme také zahrnout motorové lože, pomocí kterého je motor upevněn ke konstrukci letadla, reduktor, chlazení a motorovou instalaci. Snižování hmotnosti má zásadní vliv na rychlost, dolet, manévrovatelnost a užitečné zatížení letounu. Redukci hmotnosti motoru lze dosáhnout zmenšením měrné spotřeby provozních kapalin a snížení měrné hmotnosti motoru, tj. poměr hmotnosti k výkonu.

c) Rozměry motoru

Motor a všechny jeho komponenty svým rozměrem způsobují během letu odpor vzduchu, který tak nepřímo odebírá část výkonu motoru. Tento odpor je závislý na tvaru proudnic a čelní ploše. Ke snížení odporu jsou motory uzavřeny do vhodně tvarovaných kapot a je snaha o vytvoření co nejmenší čelní plochy motoru. Velikost aerodynamického odporu roste s druhou mocninou rychlosti a lineárně s velikostí čelních ploch.

d) Hospodárnost

Hospodárností rozumíme měrnou spotřebu paliva, která je úměrná mechanické účinnosti, výhřevnosti paliva, na množství využité energie výfukových plynů, způsob výměny pracovní náplně atd. Hospodárnost motoru je velmi důležitá k dosažení dobrých parametrů letadlového motorů, protože dobrá hospodárnost umožňuje letadlu delší letový čas bez mezipřistání a také zvyšuje velikost užitečného zatížení letadla.

e) Výškovost

Výškovost motoru je maximální výška, ve které může motor bez poklesu výkonu pracovat. S rostoucí výškou letu klesá tlak nasávaného atmosférického vzduchu a tím i celkové množství kyslíku dodávaného do válců motoru a je nutné jej uměle zvyšovat kompresory. Dle výškovosti rozdělujeme motory na:

a) Malé výškovosti pro lety do 3 000 m.
b) Střední výškovosti pro lety do 6 000 m.
c) Velké výškosti pro lety nad 6 000 m.

f) Vyvážení

Během chodu na motor působí vnější síly zahrnující např. odpor vzduchu vůči rotaci vrtule, setrvačné síly a reakční síly při výfuku a vnitřní síly, které reprezentují síly od tlaků ve válcích, třecí síly apod. Vlivem vnějších i vnitřních proměnlivých sil mohou vznikat vibrace, které jsou nežádoucí, protože vedou k poruchám motoru včetně jeho uložení a mohou se z motorového lože přenášet na další části letadla. Z těchto důvodů je důležité co nejlepší vyvážení setrvačných sil motoru. Vyvážení je realizováno vhodným uspořádáním válců (samovyvážení) nebo použitím protizávaží.

g) Spolehlivost

Spolehlivost motoru znamená pracovat nepřetržitě bez závady, zastavení nebo nechtěného zhoršení parametrů motoru. U letadlových motorů je kladen zvýšený důraz na spolehlivost, která je podmínkou bezpečného létání. Dalším neméně důležitým důvodem zvýšené spolehlivosti jsou součástky motoru, které jsou konstruované na co nejnižší hmotnost a tudíž jsou namáhanější než běžné díly.

h) Provozní požadavky

Provozní požadavky na letadlové motory lze zapsat do těchto bodů:

a) snadné spouštění motoru
b) možnost rychlého přechodu mezi režimy motoru
c) snadná údržba a servis
d) možnost využití více druhů paliv a maziv
e) snadné řízení motoru za letu

i) Výroba

Prvotním úkolem při konstrukci letadlového motoru je co nejmenší hmotnost při dodržení všech technických parametrů, bezpečnosti a životnosti. Ke splnění těchto požadavků je mnohdy nutná komplikovanější konstrukce a použití dražších a hůře zpracovatelných materiálů.[1][2][3]

1.2 ROZDĚLENÍ MOTORŮ

Motory určené pro letadla můžeme rozdělit podle následujících kritérií: [1]

a) Druh paliva
   - motory na lehká paliva
   - motory na těžká paliva

b) Pracovní oběh
   - motory čtyřdobé
   - motory dvoudobé

c) Uspořádání válců
   - řadové
     i. jednořadové
        - stojaté
        - visuté (invertní)

     ii. dvouřadé
        - stojaté (V)
        - visuté
        - s protilehlými válci (ploché)

     iii. třířadé (W)
     iv. čtyřřadé (H a X)

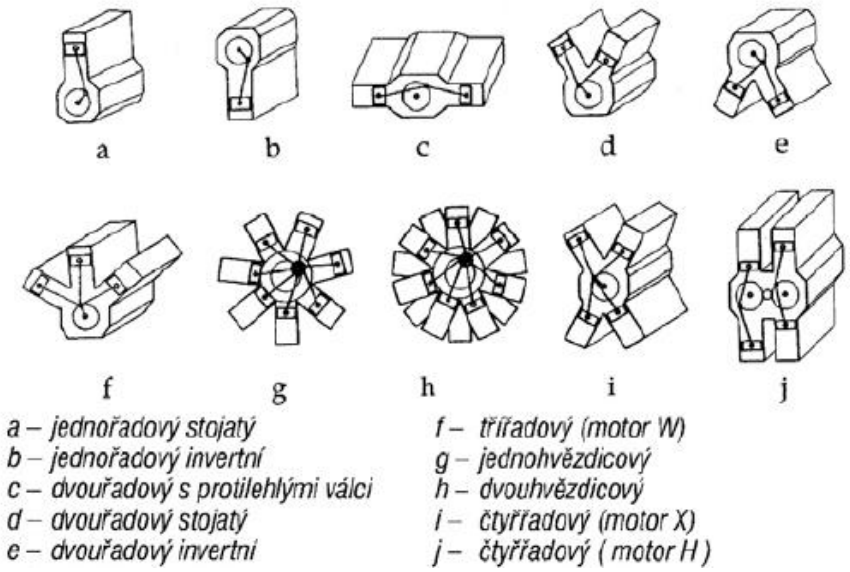
   - hvězdicové
     i. jednohvězdicové
     ii. vícehvězdicové

d) Počet válců

e) Chlazení
   - chlazené vzduchem
   - chlazené kapalinou

f) Výšky letu
   - výškové
   - nevýškové

g) Výkonu
   - malého výkonu
   - středního výkonu
   - velkého výkonu



Obrázek 1: Rozdělení motorů dle uspořádání válců [1]

1.3 KONSTRUKCE INVERTNÍCH MOTORŮ

Invertní letadlové motory mají výhodnější aerodynamické vlastnosti v porovnání s motory hvězdicovými, a oproti klasickým řadovým motorům, mají invertní verze výše posazenou osu vrtule, což umožňuje použití nižšího, lehčího podvozku s menším odporem vzduchu. Hlavní výhody invertní konstrukce jsou: [1][37]

a) zlepšení výhledu z kokpitu
b) výše položena tahová síla
c) přístup při údržbě
d) umožňuje gravitační plnění motoru palivem

2 PŘEHLED INVERTNÍCH MOTORŮ

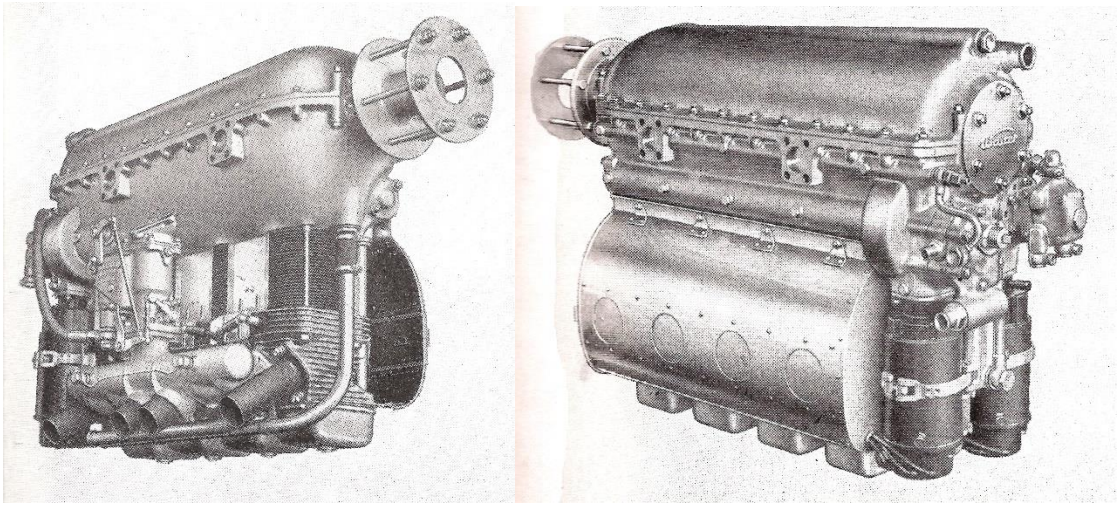
V této kapitole je sepsán přehled letadlových invertních motorů, jak v Československu, tak ve světě. V oddílu jsou obsaženy především úspěšné motory řady Walter, německé motory Daimler-Benz, Argus, britský de Havilland i méně známé prototypy či neúspěšné konstrukce. Ke každému motoru jsou uvedeny dostupné historické informace, jejich konstrukce a technické parametry.

2.1 MOTORY WALTER A ODVOZENÉ MOTORY

Firma Walter vznikla v roce 1920, nedlouho po vytvoření Československé republiky a téměř od počátku vyráběla letadlové motory. Od roku 1922 se firma Walter zaměřila na vývoj invertních vzduchem chlazených motorů. Po válečné odstávce pokračoval vývoj a výroba pod názvem Motorlet a část výroby probíhala v Avii. Mezi nejúspěšnější patřila řada motorů Mikron a Minor, které jsou vyráběny dodnes. [7][8]

2.1.1 WALTER MIKRON

První model motoru Mikron vznikl v roce 1934 a během tohoto roku bylo vyrobeno 16 kusů. Po zkušenostech s první sérií přichází v roce 1936 druhá verze Mikron II s vyšším výkonem. Druhá verze se vyráběla až do roku 1946 s výrobní odstávkou během okupace. V poválečných letech došlo k modernizaci tohoto motoru, po které vznikla verze Mikron III patřící k nejúspěšnějším malým poválečným motorům Československa.



Obrázek 2: Walter Mikron III z pravé a levé strany [20]

Sériová výroba třetí verze započala v roce 1946 pod typovým označením M-130 a ukončena byla v roce 1950. Verze Mikron II a III se od verze I lišily především nárůstem kompresního

poměru a vrtání válců což vedlo ke zvýšení zdvihového objemu (viz tabulka níže). Později v roce 1984 byla výroba opět obnovena v podniku Aerotechnik v Kunovicích, díky velkému zájmu o malá amatérská a stavebnicová letadla, pro které byl tento motor ideální. První motory vyrobené v 80. letech byly původní konstrukce, pozdější již byly modifikované. Koncem roku 1985 vznikla modernizovaná verze motoru pod označením Mikron IIIAE, u kterého byl zvýšen výkon ze 48kW na 55kW, doplněn elektrickým spouštěčem a alternátorem. Dalším vývojovým stupněm má být dle výrobce motor Mikron III EX s výkonem až 80kW. [7][8][12]

Popis konstrukce:

Mikron je vzduchem chlazený řadový invertní čtyřválec. Válce jsou kované z oceli, s nitridovanými pracovními plochami a oddělenými hlavami válců vyrobenými z hliníkové slitiny. Písty jsou odlité z hliníkové slitiny. Kliková hřídel je výkovek z chrom-vanadové oceli s nitridovanými čepy. Hřídel je uložena v jednom axiálním kuličkovém ložisku a v pěti kluzných ložiskách z olovnatého bronzu uložených v příčných stěnách dvoudílné lité klikové skříně z hořčíkové slitiny (elektronu). Funkce ventilů je řízena vačkovým hřídelem v klikové skříni přes zdvihátka, tyčky a vahadla. Každý válec zahrnuje sací a výfukový ventil, jehož povrch je nitridován. Přípravu palivové směsi obstarává karburátor, ke kterému je palivo přiváděno membránovým čerpadlem. V sacím potrubí je palivo předehříváno odcházejícími spalinami. Mazání motoru je oběžné tlakové se suchou skříní. Oběh oleje je obstaráván jedním výtlačným a jedním sacím zubovým čerpadlem, která jsou poháněna ozubeným kolem z konce klikové hřídele. [5] [12]



Obrázek 3:Walter Mikron bez horní části skříně [12]

Tabulka 1:Parametry motoru Walter Mikron verze I, II a II [7][5][11][16]

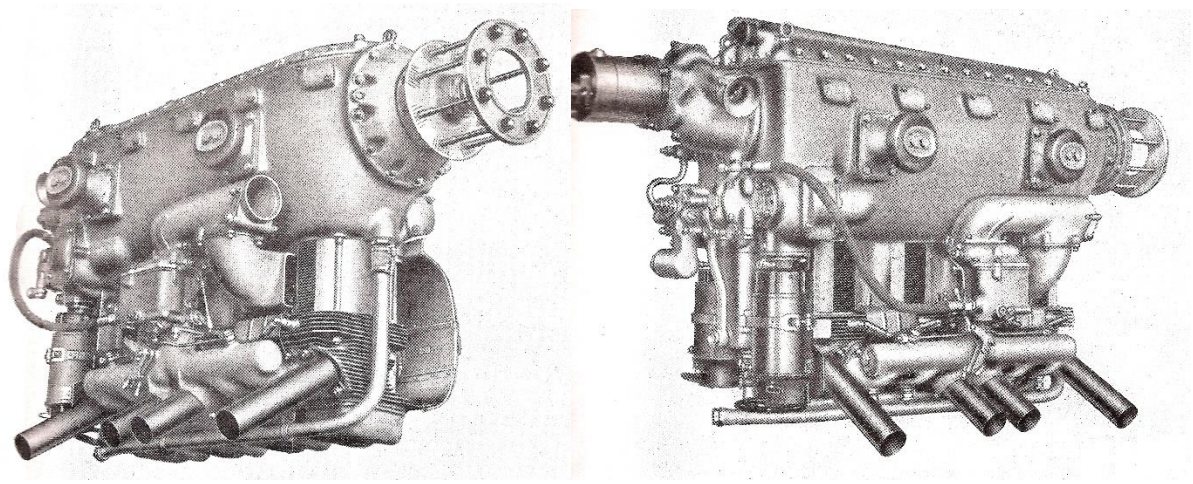
verze motoru	Mikron I	Mikron II	Mikron III
rok vzniku	1934	1936	1948
počet válců	4	4	4
vrtání	85 mm	88 mm	90 mm
zdvih	96 mm	96 mm	96 mm
kompresní poměr	5,2:1	6:1	6:1
smysl otáčení	levotočivý	levotočivý	levotočivý
výkon jmenovitý	37 kW při 2550min^{-1}	44 při 2600 min^{-1}	48 kW při 2600 min^{-1}
zdvihový objem	2,18 l	2,33 l	2,44 l
hmotnost	60 kg	61 kg	62 kg
délka	804 mm	804 mm	925 mm
šířka	342 mm	342 mm	351 mm
výška	635 mm	635 mm	530 mm
vyrobených kusů	16	421	přes 1500

Letadla vybavena motorem Walter Mikron:

Be-501, Praga E-114M Air Baby, L-13SW Vivat, XL-13B, Av-36 Bojar a Z-212.

2.1.2 WALTER MINOR 4

První verze Minoru 4 byla dokončena v roce 1934, ale díky nízkému výkonu nedlouho na to vznikla druhá verze, jejíž výroba započala v roce 1936. Po poválečné modernizaci motoru vznikla verze Minor 4-III, která byla dlouhá poválečná léta jediným letadlovým motorem určený pro lehké stroje. Verze Mikron 4-III byla spolehlivá a měla snadnou montáž. Své kvality prokázal, když jako první československý letadlový motor úspěšně prošel mezinárodní technickou zkouškou dle PICAO. Motor se však často osazoval do letounů, pro které již byl z hlediska výkonu nedostačující. [7][8]



Obrázek 4:Walter Minor 4-III pohled z pravé a levé strany [20]

Tabulka 2: Parametry motoru Walter Minor verze I a II [5][7][8][17]

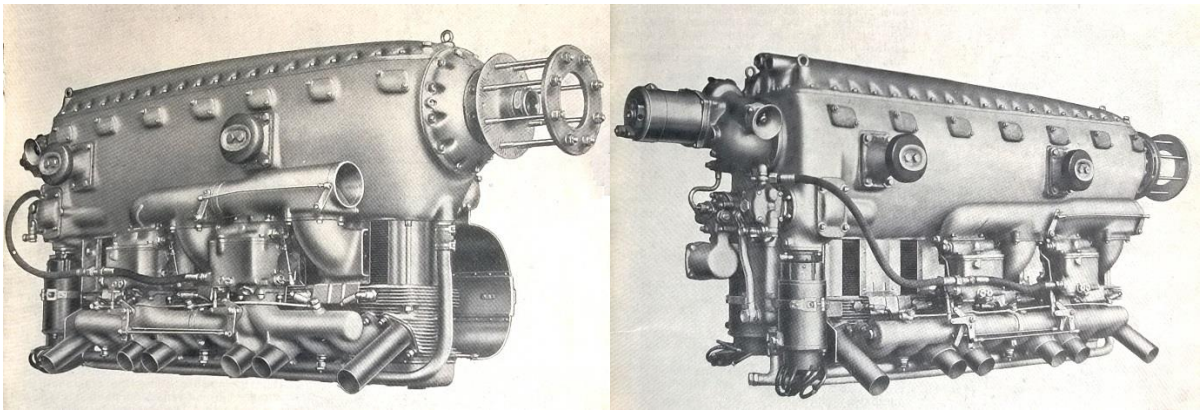
verze motoru	Minor 4-I	Minor 4-III
rok vzniku	1934	1946
počet válců	4	4
vrtání	105 mm	105 mm
zdvih	115 mm	115 mm
kompresní poměr	5,3:1	6:1
smysl otáčení	levotočivý	levotočivý
výkon jmenovitý	62 kW při 2260 min^{-1}	78 při 2500 min^{-1}
zdvihový objem	3,48 l	3,48 l
hmotnost	93 kg	90,5 kg
délka	1120 mm	1032 mm
šířka	440 mm	399 mm
výška	630 mm	632 mm

Modifikace:

V roce 1946 byla také představena vylepšená verze motoru Minor 4-III-S (typové označení M-333), kde písmeno S označovalo kompresor. Kompresor byl poháněn elektricky a bylo možné jej spínat za letu. Kompresor přinesl zvýšení výkonu na 88kW při 2600 min^{-1}, tj. o 11kW více proti bezkompresorové verzi. Navzdory lichotivým technickým parametrům měl v praxi motor problémy s chlazením, a proto zůstal téměř nevyužit. [8]

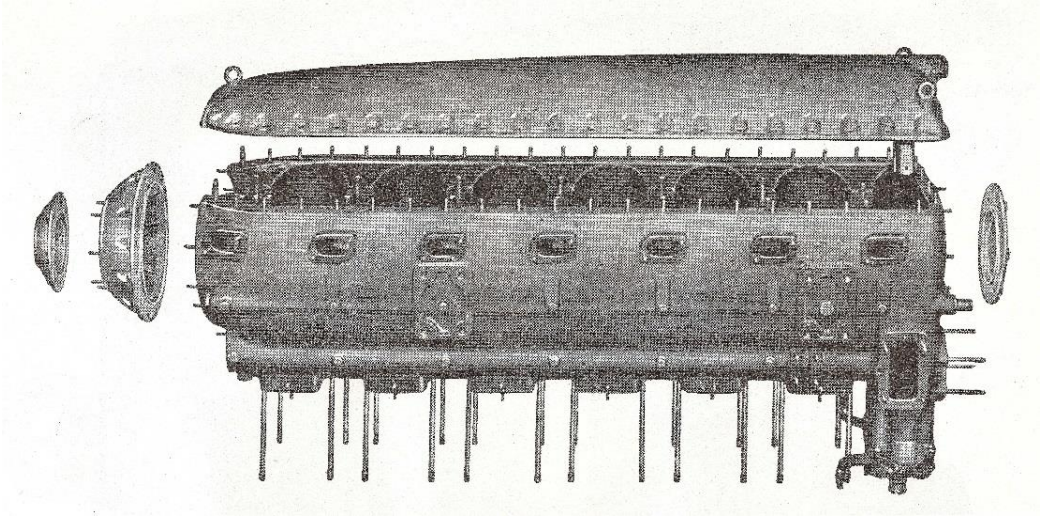
2.1.3 WALTER MINOR 6-III

První šestiválcové Minory vznikaly již v roce 1936, avšak jejich rozšíření bránila pověst špatného chlazení posledního válce. S příchodem modernizované poválečné verze Minor 6-III (M-135) přichází i první větší uplatnění těchto motorů včetně exportu a licenční výroby v Jugoslávii. Motor je vhodný pro zástavbu do školních sportovních a cestovních letadel. [7] [8][16]



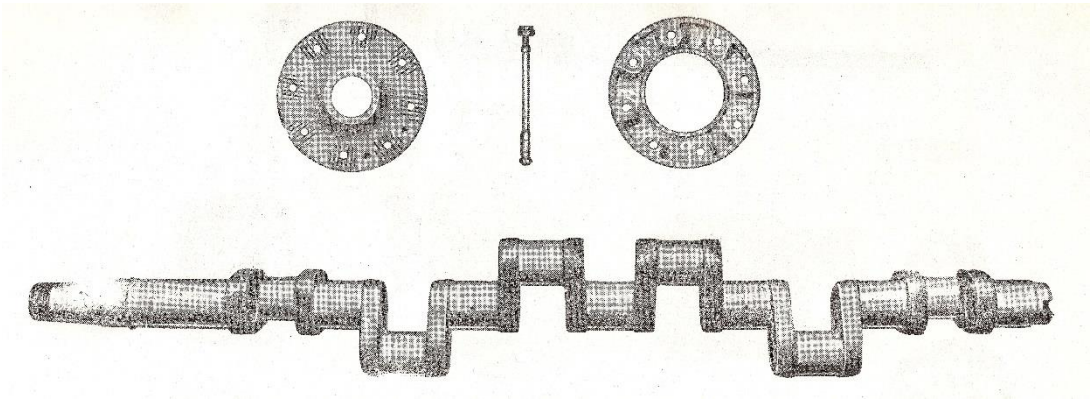
Obrázek 5:Walter Minor 6-III pohled z pravé a levé strany [20]

Walter Minor je šestiválcový invertní řadový vzduchem chlazený motor bez reduktoru. Kliková skříň je odlitek z hořčíkové slitiny a skládá se z těla, horního víka, předního krytu a víčka axiálního ložiska. Tělo klikové skříně je opatřeno dvojitou příčnou stěnou, na které jsou uložena ložiska klikové a vačkové hřídele. Ve spodní části jsou plochy pro svorníky k připevnění válců. Zadní část klikové hřídele je osazena přírubou pro startér, olejové a palivové čerpadlo.



Obrázek 6: Kliková skříň motoru Minor 6-III [4]

Kliková hřídel je šestkrát zalomená kovaná z chrom-vanadové oceli a kompletně strojně opracována. Klikové i ojniční čepy jsou nitridované, duté a spojené kanálky v klikách kvůli vedení tlakového oleje. Dutiny jsou uzavřeny těsnícími víčky. Kuželová přední část hřídele je opatřena drážkou pro středící náboj, pomocí kterého je upevněna vrtule. Na druhém konci hřídele je uloženo ozubené kolo pro pohon vačkové hřídele. Vačková hřídel se otáčí v sedmi kluzných ložiskách z olovnatého bronzu, připevněných pomocí hliníkových vík.

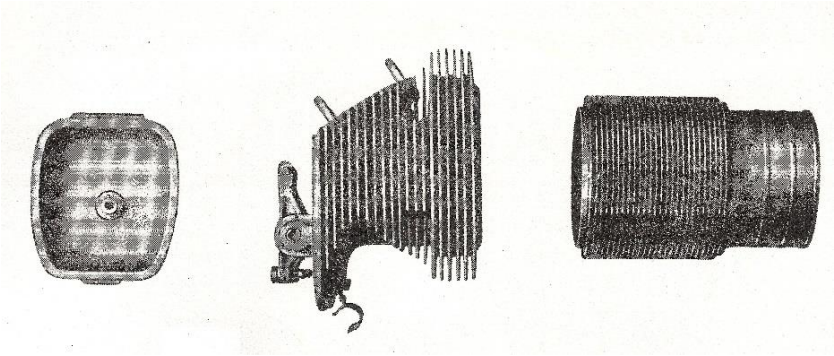


Obrázek 7: Kliková hřídel a unašeč vrtule motoru Minor III [4]

Ojnice je dělená, kovaná z hliníkové slitiny a leštěná. Dřík má průřez ve tvaru písmena I. V ojniční hlavě je přišroubováno pouzdro děleného kluzného ložiska, u kterého jsou pánve ocelové a kluzná část je z olovnatého bronzu. Ložisko ojničního oka je pouze z olovnatého bronzu bez pouzdra.

Písty jsou kované z hliníkové slitiny. Každý píst je opatřen třemi těsnícími kroužky a jedním stíracím. Pístní čep je zajištěn proti vysunutí pojistnými kroužky.

Válce jsou ocelové výkovky opatřené žebrováním a plochami ke spojení. Pracovní plocha pro píst je nitridována. Hlavy válců jsou z hliníkové slitiny a jsou uzavřeny krytem na spodní straně. Ocelová sedla ventilů a jejich vedení jsou nalisovány do hlav spolu se sedli svíček. Spojení hlav a válců s klikovou skříní zajišťují čtyři dlouhé svorníky a těsnost obstarává těsnění z mědi a azbestu.



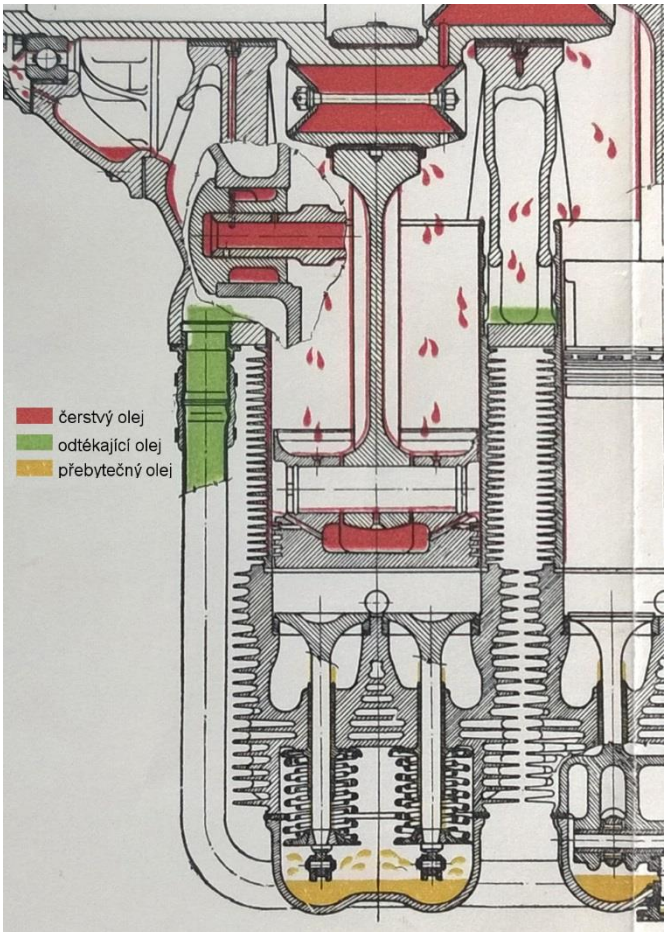
Obrázek 8: Víko rozvodů, hlava válce a válec motoru Minor 6-III [4]

Ventily jsou řízeny vačkovou hřídelí přes zdvihátko, rozvodovou tyčku a vahadlo, zavírání zabezpečuje tlačná pružina. Vačková hřídel je uložena v jednom magnéziovém kluzném ložisku v přední části skříně, které je vymezeno přírubou z vnější strany skříně a šesti bronzovými ložisky zasazených do příčné stěny skříně. Tyto ložiska mají dostatečný průměr, který umožní provlečení vačkové hřídele skrz. Ozubené kolo rozvodů je nasazeno na drážkovaný konec vačkové hřídele a axiálně pojištěn maticí. Otáčky vačkové hřídele jsou zpřevodovány ozubenými koly na hřídelích přes předlohové kolo uložené na ose na stěně skříně. Zdvihátka jsou spojena s rozvodovými tyčkami pomocí kulových čepů a zajištěna proti pootočení čtvercovými hlavami. Zdvihací tyčky jsou v hliníkových trubičkách. Vahadla se kývou v jehlovém ložisku. Vůle mezi vahadlem a rozvodovou tyčkou je stavitelná šroubem. Každý válec zahrnuje sací a výfukový ventil stejné konstrukce vyrobený z vysoce legované oceli, dřík ventilu je nitridovaný. Celý mechanizmus je uzavřen do malé skříně utěsněné korkovým těsněním a spojen maticemi s hlavou válce. Prostor je naplněn olejem k mazání pohonu ventilů.

Přípravu palivové směsi obstarávají dva spádové karburátory Walter 45 AK s manuální kontrolou bohatosti.

Mazání motoru je tlakové oběžné se suchou klikovou skříní. Tlakový olej poskytuje zubové čerpadlo, od kterého je veden potrubím do vačkové hřídele, k ozubeným kolům rozvodů a skrz příčné stěny skříně k hlavním čepům klikové hřídele. Klikové čepy jsou mazány skrz dutinu v klikové hřídeli, axiální kuličkové ložisko je mazáno olejem vytékajícím z předního konce hřídele. Vačky, zdvihátka jsou mazány tlakovým olejem z dutiny vačkové hřídele. Střední ložiska vačkové hřídele jsou mazány olejem stékajícím ze stěn skříně. Válce a písty jsou mazány odstřikujícím olejem z klikové hřídele. Mazivo zachycené na stěnách válce je stíracím kroužkem svedeno dutinou v pístu na jeho dno odkud otvory prolíná k ložisku pístního čepu. Vahadla, pružiny a vedení ventilů svým chodem způsobují rozstřik oleje v krytu ventilového

mechanismu a tím je zajištěno mazání. Olej ze dna skříně je sveden potrubím v přední části k sacímu čerpadlu, které jej odsaje do nádrže. Mazací oběh obsahuje filtry a ventily k regulaci tlaku oleje.



Obrázek 9:Detail mazání válce motoru Minor 6-III [4]

Motor je chlazen náporem vzduchu, který přichází průduchem v čelní části kapotáže. Přicházející vzduch je veden plechovými deflektory po levé straně motoru ke každému válci tak, že vzduch proudí okolo žeber válců. Na pravé straně je ohřátý vzduch veden pryč z motoru. [4]

Tabulka 3: Parametry motoru Minor 6-III [8][17]

rok vzniku	1946
počet válců	6
vrtání	105 mm
zdvih	115 mm
kompresní poměr	6:1
smysl otáčení	levotočivý
výkon jmenovitý	118 kW při 2500 min^{-1}
výkon cestovní	88 kW při 2300 min^{-1}
zdvihový objem	5,97 l
hmotnost	128,5kg
vyrobených kusů	přes 1500
délka	1344 mm
šířka	399 mm
výška	639 mm

Letadla vybavena motorem Mikron 6-III:

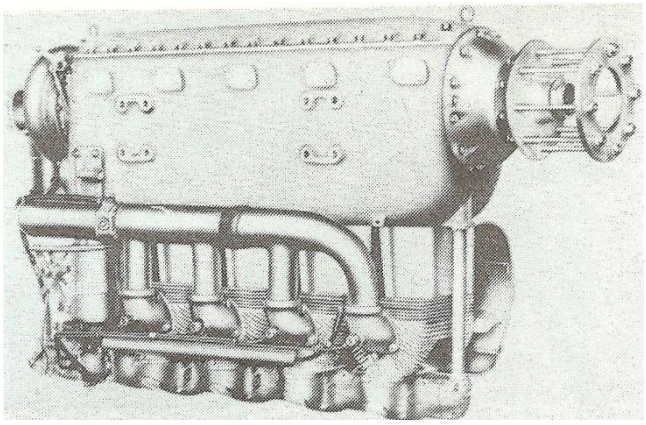
Z-226B Bohatýr, Z-526, R-7 Racek, L-200 Morava, E-33 XE-55, Z-226A, M-3 Bonzo.

Modifikace:

Stejně jako u čtyřválcového Minoru, existovala kompresorová verze Minor 6 III-S (typové označení M-335). Kompresor dokázal po dobu dvou minut zvýšit výkon motoru na 132kW, avšak stejně jako Minor 4-IIIS se tento kompresorový šestiválec neujal. [8]

2.1.4 M-332

V roce 1956 procházel testy nový motor M-332, původně označovaný jako Walter Minor 4-IIISc. Výroba započala v Motorletu (původně továrna Walter) a v průběhu byla přesunuta do závodu Avie, proto se můžeme setkat i s označením Avia M-332. Jednalo se o invertní vzduchem chlazený čtyřválec vycházející ze zkušeností při vývoji konstrukce Walter Minor 4-IIIS. Po otestování měl motor jmenovitý výkon 84kW což je o 22kW více než Minor 4-III při zvýšení hmotnosti o pouhá 2 kg. Také spotřeba pohonných hmot klesla o 10-15%. Motor byl vybaven zapínatelným kompresorem, elektrickým spouštěčem a nízkotlakou vstřikovací soustavou. Ventilové rozvody byly řízeny vačkovým hřídelem. [8]



Obrázek 10: Motor M-332 [8]

Tabulka 4:Parametry motoru M-332 [8][11]

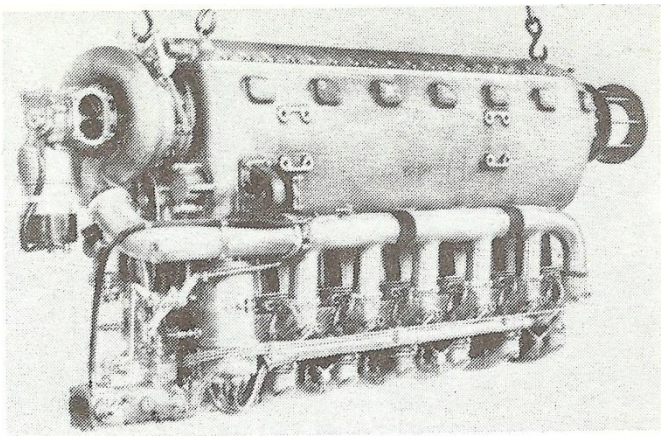
rok vzniku	1956
počet válců	4
vrtání	105 mm
zdvih	115 mm
kompresní poměr	6:1
smysl otáčení	levotočivý
výkon jmenovitý	84 kW při 2500 min^{-1}
výkon cestovní	103 kW při 2700 min^{-1}
zdvihový objem	3,98 l
hmotnost	102 kg
délka	1344 mm
šířka	399 mm
výška	639 mm

Letadla vybavena motorem M-332:

L-40 Meta Sokol, Ae-145, Z-35 Heli-Trenér.

2.1.5 M-337

Počátkem roku 1959 byl dokončen šestiválcový motor M-337 odvozený od M-332 (podobně jako Minor 4 a Minor 6). Jednalo se o motor vývojově navazující na kompresorový Minor 6 III-S s nízkotlakým vstřikováním paliva do sacího potrubí. [8]



Obrázek 11: Motor M-337 [8]

Tabulka 5:Parametry motoru M-337 [8][11]

rok vzniku	1959
počet válců	6
vrtání	105 mm
zdvih	115 mm
kompresní poměr	6:1
smysl otáčení	levotočivý
výkon jmenovitý	125 kW při 2600 min^{-1}
výkon cestovní	154 kW při 2750 min^{-1}
zdvihový objem	5,97 l
hmotnost	140 kg
délka	1344 mm
šířka	399 mm
výška	639 mm

Letadla vybavena motorem M-337:

L-200A a D Morava, Z-135,Z-43, Z-43S

Modifikace:

Pro potřebu akrobacie vznikl v Avii úpravou M-337 motor s označením M-137A, který měl modifikované vstřikovací čerpadlo pro lety s vyššími násobky zatížení (+6g a -3,5g) a pro delší lety v poloze na zádech. Zanedlouho na to byla vyvinuta akrobatická verze původního motoru M-337 pod označením M-337A. Nový motor měl podobně modifikovanou vstřikovací soustavu a navíc byl vybaven kompresorem, který bylo možné spouštět za letu. Využití kompresoru během akrobatického letu bylo možné, pokud pilot dodržel předepsaný maximální plnící tlak.

Dalším technickým zdokonalováním akrobatické verze vznikl v roce 1980 motor M-337AK, který měl lépe uzpůsobenou olejovou soustavu pro akrobatické lety. Vylepšení spočívalo v instalaci přepadového automaticky přepínaného ventilu na odsávání oleje. Tento ventil přepínal mezi odsáváním oleje ze sběrných míst ve spodní a horní části klikové skříně v závislosti na orientaci motoru. [8]

Letadla vybavena motorem M-337AK:

Z-726K, Z-142

Letadla vybavena motorem M-137A a M-137AZ:

Z-42, Z-526F, Z-526AFS Akrobat, Z-726

2.1.6 MOTORY ŘADY WALTER V

Nová řada motorů se vyvíjela od roku 1947, jednalo se o řadové, invertní vzduchem chlazené motory. Prvním z této řady byl Walter Mc (typové označení M-431), který vznikl v roce 1947. Šlo o čtyřválec s uspořádáním válců do V, vybavený reduktorem, kompresorem a nízkotlakým vstřikovacím čerpadlem. Objem motoru byl 2l a výkon 66kW. Při testování na letadle BAK-01 se objevil problém s nepravidelností chodu, a proto byl poslán zpět do továrny k úpravám, kde byl vývoj v roce 1951 zastaven. [8] [13]



Obrázek 12: Testovací letoun BAK-01 s motorem M-431[29]

Dalším prototypem byl Walter V-12 (M 446) invertní 12-ti válec s upořádáním válců do V. Vzletový výkon činil 515 kW při 2750 min^{-1} a jmenovitý 316kW při 2300 min^{-1}. Vývoj velmi slibného motoru o velkém výkonu byl však pomalý a havárie testovacího letadla v 1952 jej ukončila. Tato nehoda pravděpodobně uspíšila schválení licenční výroby sovětských motorů namísto vývoje vlastních konstrukcí. [8]

Posledním nerealizovaným motorem je invertní řadový šestiválec Walter V-6 (M-436). Vývoj probíhal od roku 1949 a následujícího roku byl ukončen, aniž by vznikl jediný prototyp. Výkon byl odhadován na 235kW při 2800 min^{-1}. [8]

2.1.7 M-441

V roce 1956 vznikal motor nové koncepce s osmi válci v invertním uspořádání do V. Motor byl osazen kompresorem a reduktorem, palivo bylo vstřikováno do kompresoru. Dále se počítalo s ejektorovým výfukovým vedením, které mělo pozitivní vliv na chlazení a poskytovalo malý dodatečný tah. V roce 1958 byl zkompletován a odzkoušen prototyp. Výsledky testů ukázaly spolehlivý chod, velký výkon a hospodárnost. Navzdory těmto pozitivům se vyskytl problém při zavedení do sériové výroby, který se nepodařilo vyřešit. Motor M-441 zůstal nevyužit, aniž by vůbec proběhly jeho letové zkoušky. [8]

Modifikace:

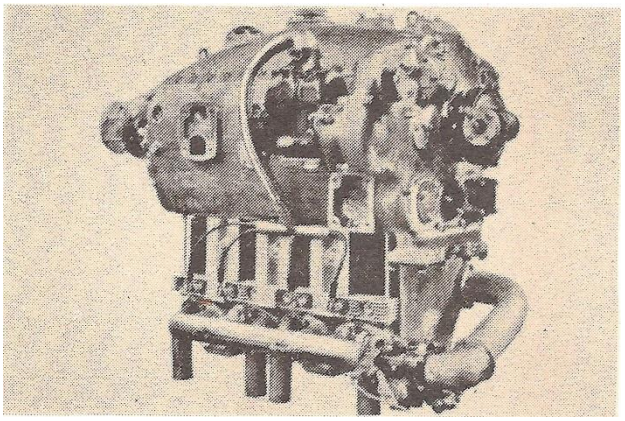
Vedle M-441 existoval návrh motoru M-442 stejné konstrukce o výkonu 257kW, M-41H určený pro vrtulníky a odlehčená verze M-241 bez kompresoru o výkonu 231kW. [8]

Tabulka 6:Parametry motoru M-441[8]

rok vzniku	1958
počet válců	6
vrtání	105 mm
zdvih	115 mm
kompresní poměr	6,4:1
smysl otáčení	levotočivý
výkon jmenovitý	184 kW při 2850 min^{-1}
výkon cestovní	220 kW při 3000 min^{-1}
zdvihový objem	7,97 l
hmotnost	250 kg

2.2 MOTORY TATRA 100 A 102

Po první světové válce společnost Tatra Kopřivnice zakoupila licenci německého motoru HM-504A firmy Hirth-Motoren GmbH a následně jej vyráběla pod označením T-100, šlo o invertní, vzduchem chlazený čtyřválec. Tento motor se stal vzorem pro vývoj nového motoru T-102, který se nedočkal testu, kvůli okupaci Československa. Předpokládaný výkon motoru měl být 55kW při 3600 min^{-1}. Otáčky motoru se převáděly na nižší pomocí reduktoru. [8]



Obrázek 13:Motor Tatra 100 [8]

Tabulka 7:Parametry motorů T-100 a T-102 [7][8]

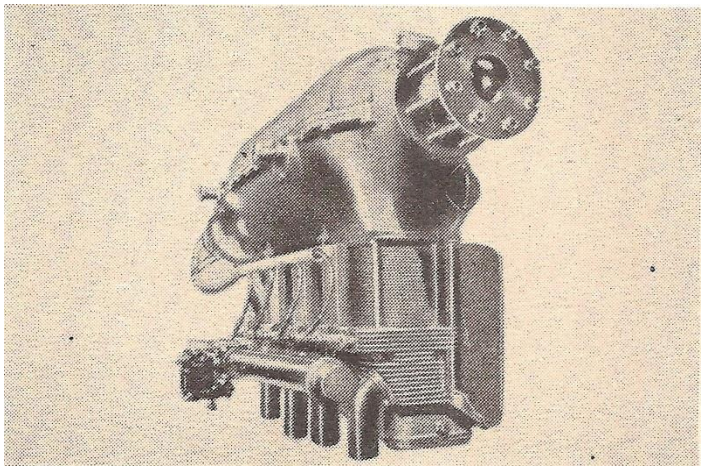
motor	T-100	T-102
rok vzniku	1934	1938
počet válců	4	4
vrtání	105 mm	105 mm
zdvih	115 mm	115 mm
kompresní poměr	6:1	6:1
výkon jmenovitý	66 kW při 2400 min^{-1}	44 při 3200 min^{-1}
zdvihový objem	3,98 l	-
redukční poměr	-	1:0,89
hmotnost	93 kg	-

Letadla vybavena motorem Tatra T-100:

T-001, T-101, T-201, T-301, T-131

2.3 MOTORY ZLÍN TOMA

Zlínská letecká a.s. se v meziválečném období připojila k dalším továrnám vyrábějících vlastní letadlové motory v Československu. Jako poslední předválečný motor vyvinula společnost v roce 1939 invertní vzduchem chlazený čtyřválec TOMA 4 o výkonu 77 kW při 2500 min^{-1}. Jednalo se o konstrukčně velmi zdařilý motor, což ukazuje i postavení celé série těchto motorů po druhé světové válce. Důvodem přerušení výroby byl příkaz z vyšších míst, který upřednostnil výrobu již zaběhnutých motorů Walter Minor 4-III, které měly podobné parametry. Plány na postavení šestiválcové verze s označením TOMA 6 se uskutečnily až po válce a to pouze ve dvou prototypech bez jakéhokoliv využití.[7][8]



Obrázek 14: Motor Toma 4 [7]

Tabulka 8:Parametry motorů TOMA 4 a TOMA 6 [7][18]

motor	TOMA 4	TOMA 6
rok vzniku	1939	1939
počet válců	4	6
vrtání	105 mm	105 mm
zdvih	115 mm	115 mm
kompresní poměr	6:1	6:1
výkon jmenovitý	69 kW při 2350 min^{-1}	107 při 2450 min^{-1}
zdvihový objem	3,98 l	6 l
vyrobených kusů	106	2 prototypy
hmotnost	98 kg	140 kg

Letadla vybavena motorem TOMA 4:

Z-122, Z-281, Z-XV, Av-236 Bojar

2.4 JAWA M-150

Spoluprací konstruktérů Avie a vývojovým pracovištěm motocyklových závodů v Praze vznikl invertní vzduchem chlazený dvoudobý tříválec M-150 s válci do V s nestejným počtem válců v řadě. Motor dával výkon 32kW při 4500 min^{-1} a přímo poháněl speciálně vyrobenou vrtuli Avia V210. Startování bylo ruční pomocí mechanického startéru. Při vývoji se konstruktéři snažili o využití již vyráběných dílů z motocyklů Jawa. Motor M-150 byl určen k motorizaci větroňů, kde se počítalo se snadnou demontáží. Samotný motor byl umístěn na trubkové konstrukci nad trupem. Kvůli poloze motoru bylo invertní provedení zvláště vhodné, protože se tak poloha osy vrtule vzdálila od trupu. Prototyp motoru byl v roce 1968 testován na větroni. Během testů se ukázalo, že motor je méně spolehlivý a náročný na údržbu a seřízení. Zkoušky byly ukončeny v roce 1969 a zůstalo pouze u jediného exempláře. [8] [14] [15]



Obrázek 15: Motorizovaný Blaník s motorem Jawa M-150 [14]

Tabulka 9:Parametry motoru M-150 [8][14][15]

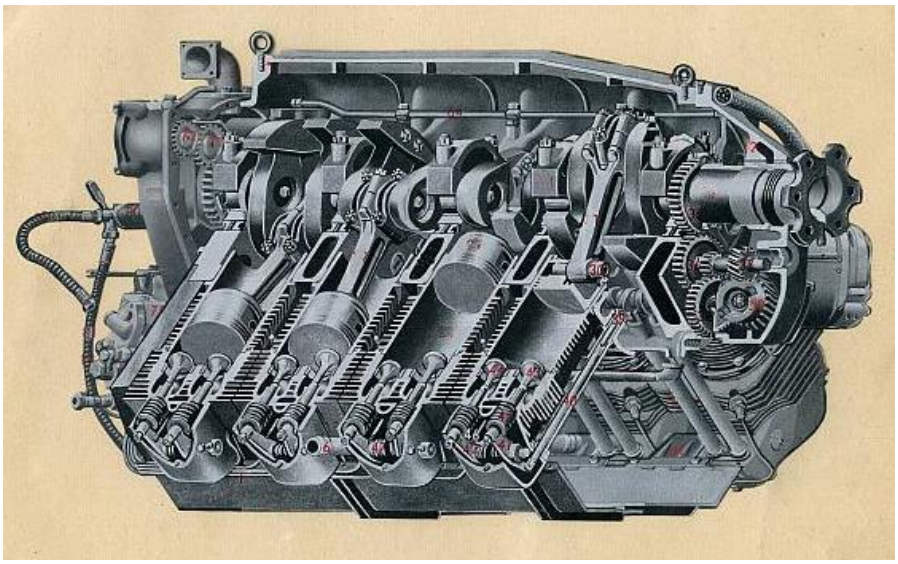
rok vzniku	1968
počet válců	3
vrtání	105 mm
zdvih	115 mm
kompresní poměr	6,4:1
smysl otáčení	levotočivý
výkon jmenovitý	32 kW při 4500 min^{-1}
zdvihový objem	0,81 l
vyrobených kusů	1
hmotnost	42 kg

Letadla vybavena motorem Jawa M-150:

L-13J

2.5 ARGUS AS-10C

Vzduchem chlazený čtyřdobý invertní osmiválec vyvinutý německou společností v roce 1928, který se uplatnil v mnoha menších průzkumných letadlech. Válce jsou uspořádány do V pod úhlem 90°. Pod klikovou hřídelí je uložena vačková hřídel, která přes tyčky a vahadla ovládá ventily válců. Na každý válec připadá jeden sací a jeden výfukový ventil. Přípravu směsi obstarávají dva karburátory. Mazaní tlakové oběžné se suchou skříní. Oběh zajišťuje jedno výtlačné a dvě sběrací čerpadla. [28]



Obrázek 16: Argus As-10C [28]

Tabulka 10: Parametry motoru As-10C [28]

rok vzniku	1928
počet válců	8
vrtání	120 mm
zdvih	140 mm
kompresní poměr	6,9:1
výkon jmenovitý	176 kW při 2000 min^{-1}
výkon maximální	162 kW při 1940 min^{-1}
zdvihový objem	12,7 l
hmotnost	232 kg
délka	1105 mm
šířka	421 mm
výška	936 mm

Letadla vybavena motorem Argus As-10:

Fieseler Fi 156 Storch, Arado Ar 66, Arado Ar 76

2.6 ARGUS AS-411

Vzduchem chlazený invertní čtyřdobí dvanáctiválec s uspořádáním válců do V, který vycházel z motoru As-410. Tato pohonná jednotka byla vyvinuta v roce 1937. Na tomto motoru němečtí inženýři aplikovali malé písty vyrobené z hliníku. Válce jsou vyrobeny z oceli s uzavřeny hlavou z hliníkové slitiny. Kliková skříň byla vyrobena z elektronu. Motor byl přeplňovaný jednostupňovým odstředivým kompresorem. Přípravu palivové směsi zajišťoval karburátor. Otevírání a zavírání ventilů bylo ovládáno vačkovou hřídelí. V průběhu druhé světové války byl motor vyráběn také ve Francii v závodech firmy Renault, kde byl i po osvobození dále vyráběn a vyvíjen.[6][11]

Tabulka 11: Parametry motoru As-411 [6] [11]

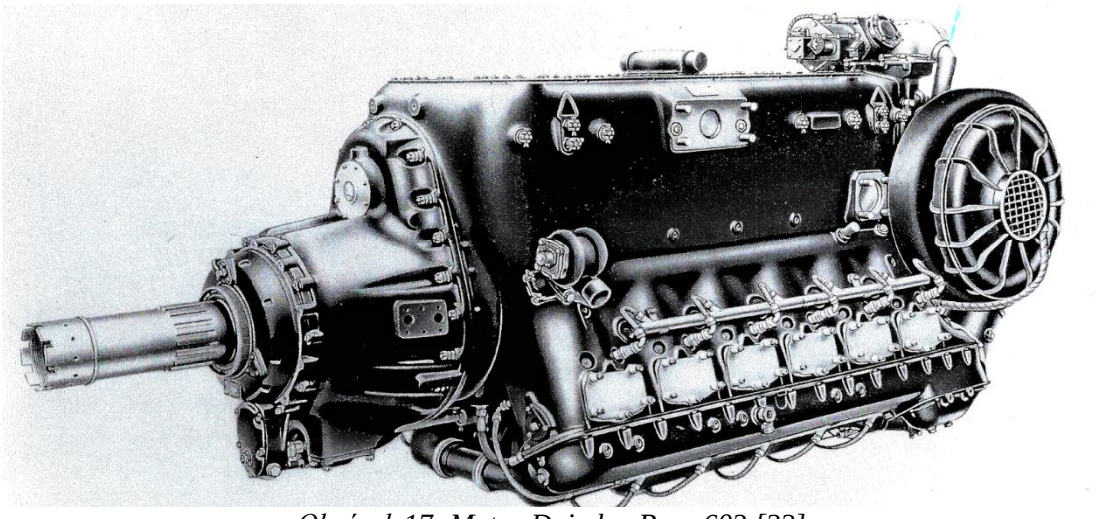
rok vzniku	1937
počet válců	12
vrtání	105 mm
zdvih	115 mm
kompresní poměr	6,4:1
výkon jmenovitý	441 kW při 3300 min^{-1}
zdvihový objem	11,95 l
hmotnost	385 kg
délka	1585 mm
šířka	600 mm
výška	970 mm

Letadla vybavena motorem Argus As-411:

Arado Ar 96 B, Focke-Wulf Fw 189 C, Pilatus P-2, Siebel Si 204

2.7 DAIMLER-BENZ 603

Motor Daimler-Benz 603 je kapalinou chlazený vidlicový invertní dvanáctiválec vyvinutý v Německu v roce 1942. Konstrukce vychází z motoru DB 601, oproti kterému má zvýšený



Obrázek 17: Motor Daimler-Benz 603 [22]

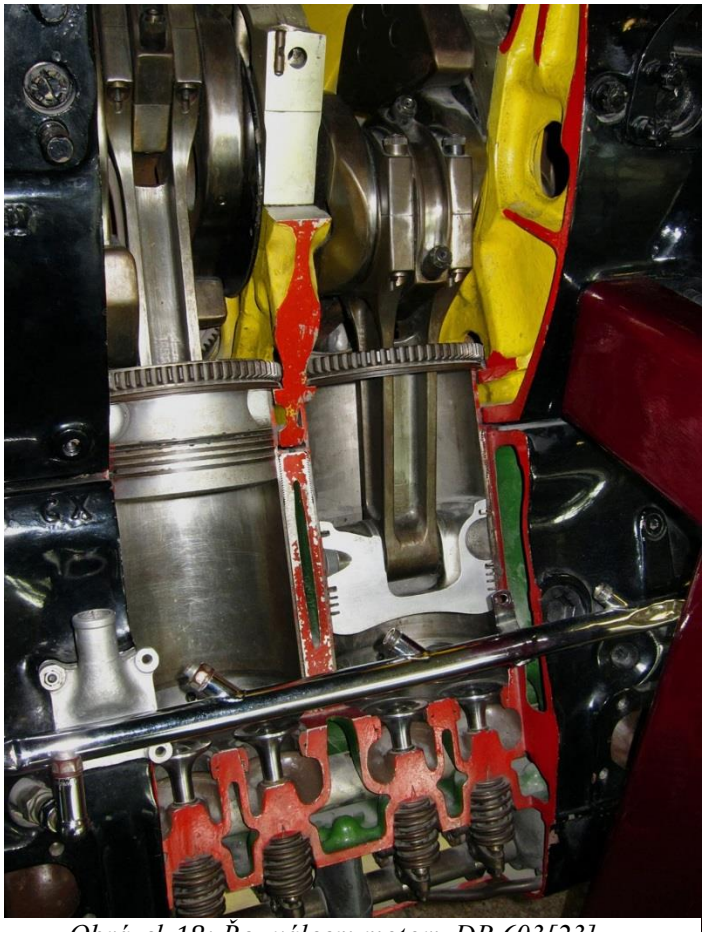
výkon. Díky velkému výkonu a hmotnosti se jednalo o ideální pohonnou jednotku pro těžké stíhačky a dvoumotorové letouny.

Válce jsou uspořádány do dvou bloků po šesti pod úhlem 60°. Do válců je nalisována ocelová vložka. Bloky jsou se skříní připojeny pomocí dlouhých závrtných svorníků. Těsnost mezi válcem a skříní zaručuje gumové těsnění.

Písty jsou kované z lehké slitiny s konkávně tvarovanou horní plochou, těsnost pracovního prostoru zabezpečují tři těsnící kroužky, jeden stírací v horní části a jeden stírací kroužek pod pístním čepem. Píst je spojem s ojničním okem ocelovým plovoucím pístním čepem.

Na každé zalomení hřídele připadají dva písty, které jsou spojeny jednou rozvidlenou a jednou klasickou ojnicí. Obě ojnice jsou děleny v ose oka, přesné uložení vík ojniční hlavy vůči ojnici zajišťují drážky na spojovaných plochách. Rozebíratelné spojení obstarávají šrouby a matice, které jsou drážkované pro speciální nářadí. V oku ojnice jsou zalisována třířadá jehlová nebo dělená kluzná ložiska (z olovnatého bronzu), která jsou pojištěna čtyřmi kolíky vůči pootočení.

Nedělená kliková hřídel je kovaná z oceli šestkrát zalomená po 120°. Hřídel je opatřena osmi vyvažovacími závažími. Hlavní čepy hřídele jsou uloženy pomocí sedmi kluzných bronzových ložisek v klikové skříni. Hlavní a klikové čepy jsou duté, kvůli rozvodu tlakového oleje k třecím plochám na hřídeli.



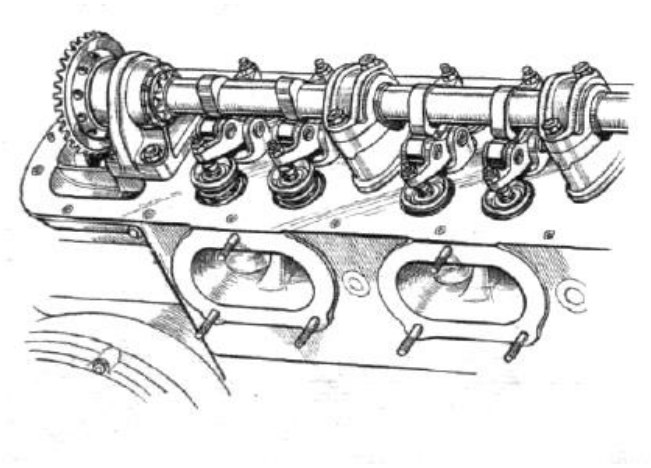
Obrázek 18: Řez válcem motoru DB 603[23]

Vstřikování paliva je přímé pomocí vstřikovacího čerpadla, které je spolu s automatickým regulátorem uloženo ve spodní části motoru mezi válci. V zadní části motoru se nachází zubové čerpadlo, které odsává palivo z nádrží a přes odvzdušňovač zásobuje tlakovým palivem vstřikovací systém. Palivo je vedeno ocelovou trubičkou (průměr 3 mm) z čerpadla do vstřikovací trysky v hlavě válce. Na každý válec připadá jedna vstřikovací tryska.

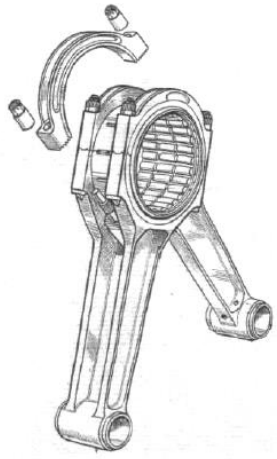
Přeplňování motoru zajišťuje odstředivý kompresor ovládaný pomocí hydraulické spojky.

Mazání je oběžné se suchou skříní. Tlakový olej zajišťovala jedno rozváděcí a dvě odsávací zubová čerpadla. Tlakový olej je veden ke každému ložisku hlavních čepů v příčných stěnách klikové skříně a skrz vačkovou hřídel k ložiskám, vačkám a vahadlům a vedením ventilů. Ozubená kola pohonů jsou mazána tlakovým olejem z potrubí. Přebytečný olej odtéká do vík hlav válců odkud je dvěma čerpadly odsáván do nádrže.

Kliková skříň je odlita z lehké slitiny, opatřena žebrováním v místech uložení klikové hřídele. Horní víko skříně je připevněno ke spodnímu dílu pomocí závrtných šroubu a kolíků. Ve spodní části pod klikovou hřídelí je trubkové uchycení hlavně kanonu, ústícího ve vrtulovém kuželi.



Obrázek 20: Ovládání ventilů u DB 603 [19]



Obrázek 19: Dělená ojnice s jehlovým ložiskem v motoru DB 603[19]

Na každý píst připadají dva sací a dva výfukové ventily a jedna zapalovací svíčka na každé straně válce. Výfukový ventil je extrémně namáhán, proto pro lepší odvod tepla je vyplněn sodíkem. V každém bloku pod ventily je uložen vačkový hřídel, který řídí přes krátké vahadlo jeden sací a jeden výfukový ventil. Vahadlo je uloženo v jehličkovém ložisku a na ventil doléhá přes kulovou opěru. [6][11]

Tabulka 12: Parametry motoru DB 603 [6]

rok vzniku	1942
počet válců	12
vrtání	162 mm
zdvih	180 mm
kompresní poměr	7,5:1 (levý blok) a 7,3:1 (pravý blok)
výkon jmenovitý	1025 kW při 2700 min^{-1}
výkon maximální	1305 kW při 2300 min^{-1}
zdvihový objem	44,5 l
hmotnost	925 kg
délka	2610 mm
šířka	830 mm
výška	1167 mm

Varianty motoru:

DB 603 E byl oproti modelu A vybaven kompresorem o větším průměru a automatickým snímáním otáček vrtule, což vedlo ke zvýšení maximálního výkonu o 37 kW.

U verze DB 603 G a K byl zvýšen kompresní poměr levého bloku na 8,3:1 a pravého na 8,5:1, které přineslo zvýšení maximálního výkonu na 1417 kW, avšak také zvýšení hmotnosti o 5kg u verze G a o 65 kg u modelu K.

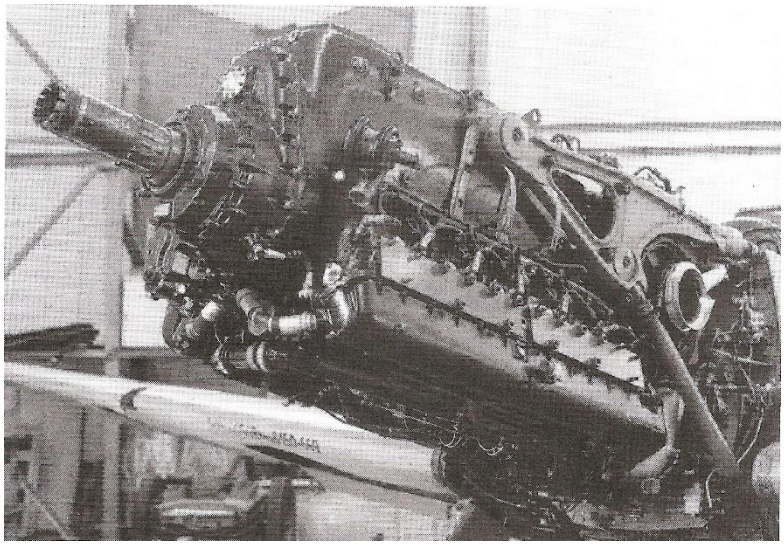
DB 603 N má podobnou konstrukci jako verze L, oproti ní má však upravené válce a zvýšené otáčky. Motor byl opatřen mechanickým pomaloběžným kompresorem a hydraulickou spojkou pro vyšší převody. Maximální výkon motoru je 2111kW při 3000 min^{-1}.[6]

Letadla vybavena motorem DB 603:

Messerschmitt Me 410, Dornier Do 217M, Heinkel He 219, Dornier Do 335, Focke-Wulf Ta152.

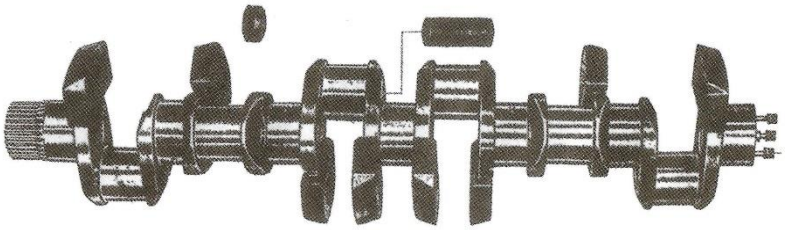
2.8 DAIMLER-BENZ 605

Daimler-Benz 605 vznikl v roce 1942 vylepšením konstrukce motoru DB 601 a má společné rysy s již popisovaným motorem DB 603. Menší DB 605 byl určen primárně pro stíhací letouny. Konstrukcí jde o kapalinou chlazený vidlicový dvanáctiválec s přeplňováním pomocí kompresoru. Hlavními změnami bylo zvýšení otáček motoru a upravené časování ventilů. Rovněž byly upraveny rozměry válců tak, aby bylo možné dosáhnout co největšího zdvihového objemu válce při zachování původních rozměrů verze 601.



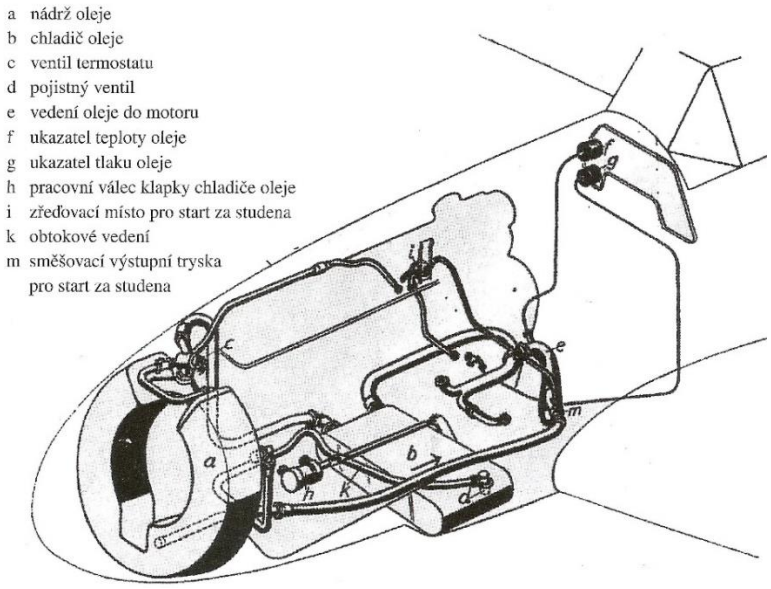
Obrázek 21: DB 605 instalovaný v letounu Bf 109 [10]

Blok motoru je odlit z hliníkové slitiny a v každém válci je zašroubována ocelová vložka. Oba bloky jsou pomocí závrtných šroubu připevněny ke klikové skříni a svírají spolu úhel 60°. Kliková skříň je odlita z hliníkové slitiny. Šestkrát zalomený klikový hřídel je vyroben kováním a následným obrobením, v přední části se nachází ozubené kolo reduktoru a na druhém konci příruba pro pohon pomocné převodovky.



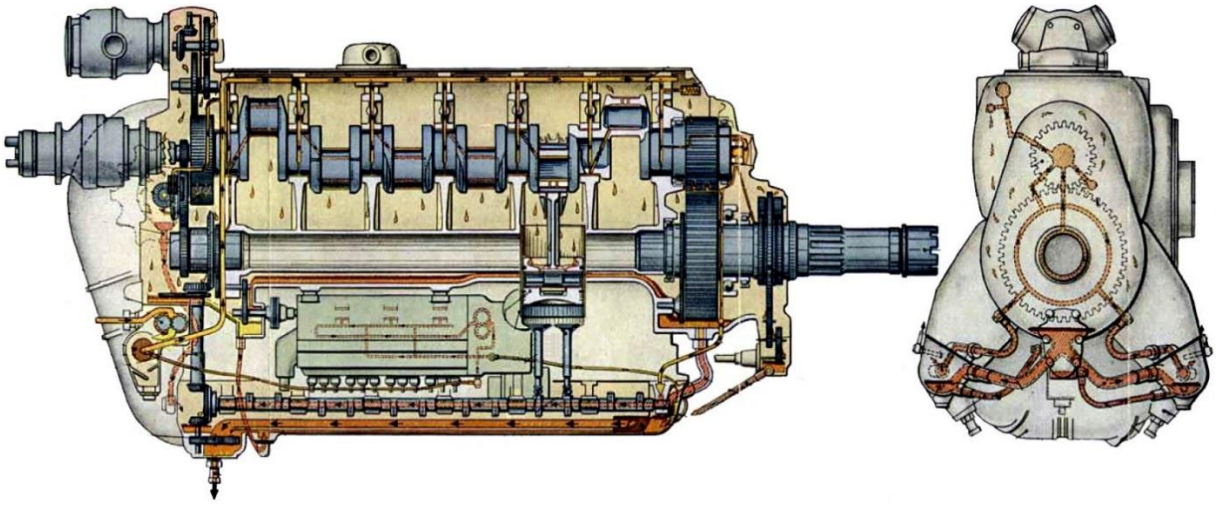
Obrázek 22: Klikový hřídel DB 605 [10]

Každý píst je opatřen třemi těsnícími kroužky a dvěma stíracími. Jednotlivé válce obsahují dva sací a dva výfukové ventily, které jsou řízeny přes vahadla a vačkovou hřídel. Přímé vstřikování zajišťuje vstřikovací čerpadlo umístěné ve spodní části mezi válci. Motor je přeplňovaný kompresorem ovládaný hydraulickou spojkou, která je automaticky řízena sondou snímající změny atmosférického tlaku.



Obrázek 23: Olejový systém motoru DB 605 v letounu BF 109 [10]

Olej k mazání motoru se nachází v externí nádrži (o objemu 36 l) v přední části motoru, odkud je čerpán přes filtr umístěný na zadní straně čerpadla. Od čerpadla pokračuje olej potrubím skrz příčné stěny skříně k ložiskům hlavních čepů a do klikové hřídele. Prostřednictvím dutin v hřídeli proudí tlakový olej k ložiskům na klikovém čepu, odstřikující olej padá na dno skříně, odkud pokračuje potrubím do víka hlav válců a zároveň dopadá na dno pístu. Olej na dně pístu se dostává vyvrtanými otvory k ložisku pístního čepu, čímž dochází k jeho mazaní. Olej ze stěny pístu slouží jako jeho mazání. Pokud olej projde přes poslední pístní kroužek, druhý kroužek jej svede do drážky uvnitř pístu pod čepem, skrz kterou je zaveden k ložisku pístního čepu. Tlakový olej je také veden vačkovou hřídelí, která poskytuje mazivo pro ložiska a rozvodový mechanizmus. Odvod oleje z víka hlavy válců zajišťuje sací čerpadlo v každém bloku motoru. Z vík pokračuje olej hadicemi do chladiče, který je umístěn ve spodní části motoru a zpět do nádrže.



Obrázek 24: Oběh oleje v motoru DB 605 [36]

Oběh chladicí kapaliny zajišťuje odstředivé čerpadlo. Chladivo je od čerpadla vedeno hadicemi do skříně ke stěnám válce, ke spalovacím komorám, okolo ventilů a přes chladič a odlučovač par zpět do nádrže. [6][10]

Tabulka 13: Parametry motoru DB 605 [6][10]

rok vzniku	1942
počet válců	12
vrtání	154 mm
zdvih	160 mm
kompresní poměr	7,3:1 (levý blok) a 7,5:1 (pravý blok)
výkon jmenovitý	802 kW při 2300 min^{-1}
výkon maximální	1100 kW při 2800 min^{-1}
zdvihový objem	35,7 l
redukční poměr	1:0,594
hmotnost	756 kg
délka	2139 mm
šířka	760 mm
výška	1037 mm

Varianty motoru:

DB 605 AM byl vybaven systémem vstřikování směsi vody a metanolu, který krátkodobě zvyšoval výkon na 1342 kW při 2800 min^{-1}.

Verze DB 605 AS byla opatřena kompresorem o větším průměru. Vzletový výkon činil 1070kW při 2800 min^{-1} a jmenovitý 802kW při 2600 min^{-1}

Modely DB 605D, E, F, DB a DC měly kompresor s větším poloměrem, zvýšeným kompresním poměrem levého bloku na 8,3:1 a pravého na 8,5:1. Úpravou prošly také reduktory, u verze D byl redukční poměr 0,594; u verze E 0,534:1 a u verze F 0,497:1.

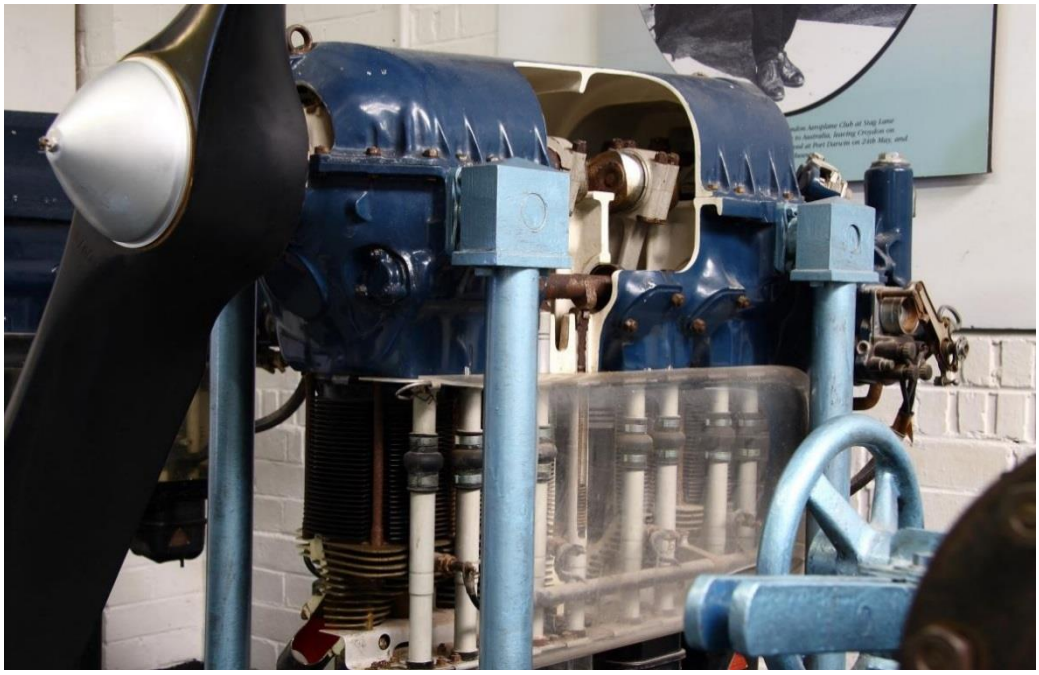
DB 605L byl opatřen dvoustupňovým kompresorem a spaloval 96 oktanové palivo. Vzletový výkon činil 1268kW při 2800 min^{-1} a jmenovitý 865kW při 2400 min^{-1}. [6]

Letadla vybavena motorem DB 605:

Bf-109, Bf-110, Me-210.

2.9 DE HAVILLAND GIPSY-MAJOR 1

Britská společnost de Havilland se od roku 1927 začala zabývat vývojem letadlových motorů. Byly to jedny z prvních typů motorů série Gipsy. Jednalo se o řadové invertní vzduchem chlazené čtyřválce určené pro malá dopravní, cestovní a cvičná letadla.



Obrázek 25: Motor de Havilland Gipsy Major 1[26]

Válce jsou kované z uhlíkové oceli, následně obráběny a ošetřeny proti korozi. Hlavy válců z hliníkového bronzu jsou připevněny ke klikové skříni pomocí dlouhých svorníků. Mezi hlavou a skříní je těsnící podložka z hliníku a azbestu.

Písty jsou odlehčeny v maximální možné míře. Pístní čep je uložen plavmo, zajištěn pojistnými kroužky a podložkami. Píst je opatřen stíracím a dvěma těsnícími kroužky, které jsou v drážkách pod pístním čepem.

Ojnice je kovaná a strojně opracovaná. Víko ojniční hlavy je spojeno s ojnicí čtyřmi šrouby. Kluzné ložisko v ojničním oku má ocelové pouzdro a kluzná část je ze slitiny cínu a antimonu (white-metal).

Kliková hřídel je výkovek z chromniklové oceli, uložena v klikové skříni na pěti kluzných ložiskách ze slitiny cínu a antimonu. Přední konec hřídele je opatřen kuličkovým ložiskem pro zachycení axiální síly. Hřídel má vrtané hlavní a klikové čepy kvůli odlehčení a vedení maziva.

Kliková skříň se skládá ze dvou částí, spodní polovina je odlitek z hliníkové slitiny a horní část je z elektronu, namáhané části jsou opatřeny žebrováním ke zvýšení tuhosti. Ve spodní části skříně jsou upevněna kluzná ložiska pomocí přišroubovaných vík.



Obrázek 26: Gipsy Major s otevřenou klikovou skříní [24]

Ventily jsou řízeny ocelovými vahadly přes rozvodové tyčky a ocelové zdvihátko doléhající na vačku. Vačková hřídel je uložena do pěti kluzných ložisek na levé straně motoru a její pohon zajišťují ozubená kola. Pro zajištění přesného časování ventilů je drážka ve vačkovém hřídeli a na ozubeném kole vyrobena s vysokou přesností.

Přípravu směsi zajišťuje Claudel-Hobsonův spádový karburátor, který až do nejvyšších cestovních rychlostí odebírá protiplamenovou pojistkou ohřátý vzduch na boku motoru. Když je motor nastaven na plný tah, zabudovaná přepínací klapka je přestavena a vzduch je odebírán z vnější strany kapotáže motoru. Tímto je zabráněno podchlazení při cestovních otáčkách motoru a zároveň nedochází ke ztrátám při plném tahu. Bohatost směsi v závislosti na výšce je zajištěna ventilem, který je ovládán z kokpitu.

Tlakový olej k mazání dodává zubové čerpadlo, které čerpá olej z nádrže přes hrubý filtr. Tlak mazacího oleje v oběhu je regulován ventilem. Kliková hřídel, vačková hřídel, a ozubený převod rozvodu jsou mazány olejem vedeným v horní části skříně. Mazání válců obstarává rozstřikující se olej z ložisek v ojničním oku, což umožňuje mazání v okamžiku startu motoru. Hladina oleje v rozvodové skříni je udržována štěrbinou ve vedení zdvihátka. Olej proudí klikovou hřídelí z velkých otvorů a vrací se volným stékáním zpět do nádrže. Sací čerpadlo pro zlepšení oběhu maziva u těchto motorů nebylo vždy instalováno.

Chlazení zajišťuje vzduch, který přichází k motoru z levé strany, dále pokračuje skrz žebrováním válců a deflektory na pravé straně je veden z motoru.

Na předním konci klikové hřídele je pomocí pera nasazena příruba, na kterou je nasazena vrtule a zajištěna přišroubováním kužele do příruby osmi šrouby. Smysl otáčení vrtule je levý. [6]

Tabulka 14:Parametry motoru Gipsy Major I [6]

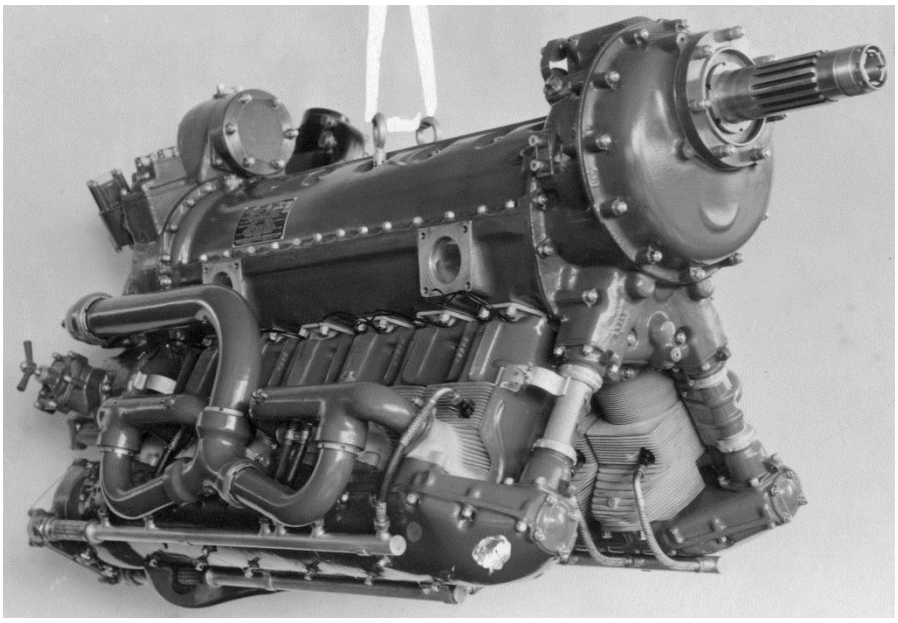
rok vzniku	1928
počet válců	4
vrtání	118 mm
zdvih	140 mm
kompresní poměr	5,25:1
výkon jmenovitý	88 kW při 2100 min^{-1}
výkon maximální	95,6 kW při 2350 min^{-1}
zdvihový objem	6,124 l
hmotnost	138 kg
délka	1227 mm
šířka	508 mm
výška	752 mm

Letadla vybavena motorem Gipsy Major:

de Havilland Tiger Moth, British Aircraft Eagle, Miles Hawk Major, Miles Falcon Major, Miles Whitney Straight, Miles Magister

2.10 RANGER SGV-770C-1

Pod amerického výrobce motorů a letadel Fairchild spadala firma Ranger, která se zaměřovala na vývoj invertních řadových vzduchem chlazených motorů. Během let vyvinula řadový šestiválcový motor 6-440C a z něj velmi podobný dvanáctiválec SGV-770C-1 s uspořádáním do V. Motor byl používán v armádních a testovacích letadlech.



Obrázek 27: Ranger SGV-770C-1 [9]

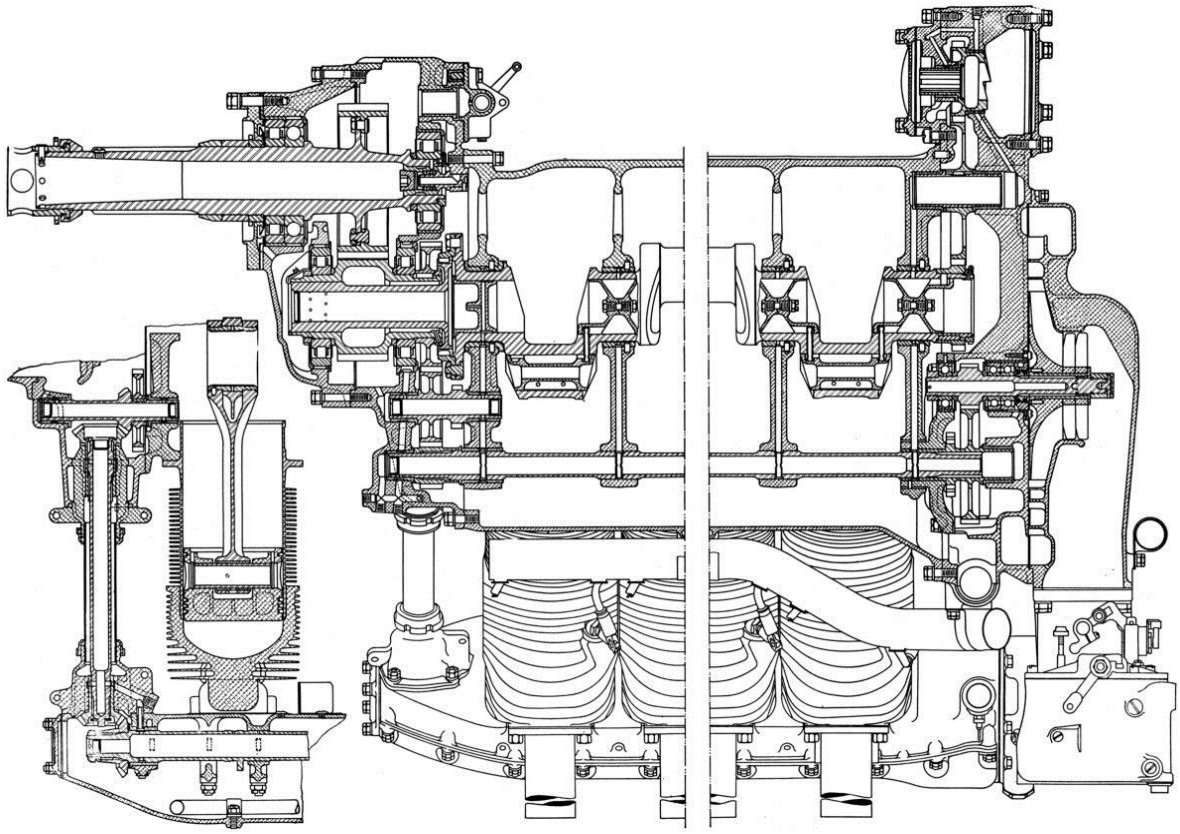
Válce jsou kované z oceli s příměsí chromu a molybdenu a opatřeny žebry pro odvod tepla. Hlavy válců jsou odlity z hliníkové slitiny včetně žebrování a jsou k válcům připevněny závrtnými šrouby. Na každý válec připadají dvě zapalovací svíčky.

Písty jsou vyrobeny z hliníkové slitiny opatřeny čtyřmi drážkami pro jeden stírací a tři těsnící pístní kroužky. Pístní čep je vyroben z žáruvzdorné slitiny, pojištěný kroužky.

Ojnice jsou kované z chrom-molybdenové oceli s průřezem dříků ve tvaru I. Ojniční hlava je opatřena kluzným ložiskem s ocelovou pánví a kluznou vrstvou z kadmia a stříbra, ložisko v ojničním oku je bronzové.

Dutá šestkrát zalomená kliková hřídel uložena v sedmi hlavních ložiskách. Klikové čepy jsou vrtané a uzavřené víčky, která zároveň plní funkci odstředivého filtru. V klikách jsou vyvrtané otvory, které spojí dutiny hlavních a klikových čepů. Přední část hřídele je osazena ozubeným kolem reduktoru a kolem pro přenos energie k rozvodům. První klika hřídele je vybavena dvěma dynamickými tlumiči.

Dvoudílná kliková skříň je odlita z hliníkové slitiny s příčnými stěnami pro sedm kluzných ložisek klikové hřídele. Uložení ozubených převodů pro pohon vačkové hřídele je v přední části. V zadní části je odebírána energie pro pohon příslušenství motoru.

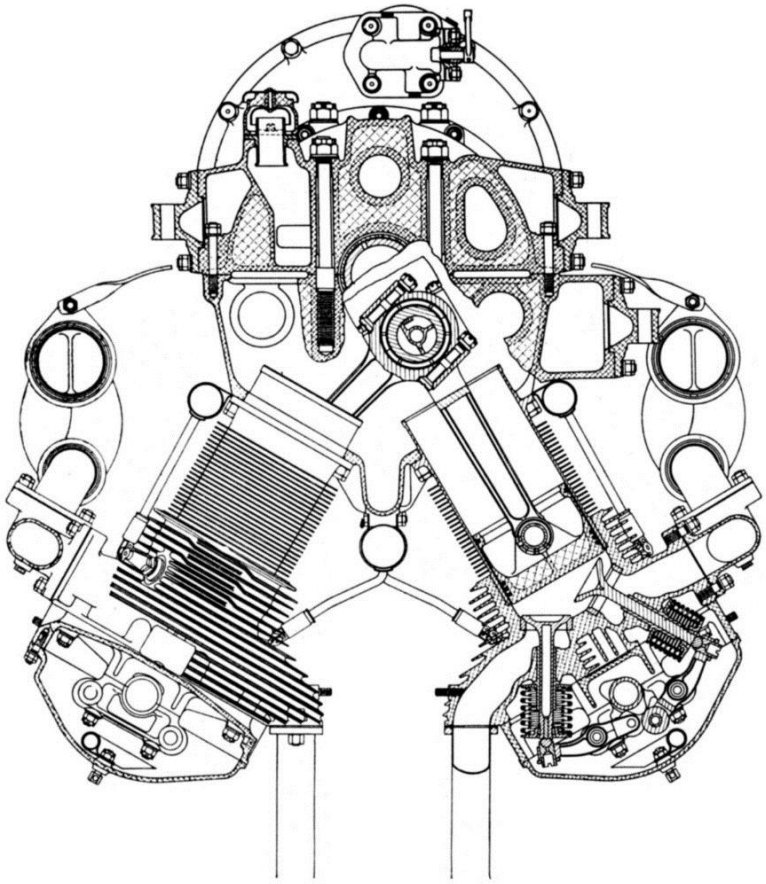


Obrázek 28: Příčný řez SGV-770C-1 [9]

Ovládání ventilů obstarávají dvě vačkové hřídele, pro každou řadu válců jedna. Kovaná ocelová vačková hřídel je uložena pod ventily, které jsou přišroubovány k hlavám válců. Na oba konce a na každý válec připadá jedno kluzné ložisko. Výměnu obsahu válců zajišťuje jeden sací a dva výfukové ventily uložené ve vodítkách v hlavě válce, otevírány jsou pomocí vahadel přes vačkovou hřídel a zavírány dvěma tlačnými pružinami.

Motor je vybaven jedním karburátorem, který přivádí směs do kompresoru v zadní části.

Mazání je oběžné tlakové se suchou skříní. Z vnější nádrže je olej čerpán zubovým čerpadlem do dutin v klikové a vačkové hřídeli a potrubím k ozubeným převodům pro pohon rozvodů a příslušenství motoru. Prostřednictvím otvorů v klikové hřídeli prolíná tlakový olej k ložiskám hlavních a klikových čepů. Olej vedený vačkovou hřídelí slouží k mazání jejich ložisek a zároveň odstřikující olej promazává vačky, zdvihátka a vahadlo. Olej padající od klikové hřídele slouží k mazání stěn válců a pístního čepu. Přebytečný olej ze dna skříně a od pohonu vačkové hřídele stéká potrubím v přední a zadní části motoru do víka hlavy válců odkud je pomocí čerpadla v každé řadě válců odčerpáván zpět do nádrže. [6][9]



Obrázek 29: Čelní pohled na SGV-770C-1[9]

Tabulka 15: Parametry motoru SGV-770C-1[6]

rok vzniku	1931
počet válců	12
vrtání	101,6 mm
zdvih	120 mm
kompresní poměr	6,5:1
výkon jmenovitý	336 kW při 3000 min^{-1}
výkon maximální	388kW při 3150 min^{-1}
zdvihový objem	12,6 l
hmotnost	331,4 kg
délka	1573 mm
šířka	710 mm
výška	832 mm

Letadla vybavena motorem Ranger SGV-770:

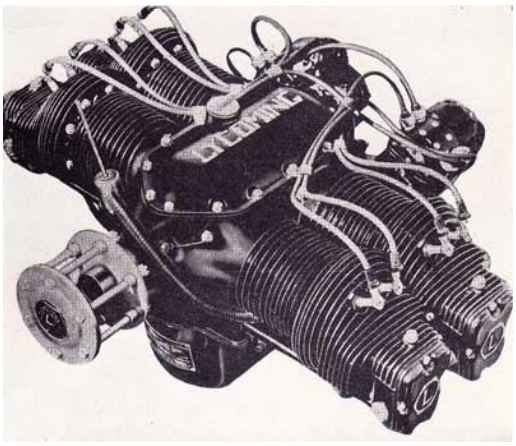
Vought XSO2, Curtiss SO3C, Fairchild F-46, Fairchild AT-21, Bell XP-77

3 SROVNÁNÍ INVERTNÍCH MOTORŮ S JINÝMI KONSTRUKCEMI

V této kapitole nalezneme popis pohonných jednotek s odlišným uspořádáním válců, jejich technické parametry, použití a stručné porovnání s výkonnostně srovnatelnými invertními motory.

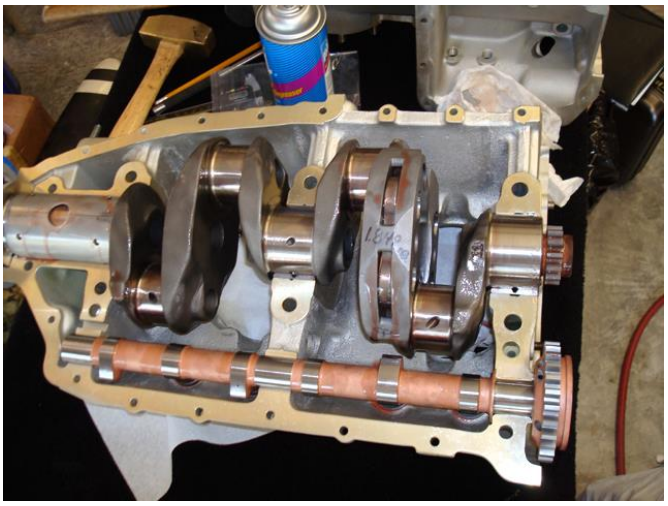
3.1 LYCOMING C-145-B A WALTER MIKRON III

Lycoming C-145-B je americký vzduchem chlazený čtyřválec s protilehlými válci. Žebrované válce jsou přišroubovány závrtnými šrouby ke skříni. Hlavy válců jsou odlité z hliníkové slitiny a jsou zašroubovány do válců přes závitové vložky. Písty z hliníkové slitiny mají dva těsnící kroužky a dva stírací kroužky. Kovaná ocelová dělená ojnice je uložena v ocelových pánvích, které jsou vylity olovnatým bronzem.



Obrázek 30:Motor Lycoming C-145[21]

Kliková hřídel je ocelový výkovek, střed je vrtaný kvůli odlehčení a vedení oleje. Hřídel je ve skříni uložena ve třech kluzných ložiskách. Vačková hřídel je uložena ve skříni nad klikovou hřídelí a ovládá pomocí tyček a vahadel sací a výfukový ventil v každém válci. Přípravu směsi obstarává karburátor upevněný na dno olejové skříně.



Obrázek 31: Uložení klikové a vačkové hřídele v motoru Lycoming C-145 [25]

Mazání je tlakové oběžné. Zubové čerpadlo čerpá olej ze spodní části skříně a prostřednictvím klikové hřídele ho přivádí k ložiskům hřídele. Tlakovým olejem jsou mazány i ložiska vačkové hřídele a ozubené převody rozvodů. Pístní čep a válce jsou mazány rozstřikem. [6] [11] [35]

Tabulka 16: Srovnání motorů Mikron III a O-145-B [6][17]

motor	Mikron III	O-145-B
rok vzniku	1948	1948
počet válců	4	4
vrtání	90 mm	92 mm
zdvih	96 mm	80 mm
kompresní poměr	6:1	6,5:1
výkon jmenovitý	48 kW při 2500 min^{-1}	48kW při 2550 min^{-1}
zdvihový objem	2,44 l	2,37 l
hmotnost	62 kg	74,2 kg
délka	925 mm	625 mm
šířka	350,7 mm	750 mm
výška	530 mm	518 mm

Letadla vybavena motorem Lycoming C-145:

Piper J-3L65 Cub, Aeronca 65-LA, J-4F Cub Coupe, Stinson 10-B Voyager, Thorp T-11 Sky Scooter.

Srovnání motorů:

Oba motory jsou zážehové vzduchem chlazené čtyřválce určené pro malá letadla jako je například Zlín Z-212 (Mikron) a Piper J3L-65 (Lycoming). Lycoming má nižší zdvihový objem, ale vyšší kompresní poměr a celkový výkon obou motorů je shodně 48kW při 2500 min^{-1}. Hmotnostně je na tom lépe Mikron, který váží o 12 kg méně.

Provedení a materiály jednotlivých dílů jako jsou písty, klikový a vačkový hřídel a ventily se zásadně neliší. Zásadní rozdíl mezi motory je v systému mazání, Lycoming využívá oběžné tlakové mazání, které je jednodušší, ale neumožňuje velké manévrování při letu jako oběžné mazání se suchou skříní v případě Mikronu.

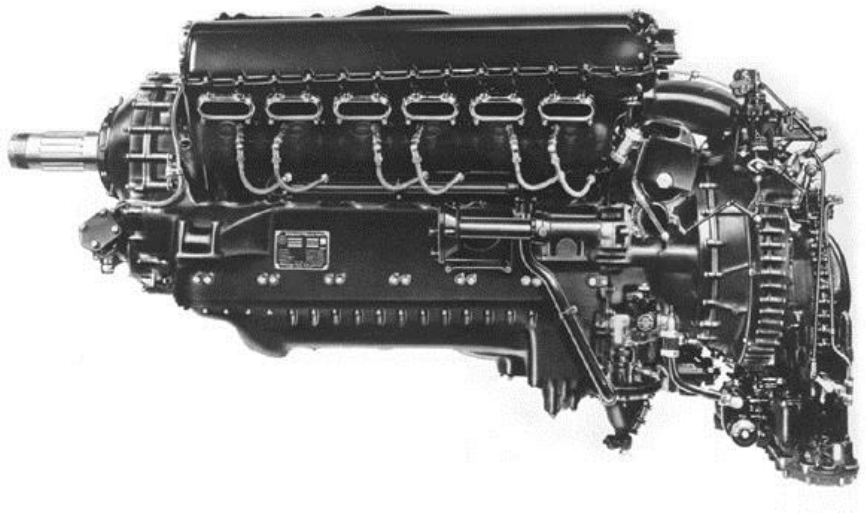
Plochý Lycoming oproti Mikronu, díky umístění válců naproti sobě, má kratší klikovou hřídel, která je tak méně namáhaná a k uložení do skříně vyžaduje menší počet ložisek. U amerického

motoru je přívod vzduchu žebrování válců jednodušší, díky přímému náběhu vzduchu na dva ze čtyř válců oproti jednomu válci u Mikronu, přičemž musí být vzduch správně sveden k dalším třem válcům. Upevnění motoru k draku letadla u Mikronu je realizováno pomocí 2 podepřených nosníků připevněných ve dvou bodech na obou stranách skříně. V případě Lycomingu je motor v zadní části připevněn ve čtyřech bodech ke svařovanému loži.

Obě konstrukce využívají výhody dobré viditelnosti z kabiny, díky válcům uložených mimo čelní pohled. Další společnou výhodou je vysoko umístěná osa vrtule.

3.2 ROLLS-ROYCE MERLIN 61 A DAIMLER-BENZ 605A

Rolls-Royce Merlin je britský kapalinou chlazený dvanáctiválec s válci uspořádanými do V. Verze Merlin 61 byla vyvinuta v roce 1942 a díky svému dvoustupňovému kompresoru byla vhodná pro letouny operující ve velkých výškách, kde jim poskytovala výkonnostní výhodu.



Obrázek 32: Motor Rolls-Royce Merlin [31]

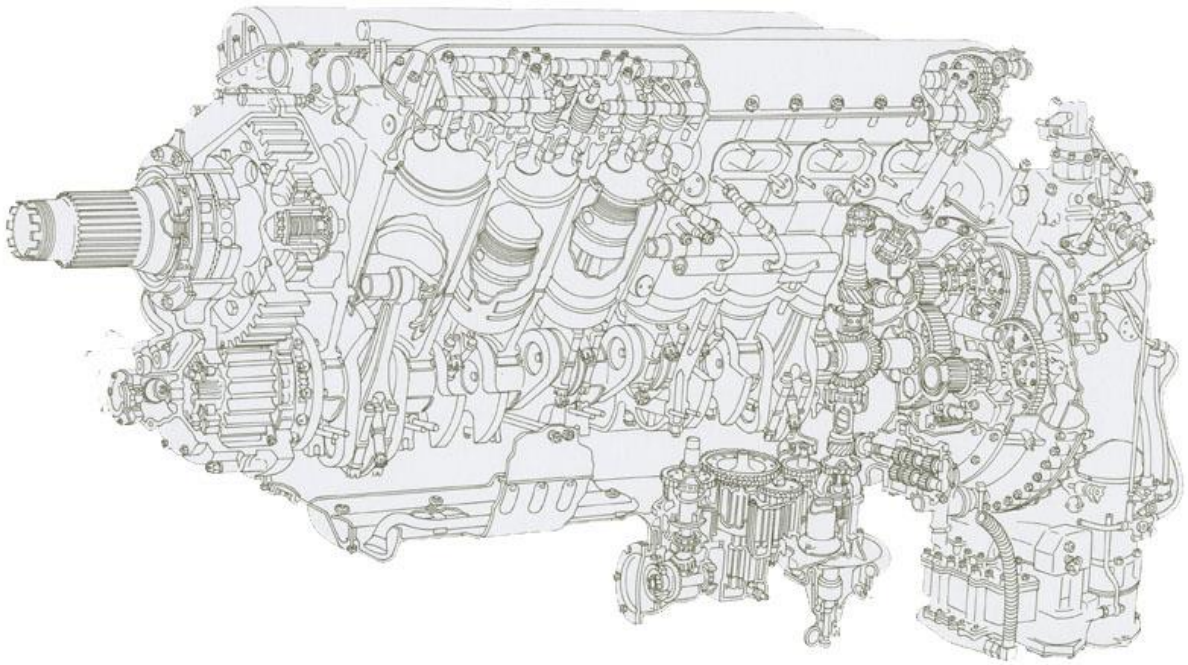
Motorové bloky jsou odlity z hliníkové slitiny s oddělenými hlavami bloků motoru. Ocelové vložky válců jsou přímo chlazeny chladivem. Strojně opracované písty jsou kovány z hliníkové slitiny a opatřeny drážkami pro 3 těsnící pístní kroužky a 2 stírací. Dutý pístní čep z chromniklové oceli je uložen plavně a pojištěn kroužky.

Kované ojnice jsou z niklové oceli. Na každý klikový čep hřídele připadá hlavní ojnice a vidlicová vedlejší ojnice. V ojniční hlavě je ocelová pánev s kluznou vrstvou z olovnatého bronzu a v ojničním oku je uloženo ložisko z fosforového bronzu.

Kliková hřídel strojně opracovaný výkovek z chrom-molybdenové oceli, vnitřní část je vrtaná pro vedení maziva. Na předním konci je uloženo ozubené kolo reduktoru a převod pohonu rozvodu. Kliková skříň se skládá ze dvou polovin odlévaných z hliníkové slitiny. V každém válci je dvojice sacích a výfukových ocelových ventilů. Výfukové ventily jsou plněny sodíkem ke zlepšení chlazení. Otevírání ventilů je řízeno přes ocelová zdvihátka vahadly, která zvedá

vačková hřídel uložená v horní části bloku motoru. Přípravu palivové směsi obstarává automaticky řízený karburátor, ze kterého směs pokračuje do kompresoru. Dvoustupňový kompresor je ovládán servomechanizmem diferenciálně spojeným se škrticí klapkou.

Motor je mazán tlakovým oběžným systémem se suchou skříní, jedno čerpadlo poskytuje tlakový olej a dvě sací čerpadla odebírají přes filtr a chladič přebytečný olej ze spodní části skříně do nádrže. Chladivem pro motor je směs vody a ethylenglykolu, která je pumpována odstředivým čerpadlem z nádrže přes chladič k válcům a zpět do nádrže. [6][30]



Obrázek 33: Řez motorem Merlin 61 [30]

Tabulka 17:Srovnání motorů DB 605 a R-R Merin 61 [6][10]

motor	DB 605	R-R Merlin 61
rok vzniku	1942	1942
počet válců	12	12
vrtání	154 mm	137,3 mm
zdvih	160 mm	152,5 mm
kompresní poměr	7,3:1 a 7,5:1	6:1
výkon jmenovitý	802 kW při 2300 min^{-1}	932 kW při 2850 min^{-1}
výkon vzletový	1100 kW při 2800 min^{-1}	1167 kW při 3000 min^{-1}
zdvihový objem	35,7 l	27 l
hmotnost	756 kg	744 kg
délka	2139 mm	2253 mm
šířka	760 mm	780 mm
výška	1037 mm	1016 mm

Letadla vybavena motorem Rolls-Royce Merlin 61:

Spitfire Mk. VII, VIII, IX, XVI.

Srovnání motorů:

Oba motory jsou výkonné řadové zážehové kapalinou chlazené dvanáctiválce určené primárně pro stíhací letouny Spitfire (Merlin) a Bf 109 (DB-605). Německý motor má vyšší zdvihový objem o 8,7 litrů, vyšší kompresní poměr a vykazuje nižší maximální výkon o 67 kW. Navíc má vyšší hmotnost o 12 kg. Oba motory jsou opatřeny reduktory ke snížení otáček vrtule. Shodné je provedení rozvodů s vačkovou hřídelí nad ventily. Srovnatelné jsou i vnější rozměry obou motorů.

Přípravu palivové směsi u britského motoru obstarává karburátor, zatímco u německého oponenta je palivo vstřikováno přímo do válců. Přímé vstřikování paliva je složitější a dražší, nicméně přináší výhody v podobě nižší spotřeby paliva a možnost letu na zádech bez nebezpečí ztráty přísunu paliva. DB-605 je vybaven jednostupňovým kompresorem, zatímco Merlin využívá dvoustupňový kompresor, který mu umožňuje lepší parametry ve velkých výškách.

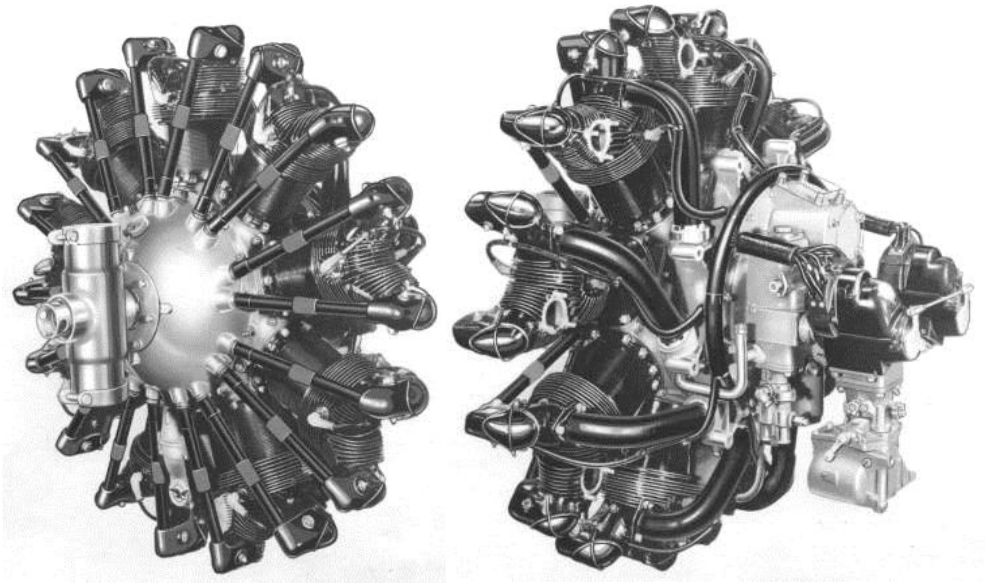
Tlakové oběžné mazání se suchou skříní je shodné pro obě pohonné jednotky. Odvádění použitého oleje z motoru DB-605 je složitější, protože veškeré mazivo musí být svedeno od ozubených kol pohonů, rozvodů a ze dna skříně do vík hlav válců a teprve odtud odčerpáno do nádrže. Odlišná je i konstrukce pístu, která musí odvádět olej ze stěn válců do svého dna, aby

nedošlo k nadměrnému pronikání oleje do spalovacího prostoru. Mazací soustava britského motoru svádí olej na dno skříně, odkud je odebírán čerpadly.

Motorové lože DB 605 je sestaveno ze dvou nosníků uchycených po stranách motoru a třech trubkových vzpěr. Uložení Merlinu je řešeno složitější svařovanou konstrukcí, na kterou je zespodu připevněn.

3.3 RANGER SGV-770C-1 A PRATT & WHITNEY R-985 WASP-JUNIOR

Americká firma Pratt & Whitney se zaměřovala již od počátku svého vzniku na hvězdicové vzduchem chlazené motory. Jedním z prvních úspěšných motorů je R-985 Wasp-Junior, jedná se o jednohvězdicový vzduchem chlazený devítiválec.



Obrázek 34:Pratt & Whitney R-985 Wasp-Junior [33]

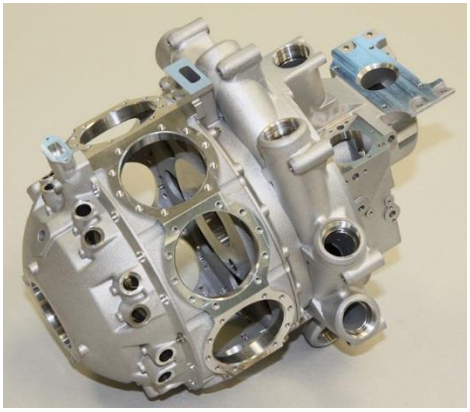
Hlavy válců jsou odlity z hliníkové slitiny a přišroubovány ke kovaným válcům z chrom-molybdenové oceli. Na motor bylo možné přišroubovat přepážky, které poskytovaly rovnoměrný přísun vzduchu během zhoršených letových podmínek.

Písty jsou kované z hliníkové slitiny. Těsnost pracovního prostoru zajišťují 3 těsnící a 3 stírací kroužky.

Přenos energie z pístu na klikový hřídel zajišťuje systém hlavní a vedlejší ojnice. Hlavní ojnice je kovaná z oceli a v její hlavě je zalisováno kluzné ložisko z olovnatého bronzu. Vedlejší ojnice jsou spojeny s hlavní ojnicí pomocí zalisovaných kluzných ložisek a čepů.

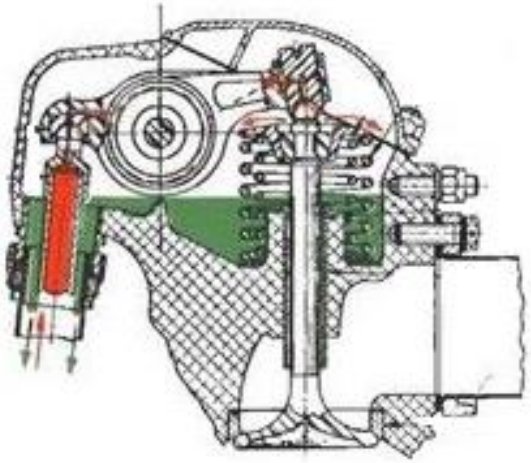
Dělená kliková hřídel je jedenkrát zalomená, kovaná z oceli a strojně opracovaná po celém povrchu. Hřídel je uložena ve skříni pomocí dvou jehlových ložisek a jednoho axiálního kuličkového ložiska v přední části. Vnitřní část je vrtaná kvůli odlehčení a dopravě oleje ke třecím plochám.

Přední kryt klikové skříně je odlit z hořčíkové slitiny a má tvar polokoule. Hlavní část skříně je rozdělena na střední díl pro upevnění válců a zadní díl pro uložení dmychadla a přírub pro pomocné pohony.



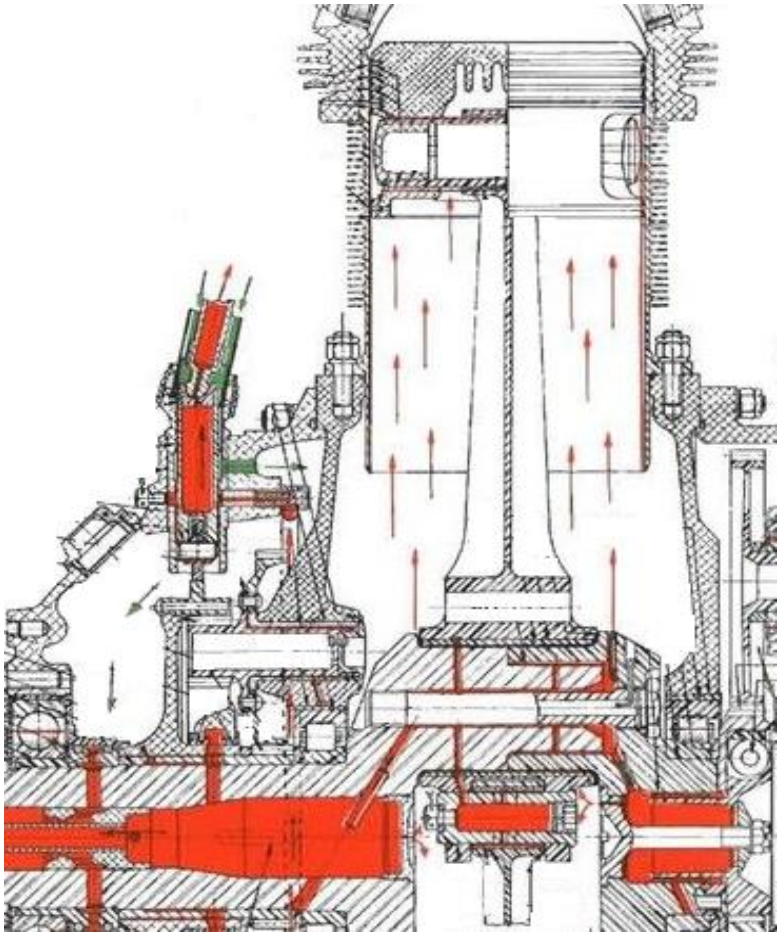
Obrázek 35:Model skříně motoru R-985[32]

Na každý válec připadá sací a výfuková ventil. Ovládání ventilů je řízeno pomocí vahadla uloženého v hlavě válce přes zdvihací tyčku, zdvihátko a vačkový kotouč, který se nachází v přední části motoru a jeho rotace je pomocí ozubeného převodu osmkrát nižší.



Obrázek 36:Mazání v hlavě válce (červeně tlakový a zeleně odcházející olej) [31]

Zubové čerpadlo v zadní části motoru připravuje tlakový olej, který proudí ke kompresoru v zadní části a dutinou do přední části, kde jsou mazány ozubené převody a vačkový kotouč. Dále tlakový olej proudí do klikové hřídele a skrz vrtané otvory přichází k ložiskám hřídele a hlavní ojnice. K vahadlu a ventilům se tlakový olej dostává dutinou ve zdvihátku. V hlavě válců se udržuje malé množství oleje a zbytek odchází okolo zdvihací tyčky do skříně. Mazání stěn válců a pístního čepu probíhá rozstřikem oleje z otvorů v klikové hřídeli. Přebytečný olej dopadá na spodní část skříně a odtud je sveden do nádrže. [6][30]



Obrázek 37:Mazání válce (červeně tlakový a zeleně odcházející olej) [34]

Tabulka 18:Srovnání motorů SVG-770C-1 a R-985[6]

motor	SVG-770C-1	R-985
rok vzniku	1931	1929
počet válců	12	9
vrtání	101,6 mm	131,8 mm
zdvih	120 mm	131,8 mm
kompresní poměr	6,5:1	6:1
výkon jmenovitý	336 kW při 3000 min^{-1}	336kW při 2300 min^{-1}
zdvihový objem	12,6 l	16,14 l
hmotnost	756 kg	744 kg
délka	1573 mm	1056 mm
šířka	710 mm	1022 mm
výška	832 mm	1022 mm

Letadla vybavena motorem Pratt & Wright R-985 Wasp-Junior:

Vought OS2U Kingfisher, Beechcraft Model 17 a 18, de Havilland DHC-2, Vultee BT-13 Valiant, Grumman G-21 Goose.

Srovnání motorů:

Americký motor Ranger SVG-770 je invertní dvanáctiválec použitý pro průzkumné hydroplány a prototypy. R-985 je devítiválcový hvězdicový motor také americké výroby a uplatnil se v mnoha dopravních, průzkumných, zemědělských letadlech a vrtulnících nejen v USA.

Hvězdicový motor má menší počet válců, ale jejich zdvih a vrtání je větší a celkový zdvihový objem je proti Rangeru o 3,5 l vyšší. Výkonnostně jsou motory shodné, ale vidlicový motor dosahuje této hodnoty při 3000 min^{-1}, což je o 700 více než u konkurence.

Oba motory jsou chlazeny obtékáním vzduchu okolo žeber válců, tento systém je efektivnější u hvězdicového motoru avšak za cenu velké čelní plochy. Nevýhodou velké plochy je znatelně vyšší odpor vzduchu, který se zvyšující se rychlostí neúměrně roste. Řadový motor má znatelně menší čelní plochu, která je vykoupena jeho větší délkou.

Systém mazání u motoru Ranger je komplikovanější vzhledem k invertnímu provedení. Tlakový olej musí být veden ke všem ložiskům a rozvodům a stékající olej musí být odveden do vík hlav válců a odčerpáván dvěma čerpadly, zároveň musí být zajištěna vyšší těsnost pracovního prostoru každého z válců. Hvězdicový motor je uložen ke draku pomocí závěsného kruhu svařeného z trubkových profilů. Motorové lože Rangeru je řešeno podobně jako u dalších invertních motorů dvěma nosníky po stranách opatřenými vzpěrami.

ZÁVĚR

Od počátků letectví byly na letadlové motory kladeny nejvyšší nároky týkající se výkonu, rychlosti, dostupu, hmotnosti a spotřeby paliva ze všech aplikací spalovacích motorů. Pístové motory dosáhly svých limitů na konci 2. světové války a začaly být nahrazovány proudovými, které umožnily další zvyšování výkonu letadel. Pístové motory však zůstaly nadále využívané především v kategorii malých cestovních, sportovních a cvičných letadel, kde oproti proudovým motorům vykazují lepší kombinaci vlastnosti.

Invertní letadlové motory jsou zajímavou alternativou k ostatním pístovým motorům a jejich výkonnostní charakteristiky jsou srovnatelné s ostatními řadovými motory. Jejich hlavní nevýhodou je složitější systém mazání. Výhodu vysoko položené osy vrtule lze využit především u letounů, které nejsou osazeny reduktory, kterými lze uměle posunout osu vrtule. Nespornou výhodou je lepší výhled z kokpitu. Dnes jsou pístové motory využívány především v malých sportovních letadlech. Hlavním konkurentem invertních motorů jsou v této kategorii ploché motory s protiběžnými písty, které k výhodám invertních motorů přidávají jednodušší systém mazání a kompaktnější rozměry.

Dnes využívané invertní motory se svou konstrukcí nijak zásadně neliší od jejich původních předchůdců. Všeobecný trend vývoje pístových letadlových motorů (včetně invertní konstrukce) směřuje ke snižování hmotnosti, spotřeby paliva, možnosti využití běžně dostupných nízkooktanových benzínů a k prodlužování servisních intervalů.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

[1] KOCÁB, Jindřich a Josef ADAMEC. Letadlové motory. Vyd. 1. Praha: KANT, 2000. ISBN 80-902914-0-6.

[2] MASLENNIKOV, M. M., RAPIPORT, M. S. Letadlové pístové motory Díl 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955. III-3-B2-L13.

[3] MASLENNIKOV, M. M., RAPIPORT, M. S. Letadlové pístové motory Díl 2. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955. III-3-B2-L13.

[4] ZÁVODY JANA ŠVERMY. Aero Engine Minor 6-III: Grafia 21, 1961.

[5] POUR, Jiří. Československá letadla. Praha: Mladá fronta, 1952. Mladý technik

[6] EDITED BY LEONARD BRIDGMAN. Jane's fighting aircraft of World War II. 1995 ed. New York: Military Press, 1989. ISBN 0517679647.

[7] NĚMEČEK, Václav. Československá letadla. Vyd. 3., přeprac. a upr. Praha: Naše vojsko, 1983.

[8] NĚMEČEK, Václav. Československá letadla. Vyd. 3., přeprac. a upr. Praha: Naše vojsko, 1984.

[9] Engine History: Fairchild (Ranger) [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.enginehistory.org/Piston/Fairchild/Fairchild.shtml

[10] BLACKAH, Paul a Malcolm V. LOWE. Messerschmitt Bf 109: všechny verze od roku 1935 : technické detaily, pilotování a údržba legendární jednomístné stíhačky [Luftwaffe]. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3522-1.

[11] GUNSTON, Bill. World encyclopedia of aero engines: from the pioneers to the present day. 5th ed. Stroud: Sutton, 2006. ISBN 9780750944793.

[12] Parma Technik S.R.O.: Výroba leteckých motorů MIKRON III [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: http://www.parmatechnik.cz/

[13] Vojenský historický ústav Praha: Letoun BAK-01 [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.vhu.cz/exhibit/letoun-bak-01/

[14] GONZO: Motorizovaný vetroň L-13J Blaník / OK-9821 [online]. [cit. 2016-4-19]. Dostupné z: http://www.gonzoaviation.com/clanok/cs-motorizovany-vetron-l-13j-blanik-ok-9821

[15] Vojenský historický ústav Praha: Letecký motor Jawa M-150, výr. č. 0054 [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: http://www.vhu.cz/exhibit/letecky-motor-jawa-m-150-vyr-c-0054/http://www.pistovemotory.cz/o-nas

[16] *Walter Jinonice* [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: http://www.walterjinonice.cz/historie-spolecnosti-walter

[17] Czechoslovak aircraft and aero engines. Prague: Kovo Limited, 1949.

[18] VOLEJNÍK, Jiří. Zlínské letectví: ilustrovaná historie 1924-2004. Ve Zlíně: Muzeum jihovýchodní Moravy, 2009. ISBN 978-80-87130-10-0.

[19] Flightglobal Archive: Flight [online]. 1940 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: https://www.flightglobal.com/pdfarchive/view/1940/1940%20-%203152.html?search=db%20600

[20] Czechoslovak aircraft and aero engines. Prague: Kovo Limited, 1949.

[21] Fiddlers Green: Piper Cub [online]. [cit. 2016-05-1]. Dostupné z: http://www.fiddlersgreen.net/models Aircraft engine, inverted engine, construction /aircraft/Piper-Cub.html

[22] Aerospace Engines [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: http://aerospaceengines.blogspot.cz/2015/02/cdlxxix-grandes-disenadores-el-equipo.html

[23] Szextant [online]. 2014 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://szextant.blogspot.cz/2014/01/daimler-benz-db-601605-metszet-cylinder.html

[24] EAA Chapter 62 [online]. 2011 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: http://www.eaa62.org/gallery/single.php?gallery=SantaYnez

[25] Cuje [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: http://www.cujet.com/html/engine.html

[26] Aircraft Engine Historical Society: de Havilland Gipsy [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: http://www.enginehistory.org/Museums/deHavilland/Gipsy%20Major%20I%203.jpg

[27] *Brussels Air Museum Restoration Society: The Storch's engine: Argus As 10 C-3* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: http://users.skynet.be/BAMRS/Fiesler/argus-en.htm

[28] *Fieseler storch kassel: D-EKLU Engine* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: http://www.fieseler-storch-kassel.de/en/fieseler-storch/d-eklu-engine/

[29] Flicker [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: https://www.flickr.com/photos/johnneyboy/8321261029/in/photolist-f2ZSCR-dzQ8ns-aS2Xqe-9kgFGq-dFjCZK-dSSKq7/

[30] Rolls-Royce Merlin [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: http://www.spitfireart.com/merlin_engines.html

[31] Aviation History: Rolls-Royce Merlin [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: http://www.aviation-history.com/engines/merlin.htm

[32] Craftsmanship Museum: Paul Knapp [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://www.craftsmanshipmuseum.com/knapp.htm

[33] Engine History: Pratt & Whitney Single-Row Radials (Wasp and Hornet) [online]. 2015 [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://www.enginehistory.org/P&W/SingleRow/SingleRow.shtml

[34] Ebay: Pratt & Whitney R-985 Jr R-1340 Wasp [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://www.ebay.ie/itm/371380447442

[35] Engine History: Lycoming, Avco Lycoming, Textron Lycoming (US) Part 1: Introduction and O-145 through O-365 [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://www.enginehistory.org/HOAE/Lycoming1.html

[36] Museum of Engines and Mechanism [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://www.museomotori.unipa.it/posters/26.jpg

[37] SAE Transactions, Svazek 20, díl 1. Society of Automotive Engineers, 1926.