

16. oktober 1950.

S K I N N E B U S M O T O R E N .

Mine herrer!

Nu har ingeniør Lundsager forklaret for Dem den teori, der danner grundlaget for alle dieselmotorers opbygning.

Jeg skal så fortælle Dem om konstruktionen af en ganske bestemt motor, nemlig Frichs dieselmotor type 8115 CC, populært kaldet "skinnebusmotoren".

Da vi i 1945 fik ^{ordre på} til opgave at levere disse motorer, var det en meget bunden opgave, vi blev stillet overfor.

Der blev forlangt, at motoren skulle kunne yde 160 hk ved 2000 omdr./min. Det var ikke så vanskeligt at klare. Værre var det, at man ønskede motoren opbygget således, at den direkte kunne indbygges i en skinnebus på nøjagtig samme plads som en Scania-Vabis motor. Det var ikke så nemt, for det krævede for det første, at motoren hverken var længere eller bredere end den svenske, og for det andet at alle rørtilslutninger var anbragt på de samme steder.

Nu kan d'herrer selvfølgelig sige, at det kunne vi nemt komme udenom. Vi kunne jo bare kopiere Scania-Vabis motoren. Men så let går det nu ikke. For det første gør man nu en gang ikke sådan noget, og for det andet har alle firmaer, og ikke mindst sådan et gammelt pionerfirma for dieseldrevet jernbanemateriel, som Frichs jo er, naturligvis en hel del specielle konstruktioner, som vi nu en gang har erfaring for er gode, og som vore arbejdere kender og kan udføre på den rigtige måde.

Vi gik derfor i gang med at se på vore kendte motorer for

at finde en, der med de fornødne ændringer kunne anvendes. Vi havde en type 6115 CA, som med 6 cylindre, 115 mm diam., og 170 mm slag kunne give 100 hk ved 1400 omdrejninger.

Denne motor har vi kørende i 9 rangertraktorer på statsbanerne samt som marinemotor i 3 fiskerikontrolskibe. Ved at forminske slaglængden til 140 mm kunne omdrejningstallet hæves til 2000, og ved at tilføje 2 cylindre og udstyre motoren med hvirvelkammer-forbrændingsrum fik vi de 160 hk, der forlangtes. Dermed var hoveddimensionerne altså fastlagt, og vi kunne gå i gang med at konstruere de enkelte dele, som vi nu skal se nærmere på.

Af praktiske grunde har vi delt en dieselmotor op i forskellige grupper, og det er den samme inddeling, vi har benyttet i vort kodekatalog, som jeg går ud fra, at alle d'herrer, der beskæftiger sig med skinnebusmotorer, kender ud og ind.

Vi begynder fra neden med gruppe 1, der omfatter krumtapaksel med hovedlejer, svinghjul, svingningsdæmper og oliesump.

Krumtapakslen er ophængt i 9 hovedlejer, hvoraf de 8 er ens, medens det midterste er udformet som et styreløje med kraver til optagelse af aksialtrykket.

Længdespillerummet er ved ny motor ca. 0.2 mm. Panderne er udført af stål med en ca. 1 mm tyk udforing af kobber-bly 70/30.

Af hensyn til indkørsel af motorerne bliver panderne, når de er finborede til 0,12 mm spillerum, ad elektrolytisk vej overtrukket med et ganske tyndt lag bly kun $\frac{5}{1000}$ mm tykt. Hovedlejedækslerne er af støbejern og finborede sammen med stativet. De fastspændes med tappe, der spændes med fjedernøgle indstillet til ca. 150 pund fod. Bundkarret er udført af aluminium og af pladshensyn meget lav.

Oliesumpen, som rummer ca. 25 liter, er forsynet med pejle-

stok og oliepåfyldning.

Ved de sidste nye motorer er oliepåfyldningen dog flyttet op på bagsiden af stativet. Vi opdagede nemlig, at den si, der skulle være i påfyldningsrøret, var tilbøjelig til at blive væk, og da røret fører ned i den rene del af sumpen, kunne man risikere det værste. Det undgår man ved at hælde olien ind i stativet, idet den så nødvendigvis må passere sugefiltret, før den kommer i smørepumpen.

Krumtapakslen regner de fleste af os vel for det vigtigste element i en motor. Den er i hvert tilfælde næsten altid det dyreste, og det var derfor magtpåliggende for os at få det bedste og mest velegnede materiale.

Da det for skinnebusmotorens vedkommende drejer sig om en hurtiggående motor, var vi straks klar over, at vi ikke ville sende den på markedet med hvidtmetalpander. Den skulle udstyres med bly-broncepander overalt.

Dette medførte, at vi måtte have en hårdere krumtap, end vi normalt kører med, og efter mange overvejelser og forhandlinger med pandeleverandøren valgte vi et nikkel-chrom-molybdænstål, varmebehandlet til en brudstyrke på ca. 110 kg/mm² og en brinellhårdhed på ca. 330. Akslen er forsynet med faste kontravægte for helt at undgå bøjningssvingninger og forøget slid på det midterste leje.

I den ene ende har akslen en fast koblingsflange til svinghjulet og i den anden en konisk forlængelse for kileremskiven til kompressoren og opspænding af svingningsdæmperen.

Tavle nr. 2.

Vi har her i større målestok et snit gennem svinghjulkassen.

Afkasteringen er udført i eet med krumtapakslen. Den må

ikke ødelægges, hvorfor De må passe på, når krumtapakslen er udtaget af motoren, at beskytte de tynde kanter mod overlast. Et skår i den inderste kant kan forårsage stort smøreoliespild. Ved montagen er det meget vigtigt, at disse 2 kanter flugter. En eventuel forskel må udlignes ved ændring af pakningstykkelsen mellem stativ og svinghjulskasse.

Svinghjulet er fastspændt med 6 stålskruer, og for ikke at overføre kraften gennem friktionen alene, er der drevet 3 medbringertappe ind.

Som De kan se, er skruehullerne ikke borede igennem, Man skal derfor passe på, at skruerne ikke er for lange, så de går fast, før skruehovedet træder på svinghjulet.

På svinghjulet er startetandkransen fastspændt med 6 kærvskruer.

Tandkransen er formet sådan, at den kan vendes, når man synes, at indgrebssiden er slidt for meget.

På svinghjulets kanter er cylindrenes dødpunktstillinger afsat, og der er indridset en graddeling, som anvendes ved indstilling af ventiler og brændselspumpe.

I den anden ende af krumtapakslen har vi svingningsdæmperen. Før vi kommer nærmere ind på den, må jeg hellere fortælle Dem lidt om de såkaldte kritiske svingninger.

Ethvert elastisk legeme har noget, man kalder et egen-svingningstal. Det vil sige det antal svingninger, det vil give, når det påvirkes af en ydre kraft.

De kender allesammen en stemmegaffel for kammertonen A og ved, at slår man den an, giver den en ganske bestemt tone, det vil sige, at den sætter luften i svingninger hver gang på samme måde,

hvadenten man slår let eller hårdt til den. På samme måde har en krumtapaksel også et egensvingningstal, og det ligger for denne aksels vedkommende på ca. 145 svingninger pr. sekund eller ca. 8700 pr. minut.

Nu skulle jeg så prøve at forklare Dem, hvorledes de såkaldte kritiske omdrejningstal opstår, og der må jeg appellere lidt til Deres fantasi.

Tænk Dem, at der sidder en lille eller stor pige i en stor gyng. De står bag ved hende og giver et skub, og så går gyngen. Den svinger med et ganske bestemt svingningstal, der afhænger af længden af de reb, gyngen hænger i. Hvis De nu giver gyngen et ordentligt skub, hver gang den kommer tilbage til Dem, og nøjagtig i takt med svingningstallet, kan De forholdsvis nemt få den til at svinge helt rundt. Det kender De fra Tivolis luftgynger.

Vender vi nu tilbage til vor krumtapaksel, så er det jo tændingerne i cylindrene, der skubber på, og da motoren er firetakts og 8-cylindret, får den 4 tændinger for een omdrejning af motoren, det vil sige, når motoren løber ca. 2170 omdr./min., får den ca. 8700 skub i minuttet, og det er lige bestemt akslens egensvingningstal.

Så kan man jo nok forstå, at den er gal, for det svarer jo til, at man giver gyngen et skub hver eneste gang, den kommer forbi. Det gælder derfor om at få dette såkaldte hovedkritiske omdrejningstal så højt over det normale som muligt.

Det kan gøres på 2 måder.

Man kan gøre krumtapakslen stivere ved at gøre den kortere og tykkere, og man kan formindske de bevægende masser, stempler, forbindelsesstænger, krumtappinde, krumtaparme og svinghjul.

Og så hænger den stakkels konstruktør rigtigt på den.

Stemplet kan man nok gøre let ved at lave det af aluminium og så kort som muligt. Stempelpinden gennembøres.

Forbindelsesstangen gøres så kort som muligt og sæk-smedes i H-form af fineste chrom-nikkelstål.

Men så kommer vi til krumtapakslen. Der er grænser for, hvor kort man kan lave den. Der skal være vand mellem de enkelte cylinderforinger, og der skal være plads til møtrikkerne for fastspænding af topstykker. Krumtap og hovedlejer skal have en vis længde for ikke at få fladetrykkene for store, og krumtaparmene skal være svære for at gøre akslen stiv, så De kan se, der er ikke mange muligheder med hensyn til længden.

Hvad tykkelsen angår, er der heller ikke meget at gøre. Gøres krumtappinden tykkere, forøges vægten både af den og af stanghovedet, og desuden skal stanghovedet jo kunne trækkes op gennem cylinderforingen. Så kan man gennembore akslen på langs, men det går igen ud over stivheden, og man får vanskeligheder med smørekanelerne. Man kan fjerne kontravægtene eller nogle af dem, og det er dem, man som oftest jonglerer med, når man er i knibe, men det går ud over den dynamiske afbalancering og kan give bøjningssvingninger.

Alt det sidder vi og pusler med, og slutresultatet er altså blevet en aksel, der kan køre 2000, men ikke 2200 omdrejninger. Dertil kommer så, at der er noget, der hedder kritiske omdrejningstal af højere og mindre farlige ordener.

Der er f.eks. et af 8 orden, d.v.s. at akslen kun får et skub for hveranden svingning. Det ligger på ca. 1075 omdrejninger

Disse mindre farlige svingninger kan man tage brodden af ved at påmontere en svingningsdæmper. Det er en slags bremse, der

svarer til den, luftgyngemanden anvender, når hans kunder kommer for højt op.

Der er mange forskellige konstruktioner. Den, vi har anvendt, ses her.

Tavle 3.

Den består af en kileremskive af støbejern fastspændt på krumtapakslens konus og et påskruet støbejernsnæv.

Imellem de to flader på disse næv løber svingskiverne, som er af flussjern og forsynet med 16 huller til nogle stive fjedre, som presser de to svingskiver fra hinanden ud mod nævene.

For yderligere at forøge friktionen er der lagt Ferodo-skiver mellem slidfladerne. Når akslen kører rundt med jævn hastighed, følger svingskiverne med på grund af den store friktion, men hvis den foretager de hurtige svingninger, der optræder ved kritiske omdrejningstal, kan svingskiverne ikke følge med, og afbremser derved svingningerne.

De vil derfor forstå, at det er vigtigt:

- I. at navet sidder godt fast på akslen,
- II. at svingskiverne ikke sidder fast på navet, så virker den nemlig ikke som svingningsdæmper, men som et ekstra svinghjul, der trækker egensvingningstallet så langt ned, at det kommer ind i kørselsområdet.

Man må derfor stadig holde øje med svingningsdæmperen og sørge for, at den er velsmurt, og at Ferodo-skiverne er i orden.

Mens vi har denne tegning oppe, kan vi lige kigge på tætningsringen i gearkassen. Den ligger på et udsat sted, har det vist sig, idet der hvirvles en masse støv op her, og det lister sig ind og sætter sig fast i gummien og danner derved den herligste slibesten, som laver riller i akslen. Når disse riller bliver for dybe, kan tætningsringen ikke mere holde olien inde i maskinen, og det kan da blive nødvendigt

at drive en tynd bøsning op på akslen og anvende en tætningsring i overstørrelse.

Tavle 4. *samt tværsnit af motoren*

Vi kommer nu til krumtaphuset. Ved motorer af denne type er det altid et meget indviklet og vanskeligt stykke støbegods, idet praktisk taget alt på motoren skal fastspændes derpå lige fra topstykker til tachometerdynamo.

På forsiden er der konsoller for brændselspumpe og starter og på bagsiden for ladedyynamo og kølevandspumpe.

På bagenden er svinghjulskassen fastspændt, på forenden ~~af~~ gearkassen og ventilatoren, og på den øverste flade er topstykkerne fastspændt med 2 slags tapskruer, nemlig de svære 16 MG, der spændes med fjedernøgle indstillet til ca. 150 pundfod, og de mindre vigtige 10 MG, der kun skal spændes med 60 pundfod. I stativet er de såkaldte våde cylinderforinger isat. De skal kunne trykkes ned med hænderne, idet man samtidig drejer den rundt. Når man er sikker på, at de er helt i bund, kontrollerer man ved hjælp af en retskinne og en søger, at de står fra $\frac{5}{100}$ til $\frac{1}{10}$ mm over krumtaphusets topflade. De må endelig ikke stå mere end $\frac{1}{10}$ over, da man så kan risikere at lokke pakningen ud ved fastspænding af topstykkerne.

Forneden kan foringerne frit ekspandere, og den fornødne tæthed opnås ved 2 flade gummiringe, der ligger i særligt formede riller. Da disse gummiringe desværre ikke kan fremstilles så nøjagtige, som vi gerne vil have dem, må man være meget påpasselig ved isætning af nye foringer. Når ringene efter at være indsmurt med grønsæbe er smøget på foringen, sørger man for, at gummien fordeles jævnt hele vejen rundt, sådan at de overalt står en lille smule over foringen. Hvis de ikke er tykke nok, kan de ikke holde tæt for vandtrykket, og er de for tykke, kan de, hvor mærkeligt det end lyder,

deformere foringen, således at der dannes et snøreliv, der kan blive årsag til stempelrivningen, og eventuelt en stang ud gennem siden.

Indvendig i stativet er der indstøbt en kanal, som fordeler kølevandet i stativet, idet der ud for hver cylinder er et hul i kanalen, hvorfra vandet stråler ned på foringen.

I forsiden ligger endvidere fordelingskanalen for smørelolie, og fra den er der boret huller ud til hvert hovedleje samt til knastaksellejerne.

Nu skal vi se lidt på stempel og forbindelsesstang. Som jeg forklarede før, gælder det om at gøre dem så lette som muligt, ikke alene af hensyn til egensvingsningstallet, men også for at formindske sliddet på akslen.

Stemplet er af aluminium i en speciel legering, der har en udvidelseskoefficient så nær støbejern som muligt. Stempelpinden er af cr.ni.st. og gennemboret. Den passer stramt i stemplet, således at det skal opvarmes til ca. 70° for at kunne sætte den i. Når stemplet kommer op på sin driftstemperatur, gør forskellen i udvidelsen sig så meget gældende, at den passer let, således at vi får det, man kalder en svømmende pind, der kan bevæge sig såvel i stemplet som i stangen.

For at forhindre pinden i at glide ud og kure mod cylindren aflåses den med Seeger-sikringer.

Stemplet har 3 stempel- og 2 olieringe, der efter ringfabrikanterne skulle være lidt bedre til at holde olien nede end skærpede skraberinge, som vi før anvendte.

Stemplet er ovalt med en ovalitet på 0,17 mm. Den nederste del er svagt konisk med 0,15 mm spillerum forneden og 0,21 mm foroven. Ringbælterne er aftrappet opefter, således at man på topbæltet har en tolerance på 0,66 mm. Disse tolerancer er de

mindste spillerum, og dem har man på tværs af motoren; på langs forøges de med ovaliteten og er altså $\frac{17}{100}$ større. *Specialloid Frichs Hart Schmidt*

Forbindelsesstængerne er sænksmedet af cr.ni. stål. Krumtappenden er finboret til panderne, og i stempelenden er der isat en fosforbroncebøsning, som bliver finboret til den rigtige tolerance $\frac{7}{100}$ mm, efter at den er presset i.

Krumtappanderne er af stål foret med kobberbly, og de bliver ligesom hovedlejepanderne forblyede efter finboringen for at lette indkørslen.

Stanghovedet er sammenspændt med 2 stk. cr.ni.st.-bolte, der skal spændes med fjedernøgle indstillet til 112 1/2 pundfod. De skal sikres meget omhyggeligt med nye splitter, der skal *regnes* som vist på denne lille skitse. Man bøjer dem om et stykke fodstål med en tykkelse på 1 1/2 x splitdiametere.

Det er et arbejde, som ikke kan udføres for omhyggeligt. Løse møtrikker er en af de hyppigste årsager til alvorlige havarier. Bolte og møtrikker skal selvfølgelig også være fuldstændig fejlfrie, og for at undgå træthedsbrud anbefaler vi at udskifte dem for hver 250000 km.

Tavle 5.

Topstykkerne er sammenstøbte *parvis*, således at udstødekanaalen er fælles for 2 cylindre, medens indsugeventilerne har hver sin tilgang. Ved motorer med høj ydelse er topstykkerne altid det, man har størst vanskelighed med, og det er ikke så mærkeligt.

Af hensyn til kritiske svingninger gøres cylinderafstanden så lille som muligt, og for at få et højt middeltryk gøres ventilerne så store som muligt. Når dertil kommer, at man skal have plads til en brændstofventil og eventuelt en glødespiral samt have an-

bragt så mange huller som muligt til fastgørelsestappene, kan man nok forstå, at der ikke kan blive meget hulrum tilbage for kølevandet at boltre sig i.

Denne motor er, som jeg tidligere har nævnt, udstyret med hvirvelkammer. Det er dette kometlignende rum, De ser her. Det består af et skiveformet hulrum, som gennem en tangentialt tilsluttet kanal står i forbindelse med cylinderen.

I toppen af hvirvelkammeret sidder brændselsventilen, som er anbragt lidt excentrisk. Placeringen af brændselsventilen i forhold til hvirvelkammerets akse betyder meget.

Man kan i store træk sige, at jo mere brændselsstrålen er rettet mod luftbevægelsen i hvirvelkammeret, desto lettere start og hårdere gang får man, medens man får vanskeligere start, men blødere gang ved at sprøjte med luftstrømmen. Vi har valgt at sprøjte lidt mod luftstrømmen, hvilket altså skulle give let start med lidt hård gang.

Kanalens udmunding i cylinderen er det varmeste sted på hele motoren, og for at afkøle det så meget som muligt er hovedtilgangen for kølevandet anbragt her.

Ventilkeglerne har vi på nogle baner haft en del vanskeligheder med. Den første kegle, vi anvendte, var nøjagtig den samme både med hensyn til materiale og dimensioner, som vi har anvendt og stadig anvender på statsbanernes traktorer. Disse kegler er lavet af silichrom-stål med 20 % chrom, 1 1/2 % nikkel og godt 2 % silicium. Da de altså i flere tilfælde knækkede, gik vi over til at anvende Kaiser Ellisons berømte KE 965 stål. Det har ca. 14 % chrom, 10 % nikkel, 1 1/2 % silicium og 3 % tungsten. Det er meget stærkt og sejt selv ved temperaturer omkring 5-600^o, men det kan

i modsætning til silichrom-stålet ikke hærdes, hvorfor man må svejse Stellite på trykfladen. KE 965 udvider sig mere i varmen en silichromstål og skal derfor have omtrent dobbelt så meget spillerum, d.v.s. ca. $\frac{8}{100}$ mm i ventilstyrene. Det må man være sikker på, at man har. Derfor må De endelig passe på, når De isætter nye ventilstyr, især hvis de er i overstørrelse.

Ventilen holdes mod sædet af 2 spiralfjedre. Den indvendige er venstresnoet, og den udvendige er højreskåret. Fjeder-skålen fastholdes på spindlen på den kendte måde med en todelt konisk ring, der af fjedertrykket klemmes sammen i en rille på ventilstjernen. Under fjederskålen er der en lille rille til en sikring af fjedertråd, der skulle forhindre keglen i at falde ned i cylindren i tilfælde af fjederbrud. Desværre har den ikke svaret til hensigten, men er faldet af, og da vi er bange for, at den så kan komme i klemme mellem fjedervindingerne, udelader vi den nu. Vippetøjet er monteret på en gr.ni.st.-aksel, der bæres af 2 støbejernsøjler. Akslen er gennemboret for tryksmøringen, som vi senere skal se lidt nærmere på. Vippearmene er sænksmedede. De er forsynede med kobberbly-bøsninger af samme materiale, som krumtappanderne. På trykenden af vippearmene er der påsvejst fjederstål, som er hærdet og slebet, og i stødstangsenden er der en stilbar hærdet stålskrue for indstilling af ventilsplayerummet, der som bekendt skal være 0,2 - 0,3 mm. Dette spillerum skal nøje overholdes og må kontrolleres hyppigt. Bliver det for lille, kan ventilen ikke lukke; man får for lidt kompression, og ventilsæderne bliver forbrændte.

Bliver spillerummet for stort, kommer der uberegnelige stødpåvirkninger i ventilbevægelsen, således at stødstængerne og ventilstjernerne samt vippearne ødelægges.

Sideværts holdes vippearmene på plads af lette spiralfjedre.

Brændselsventilerne er af Simms fabrikat, de fleste af dem i hvert fald. De består af et ventilhus med en centralboring for trykbolten og et lille sidehul for brændselsolietilgangen. I tilgangsstudsen er der indbygget et såkaldt stavfilter. Det er en tynd stålpind med 4 nedfræsninger. De to nedfræsninger føres igennem til den ene ende, hvor trykrøret er påskruet, og de to andre er ført ind til kanalen i ventilhuset. For at olien kan komme ind i ventilen, må den derfor løbe fra det ene par kanaler over i det andet, og da den sletne filterstav passer i trykstudsen med en tolerance på $\frac{5}{100}$ mm, vil det sige, at kun partikler, der er mindre end denne størrelse, kan komme ind i ventilen. Dette filter skal naturligvis også renses en gang imellem.

Man skruer trykstudsen ud, og med en stump 2 1/2 mm fodstål eller et kasseret bor kan man trykke filterstaven ud og rense den godt i benzin eller petroleum.

Forstøveren er af C.A.V.'s fabrikat. Den er en tapforstøver, som kun har eet ca. 2 mm stort centralt boret hul, der omtrent udfyldes af en lille tap på forstøvernålen. Tappen er udformet på en sådan måde, at strålen spredes med en topvinkel på 40° , som har vist sig at være den bedst egnede til vor motor. Selv om tapforstøveren på grund af det store hul er den letteste af alle forstøvere at have med at gøre, og det er en af grundene til, at vi foretrækker hvirvelkammer for direkte indsprøjtning, der kræver hulforstøvere, så kræver den naturligvis alligevel tilsyn. Man kan prøve forstøveren på selve motoren ved hjælp af det lille rør, der følger med værktøjet, Men langt det bedste er det at spænde den op på en speciel prøvepumpe med manometer. Der kan man kontrollere såvel strålens form og finhed som det tryk, den springer ved og forstøve-

rens tæthed.

Brændselsventilen indstilles til at springe ved 140 kg/cm^2 , og for at være i orden skal nålen være så tæt, at hvis man med prøvepumpen sætter trykket op til 100 ato. skal det være mindst 12 sek., før trykket falder til 75 ato., og den skal være så tæt i sædet, at hvis man holder et stykke trækpapir trykket mod forstøveren i et minut, *umiddelbart efter at den har sprunget* medens man holder trykket på 120 ato., må den plet, der bliver på trækpapiret, ikke være mere end 12 mm.

Hvis forstøveren ikke kan klare disse prøver, må den udskiftes.

Jeg går ud fra, at De ved, at man aldrig må bruge carborundum, smergellærred eller skraber til en forstøver. Der må kun anvendes pudsecreme.

Forstøverens øverste og ventilhusets nederste flade er planslebne, og da de skal holde tæt for det store tryk uden nogen-
somhelst pakning, skal disse flader naturligvis holdes pinligt rene og fri for ridser og skår.

I brændselsventilsædet i topstykket er der indpresset en kobberbøsning dels for tæthed og dels for så hurtigt som muligt at bortlede varmen fra forstøveren. Kobber er som bekendt en god varmeleder.

Denne kobberbøsning er temmelig blød, og vi har fornylig set nogle tilfælde, hvor man ved at spænde ventilen mod sædet har presset dette sammen om forstøveren, således at nålen sad fast.

Der skal normalt være 0,6 mm spillerum mellem forstøver og bøsning, så hvis De mærker den mindste smule modstand, når ventilen monteres i hovedet, skal bøsningen bores eller rives op til 14,5 mm.

Gruppe 5.

Gearkassen, eller forgården kalder automobilfolk den vist, er anbragt i motorens forreste ende. Teoretisk er det egentlig bedre at have den i den bageste ende ved svinghjulet, men det giver så mange komplikationer, at de fleste alligevel foretrækker at have den i den frie ende.

Vi anvender udelukkende tandhjul i vore motorer, da vi mener, at de er sikrere end kæder. Der er ialt 6 tandhjul i gearkassen. Nederst har vi knastakseldrevet, som griber ind i mellemhjulet, der igen driver forlagsaksel for brændselspumpe og knastakslen. Fra knastakslen trækkes det lille tandhjul, som driver forlagsakslen for ladedynamo og kølevandspumpen. Alle hjulene er skrueskårne for at formindske støjen.

I den første serie er hjulene udført af sejghærdet chromnikkelstål og med tænderne fræset med en hældningsvinkel på 9° . Da vi syntes, at disse hjul støjede for meget, ændrede vi ved den næste serie hældningsvinklen til ca 25° og gik samtidig over til hærdede og slebne hjul. Disse to slags hjul kan naturligvis ikke gå sammen, men der er derimod ikke noget i vejen for at indbygge de hærdede og slebne hjul i den første serie motorer, efterhånden som de oprindelige tandhjul slides op.

Tandhjulene i hver motor er her fra fabrikken sammenmærkede således, at den tand, der på knastakseldrevet er mærket 1, er i indgreb mellem 2 tænder på mellemhjulet, der også er mærket 1, samtidig med at tænderne mrk. 2 og 3 på tandhjulet for brændselspumpe henholdsvis knastaksel er i indgreb med de tilsvarende mærkede tænder på mellemhjulet.

Reservetandhjul er ikke mærkede. Hvis De selv skulle blive nødt til at indbygge sådanne, er der ikke andet at gøre end at

foretage indstillingen efter ventildiagrammet. Da tandhjulet på knastakslen har 64 tænder, svarer en tand til ca. $5,6^\circ$ drejning af knastakslen eller 11° af krumtappen. Det er altfor grov en indstillingsmargin for ventilerne, derfor er der ovale huller i tandkransen, således at man kan dreje det på navet, til indstillingen passer, hvorefter hjulene sammenmærkes.

Gruppe 6.

Brændselspumperne er af C.A.V. fabrikat. Det er 2 sammenkoblede 4 cylindrede blokpumper. Vi ville egentlig helst have haft en 8 cyl. pumpe, men da vi byggede de første skinnebusmotorer, kunne de ikke skaffes.

Denne pumpe er den simplest mulige, den består i hovedsagen af et pumpestempel, der bevæges op ned med konstant slaglængde i en cylinder. I pumpecylinderen er der 2 huller, som står i forbindelse med brændolietilførslen, og ovenover cylinderen er der en trykventil, hvorigennem olien trykkes op i brændselsventilen. Reguleringen sker simpelthen ved at dreje pumpestemplet inde i cylinderen.

I stemplets øverste del er der drejet en rille, der gennem en fræst kanal står i forbindelse med stemplets øverste flade. Endvidere er der slebet noget væk af stemplet, således at der dannes en skrå kant fra rillen og hen til kanalen. Når stemplet står i sin nederste stilling, afdækker den de to huller, således at brændolien kan strømme ind og fylde cylinderen. Når stemplet går opad igen, pumper det olien ud, indtil dets øverste kant lukker for hullerne, så bliver olien trykket op gennem trykventilen til brændselsventilen og komprimeret, indtil trykket bliver stort nok til at åbne den, og der sprøjtes så brændolie ind, indtil pumpe-

stempet kommer så højt op, at den skrå kant igen afdækker et af hullerne, hvorved trykkrummet sættes i forbindelse med sugerummet, og i den resterende del af pumpe­slaget trykkes olien bare tilbage igen.

Da den kant, der afdækker hullet, er skrå, vil De forstå, at man ved at dreje stemplet kan bestemme, når indsprøjtningen skal ophøre. Drejningen sker på den måde, at stemplets 2 vinger glider i et stop, som foroven sidder fast i et lille tandhjul, der er i indgreb med en tandstang, der er fælles for alle stemplerne.

En pumpe med denne virkemåde skal jo være tæt til sidste mm, så stempel og cylinder er lappet sammen og kan ikke ombyttes med andre stempler eller cylindere, ligesålidt som man kan få løse cylindere eller stempler.

Pumpecylinderens topflade er plansleben, og ovenpå den sidder trykventilen i et ventilsæde, der ligeledes er planslebet. Trykventilen har en lille finesse, den er forsynet med et dykkerstempel.

Når brændselsventilen ophører med indsprøjtningen, skal det ske meget pludseligt for at forhindre efterdrypning af forstøveren. Derfor gælder det om at få trykket væk i en fart, og det har man hittet ud af kan gøres ved at forsyne trykventilen med et lille kort tætsluttende stempel lige under sædet. Når dette stempel dykker ned, skaber det et undertryk i trykrøret netop så stort, at det overtryk, der er nødvendigt for at åbne brændselsventilen, forsvinder øjeblikkeligt, og forstøvernålen lukker i med et slag.

Trykventil og sæde er også sammenpasset så fint, at de ikke kan ombyttes eller købes hver for sig.

De enkelte pumper skal naturligvis justeres, således at de giver lige meget, men dertil kræves en særlig prøvemaskine, så det behøver jeg vist ikke at komme nærmere ind på.

Jeg skal dog lige nævne, at De ikke skal prøve at skifte fjedre i pumpen uden at skille den ad. Vi har hørt om et tilfælde, hvor man gjorde det. Desværre kunne det lade sig gøre at mase fjedren ind ved at mishandle den ganske forfærdeligt, men resultatet blev da også, at den kun holdt nogle få timer. Brændselspumpekoblingerne er af C.A.V.s fabrikat, og de har egentlig skuffet os meget. De første blev slidt altfor hurtigt op, og den opslidsede halvdel gik i stykker.

Vi fik så C.A.V. til at fremstille en kraftigere kobling, men selv den har vi fået reklamationer over. Det undrer os meget, når der kører i tusindvis af den slags, hvorfor der så netop skulle være vanskeligheder med de par stykker, vi anvender. Den eneste grund, jeg kan tænke mig, er, at de bliver udsat for ualmindelig meget støv, som slider medbringerne op, så der bliver sløre og dermed stødpåvirkninger, som slår koblingshalvdelenes itu.

Nogle baner har fået påsat støvskærme omkring koblingerne, og det kunne interessere os meget at høre, om man der har mærket nogen forandring i koblingernes holdbarhed. Den ene af brændselspumperne er forsynet med en tilførselspumpe, der suger olien fra brændoliebeholderen og trykker den op gennem et filter til brændselspumpens sugerum. Denne tilførselspumpe er en stempelpumpe, der gennem et rullestyr og en lille stødstang drives fra en af brændselspumpeknasterne. Der er en lille fjederbelastet sugeventil og en tilsvarende trykventil under de to rørpropper. Ventilerne er af Celoron og må ses efter en gang imellem.

På den anden brændselspumpe er regulatoren monteret. Det er en undertryksregulator, det vil sige, den styres af det undertryk, der skabes i indsugerøret ved at indskyde et spjæld, hvorigennem man regulerer luftens hastighed. Den består af en luftcylinder, hvori der er indspændt en smidig lædermembran. Den ene side af membranen er boltet fast til den tandstang, der drejer pumpestemplerne, og på den anden side inde i cylinderen er der en stor forholdsvis blød fjeder, som trykker tandstangen i retning af fuld fyldning, samt en lille hjælpefjeder, som kun virker ved tomgang. I toppen af cylinderen er der en forskruening, hvorfra et rør er ført op til en spjældstuds, der er indskudt på indsugerøret mellem luftfiltrene og topstykkerne.

Spjældklappen er lidt mindre end rørets lysning, således at der bliver stor lufthastighed gennem den lille kanal, som er indskruet i studsens, der står i forbindelse med rummet bag membranen. Når luften farer gennem denne kanal, virker den som en injektor, der suger luften ud fra rummet bag membranen. Derved trækkes den tilbage mod fjedertrykket og formindsker brændselspumpens fyldning.

Jo større lufthastigheden gennem spjældet er, des mindre olie får motoren, og omvendt, jo mere luftspjældet er åbent og jo lavere lufthastigheden er, desto mere olie får motoren, og desto mere kan den følgelig trække.

Luftspjældet har 2 *anslag*, et for omtrent helt lukket spjæld svarende til tomgang ved ca. 550 omdr./min. og et for spjældet lukket så meget op, at det svarer til fuld belastning ved 1800 omdr. eller tomgang ved 2000 omdr./min. Nu vil De vel spørge mig, hvordan man skal indstille brændselspumperne, hvis man har haft motoren skilt ad.

Dertil må svares, at det kan faktisk ikke gøres ordentlig, når motoren er indbygget i skinnebussen. For at få den helt rigtige indstilling skal motoren opstilles på prøveplan og tilkobles en vandbremse, eller en dynamo, så man kan kontrollere, hvor mange hk den giver.

Men jeg er godt klar over, at det ikke er ret mange privatbaneværksteder, der har en sådan prøveplan, så de fleste af Dem kommer en dag til at stå over for den opgave at indstille i vognen.

Den første betingelse for at få et godt resultat er, at motoren er i orden, stempler og stempelringe gode, alle ventiler tætte og indstillet rigtigt såvel med hensyn til spillerum som åbnings- og lukketider, luft, smørelie og brændoliefiltre rensede, forstøvere justerede til rigtigt åbningstryk og med fin forstøvning og brændoliefiltre og rørledninger afluftede.

Brændselspumperne skal så indstilles til at sprøjte ind på det rigtige tidspunkt enten efter mærkerne 6° før top for de ældste pumper eller ca. 25° for nyere pumper, der er mærket efter spill point. De kan også indstille efter den metode, vi selv anvender på prøveplanen, nemlig ved med en skruestrækker at løfte pumpestemplet, til De mærker indsprøjtningventilen åbner, så følger De efter med brændselspumpens knastaksel, til den har løftet pumpestemplet netop til den højde. I denne stilling skal brændselspumpen kobles til, når den pågældende krumtap står 30° før topdødpunktet det kan aflæses på svinghjulskransen, når man løfter det lille låg i toppen af svinghjulskassen.

Man kobler først pumpen nærmest gearkassen til, derefter den anden pumpe på nøjagtig samme måde.

Så kommer vi til indstilling af regulatoren. Man starter motoren og lader den løbe i tomgang, til den er varmet lidt op.

Først spændes stilleskruen til den lille hjælpefjeder så langt tilbage som muligt.

Derefter indstiller man spjeldet, således at motoren løber 550 omdr. i den ene yderstilling og 2000 i den anden; begge disse indstillinger sker, medens motoren løber tomgang. Så skulle omdrejningerne være i orden, for at få belastningen klaret, må man ud at køre med skinnebussen.

Der sættes fuld belastning på, og man stiller så brændselpumpens anslag, indtil man lige kan skimte udstødningen, når man læner sig ud. Og her er vi ved det ømme punkt, for hvor meget skal motoren ryge, før man lige kan skimte den, det beror i høj grad på et skøn. De kan forstå, at det er et meget usikkert grundlag at foretage en indstilling på. Den lille hjælpefjeder på regulatoren, som vi begyndte med at slække helt af, har jeg med vilje slet ikke talt om. Den skal helst blive stående i denne stilling, altså slækket helt.

Den har kun een eneste mission, nemlig den at få motoren til at gå roligt i tomgang. Hvis motoren står og søver altfor meget ved laveste omdrejningstal, kan man få den til at gå roligt ved at spænde denne fjeder lidt. Men det er så forfærdelig farligt, for blot en lille smule spænding af denne fjeder kan få motorens maximale omdrejningstal til at stige med flere hundrede omdrejninger, således at den kommer op i det farlige område. Så jeg vil råde Dem fra at pille ved den lille skrue; lad hellere motoren pendle lidt i tomgang.

Gruppe 8.

Knastakslen er lavet af et specialstål og med indsats-hærdede og sløbne søler og knaster.

Den bevæger gennem ventilløfteren, som er af hardet og

sleben værktøjsstål, stødstængerne og vippearmerne. Stødstængerne er af stål rør med trykenderne af hærdet værktøjsstål. Desværre kunne vi ikke få vore sædvanlige materialekvaliteter til de første serier skinnebusser, så vi har ganske uventet haft en del vanskeligheder med dem.

Ventilspillerummet indstilles ved skruen i vippearmen, og som jeg tidligere har nævnt må man være meget omhyggelig med denne indstilling og hyppigt kontrollere den, vi har fornylig foretaget nogle målinger med katodestråleoxilograf på en skinnebusmotor og dermed fundet, at påvirkningen i ventilbevægelsen stiger til det dobbelte, hvis spillerummet forøges fra 0,25 til 0,5 mm.

Tavle 4X-118.

Vi kommer så til tryksmøresystemet. Der findes ca. 25 liter smørelie i oliesumpen, og denne oliemængde transporteres gennem motoren af en smørepumpe, der har så stor kapacitet, at det ved normalt omdrejningstal 1800 kun varer 20 sekunder.

For at presse olien gennem motoren med denne fart kræves ca. 6 kg/cm^2 , når motoren er ny og lejespillerummene små. Efterhånden som aksel og lejer slides, og spillerummene derved forøges, synker modstanden naturligvis betydeligt, og smørelietrykket falder, men det behøver slet ikke at betyde, at motoren ikke bliver tilstrækkelig godt smurt. Såfremt smørepumpen er i orden, cirkulerer der jo stadig den samme oliemængde, og om den kommer ind i lejerne med 1 eller med 5 at. tryk har ingen betydning.

Det maximale fladetryk på en skinnebusmotors krumtap-pande er ca. 170 kg/cm^2 , og oliefilmen må følgelig have et endnu højere tryk, hvis lejet ikke skal give sammen. Dette olietryk opbygges ved akslens rotation i lejet og ikke af smørepumpen.

Når man ved motorer med kobberblypander normalt har et større olietryk, end man er vant til fra motorer med hvidtmetalspander, skyldes det kobberblypandernes ringere glideevne, de giver større friktion og som følge deraf mere varmeudvikling, og denne varme fjerner man ved at skylle smøreolie gennem lejerne; man kunne for så vidt akkurat ligeså godt sende olien eller kølevandet inden i krumtapakslen, men det vil blive temmelig kompliceret, derfor nøjes man med at dimensionere smørepumpen så stor, at den kan klare det. Selve smørepumpen er en almindelig tandhjulspumpe, der drives ved tandhjul fra krumtapakselens frie ende.

Pumpehuset er lavet ud i eet med det yderste hovedlejedæksel, og de to tandhjulrotorer, der er udført af sejghærdet krom-nikkel-stål, løber i fosforbroncebøsninger.

Pumpen suger fra oliesumpen, hvor der skulle være forholdsvis ren olie i hvert fald fri for møtrikker, splitter og lignende grovkornede genstande, idet olien for at komme ind i sumpen skal passere gennem et sugefilter med 100 masker pr. cm^2 .

Pumpen trykker derefter olien gennem et indvendigt rør til trykfiltret, hvor det passerer gennem 2 lag messingtvist, det første med 400 og det næste med 700 masker pr. cm^2 . For at undgå sprængning af filterpatronerne, hvis de tilstoppes, er der indbygget en omløbsventil, hvorigennem olien ledes uden om trådvævet direkte ind i motorens smørekanal. Fra denne smørekanal fører tværboringer ned til hovedlejerne og ud til knastaksellejerne. Ved lave temperaturer når olien er tykflydende, kan pumpen naturligvis ikke mase den mængde olie, som den giver, igennem motoren. Derfor er der på siden af krumtaphuset påbygget en olietrykventil. Det er en fjederbelastet glider, som under normale forhold lukker for en boring ind til smørekanalen. Når olietrykket stiger over

5 at., abner denne glider for et omløb, således at olien løber tilbage til oliesumpen.

Fra knastaksellejerne er der ført smørerør op til topstykkerne for smøring af vippearbene. Ved de første motorer var der drejet en rille i sølen, således at røret stod under tryk hele tiden, og det resulterede i at der kom for meget smøreolie op til vippetøjet, således at man måtte regulere olietilførselen ved drosselskrues. Ved de sidste motorer er der slebet et spor på langs af sølen, således at der kun tilføres smøreolie, hver gang denne kanal passerer forbi røret. Tandhjulene i gearkassen smøres fra strålerør. Ved de første motorer var der en stråle for hvert indgrebssted. Ved den sidste serie ser det noget anderledes ud. For det første har vi strøget det ene strålerør, og for det andet sprøjter vi nu ikke mere, hvor tænderne løber mod hinanden, men derimod, hvor de løber fra hinanden. De lærde har nemlig opdaget, at smøreoliens virkning i lige så høj grad er et spørgsmål om afkøling som om smøring. Derfor gælder det om at afkøle tænderne med en kraftig stråle, lige efter at de har været i indgreb; den tynde oliefilm, der skal til for at forhindre metallisk friktion, skal nok hænge ved tænderne resten af vejen rundt.

Rørledningerne er der vist ingen grund til at komme nærmere ind på. Jeg vil dog lige henlede Deres opmærksomhed på rørledningen mellem regulatoren og luftspjældet. Den skal være fuldstændig tæt, ellers kan De risikere en løbskkørsel.

Jeg har tidligere nævnt at forstøver og brændselspumpe er udført med en pasningsgrad, der er så fin, at disse dele ikke tåler det mindste støvgran. De burde faktisk kun behandles på et laboratorium med fliser på væggene og af mænd i hvide kitler.

For at give Dem et lille begreb om, hvor meget der skal gøres ud af det, skal jeg vise Dem en tegneserie, der viser, hvorledes man renser et brændoliefilter efter alle kunstens regler.

Kølevandspumpen er en almindelig centrifugalpumpe, der løber ca. $1 \frac{1}{3}$ gange så hurtigt som motoren. Den giver ved fuld omdrejningstal ca. 200 liter/min. og udover at passe kuglelejet med fedtsprøjten og efterse pakdåsen, som naturligvis ikke må spændes for hårdt, skulle der ikke være meget at gøre ved den.

Ventilatoren er 6-bladet og støbt af silumin. Den løber på 2 kuglelejer, hvoraf det første og sværeste leje optager aksialtrykket. Akslen er lejret excentrisk i en konsol, således at man ved at løsne bolten her kan dreje den og derved spænde kileremmene. Konsollens nederste del er udformet som et rør, hvorigennem kølevandet ledes ind i motorblokken. Ventilatoren trækkes fra forlagsakslen til dynamo og kølevandspumpe og løber ligesom disse $1 \frac{1}{3}$ gang så hurtigt som motoren. I ventilatorens kileremskive sidder en fedtnippel for smøring af kuglelejerne, den må man endelig ikke glemme.

Ladedynamoen drives fra den før omtalte forlagsaksel, der løber $1 \frac{1}{3}$ gange så hurtigt som motoren.

Mellem forlagsaksel og dynamo er der en gummikobling. Oprindeligt var den af Simms fabrikat og bestod af 2 presstøbte koblingshalvparter med en sjov stjerneformet gummimedbringer imellem.

Bare man kunne få koblingshalvparterne leveret i et stærkere materiale, var det en glimrende kobling, men det kan man altså ikke, hvorfor vi nu er gået over til Bosch koblinger. Mellem dynamo og kølevandspumpe sidder der en kobling nøjagtig mægt til den førnævnte bare et nummer mindre, og om den gælder akkurat det samme.

Det elektriske system består af en C.A.V. ladedynamo type D07X24, som giver 720 watt ved 24 volt og begynder at lade ved 600 omdrejninger. Til dynamoen hører en kombineret regulator og laderelæ type F 37. Regulatoren sørger for, at dynamoen giver nøjagtig den spænding, der skal til for at holde batteriet opladet, og laderelæet afbryder forbindelsen med batteriet, når motoren står stille eller kører så langsomt, at dynamoen ikke giver så høj spænding, som batteriet har. Ellers vil batteriet jo aflades gennem dynamoen.

Starteren er en 6 hk C.A.V. starter type BS 624 H 79 med magnetisk indrykning. I det indbyggede starterelæ sendes først en svag strøm, der trækker drevet frem samtidig med, at det gives en svag roterende bevægelse. Først når drevet er kommet helt ud til fuld indgreb med startetandkransen, lukker relæet op for hovedstrømmen, så starteren kan trække motoren rundt. Starteren betjenes fra førerpladsen ved hjælp af en startekontakt med 3 stillinger. På 1 sluttes strømmen til glødespiralerne og på 2 til starteren.

På førerbordet er der også monteret en kontrol for glødespiralerne. Det er en normal glødespiral indskudt i serie med de 7 på motoren. Hvis den ikke gløder, er een eller flere glødespiraler sandsynligvis brændt over. Da hver glødespiral kun tåler ca. 2 volt, skal der sluges ca. 8 volt af batteriets 24, og det sker i denne simple forlagsmodstand.

Som kontrol for smøreoliecirkulationen har vi en Danfoss trykafbryder, der afbryder strømmen til kontrollampen på førerbordet, når olietrykket synker for langt ned.

Se, alt det, jeg hidtil har fortalt Dem, gælder den skinnebusmotor, De også kender, den motor, som vi mellem os har vedtaget at kalde model "46".

Men tiden står jo ikke stille. Der findes stadig på noget nyt, og vi prøver selvfølgelig også på at efterkomme kundernes krav om mere kraft og større holdbarhed. Derfor har vi lavet en forbedret udgave af skinnebusmotoren, som vi kalder model 51, og som vi om lidt skal have fornøjelsen at demonstrere for Dem.

Kravet om mere kraft klarer vi ved at udstyre motoren med komethoved i stedet for det gamle hvirvelkammer. Derved får vi så mange ekstra hestekræfter, at vi med lethed kan præstere 160 hk ved 1800 omdrejninger. Samtidig med, at vi indfører "komethovedet", ændrer vi ventilerne således, at indsugeventilen bliver større, og udstødeventilen mindre, og begge ventiler får sværere spindler samt en anden lås for fjederskålen, hvorved vi helt skulle blive fri for de kedelige ventiluheld.

Den fedtsmurte svingningsdæmper bliver erstattet af en gummisvingningsdæmper, som ikke behøver nogetsomhelst tilsyn.

Endvidere er det nu lykkedes os at få C.A.V. til at fabricere en 8-cylindret brændselspumpe til os, hvorved vi undgår vanskelighederne med mellemkoblingen og indstillingen af de 2 fire-cylindrede pumper.

Den større hk ved det lavere omdrejningstal gør det tillige muligt for os at påbygge en såkaldt kombineret regulator, der har en indbygget centrifugal sikkerhedsregulator, der forhindrer motoren i at løbe over ca. 1900 omdr./min., således at vi holder os godt under det farlige kritiske omdrejningstal.

For at formindske slidet på krumtapakslen forsynes motoren med Vokes smøreliefilter, der har en stor filtpatron, der filtrerer olien meget bedre end det nuværende trådvæv, og der på-

bygges større luftfiltre.

Dertil kommer, at motorens max. forbrændingstryk bliver ca. 10 kg/cm^2 lavere, hvilket giver en væsentligt blødere gang.

Jeg har nu fortalt Dem alt, hvad jeg ved om skinnebusmotoren (omtrent da) og håber, at De gør gengæld og lader mig høre lidt om Deres rige erfaring på dette område, sådan at jeg kan blive næsten lige så klog som De.

Jeg tror dog nok, at vi alle er trætte og trænger til at røre benene lidt og få en mundfuld frisk luft, så jeg vil foreslå, at vi holder et par minutters pause, inden vi går over i prøvecentralen og ser på det nye "~~vidunder~~". *skinnebusmotor model 51*

Bagefter samles vi her igen, og ingeniør Volmer Nielsen vil orientere Dem lidt om Self-Changing gear, og så skal vi rigtig diskutere skinnebusmotorer.