

Valg af korrekt filtreringssystem

Peter Windfeld Rasmussen

Indledning

Dette indlæg er ikke et forsøg på at beskrive en håndfast metode som kan anvendes af alle og enhver – til et vilkårligt formål eller maskine. Indlægget er tænkt som en inspiration til andre der vil gå den systematiske vej ved udvikling af filtersystemet på en maskine.

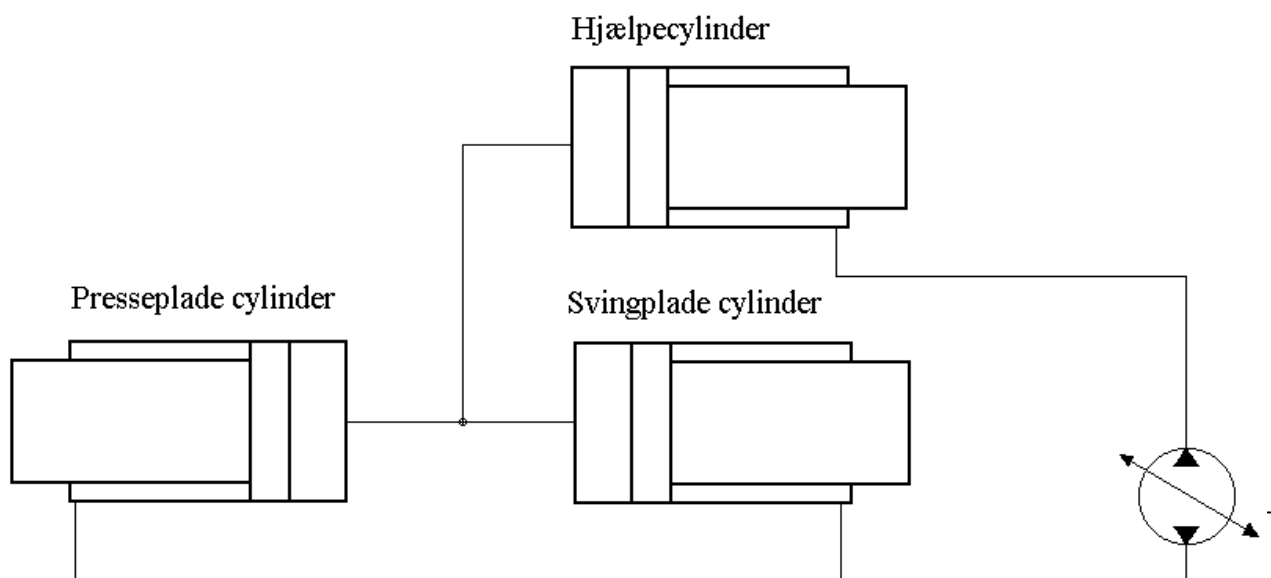
En præsentation af Disamatic princippet, og de nye maskiner vi bygger

Disa maskinen, eller Disamatic som den tidligere hed, er hovedhjørnestenen i vores produktprogram. Maskinens høje produktionshastighed (op til 550 forme i timen for den hurtigste) gør den velegnet til meget store serier, og automobilbranchen er derfor kernekunde til denne maskine. Maskinen der er 100 % hydraulisk drevet, kan minde om en vandretliggende presse, hvor man med trykluft skyder sand ind i et lukket kammer. To af kammerets vægge er bevægelige, og på hver disse er fastgjort et modelbræt med hver sin halvpart af den model der ønskes fremstillet. Efter skuddet presses sandet sammen så der opstår et indstilleligt fladetryk på typisk 10 bar. Nu kan kammeret lukkes op ved at den ene modelplade trækkes væk fra formen (sandet) og den anden presser formen ud af kammeret og frem til kontakt med den sidst fremstillede form. Herved fremkommer et hulrum svarende til modelpladerne mellem de to forme. Nu kan formstrengen transporteres så en ny form presses frem under istøberen hvor smelten hældes i.

Hy systemerne

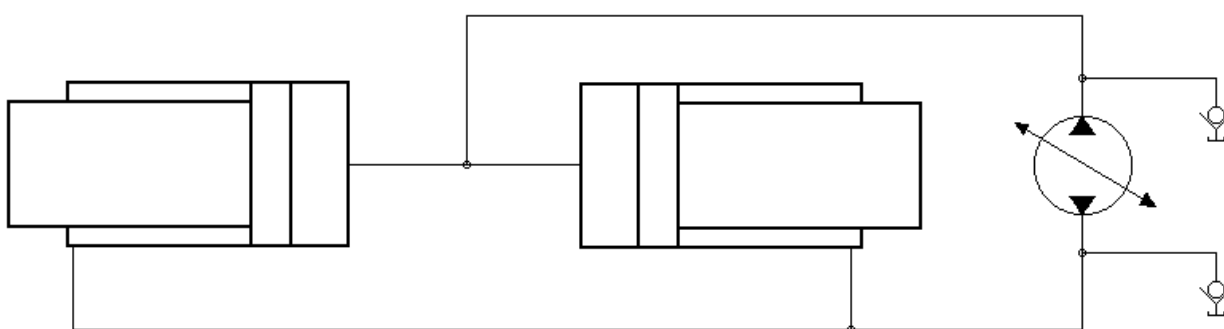
Fra første færd blev Disamatic maskinerne konstrueret som hydraulisk drevne maskiner. På det tidspunkt var mængden af komponenter som blev solgt endnu begrænsede, hvorfor hovedparten blev af egen konstruktion. Denne proces er fortsat indtil i dag, idet hovedparten af de ventiler der indgår i en Disa maskine er af egen produktion.

Det traditionelle Hy-system på en Disamatic er principielt vist i fig. 1.



Figur 1 Disamatic hydrauliksystem uden ventiler, under transportbevægelserne.

Hastighedsstyringen foregår via pumpens reguleringsmekanisme og kun under presning af formen er pumpen direkte koblet til cylindrenes store areal (700 cm²), se figur 2. Den olie der mangler i systemet under presning, suges fra tanken gennem en de to viste kontraventiler. Dette er den eneste fornyelse af olie der finder sted i hovedkredsen under drift. Under alle transportbevægelserne er pumpen tilsluttet ringarealerne (91 cm²). Volumenstrømmen ud af pumpen er max 500 l/min, hvorfor volumenstrømmen til de store arealer kommer helt op på 3800 l/min
Når denne systemkonstruktion blev valgt fremfor ventilstyring og ilgangscylindre skyldes det især mekaniske faktorer, idet cylindrenes virker bærende for den forreste presseplade når formen skal transporteres. En anden stor fordel er det beherskede arbejdstryk (max 80 bar) som har givet stor stabilitet og lang levetid for maskinerne. Endelig har høje bevægelseshastigheder (op til 1,5 m/sec) kunnet realiseres uden ventiler til styring af afbremsningen.



Figur 2 Disamatic hydrauliksystem uden ventiler, under presning.

Kundernes ønsker og forventninger

Når et støberi køber en produktionslinie baseret på en DISA maskine, er det sjældent at der fremkommer specifikke krav til komponenter og performance for så vidt angår det hydrauliske system. Det er derfor vores egen opgave at sikre at de indirekte krav som kunderne har til os bliver indfriet. Blandt mange krav skal her fremhæves :

- Høj rådighedsgrad for det samlede anlæg. Typisk køres i treholds skift fra mandag morgen 6.00 til fredag eller lørdag eftermiddag. Den resterende tid anvendes til reparation og vedligeholdelse.
- Kort leveringstid for reservedele.
- Høj fejlfindingservice.
- Veluddannede og erfarne service folk med hurtig udrykning.
- Så få komponentændringer som muligt i maskinens levetid (30 år eller mere !)

Opgaven

I 1996 blev det besluttet, på baggrund af et stigende antal kunde henvendelser, at foretage en undersøgelse af renhedsniveauet på Disamatic maskinerne. Denne undersøgelse viste et renhedsniveau iht. ISO 4406 der i værste tilfælde hed 23/21/17 og i bedste 15/13/11. Flertallet rumsterede dog omkring 20/17/13.

Konklusionen herpå var, at vores filtrering forsåvidt ikke var alt for dårlig, men at den tillod en op-hobning af mange små partikler, og at vi gerne ville forbedre det generelle niveau en tak.

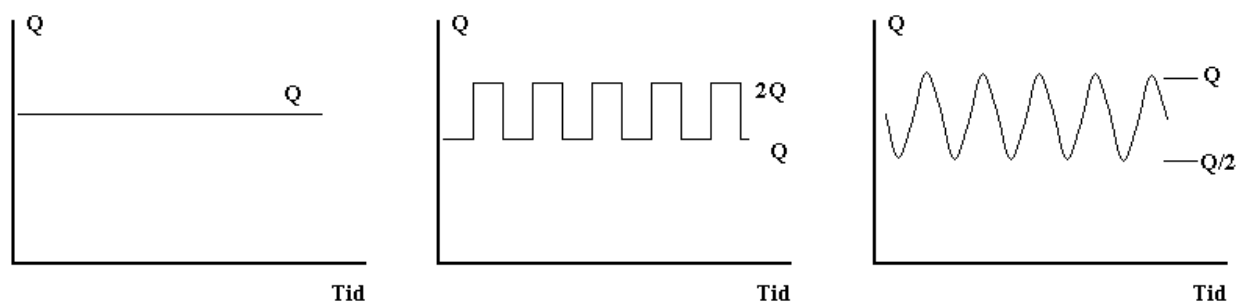
Følgende problemer skulle løses :

- Udvikling af et nyt filtersystem (fire forskellige filtre i det gamle)
- Nyt luftfilter (det gamle var uden udskiftelig indsats)
- Nyt tætningssystem omkring alle tanklåg.
- Nyt påfyldningssystem.

Filtre og deres egenskaber

På grund af de store volumenstrømme i systemet kan det ikke komme på tale at filtrere i hovedolie-strømmen, men kun i to bikredse der giver styreolie til forskellige ventiler, og køleolie. Det stiller store krav til filtrenes egenskaber, eftersom den forurening som systemet er udsat for med tre store stempelstænger der kontinuerligt kører ind og ud, er massiv.

I 1995 fremkom fra Tampere University of Technology en videnskabelig undersøgelse af forskellige filteres filtreringsevne under realistiske driftsforhold. Denne undersøgelse, der omfattede fire forskellige filterfabrikater (A,B,C, og D) gav nogle helt andre resultater end de som Multipass testen efter ISO 4572 (ny standard ISO 16889) for de pågældende filtre gav. Alle filtre var bestilt som $\beta_{10} > 75$. Figur 3 viser de variationer i volumenstøm som filtre blev udsat for.



Figur 3 Flow over filtre under test

Resultaterne var ganske forstemmende. kun et af de fire filtre kunne opretholde en rimelig filtreringsevne under testen med sinus varierende flow, mens det gik en anelse bedre under firkantbølgen. I skemaet er resultaterne gengivet i hovedtræk.

Filter	Flow	Konstant	Firkant	Sinus
A		$\beta_{12} > 75$	$\beta_{12} > 75$	$\beta_{25} < 20$
B		$\beta_{20} > 75$	$\beta_{20} > 20$	$\beta_{25} > 75$
C		$\beta_{10} > 75$	$\beta_{20} > 75$	$\beta_{25} < 10$
D		$\beta_{15} > 75$	$\beta_{15} > 75$	$\beta_{25} < 10$

Konklusionen var at filtre led af en række mangler hvoraf de vigtigste var :

- Ustabil materialeopbygning og understøtning
- Dårlig by-pass ventil
- Dårlig tilpasning af tætning mellem filter og hus

Et af de meget vanskelige spørgsmål når det kommer til filtrering er : Hvordan vælger man det korrekte filter ?

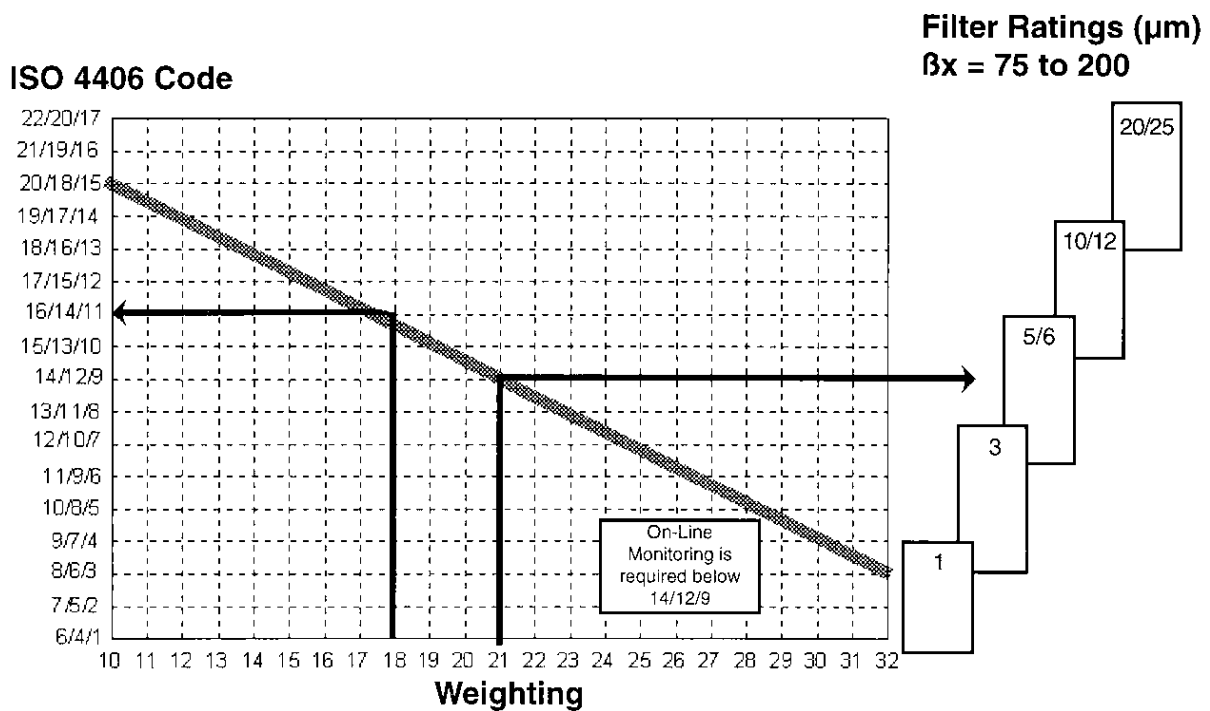
Den forskning der til d.d. er udført viser med al ønskelig tydelighed at laboratoriernes opstillinger på ingen måde kan sammenlignes med de forhold der forekommer i virkeligheden. Flere forhold gør sig gældende, heraf skal blot nævnes :

- Snavset og dets størrelsesmæssige sammensætning er forskelligt fra ACFTD eller ISO MTD.
- Luftfugtighed influerer på vandindholdet i olien, hvilket igen ændrer olien filtrerbarhed.
- Olie og lufttemperatur betyder svingende viscositet og dermed ændringer i trykfald.

I stedet for måleresultater opnået i laboratorier, må man i stedet lægge erfaringsmateriale til grund for dimensioneringen. Den Engelske organisation Association of Hydraulic Equipment Manufacturers (AHEM) udgav i 1985 et hefte med navnet Guidelines to Contamination Control in Hydraulic Fluid Power Systems. Dette hefte er netop genudgivet af The British Fluid Power Association (BFPA). Dette hefte opsummerer 3 års forskningsarbejde hvor en lang række kørende maskiner blev undersøgt. Resultatet blev en metode, baseret på vægtning, til dimensionering af filtre.

Metoden går ud på at summere en række karakterer for arbejdstryk, komponentfølsomhed, forventet levetid, systemets økonomiske følsomhed, prisen på driftstop og sikkerhed.

Med den udregnede talsum går man ind i et skema, se figur 4, der angiver (indenfor et område) relationen mellem talsum og filtreringsgrad. I det anførte tilfælde er vægtningssummen 18, og det giver en vejledende renhed på 16/14/11. For at komme frem til et forslag til filterets filtreringsevne, tillægges vægtningssummen en værdi for omgivelserne. Denne værdi ligger imellem 0 og 5. I det konkrete tilfælde 3, hvorfor der anbefales et filter med $\beta_{5/6} = 75$ til 200.



Figur 4 BFPAs skema til udvælgelse af renhedsgrad

Det ligeledes svære spørgsmål : Hvor stort skal filteret være ? besvarer metoden med tre skemaer. Det første skema er igen et karakter skema, hvor man ud fra anlæggets omgivelser samt mulighederne for at holde anlægget rent finder den rette faktor. Denne faktor anvendes i de to øvrige skemaer, et for trykfilter og et for returfilter, til at finde en multiplikationsfaktor, således at forstå, at viser kurven en faktor 2 for et trykfilter så skal filterets dimensioneres så trykfaldet ved rent element kun er det halve af hvad den egentlige volumenstrøm berettiger.

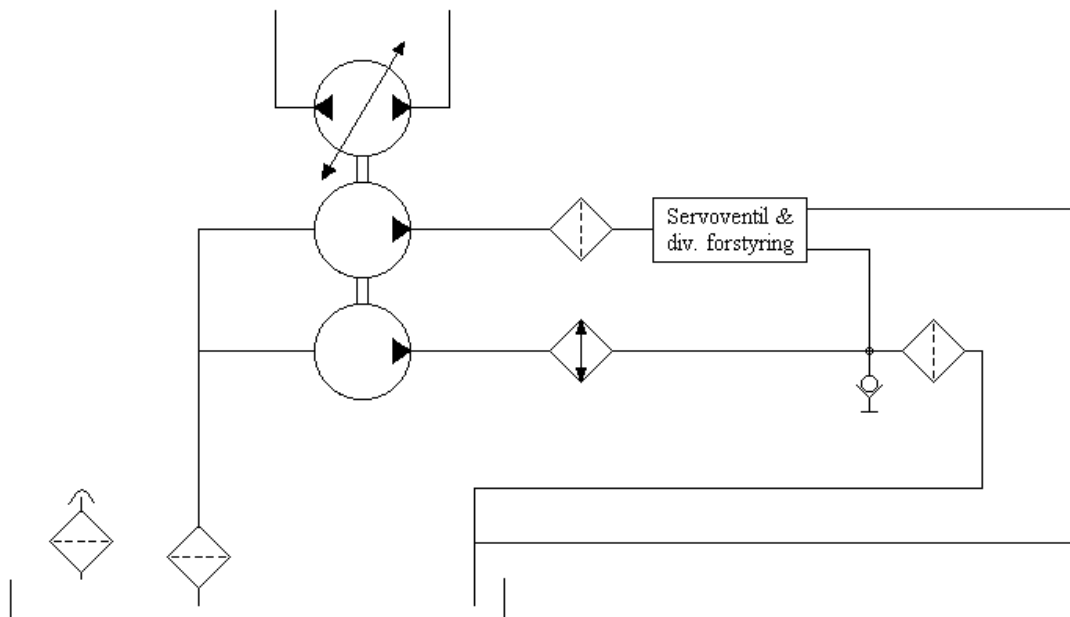
Kravspecifikationen

Med denne viden i baghovedet blev der skrevet en kravspecifikation som gik til tre potentielle leverandører.

Filtreringssystem til Disamatic 2013 MK5

Det hydrauliske system på maskinen er principielt udformet som et lukket system, som det kendes fra hydrostatiske transmissioner. Kun i visse faser arbejder systemet som et åbent system, og kun i disse faser suger hovedpumpen fra tanken.

Da volumenstrømmen er meget pulserende, går i begge retninger og til tider meget stor, er det ikke realistisk at filtrere i hovedoliestrømmen. Filtreringen skal således være 100% off line, og der er til rådighed for filtrene kun den oliestrøm som kommer fra en dobbeltpumpe med en kapacitet på h.h.v. 72 og 60 l/min. Den største pumpe kapacitet går direkte til en køler, og derfra gennem et returfilter tilbage til tanken. Den anden pumpe oliestrøm anvendes til pilotstyring af forskellige systemer samt som styreolie for hovedpumpens servoventil. Olien herfra går gennem et trykfilter inden brug. Under drift er oliens temperatur normalt mellem 40 og 50 °C. Tanken har et rumindhold på 1000 liter, og hoveddimensionerne er (HxBxL) 700 x 1200 x 1500. Tanken er ikke forsynet med beroligelsesskot. Figuren viser den principielle opbygning.



Der ønskes et filtreringssystem bestående af følgende komponenter :

Filtertype	Tryk [bar]	Flow [l/min]	Montering	Indikator
Luftfilter med udskifteligt element	1	250	Tanktopmonteret	Ingen eller visuel
Sugesi til dobbeltpumpen	1	132	I tanken (RG 2")	Ingen
Trykfilter på styreolie-pumpen	50	60	Rørmonteret (ø25)	Visuel & elektrisk
Returfilter for begge pumbers olie	10	132	Rørmonteret (ø25)	Visuel

Det er hensigten med det ny filtreringssystem at opnå følgende renheder i h. t. ISO 4406 :

Tidspunkt	Minimumskrav	Ønsket niveau
Efter afprøvning af maskinen på vort værksted, uanset hvor prøven udtages	15/12	15/12
Under drift, i tanken	17/14	16/13
Under drift, før servoventilen	16/13	15/12

Filtrene skal have en snavskapacitet svarende til 3000 timers drift uden elementskift.

Krav til leverandøren

Leverandørens arbejde falder i fire faser :

1. Udformning af tilbud, og specifikation af de enkelte filtre. Tilbudet skal indeholde en præcis specifikation af det enkelte filters filtreringsevne, samt en oversigt over hvilken forureningsgrad der er regnet med ved filterstørrelsernes udlægning.
2. Deltage i udarbejdelse af en kontrolspecifikation til overvågning af om det ønskede renhedsniveau opnås.
3. Deltagelse i forbindelse med prototypeafprøvning, herunder prøveudtagelse og on-line partikkeltælling.
4. Deltagelse ved prøveudtagning og partikkeltælling under det første prøveår med det nye filtersystem.

Resultaterne

Efter en grundig sammenligning af teknik, pris og leverandørens øvrige serviceydelser blev leverandøren valgt, og et prøveprogram sat i værk på et tysk støberi der har fire Disamatic linier i parallel. Linierne er stort set lige gamle hvorfor en ombygning af en linie gav gode sammenligningsmuligheder. I nedenstående skema er måleresultaterne vist.

Maskine\dato	22/3-97	24/3-97	4/5-97	2/5-97	3/7-97	4/11-97	18/3-98
Måling nr.	1	2	3	4	5	6	7
A	23/20/12			21/17/13	19/16/12		
B	23/20/13			21/18/14	20/17/11		
C	23/18/10	15/12/9	15/12/10	18/15/12	19/14/11	16/13/9	-/14/10
D	23/20/13	21/17/10		20/18/14	20/17/12		

Måling 1 blev lavet inden ombygning af maskine C. Herefter blev systemet ombygget og for at få en hurtig indsvingning af renhedsgraden blev der frem til 28/3 anvendt $\beta_3 > 200$ elementer i filtrene. Konklusionen er enkel – resultatet oversteg forventningerne.

Her er så resultaterne i forhold til opgaverne :

- Udvikling af et nyt filtersystem (fire forskellige filtre i det gamle)
- *Filtreringen ændret til et trykfilter og et off-line filter med samme β -grad.*
- Nyt luftfilter (det gamle var uden udskiftelig indsats)
- *Via vakuum målinger i tanken blev den rette filterstørrelse fundet.*
- Nyt tætningssystem omkring alle tanklåg.
- *Alt gummi kvælder og ændres når der kommer olie med relativ høj temperatur i nærheden. Først efter mange forsøg lykkedes det at finde en gummi der er formstabil, samt en billig mekanisk løsning til at fastholde tætningen når låget tages af.*
- Nyt påfyldningssystem.
- *Det tidlige separate fyldefilter blev erstattet med en lynkobling før det nye off-line filter.*

Litteraturliste

The British Fluid Power Association (BFPA) :
Guidelines to Contamination Control in Hydraulic Fluid Power Systems (1999)

The Fourth Scandinavian International Conference on Fluid Power :
Behaviour of hydraulic filters under different flow conditions
MSc Mikko Järvinen m.fl.

Pall Industrial Hydraulics Company
Contamination control and filtration fundamentals

Ölhydraulik und Pneumatik nr 11/12-99 :
ISO MTD – NIST : Neur Teststaub – neue Kalibrierung

Fluid Scandinavia nr. 3 sept. 1999
Anvendelse af en effektiv olierensning giver en dramatisk øget driftssikkerhed og levetid.
Civ. Ing. Georg Nielsen

Brancheforeningen for Hydraulik og Pneumatik
Den RIGTIGE & den RENE olie er = med driftssikkerhed & lang levetid (august 1999)