



## Funktionskontroll och Felsökning. Del 1.

### Kompressorn

Det finns flera typer av kompressorkonstruktioner men kylteknikern kan lämna de flesta skillnaderna därhän när man kommer ut på en anläggning. Artikeln är inriktad på i första hand de ”vanliga” hel- och semihermetiska kolv-, scroll- och skruvkompressorer med 1-30 kW motoreffekt utan oljekylning och economiser. Mycket av informationen gäller även för andra typer men det kan då finnas egenheter som inte tas upp här. När man skall kontrollera hur en kompressor fungerar finns det ett antal kontroller som man kan göra. Några av de mer avancerade som används i huvudsak på stora kompressorer berörs inte i denna artikel. Det gäller t ex inriktning av elmotorer, mätning av toleranser i kompressorn och vibrationsmätningar vilka kräver specialkompetens.

De för serviceteknikern enkelt tillgängliga metoderna är:

1. Okulärbesiktning. Se, lyssna och känn.
2. Mätning av tryck och temperatur
3. Elektrisk mätning på elmotorn
4. Kontroll av oljan

Men innan vi dyker ner i metoderna kan det vara värt att gå igenom kompressorn lite närmare.

### *Kompressions delen*

Kompressorn har till uppgift att komprimera gas från ett lågt tryck till ett högre så effektivt som möjligt. De vanligaste typerna är kolv-, rotations-, scroll- och skruvkompressorer. För stora effekter (MW) så används även turbokompressorer. Dessa kompressorers särskiljande egenskaper lämnar vi därhän i denna artikel. När en gas komprimeras stiger temperaturen både av att gasen trycks ihop och att den upptar förluster från kompressorn. Förlusterna i kompressorn kan vara orsakade av en mängd olika faktorer som interna läckage, elektriska förluster eller friktion. Att temperaturen stiger mer om förlusterna är onormalt stora utnyttjas vid felsökning. Genom att jämföra den uppmätta temperaturstegringen med den för en ideal kompressor kan man bestämma kompressorns kondition. Detta kallas kompressorns isentropverkningsgrad och är ett mått på hur kompressorn fungerar.

### Elmotorn

Elmotorn är i de flesta moderna små och medelstora kompressorer sammanbyggd med själva kompressorn i ett gemensamt hölje. I denna typ kommer även elmotorns förluster att tillföras köldmediegasen vilket är viktigt att känna till när man jämför isentropverkningsgraden mellan öppna och hermetiska kompressorer. Elmotorn kan också kontrolleras genom olika elektriska mätningar både under drift och när den står still.

### Lager

Elmotorn och kompressorns rörliga delar hålls på plats i höljet genom att de är monterade i lager. Dessa lager kan om de skadas öka värmeförluster och vibrationer i kompressorn. Metallinnehållet i kompressoroljan stiger också. Onormalt slitage i lager kan t ex bero på felaktig viskositet eller nedbruten olja, hög inlösning av köldmedium i oljan, onormalt antal starter eller att kompressorn tvingas arbeta utanför sitt arbetsområde. För kompressorer med oljepump kan bristande funktion i denna leda till onormalt slitage. Den som har erfarenhet kan ofta genom att studera en öppnad kompressor med havererade lager avgöra om det beror på dålig olja, inlöst köldmedium, föroreningar i oljan eller överlast.



## Ventiler

I kolvkompressorer finns det ventiler som kontrollerar gasflödet i kompressorn. Om dessa skadas kommer de interna förlusterna att öka vilket leder till försämrad verkningsgrad. Ventilerna kan skadas av övertemperaturer i kompressorn eller "vätskeslag". Det som kallas vätskeslag är på semi- och helhermetiska kompressorer troligen sällan fråga om att ren köldmedievätska sugas in i cylindern då stora mängder vätska ryms i kompressorns vevhus. Däremot så kan ett oljeskum bildas när mycket köldmedium blandas in i oljan vilket ger samma effekt om det sugas in i cylindern. När en kompressor med skadade ventiler öppnas kan man ofta avgöra om det är orsakat av "vätskeslag" eller övertemperaturer. I det första fallet är ventilerna som regelavbrutna (ofta i flera cylindrar) medan de däremot om de utsatts för höga temperaturer är otäta till följd av "kocks".

## Interna Säkerhetsventiler

Många kompressorer är försedda med en intern säkerhetsventil för att skydda kompressorn mot oacceptabelt höga tryck. Denna ventil kan ibland bli otät (oftast efter att den öppnat), vilket leder till att gas kontinuerligt läcker mellan hög- och lågtryckssidan och sänker verkningsgraden.

## Oljan

Kompressorolja fyller flera funktioner i kompressorn. De viktigaste är att smörja och kyla lager samt att täta kompressionsrummet. Oljan är en mycket väsentlig och svår "komponent" i kylkretsen som många gånger hanteras på ett allt för lättvindigt sätt. En felaktigt vald eller hanterad olja ger inte omedelbart utslag i form av haverier utan det är en process som ofta tar lång tid. Skador som kan ha sin orsak i att en olja med fel viskositet fyllts på i en anläggning kopplas därför ofta inte ihop med oljebytet. Den stora svårigheten med oljan är att den olja som kompressorn arbetar med har mycket lite att göra med den som fylls på. Detta beror på att köldmedium löser in sig i oljan i ett komplicerat samspel mellan typ av köldmedium, typ av olja, tryck och temperatur. Detta gör att när kompressortillverkarna väljer och testar olja så gör de omfattande tester och anpassar smörjkanaler, oljepumpar, lager och olja till de köldmedier som de godkänner kompressorn för. Då de som regel tillåter stora arbetsområden och flera köldmedier så finns det i de flesta anläggningar stora marginaler under normal drift. Men det är viktigt att känna till de förutsättningar som gäller om man fyller på med en annan olja än den som kompressorn är avsedd för. Det har t ex visat sig i form av haverier vid drift med R12/esterolja och propan/mineralolja som har en högre inlösning än vad HFC/HFK har i esterolja respektive R22 i mineralolja, vilket inte säger att det alltid är problem med dessa kombinationer. En trend är att kompressortillverkarna strävar efter att använda tunnare oljor för att sänka energiförlusterna i kompressorerna. Detta kan leda till att det blir viktigare att noga följa det arbetsfönster som tillverkaren godkänner för att undvika onormalt slitage. En tjockare olja har som regel bättre smörjegenskaper men då smörjkanaler mm anpassas för en viss viskositet så är det inte självklart att en tjockare olja alltid ger bättre driftsäkerhet.

## Kontroll och felsökning

När man kommer till en anläggning och har till uppgift att kontrollera att kompressorn fungerar som den skall så är det bra att ha en metod som man följer för att minska risken för att missa något. Det är också viktigt att man är noga med att notera vad man observerar för att komma ihåg och kunna redovisa detta på ett trovärdigt sätt efteråt.

## Steg 1. Okulärbesiktning

Att använda alla sina sinnen när man går in i ett maskinrum är väsentligt:

- Olja på rör eller fundament tyder på köldmedieläckage. Rengör därför noga efter reparationer eller spill så att endast nya läckage framträder.
- På kompressorer med oljesynglas kontrolleras oljenivån. Det är också intressant att studera om oljan skummar eller inte. Om oljan skummar även under stabil drift kan det tyda på hög inlösning av köldmedium.



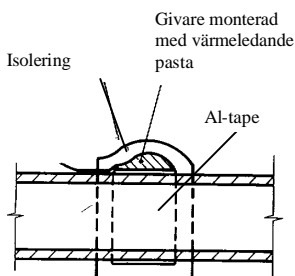
- Missfärgade kolvtoppar tyder på att kompressorn jobbat utanför tillåtet arbetsområde eller att det finns en skada i kompressorn. På flercylindriga semihermeter innebär olika färg på topparna nästan alltid defekter på ventiler eller täthet i den eller de cylindrarna.
- Missljud kan vara lager- eller ventilsador eller t ex skadade backventiler. Genom att ta en skruvmejsel och trycka mot den misstänkta komponenten och sätta örat mot handtaget kan man ofta uppfatta ljud som annars drunknar i luftljuden.
- Kompressorns temperatur ger information om hur den arbetar även om det inte är acceptabelt att ställa överhettningen efter oljetrågets temperatur vilket tyvärr fortfarande förekommer. Det finns en vanlig uppfattning att kompressorn inte får ha frost på sig för det skulle tyda på att den får i sig vätska. Detta gäller för vissa driftfall medan det för andra t ex lågtemperatur R404A är helt normalt med frost på kompressorn.
- Stabiliteten i driften. Täta till och från slag eller varierande driftförhållanden sliter på anläggningen och försvårar eller omöjliggör mätning.

## Steg 2. Stabilitet

All kontroll kräver att mätningar kan göras under sådan drift att temperatur och tryck är nära stabila och kan anses följas åt. Att försöka bedöma en kompressor som går i tre minuter och sedan står i fem är utsiktslöst. Detta är ett av de första och största problemen vid all mätning i fält. Den erfarna teknikern kan dock i de flesta fall anpassa last och kapacitet så att acceptabla drifttider och förhållanden erhålls. Det är också viktigt att skapa ett driftförhållande som är nära nominell drift för att få bästa tillförlitlighet. För att säkerställa att mätvärdena är tillräckligt stabila bör alltid mätta värden skrivas upp under t ex en tiominuters period där samtliga värden läses av och skrivs ner med 30-60 sekunders intervall om inte loggers används.

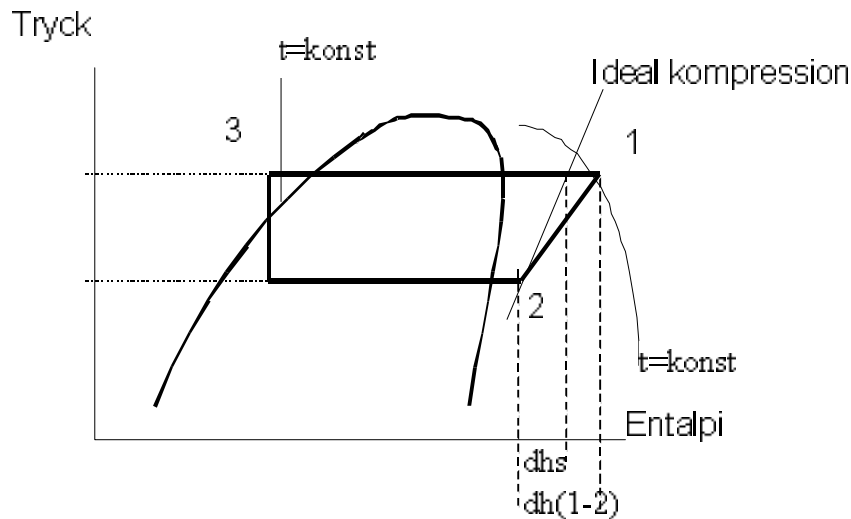
## Steg 3. Mätning av tryck och temperatur

De flesta kyltekniker jobbar i huvudsak med manometerställ och termometer. Om dessa kalibreras regelbundet och temperaturgivarna monteras korrekt enl. fig. ger de acceptabel information för en bedömning av



kompressorns skick och inställning av expansionsventil mm. Önskas en noggrannare bestämning av kapacitet och verkningsgrad så bör dataloggers eller specialutvecklad mätutrustning som "Kyldatorn" ETM 2000 användas. Loggers ger möjlighet att med högre noggrannhet följa processen och se stabiliteten såväl på hela processen som på delar av den. Kyldatorn innehåller köldmediedata och räknar direkt ut alla data vilket sparar tid och möjliggör omedelbara åtgärder. Oavsett hur man samlar in informationen så är det väsentliga den bedömning som görs av de insamlade värdena och att även noggrannhet och stabilitet vägs in. När man inte utnyttjar mätutrustning med programvara som innehåller köldmediedata så måste man använda köldmediediagram eller beräkningsprogram för köldmedier. Ett enkelt och bra hjälpmedel är köldmediediagram som kan användas för att bestämma kompressorns totala isentropa verkningsgrad om vi mätt tryck och temperatur före och efter kompressorn. När man har gjort det några gånger är kontrollen gjord på några minuter. Genom att lägga in dessa som visas i figuren nedan får vi fram den entalpi höjning som kompressorn tillfört köldmediet. Genom att följa linjen för isentrop kompression från tryck och temperatur före kompressorn till trycket efter kompressorn fås entalpiskillnaden för ideal kompression  $h_s$  som skall jämföras med den uppmätta entalpiskillnaden  $h(1-2)$ .

Den totala isentropa verkningsgraden fås då till.  $\eta_i = h_s/h(1-2) \times 100 \%$



Detta är ett direkt mått på kompressorns totala funktion utan hänsyn till värmeförlusterna från höljet. Om denna jämförs med erfarenhetsvärden för respektive kompressortyp ger det möjlighet att avgöra om en kompressor fungerar som den ska. Det som är viktigt att känna till är att värdet påverkas om kompressorn kyls mer än vad som är normalt. De flesta semi- och helhermetiska kompressorer kyls bara genom värmeledning från höljet till omgivande luft. Så länge omgivande luft är stillastående rumsluft är dessa förluster små och relativt lika för de flesta kompressortyper vilket gör att de inte har en stor inverkan. En kompressor kan kylas ytterligare på flera olika sätt. En stor kylning omöjliggör en utvärdering av kompressorn funktion då de ger en "fiktiv" hög kompressorverkningsgrad som styrs av den kylningen inte kompressorns funktion. Med erfarenhet av en viss kompressortyp med kylning kan man få en fingervisning om funktionen. Men när så är möjligt bör kylningen stoppas under funktionskontrollen. Detta förutsätter att man inte arbetar vid extrema driftfall och att kompressorns temperatur övervakas. De vanligaste typerna av kylning samt hur de enklast hanteras är:

- Luftkylning med kondensor fläkten är vanligt på luftkylda aggregat. Genom att täcka av kompressorn från luftflödet med en pappskiva eller isolermatta kan effekten av luftkylningen minska till normal nivå.
- Luftkylning med separat fläkt är vanligt på lågtemperatur kompressorer. Den separata fläkten kan som regel kopplas ur om kondenseringen inte är allt för hög. Om detta görs skall tryckrörstemperaturen följas så att övertemperatur inte inträffar. Observera att en kompressor som är defekt kommer att jobba med dålig verkningsgrad = förhöjd tryckrörstemperatur vilket kan göra att fläkten måste gå även vid låg temperatur. I det läget måste fläkten startas och åtgärd av kompressorn planeras.
- Luftkylning med flänsar förekommer på vissa typer av semihermetiska kompressorer. Dessa kan mätas som de är men deras verkningsgrad bör inte jämföras med de kompressorer som är suggaskylda.
- Vattenkylning förekommer på vissa industriella öppna kompressorer och genom att rör lindas runt de "luftkylda" semihermetiska kompressorerna. Dessa hanteras som regel genom att vattnet kopplas ur med samma förbehåll som för luftkylning med separat fläkt.
- Köldmedievätska i suggasen. Vid stabila överhettningar som ligger under ca 3 K kan det förekomma att oförångat köldmedium rycks med i suggasen och kyler kompressorn. Om överhettningen pendlar kan medrykning förekomma vid mycket större överhettningar. Vid låg eller pendlande överhettning bör man försöka öka den eller ändra på bulbens placering så att stabil drift erhålls. Instabil drift och/eller oförångat köldmedium kan leda till otillräcklig smörjning och bör undvikas.
- Olja som i onormalt stor mängd cirkulerar runt i systemet kan också leda till att kompressorn kyls. Detta identifieras vanligen av att kompressorverkningsgraden är onormalt hög. I de fall det finns synglas på kompressorn brukar man också kunna notera att oljan tenderar att skumma i större utsträckning än normalt. På grövre sugledning brukar också en betydande temperaturdifferens kunna uppmätas mellan sugledningens under- och översida. Onormal oljecirkulation kan bero av defekter i kompressor eller oljeavskiljare men också på låg överhettning. Stor cirkulerande oljemängd är självförstärkande då oljan som kommer tillbaka innehåller stora mängder köldmedium som sänker



viskositeten vilket i sin tur bidrar till att kompressorn kastar ur sig mer olja. Om orsaken är låg överhettning kan man höja den annars måste felet identifieras.

I en separat artikel kommer verkningsgraderna för olika kompressorer att tas upp lite mer omfattande för att sprida de erfarenheter som finns från ett stort antal mätningar. Mycket förenklat kan man säga att vanliga värden på isentropverkningsgrader på moderna helhermetiska kolvkompressorer nära designpunkten ligger kring 60% medan de bästa semihermetiska kolvarna och scrollarna kan ligga 10% högre. Om man arbetar vid arbetsförhållanden som avviker från det som kompressorn är designad för sjunker verkningsgraden (mer för scrollkompressorer än kolvkompressorer). Isentropa verkningsgrader vid fullast på under 50% tyder på att kompressorn inte fungerar som den ska.

På kompressorer med oljepump bör även oljetrycket mätas och dokumenteras.

## Elektrisk mätning

Genom att på en frånslagen kompressor mäta lindningarnas motstånd och kontrollera om det finns överslag mot jord samt under drift mäta ström och spänning fås underlag att jämföra med tillverkarens data. Observer att strömmätning utan att spänningarna kontrolleras saknar värde. En låg spänning leder till större ström och hög spänning ger lägre ström. Ojämn belastning på ellindningarna förekommer och brukar anses acceptabelt om ingen fas avviker med mer än 10% från medelvärdet av alla tre faserna, vilket innebär att avvikelser mellan högsta och lägsta ström kan vara större.

## Kontroll av olja

Oljan kan kontrolleras på plats avseende färg och även med fälttester som kontrollerar syrahalten. En missfärgad olja tyder på nedbrytning och bör föranleda en vidare undersökning och åtgärd. Syratester finns för olika typer av olja och om de används på icke avsedd oljetyp kan de ge felaktigt utslag. Önskar man en betydligt noggrannare kontroll av oljan finns det standardiserade oljeanalyser (S.O.A.P) som görs av både oljeleverantörer och fristående laboratorier till en måttlig kostnad. För större semihermetiska kompressorer kan ett oljeprov i samband med planerade tillsyn vara ett mycket bra sätt att undvika haverier då de flesta typer av slitage visar sig i oljan. Det är fullt möjligt att justera serviceintervallen för större kompressorer efter en aktuell kompressors slitage genom att följa oljans kvalitet. Färdiga provtagningskit kan ofta beställas från de som levererar kompressorolja. Denna analys ger ett mycket bra och detaljerat besked på oljans status. Svaret innehåller besked om fukthalt, viskositet, syratalt och innehåll av 20 olika metaller. När det gäller viskositeten är det viktigt att provet avgasas för att jämförelse skall kunna ske med nominell viskositet. Fukthalten i provet påverkas kraftigt speciellt för esterolja om provet exponeras för luft. I en uppföljande artikel kommer jag att ta upp hur man kan ta oljeprov och riktvärden för analys av standard oljeprov.