



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R52:1985

Skruvkompressorer för värmepumpar

Förstudie

Hjalmar Schibbye

K/MV

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Se

Bygghforskningsrådet

R52:1985

SKRUVKOMPRESSORER FÖR VÄRMEPUMPAR

Förstudie

Hjalmar Schibbye

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820362-2
från Statens råd för byggnadsforskning till Schibbye
International Development AB (SINDEV), Saltsjöbaden.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R52:1985

ISBN 91-540-4378-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	SAMMANFATTNING	1
2	INLEDNING	2
3	INTERNATIONELLT TEKNIKLÄGE	4
3.1	Allmänt om skruvkompressorteknik	4
3.2	Rotorprofiler, tillverkning	5
3.3	Lager och tätningar	5
3.4	Kapacitetsreglering	5
3.5	Strömningsteknik	6
3.6	Prestanda	6
3.7	Ljudfrågor	6
4	INTERNATIONELL MARKNADSSITUATION	7
4.1	Referensanläggningar med skruvkompressorer	7
4.2	Jämförelse med andra kompressortyper	7
4.3	Förbränningsmotordrift	8
4.4	Utvecklingstendenser	8
5	INTERNATIONELLA TEKNIKPOOLER	9
BILAGA 1	Förteckning över skruvkompressortillverkare Litteraturreferenser	

1 SAMMANFATTNING

Syftet med projektet "Skruvkompressorer för värmepumpar" är att kartlägga och sammanställa de väsentligaste egenskaperna för skruvkompressorer med speciell inriktning mot deras användning i värmepumpsanläggningar. Projektets syfte är vidare att kartlägga och redogöra för den forskning och utveckling som bedrivs inom detta område samt eventuellt föreslå intressanta utvecklingsprojekt.

De målgrupper som kan komma att nyttiggöra sig av resultatet från detta projekt är i första hand användare av värmepumpar vilka ges större möjlighet att bedöma viss kompressortyps rätta insatsområden. Även värmepumpproducenter kommer naturligtvis att med fördel kunna använda sig av resultaten liksom myndigheter som har att ta ställning till den framtida inriktningen av energipolitik i allmänhet och värmepumpsteknik i synnerhet.

Föreliggande rapport redogör för första etappen av projektet, en förstudie. Förstudien omfattar insamling och sammanställning av internationella litteraturreferenser kompletterad med ett antal intervjuer med experter inom kompressor- och värmepumpsteknik.

Genom förstudien har ett antal intressanta projektuppslag identifierats. Bland dessa kan nämnas

- Fördjupat studium av tillgänglighets- och haveristatistik.
- Strömningstekniska utredningar.
- Prestandatekniska utvärderingar och jämförelser.
- Marknadsstudie av stora luftvärmepumpar.
- Kartläggning av pågående utvecklingsprojekt.

2 INLEDNING

Efter en under senare år relativt omfattande och ingående debatt om olika energiproduktionsanläggningar och energibesparande system, har ett antal olika system utkristalliserats vilka bedöms på kort eller medellång sikt kunna ge ett väsentligt bidrag till en effektivare energianvändning och/eller minskat oljeberoende. Bland de mer intressanta lösningarna nämns värmepumpstekniken.

Värmepumpstekniken spänner över ett stort område allt från värmedrivna processer (t ex absorptionsvärmepumpar, ejektorvärmepumpar) till förångningsprocesser (Rankineprocesser) med förbränningsmotor- eller elmotordrift. Den värmepumptyp som kommit till mest användning är den som arbetar enligt förångningsprincipen.

I en sådan värmepump, vare sig den är förbränningsmotor- eller elmotordriven, ingår en kompressor för att komprimera den i förångaren avkøade arbetsmediegasen. Kompressorns egenskaper är av central betydelse för värmepumpens funktion och prestanda.

Det är framför allt tre olika kompressortyper som kommit till användning: värmepumpar nämligen kolvkompressorer, skruvkompressorer och turbokompressorer. Dessa kompressortypers för- och nackdelar diskuteras ofta varvid frågor som driftsäkerhet, verkningsgrader, delastprestanda, livslängd, servicebehov m m kommer upp.

En tillförlitlig analys av de olika frågeställningarna kräver objektiv och saklig information. Sådan står i viss mån till förfogande när det gäller kolv- och turbokompressorer men har visat sig svår att få tag på när det gäller skruvkompressorer. Detta är anmärkningsvärt då skruvkompressorn fått en allt större användning inom värmepumpstekniken.

Skruvkompressorn förekommer i kyl- och värmepumpapplikationer inom effektområdet (driveffekt) 150 kW - 1000 kW. I anläggningar mindre än 150 kW driveffekt är kolvkompressorer dominerande och i anläggningar över 1000 kW kommer turbokompressorer in i bilden. Tendensen är dock att skruvkompressorns insatsområde breddas såväl mot lägre som mot högre driveffekter.

För värmepumptillverkaren, värmepumpanvändaren eller rådgivaren (konsulten) är det naturligtvis av central betydelse att rätt kompressortyp väljes för varje tillämpning. Den styrning av värmepumputvecklingen som åstadkommes med hjälp av bl a forskningsanslag, experimentbyggnadslån eller energisparlån kräver vidare ett tillförlitligt beslutsunderlag. När det gäller skruvkompressorer saknas i stor utsträckning ett sådant underlag.

För att råda bot mot detta har ett projekt initierats med målsättningen att sammanställa de väsentligaste egenskaperna för skruvkompressorer med speciell inriktning mot deras användning i värmepumpsammanhang. Projektet har inletts med en förstudie för vilken redogörs i denna rapport.

Förstudien har genomförts i form av en retrospektiv litteratursökning. Informationssökningsuppdrag har givits till två olika organisationer, nämligen

- Institutet för Byggdokumentation (Byggdok) i Stockholm och
- Fachinformationszentrum i Karlsruhe, Västtyskland.

Ett tiotal olika informationsdatabaser har utnyttjats med tillsammans över 3 000 000 referenser. Sökprofil har varit

1. SKRUVKOMPRESSORER (Vissa databaser)
2. VÄRMEPUMPAR (Vissa databaser)
3. 1 + 2 (Alla databaser).

Sökningen har omfattat perioden 1972 - 1983.

Förutom litteratursökningen enligt ovan har faktainsamling skett genom ett antal intervjuer med svenska och utländska värmepump- och kompressorexpertter. Huvuddelen av dessa intervjuer har gjorts dels i samband med de Nordiska värmepumpdagarna i Trondheim 30 - 31 augusti 1982, dels i samband med IEAs Heat Pump Conference i Graz, Österrike, 22 - 25 maj 1984.

3 INTERNATIONELLT TEKNIKLÄGE

Med biträde av Fachinformationszentrum i Karlsruhe och Institutet för Byggdokumentation (Byggdok) i Stockholm har drygt 400 referenser inom området skruvkompressorer identifierats. Drygt hälften av dessa berör skruvkompressorer för kompression av luft vilket i huvudsak ligger utanför ramen för denna studie. Dessa referenser har därför utelämnats liksom ytterligare ett antal som av olika anledningar bedömts vara av mindre intesse för framställningen.

De återstående litteraturreferenserna har samlats ämnesvis i litteraturförteckningen. Vissa referenser täcker flera ämnesområden. I dessa fall har referensen angivits under den rubrik som varit mest relevant eller hänförs till avsnitt 3.1 Allmänt om skruvkompressorteknik.

Genomgången av de närmare 200 referenserna har givit en ganska heltäckande men ändå splittrad bild av teknikläge och marknadssituation. En förklaring till denna splittrade bild är säkert rådande konkurrenssituation mellan olika tillverkare av skruvkompressorer i kombination med avsaknaden av ett internationellt branschorgan.

Inom ramen för detta projekt har en översiktlig marknadsinventering genomförts. Denna har bl a visat att skruvkompressorer idag tillverkas av ett 25-tal företag runt om i världen. Dessa företag finns angivna i bilaga 1. Av dessa är knappt hälften (12 stycken) tillverkare av skruvkompressorer för kyl- och värmepumpändamål. Värmepumpsområdet domineras av två företag, Mayekawa Manufacturing Co (MYCOM) i Japan och Stal Refrigeration i Sverige.

3.1 Allmänt om skruvkompressorteknik

Skruvkompressorn är en från början svensk uppfinning. Huvuddelen av dagens skruvkompressortillverkning runtom i världen sker med svensk tillverkningslicens och tillverkarna betalar royalty till de svenska patenträttsinnehavarna.

En stor del av den fortsatta skruvkompressorutvecklingen sker dock av naturliga skäl utomlands hos de olika tillverkande företagen. Detta kan också utläsas av litteraturreferenserna. Endast en mycket liten del av dessa är av svenskt ursprung.

En förvånande stor del av de mer avancerade tekniska publikationerna är av sovjetiskt eller östeuropeiskt ursprung. (Se t ex Kaplun 1975 eller referenserna under avsnitt 3.2 Rotorprofiler, tillverkning). Förklaringen till detta är att man i väst avstår från att publicera denna typ av information då man klassar detta som företagshemligheter. Avsteg från denna princip har dock blivit alltmer vanlig, mycket tack vare insatser från statliga och internationella forskningsorgan och högskolor. Exempel på detta är de regelbundet återkommande kompressorkonferenserna vid Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA och University of Strathclyde, Glasgow, GB.

3.2 Rotorprofiler, tillverkning

Praktiskt taget alla skruvkompressorer tillverkas idag med osymmetrisk rotorprofil av svensk konstruktion och med lobkombinationen 4 + 6. Nya användningsområden, tillämpningar och driftförhållanden gör dock att man kontinuerligt söker nya och förbättrade profilkonstruktioner. Flera sådana utvecklingsprojekt finns redovisade i litteraturen (Andreev 1973, Beckmann 1978, Fukazawa 1980, Frank 1981).

Parallellt med forskningen runt nya och förbättrade rotorprofiler drivs utvecklingen av noggrannare och mer avancerad tillverkningsutrustning. Hit hör såväl själva verktygsmaskinerna som verktygstillverkning samt mät- och kontrollapparatur. En noggrannare tillverkning och kontroll kan ge minst lika god prestandaförbättring som nya rotorprofiler. På samma sätt kan en snabbare och mer automatiserad tillverkning bidra till billigare och mer konkurrenskraftiga kompressorer. (Andreev 1973, Bonzakis 1978, Jacoby 1981, Königsberger 1981).

3.3 Lager och tätningar

Skruvkompressorernas kanske svagaste och känsligaste punkter är lagring och axeltätningar. Dessa är också de enda egentliga slitdelarna i konstruktionen. Inte minst från svenska värmepumpanläggningar med skruvkompressorer är ett flertal lager- och tätningshaverier kända.

Trots detta, eller kanske just därför, är det svårt att hitta litteratur om lager- och tätningsspörsmål. Detta är en stor brist då ju dessa konstruktionsdetaljer är av central betydelse för en anläggningens tillgänglighet och för dess underhålls- och servicekostnader. En havererad axeltätning innebär ju som regel inte bara utbyte av axeltätningen utan också demontering, rengöring och sanering av elmotorer, elektronik och annat från olja och gas som sprutat ut ur kompressorn.

Tillgänglig, men bristfällig, driftstatistik tyder på att vissa konstruktioner är betydligt bättre i dessa avseenden än merparten av skruvkompressorfabrikaten. Denna tendens blir tydligare ju svårare driftförhållandena är och skulle således vara speciellt uttalad vid värmepumpdrift. En fortsatt forskning just på denna punkt synes därför mycket angelägen.

3.4 Kapacitetsreglering

Skruvkompressorn erbjuder med hjälp av sin slidventil en billig och relativt effektiv metod för steglös kapacitetskontroll. Möjligheten att reglera varvtalet inom ett relativt stort intervall utan att verkningsgraden påverkas nämnvärt är en annan metod som flitigt utnyttjas då förbränningsmotorer används som drivkälla.

Dessa goda egenskaper i kombination med vikten av effektiv kapacitetsreglering i värmepumpsystem återspeglas i litteraturen genom ett stort antal referenser (Hundy 1978, Lundberg 1980, Shaw 1980, Thomson 1980).

3.5 Strömningsteknik

Det komprimerade mediets strömningsbild och termodynamiska tillstånd i kompressorn är naturligtvis av stor betydelse för prestanda och konstruktiv utformning. En mängd undersökningar och publikationer för kolvkompressorer finns tillgängliga. På samma sätt är motsvarande teorier och samband för turbokompressorer väl dokumenterade. För skruvkompressorer däremot finns mycket litet publicerat.

I anslutning till föreliggande studie har 10 referenser i detta ämne hittats. Ytterligare forskning och undersökningar inom detta område bör således vara väl motiverad.

3.6 Prestanda

Vid sidan av tillverkarnas ofta ganska ofullständiga och odefinierade prestandadata finns ett flertal publicerade arbeten som behandlar skruvkompressorernas prestanda både med utgångspunkt från teoretiska betraktelser och empiriska data. De resultat som erhålles med de olika referenserna skiljer sig dock mycket kraftigt åt. En närmare analys av orsakerna till detta har ej rymts inom ramen för denna studie men bör genomföras och kan då ge en hel del intressanta kunskaper om olika parametrars betydelse för verkningsgraderna.

3.7 Ljudfrågor

Allt större vikt läggs vid ljudemission från olika typer av maskiner, och kompressorer är inget undantag från denna regel. Till skruvkompressorernas fördel i detta avseende talar det relativt högfrekventa ljudet som till skillnad från kolvkompressorernas lågfrekventa ljud är lättare att dämpa.

För värmepumpar, som ofta placeras nära bebyggelse och bostäder, är ljudfrågorna av speciell vikt. De i denna studie framtagna referenserna ger en viss vägledning om hur ljudproblematiken kan bemästras.

4 INTERNATIONELL MARKNADSSITUATION

I detta kapitel redovisas de referenser avseende värmepump-anläggningar med skruvkompressorer som framkommit vid litteratursökningen. Därutöver redovisas artiklar som jämför olika kompressortyper med varandra, anläggningar med förbrännings-motordrift samt de utvecklingstendenser som kan utläsas av artiklarna. Redovisningen är inriktad mot den internationella marknaden varför huvuddelen av de svenska referenser som finns sammanställda i ett flertal publikationer från bl a BFR, VAST, IVA, Nefos, Vattenfall m fl här har utelämnats.

4.1 Referensanläggningar med skruvkompressorer

Även om Sverige har en framträdande ställning internationellt inom värmepumpstekniken har den internationella verksamheten på detta område en hel del att tillföra oss. Detta gäller inte minst värmepump-anläggningar med skruvkompressorer där framför allt tyska och japanska företag ligger långt framme, vilket också avspeglar sig i litteraturen.

Gemensamt för de flesta referenser i denna studie är att man i artiklarna framhåller skruvkompressornas specifika och fördelaktiga egenskaper för värmepumptillämpningar. Bland dessa kan nämnas

- hög driftsäkerhet
- låga underhållskostnader
- enkel och effektiv kapacitetskontroll
- ekonomisk
- okänslig mot vätskeslag
- förmåga att klara höga tryckförhållanden
- möjlighet till economizerdrift
- stort varvtalsområde med bibehållen verkningsgrad.

Litteratursökningen har inriktats mot kombinationen värmepumps-anläggningar/skruvkompressorer. Många värmepumpartiklar innehåller inte ordet skruvkompressor, även om den beskrivna anläggningen innehåller en eller flera sådana. Därmed kommer dessa referenser aldrig fram med här vald sökprofil. De referenser som hittats utgör dock en intressant och förmodligen representativ sammanställning av olika internationella anläggningstyper. Möjligen kan värmepump-anläggningar med luft som värmekälla vara underrepresenterade, detta trots att luftvärmepumpar bör vara en av de lämpligaste tillämpningarna för skruvkompressorer.

4.2 Jämförelse med andra kompressortyper

En intressant frågeställning är naturligtvis hur skruvkompressorn värderas jämfört med sina konkurrenter kolv- och turbo-kompressorerna. Referenser runt detta tema har därför sammanställt under egen rubrik.

Hit har även hänförts artiklar som behandlar och jämför olika typer av skruvkompressorer, t ex kompressorer med en respektive två rotor.

4.3 Förbränningsmotordrift

I Sverige är de elmotor drivna värmepumparna helt dominerande. Utomlands däremot är de förbränningsmotor drivna aggregaten betydligt vanligare. I vissa länder förefaller t o m de gasmotor drivna och dieselmotor drivna skruvkompressor aggregaten vara i majoritet.

Detta förhållande avspeglar sig också i litteraturen med ett flertal artiklar från i första hand Västtyskland och USA. I dessa artiklar framhålls ofta skruvkompressorn som speciellt lämplig för diesel- och gasmotor drift. Bland fördelarna märks bl a skruvkompressorns robusta konstruktion och förmåga att klara skakningar och vibrationer från kolvmotorerna, möjligheterna till avlastad start och låga startmoment vilket ofta är en förutsättning för att få igång anläggningen, samt kompressortypens flacka varvtalskaraktistik.

4.4 Utvecklingstendenser

Man bör kanske akta sig för att dra några långtgående slutsatser om utvecklingstendenserna inom området skruvkompressorer för värmepumpar baserat enbart på en litteraturstudie av här aktuellt slag. Dels är det svårt att få fram dagsfärska artiklar via databaserna, dels sker nog publicering av pågående utvecklingsprojekt med stor restriktivitet.

Inte desto mindre bör man ur de funna referenserna kunna dra åtminstone två slutsatser om aktuella utvecklingstendenser, nämligen

- högtemperaturvärmepumpar för temperaturer över 100 C med dels organiska arbetsmedier och dels med vattenånga som arbetsmedium, i det senare fallet kompletterad med vatteninsprutning i kompressorn.
- tvåstegskompressorer för att dels kunna åstadkomma mer avancerade processkopplingar och dels förbättra den isentropiska verkningsgraden.

Ytterligare utvecklingstendenser är speciella kompressorer för förbränningsmotordrift med inbyggd växellåda samt mindre skruvkompressorer för effekter ända ner till ca 10 kW motoreffekt.

Det är naturligtvis av stort intresse att närmare kartlägga både pågående utvecklingsprojekt mer i detalj samt de resultat, problem och möjligheter som de nya konstruktionerna kan komma att erbjuda. Ytterligare insatser med bl a företagsbesök och intervjuer kan därför vara väl motiverade.

5 INTERNATIONELLA TEKNIKPOOLER

I kapitel 3 nämndes inledningsvis att ett internationellt branschorgan för skruvkompressorer och skruvkompressorteknik saknas. Detta är naturligtvis inte bra för teknikutveckling och erfarenhetsutbyte tillverkare och brukare emellan. För att råda bot mot detta synes ett antal spontana teknikpooler ha bildats runt vilka mer eller mindre formella kontakter äger rum.

Den, av litteratursökningen att döma, främsta av dessa teknikpooler är Ray W Herrick Laboratories Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. Vid detta universitet arrangeras regelbundet möten och konferenser om kompressorteknik vid vilka forskare, tillverkare och brukare från hela världen träffas.

I Europa har teknikpooler i något mindre skala bildats i flera länder, t ex

- University of Strathclyde, Glasgow, Skottland
- Universität Essen, Västtyskland
- Norges Tekniska Högskola, Trondheim, Norge.

Inom vissa internationella organisationer finns kommittéer och grupper som har nära anknytning till kompressorteknik, t ex kommission B2 inom IIR (International Institute of Refrigeration) samt inom IEA Heat Pump Center.

BILAGA 1 FÖRETAG MED SKRUVKOMPRESSORTILLVERKNING

Företag	Land	Luft	Kyla/VP	Anm
Aerzener Maschinenfabrik	Västtyskland	X	X	Kyla/VP säljs av Sabroe
Alcatel	Frankrike	X		
Atlas Copco	Sverige	X		
CKD	Tjeckoslovakien	X		
Demag	Västtyskland	X		
Dunham Bush	USA		X	
Gardner Denver	USA	X		
GHH	Västtyskland	X	X	
Grasso	Holland		X	En-rotor kompr.
Hall	Storbritannien		X	En-rotor kompr.
Hitachi	Japan	X		
Hokuetsu	Japan	X		
Howden	Storbritannien	X	X	
Ingersoll Rand	USA	X		
Joy	USA	X		
Kaeser	Västtyskland	X		
Kobe Steel	Japan	X	X	
Kühlautomat	Östtyskland		X	
Linde	Västtyskland		X	
Mayekawa	Japan		X	Kallas även MYCOM
Mitsubishi	Japan	X		
Stal Refrigeration	Sverige		X	
Sullair	USA	X	X	
Tampella	Finland	X		
Worthington	USA	X		

Sammanställningen är sannolikt ej heltäckande. Ytterligare tillverkare förekommer, bl a i Sovjet och andra öststatsländer.

LITTERATUR

3.1 Allmänt om skruvkompressorteknik

Barber, A D, 1978, Computer techniques in the design of rotary screw compressors. Design and Operation of Industrial Compressors, I Mech E Conf., Univ. of Strathclyde Glasgow, mar. 21 - 22 1978, p. 35-41..

Bowen, J, 1976, Der moderne Schraubenkompressor und seine Vorteile. Kaelte, 5, årg. 29, p. 214-216.

Edström, S E, 1973, Helical lobe machines screw compressor for heating, refrigeration and air conditioning. ASHRAE Journal, 8, aug., årg. 15, p. 50-54.

Kaplun, D, Michajlovskij, E & Chernykh, K, 1975, Die Untersuchung der thermoplastischen Spannungen und Verschiebungen im Schraubenverdichtergehäuse Trudy ckti, 127, p. 74-81.

Klein, R & Sandstede, H, 1979, Einsatzmöglichkeiten von Schraubenverdichtern am beispiel von Wärmepumpen. Atomkernenergie & Kerntech., 3, årg. 33, p 174-181.

Klein, R, 1978, Schraubenverdichter für den Einsatz in Wärmepumpenanlagen. Kälte und Klimatech., 5, årg. 31, p. 209-220.

Libis, M, 1976, Les compresseurs à vis. Mec. Mater. Electr., jun..

Lundberg, A, 1977, Recent developments in screw compressor technology. Scandinavian refrigeration 2/77, samt 10:e Nordiska Kylkongressen, Helsingfors, jun. 77.

Matsuura, T & Yabumoto, O, 1978, Screw heat pump. "R and D" Kobe steel engineering , 1, årg. 28, p. 48-51.

Miyagawa, M & Mitoya, T, 1981, Refrigerating screw compressors and related applications. Hitachi Revue, 1, årg. 30, p. 35-40, Japan.

Polzin, W, 1981, Energieeinsparung - Ist der Schraubenverdichter eine Alternative? Kälte und Klimatechn., 10, årg. 34, p. 376, 378, 380.

Rhbein, F, 1976, Drehkolbenverdichter - eine breite Palette unterschiedlicher Bauarten erlaubt optimale Lösungen under vielfältigen Einsatzbedingungen. Pumpen und Verdichter, p. 37-39.

Schibbye, H, 1977, Skruvkompressorer som kyl- och värmepumpkompressor. Scandinavian Refrigeration 1.

Smith, C A, 1981, Compressor for air-conditioning. Heat Air Conditioning Journal, 594, jul. 81, årg. 51, p. 30-32.

Takahashi, H, Matsuda, K & Hosoba, M, 1981, Trends in Hitachi air conditioning and refrigerating equipment. Hitachi Rev., 1, årg. 30, p. 1-5.

3.2 Rotorprofiler, tillverkning

Andreev, P, Shvarc, A & Khisameev, I, 1973, Theoretische Untersuchung des Einflusses der Zahnprofile der Läufer auf die Energiekennwerte des Schraubenverdichters. Trudy ckti, 119, p. 8-15.

Beckman, K, 1978, Ein Profil hat sich bestätigt - Statusbericht 1978. Betr.-Techn., 11, årg. 19, p. 37-38, 40.

Bouzakis, K, 1978, Schraubenverdichter, Läufervermessung. HGF-Kurzber, 76, p. 1-2.

Frank, C & Sandstede, H, 1981, Schraubenkompressoren mit höherem Wirkungsgrad. Fluid, 5, årg. 15, p. 25, 28-29.

Fukazawa, Y & Ozawa, U, 1980, Small screw compressors for automobile air-conditioning systems. 1980 Purdue Compressor Technology Conference, USA.

Jacoby, H D, 1981, Dimensionen genauer und schneller gemessen. Oberflächenform mit dichtem Punktnetz in kurzer Zeit erfasst, 5 Teil. VDI Nachrichten, 11, årg. 35, p. 27.

Kaerer, C, 1976, Die Wirkungsgrade Lassen sich durch enge Fertigungstoleranzen verbessern. Masch.-Markt, 7, årg. 82, p. 98-99.

Koenigsberger, H, 1979, Einsatz spezieller Fertigungstechniken im Schraubenverdichterbau. Tech.Mitt.HDT, 6, årg. 72, p. 423-428.

Koenigsberger, H, 1981, Rotorfertigung für Schraubenkompressoren. Werkstatt und Betr., 7, årg. 114, p. 463-465.

Shvarc, A, Vernyj, A & Khisameev, I, 1975, Experimentelle Untersuchung des Schraubenverdichters mit verschiedenen Zahnprofilen der Läufer. Trudy ckti, 127, p. 16-21.

Schrauben-Kompressoren mit grösserer Liefermenge, 1976. Masch. und Werkz., 18, årg. 77, p. 7-8.

Computer-aided rotor design cuts internal compressor leakage, 1976. Design Engineering, 2, p. 19. England.

3.3 Lager och tätningar

Afonin, V, Kazakov, B & Luchin, G, 1975, Die Untersuchung der Dichtungsarbeit mit Graphitschwimmringen in Schraubenverdichtern. Trudy ckti, 127, p. 89-98.

Galeev, A & Pospelov, G, 1971, Berechnung des zweiseitigen, konischen Gleitlagers. Trudy Kazansk. Chim.-Technology Institute, 47, p. 167-174.

Kurz, W, 1976, Die Lagerung von Rootsgebläsen und Schraubenverdichtern. Wälzlagertechnik, 1, årg. 15, p. 16-20.

Yelland, D R, 1978, Bearing loads in a rotary screw compressor. Chartered Mechanical Engineering, 9, årg. 25, p. 65-69.

3.4 Kapacitetsreglering

Hundy, G F, 1978, Part load operation and testing of the single screw compressor with refrigerant vapours. Design and Operation of Industrial Compressors, I Mech. E Conf., Univ. of Strathclyde Glasgow, Mar. 21-22 1978.

Lindelöv, J, 1980, Capacity control of screw and reciprocating compressors. Danfoss J, 3, p. 10-13.

Lundberg, A, 1980, Capacity control for partial load operation of screw compressor units. ASHRAE Transaction, part 1, årg. 86, p. 485-492.

Meier, S, 1979, Regelung bei Schraubenverdichtern. A.G.T.-Dokum., 3, årg. 8, p. 49-50.

O'Keefe, W, 1976, Compressor aims at power saving. Power, 3, årg. 120, p. 63-64.

Ormer, H van, 1976, Capacity control influences power cost for your plant's rotary-screw compressors. Power, 12, årg. 120, p. 58-60.

Ormer, H van, Jr, 1978, Liquid-cooled rotary screw air compressors, part 3. Hydraulic and Pneumatic, 5, årg. 31, p. 85-88.

Ormer, H van & O'Keefe, W, 1978, Analyze air-compressor power costs. Power, 7, årg. 122, p. 58-59.

Ormer, H P van, Jr, 1980, Air compressor capacity controls: a necessary evil, Part 2. Hydraulic and Pneumatic, 12, årg. 33, p. 56-59.

Shaw, D N, 1980, Multiple slide screw compressor. DOE active solar heating and cooling contractors' review meeting, Lake Tahoe, Nev. USA, Mars 26-28 1980.

Thomson, R T C, 1980, Effects and economics of capacity control in air-conditioning. Int.J.Refrig., 6, årg. 3, p. 331-340.

Gear train for driving a screw compressor with means for speed variation, 1979. Europ. patentanmeld., 0005327-A1, Nov. 14.

3.5 Strömungstechnik

Amosov, P & Trofimov, V, 1975, Der Strömungswiderstand der Drucköffnung eines Schraubenverdichters. Trudy Ckti, 127, p. 27-34.

Bobrikov, N, 1973, Die Bestimmung der Endparameter des Ansaugprozesses des Schraubenverdichters. Trudy Ckti, 119, p. 54-63.

Korte, K-I, 1980, Simulation der kinematischen und thermodynamischen Abläufe in der rotierenden Schraubenmaschine. Dt. Dissertation, p. 1-204.

Rinder, L & Riegler, G, 1979, Schraubenverdichter berechnen unter Berücksichtigung der inneren Leckverluste. Masch.-Markt, 56, ärg. 85, p. 1127-1130.

Scheel, L F, 1972, The sonic velocity slippage concept for rating the volumetric efficiency of rotary compressors. Proceedings of the 1972 Purdue Compressor Technology Conference, Jul. 25-27 1972.

Schibbye, H, 1975, Skruvkompressorers egenskaper. Inst. för Mekanisk Värmeteori och Kylteknik, KTH, Stockholm.

Sidora, N, Afonin, E & Vinokurov, Sh, 1973, Die Hauptcharakteristiken eines ölgefüllten Schraubenverdichters. Trudy Ckti, 119, p. 35-43.

Sidora, N, Afonin, E & Vinokurov, Sh, 1975, Die Indizierung der Schraubenverdichter. Trudy Ckti, 127, p. 44-53.

Timchenko, E, & Chepurnenko, B, 1976, Zur Berechnung des Verdichtungs Vorgangs im ölgefüllten Schrauben-Kälteverdichter. Kholodil. Tekhn. I Tekhnolog., 23, p. 7-11.

Zarubin, V & Tarasov, A, 1973, Untersuchung der Luftströmung durch die Spalte in rotierenden Verdichtern. Trudy Chark. Inst. Inz. Zelz., 138, p. 73-83.

3.6 Prestanda

Fujiwara, M, Mori, H & Suwama, T, 1974, Prediction of the oil-free screw compressor performance using digital computer. Proceedings of the 1974 Purdue Compressor Technology Conference, jul. 1974, p. 186-189.

Kauder, K, 1979, Betriebsdruckverhältnis und Liefergrad öleingespritzter Schraubenverdichter. TECH. MITT.HDT, 6, ärg. 72, p. 413-415.

Kauder, K, 1979, Einfluss der Schmierstoffviskosität auf das Betriebsverhalten von Schraubenverdichtern. Tech.Mitt.HDT, 6, ärg. 72, p. 410-412.

Klein, R & Sandstede, H, 1979, Einsatzmöglichkeiten von Schraubenverdichtern am Beispiel von Wärmepumpen. Atomkern-energ./Kerntechn., 3, årg. 33, p. 174-181.

Klein, R, 1978, Schraubenverdichter für den Einsatz in Wärmepumpenanlagen. Kälte und Klimatechnik, 5, årg. 31, p. 209-210 - 220.

Scheel, L, 1970, A Technology for Rotary Compressors. Trans.ASME Ser.A/J.Engineering Power, 3, årg. 92, p. 207-216.

Schibbye, H, 1980, L'Utilisation du compresseur à vis comme compresseur frigorifique et compresseur de pompes à chaleur. DER - Service informatique et mathématiques appliquées, Unité documentaire Murat-Messine.

Schibbye, H, 1975, Skruvkompressorers egenskaper, uppmätning och korrelation av verkningsgrader vid köldmedium R-22. Inst. för Mekanisk Värmeteori o. Kylteknik, KTH, Stockholm.

Seidel, G, 1982, Eine nüchterne Analyse: spezifischer Leistungsbedarf bei Schraubenkompressoren mit Deleinspritzung. Pneum. Dig. + Druckluftprax., 3-4, årg. 16, p. 19-21.

Skach, C, 1975, Beitrag zur Berechnung der Lysholmgebläse. The theory of machines and mechanisms, Forth World Congress sept. 75, Newcastle, p. 1253-1257.

Tarasov, A & Egorov, V, 1970, Methodik zur Berechnung des Arbeitsprozesses von Schraubenverdichtern. Energomashnostr., 6, årg. 16, p. 43-45.

Timchenko, E & Chepurnenko, V, 1977, Analyse des exergetischen Wirkungsgrads einer Ammoniak-Kältemaschine mit einem Schraubenverdichter. Cholodil. Tekhnika I Tekhnologija, 24, p. 11-16.

Villadsen, V & Boldvig, F V, 1980, A balanced view of reciprocating and screw compressor efficiencies. Proc. of the 1980 Purdue Compressor Technology Conference, Jul. 23-25 1980, p. 317-322.

Wehrberger, G, 1979, Prozessrechner im Laboratorium: Schraubenverdichter-Prüfstand. Eletrotechnik und Masch. Bau, 6, årg. 96, p. 299-303.

3.7 Ljudfrågor

Eckermann, G, 1982, Betriebslärm durch Luftschall und Körperschall - Analyse und Minderungsmassnahmen. Kampf der Lärm, 2, årg. 29, p. 35-42.

Hofmann, R, 1977, Schalldämpfung von Schraubenverdichtern. Ind.-Anz., 7, årg. 99, p. 118-120.

Schibbye, H, 1973, Der Stand der technischen Entwicklung des Schraubenverdichters und seine Geräuschprobleme. Gas Wärme Internat., 11, ärg. 22, p. 431-434.

Schibbye, H, 1983, Ljud- och frostproblem på väg att lösas. Byggnadsindustrin, 40, p. 27-28.

Schlinkmann, R, 1978, Der feine Unterschied: Emission - Immission. PNEUM. DIG., 1, ärg. 12, p. 17-20.

Stapel, A, 1975, Schalldämpfung bei Druckluftmaschinen. Ind.-Anz., 63, ärg. 97, p. 1363-1366.

4.1 Referensanläggningar med skruvkompressorer.

Anon, 1980, Electric Heat Pump: Papers of the German/American Conference on Technology and Applications, 1980. Elektrowärme Int. Ed. A., 4-5, ärg. 38, jul.-sept., p. 205-332.

Bartels, L, 1972, Heat pump and screw compressor applied in Aerzen open air pool. Archiv des Badewesens, 3, ärg. 25, p. 133-136.

Dubin, F S, 1980, The heat pump centered integrated community energy system. ASHRAE Trans, part 1, p. 979-991.

Franzke, H H, 1980, Optimal control curves of screw-type compressors in heat pump systems. International Solar Forum, Jun. 24-27, 1980, Hamburg, Germany.

Görenflo, D, 1979, Apparate für die Kältetechnik. Chem.Ing.Techn., 11, ärg. 51, p. 1036-1042.

Günter, H, 1979, Luft- und Kältetechnik in der UdSSR, Teil 2, Kältetechnik. Luft- und Kältetechnik, 2, ärg. 15, p. 73-76.

Hartmann, K, 1976, Aufbau und Anwendung kompakter Kälteaggregate mit Kolbenverdichtern und ihr Einsatz in Wärmepumpensystemen - Teil 1. Kälte, 6, ärg. 29, p. 240-246, 251-252.

Heldner, M, 1978, Grossaufträge in Schiffskälteanlagenbau - Der Erfolg eines neuen Anlage-Konzeptes. Schiff und Hafen, 11, ärg. 30, p. 1061-1063.

Klein, R, 1977, Schraubenverdichter für den Einsatz in Wärmepumpenanlagen. VDI-BER., 289, p. 27-41.

Klein, R & Sandstede, H, 1979, Einsatzmöglichkeiten von Schraubenverdichtern am Beispiel von Wärmepumpen. Atomkernenerg./Kerntechn., 3, ärg. 33, p. 174-181.

Kruse, H, 1980, XV. Internationaler Kältekongress 1979 in Venedig. Arbeiten der Kommission B2 Kältemaschinen. Kälte- und Klimatechnik, 4, ärg. 33, p. 145-146.

Lelgemann, K, 1981, Schraubenkompressoren in Anlagen der Chemie und Petrochemie. Verfahrenstech., 2, ärg. 15, p. 91-92, 94-96.

Matsuura, T & Uabumoto, O, 1978, Screw heat pump. "R and D", Kobe Steel Engineering, 1, årg. 28, p. 48-51.

Nagano, T & Uematsu, J, 1978, An example of defrost cycle for an air source heat pump system in a cold region. 14th Congress IIR, Moskva, sept. 20-30 1975.

Polzin, W, 1981, Energieeinsparung - Ist der Schraubenverdichter eine Alternative? Kälte- und Klimatechnik, 10, årg. 34, p. 376, 378, 380.

Polzin, W, 1978, Schraubenkältemaschinen. Kälte- und Klimatechnik, 1, årg. 31, p. 18, 23-24.

Ratai, W R, 1975, Heat pump system judged best for compact school. Heat Piping Air Cond., 4, årg. 47, p. 44-48.

Schoettel, G, 1982, Mise en oeuvre d'une pompe à chaleur au siège sociale de CII-Honeywell Bull. Tech.Mod., 3-4, årg. 75, p. 77-79.

Scrine, G R, 1981, Marine refrigeration and container ships. Proc. of the Institute Mechanical Engineering, 3, årg. 195, p. 37-52.

Setty, B, 1979, The Nation's energy-efficient office building. ASHRAE J., 11, årg. 21, p. 31-35.

Shaw, D N, 1976, Screw compressor system. Conference on improving efficiency and performance of HVAC equipment and systems for commercial and industrial buildings. Lafayette, Indiana, USA, apr. 12, 1976.

Shaw, D N, 1977, Helical rotary screw compressor heating/cooling system. ASHRAE Trans., 1, årg. 83, p. 177-184.

Shaw, D N, 1980, Screw compressor electric heat pump systems for space conditioning applications. Elektrowärme Int. Ed.A Elektrowärme Techn. Ausbau, 4-5, årg. 38, p. 253-258.

Takahasi, H, Matsuda, K & Hosoba, M, 1981, Trends in Hitachi air conditioning and refrigerating equipment. Hitachi Rev., 1, årg. 30, p. 1-5.

4.2 Jämförelser med andra kompressortyper

Andreev, P, Shnepp, V & Shvarc, A, 1975, Zustand und Perspektiven der Entwicklung des Schraubenverdichterbaus. Trudy Ckti, 127, p. 3-7.

Kältemittel verdichten. Zahnflanken schliessen in rotierenden Verdrängungsverdichtern verschleissfrei ab. VDI-Nachrichten, 7, årg. 30, p. 15.

"Monoscrew MS-10", der einwellige Schraubenverdichter, 1976. Kälte, 4, årg. 29, p. 172.

Chan, C Y, Haselden, G G & Hundy, G, 1981, The Hallscrew compressor for refrigeration and heat pump dutie. Int. J. Refrig., 5, årg. 4, p. 275-280.

Grasshof, M, 1971, Globoidschnecken - Schraubenverdichter. VDI-Z., 10, årg. 113, p. 730.

Holzhauser, R, 1980, Package water chillers: a detailed look at reciprocating, centrifugal, screw, and absorption machines. Plant Engineering, 16, årg. 34, p. 58-59.

Kruse, H, 1974, Drehkolbenverdichter Synthese der Vorteile von Turbo- und Kolbenverdichtern. Pumpen und Verdichter, p. 39-42.

Paul, J, 1981, Schrauben- und Kolbenverdichter im Vergleich. Kälte- und Klimatechnik, 12, årg. 34, p. 488-494.

Polzin, W, 1981, Energieeinsparung - ist der Schraubenverdichter eine alternative? Kälte, 10, årg. 34, p. 376-380.

Rinck, T, 1976, Wärmepumpenverdichter. Elektrowärme Int., A3, maj, årg. 34, p. 131-133.

Smith, C A, 1981, Compressors for air conditioning, part 3. Heat and Air Cond. Journal, 594, årg. 51, p. 30-32.

Smith, C A, 1981, Compressors for air conditioning, part 5. Heat and Air Cond. Journal, 596, årg. 51, p. 38, 40, 42.

Smith, C A, 1982, The selection of compressors for maximum effectiveness. Bldg.Serv.Environ.Engr., 11, årg. 4, p. 8-9.

Stapel, A G, 1981, Axial- und Radialkompressoren: Die Turbos kommen. Schweiz, Masch.-Markt, 40, årg. 81, p. 106-109.

4.3 Förbränningsmotordrift

Christensen, P R, 1981, Heat recovery from an ammonia screw compressor plant driven by a gas motor. Scandinavian Refrigeration, 4, sept. 81, årg. 10, p. 218-221.

Hunold, F, 1981, Wärme-Kälte-Verbund/Wärmepumpen. Energie, Gräfelfing, 12, årg. 32, p. 34-35.

Mattes, H J, 1982, Nutzung warmer Abwässer durch Einsatz einer Gaswärmepumpe. VDI-Ber., 435, p. 95-104.

Pertersen, J & Günther, D, 1980, Wärmerückgewinnung und Eigenstromerzeugung mit gasmotorisch betriebener Kälteanlage am Beispiel eines Schlachthofes. Gas Wärme Int., 8, årg. 29, p. 435-438.

Rostek, H, 1979, Zum Stand der Technik von Gaswärmepumpen. GAS WASSER ABWASSER, 6, årg. 59, p. 298-301.

Struck, W, Willeitner, E & Kok, G, 1978, Heizwärmeerzeugung mit Diesel- oder Gasmotorwärmepumpen. Klima und Kälteing., 7/8, ärg. 6, p. 279-284.

Willeitner, E, 1981, Kostengünstiger Schraubenverdichter für gas- und dieselmotorisch angetriebene Wärmepumpen. Kälte- und Klimatechnik, 10, ärg. 34, p. 374-376.

4.4 Utvecklingstendenser

Degueurce, B, Pascal, M-T & Zimmern, B, 1980, Problems encountered and results obtained in direct steam compression utilizing an oil injection free single screw compressor. Proc. of the 1980 Purdue Compressor Technol. Conference, Purdue University, USA, jul. 23-25, 1980, p. 311-316.

Fukazawa, Y & Ozawa, U, 1980, Small screw compressors for automobile air-conditioning systems. Proc. of the 1980 Purdue Compressor Technol. Conf., Purdue Univ., USA, Jul. 23-25, 1980, p. 323-330.

Klingler, R, 1980, Efficiency considerations for two stage systems. ASHRAE Journal, 12, dec., ärg. 22, p. 33-37.

Laroche, G & Vuillame, L, 1979, Performances d'une pompe à chaleur à deux étages. DER - Service application de l'électricité et environnement; Les Renardières, applications de l'électricité.

Lundberg, A, 1981, Heat Pumps for temperatures of up to 110 °C. Scandinavian Refrigeration 4/81, samt 11 Nordiska Kylkongressen i Köpenhamn, maj 81.

Mann, W, 1980, Zweistufige Schraubenverdichteraggregate - ein Beitrag zur Erhöhung der Energieökonomie von Kältemaschinen. Seewirtschaft., 8, ärg. 12, p. 396-398.

Sakhuja, R & Mileris, G, 1979, Heat pump system for process steam generation. Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, 14/1979/ Boston/USA, p. 1708-1712.

Sakhuja, R & Becker, F E, 1980, Open cycle vapor compression heat pump. Annual report from 1970, p. 45.

5 Internationella teknikpooler

Anon, 1980, Electric Heat Pumps, Papers of the German/-American Conference on Technology and Applications 1980. Elektro- wärme Int. Ed. A., 4-5, jul.-sept., ärg. 38.

Kruse, H & Lindemann, H, 1981, Tagungsbericht von der Purdue Compressor Technology Conference 1980. Klima Kälte Heizung, 2, ärg. 9, p. 97-101.

Soedel, W, 1980, Rotary compressor, System design heat pumps, Compressor noise, Screw compressors. Proc. of the Purdue Compressor Technol. Conf. 1980 USA Jul 23-25 1980.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820362-2
från Statens råd för byggnadsforskning till Schibbye
International Development AB (SINDEV), Saltsjöbaden.**

R52: 1985

ISBN 91-540-4378-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705052

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 25 kr exkl moms