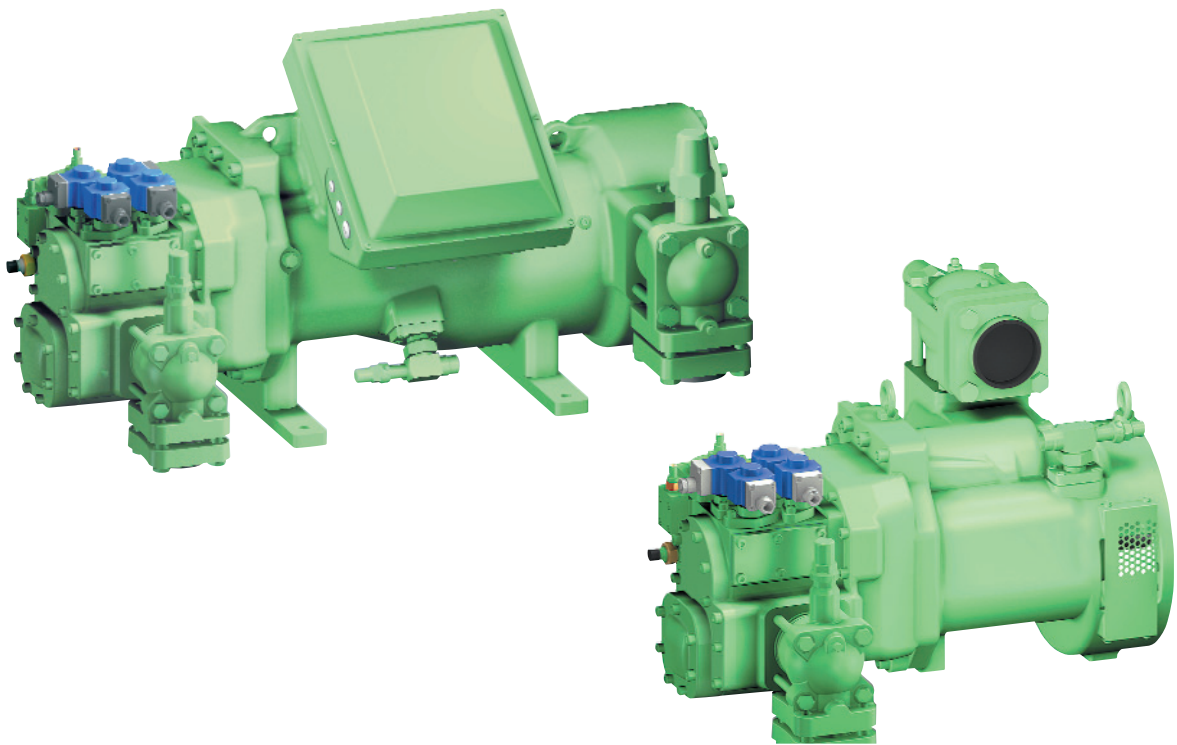


Eine neue Schraubenverdichter- Leistungsklasse für Industrie- und Gewerbeanwendung



A New Screw Compressor
Performance Class for Industrial
and Commercial Applications



Eine neue Schraubenverdichter-Leistungsklasse für Industrie- und Gewerbeanwendung

Kurzfassung

Kleine Schraubenverdichter im Fördervolumenbereich von 84 bis zu 250 m³/h werden seit mehr als 22 Jahren als offene und halbhermetische Maschinen angeboten. Neue Profilgeometrien und moderne Fertigungsverfahren ermöglichten damals in diesem, für Schraubenverdichter neuen Leistungsbereich unter anderem kleinste Spaltmaße zwischen den Rotoren und dem Gehäuse. Dadurch konnten auch mit relativ kleinen Rotordurchmessern Gütegrade erreicht werden, die im Bereich der großen Industrieverdichter liegen.

Die universelle Verwendbarkeit, der weite Anwendungsbereich mit den verschiedensten Kältemitteln und der spezifisch günstige Preis (Euro pro kW Kälteleistung) trugen wesentlich zur weltweiten Verbreitung dieser Verdichter bei. Mit Verbundanlagen sind auch Anwendungen bis in den Leistungsbereich der typischen "Industrieverdichter" möglich.

Eine neue Halbhermetik-Baureihe und die korrespondierenden offenen Versionen schließen sich mit 315 m³/h Fördervolumen direkt an den bisherigen Leistungsbereich an und reichen bis zu 410 m³/h. Das neu entwickelte Rotorprofil und die im Bereich der Kompaktschraubenverdichter für Klimaanwendung gewonnenen Erfahrungen waren die Basis der Neukonstruktion. Zur Leistungsregelung wird ein gestuft oder stufenlos steuerbarer Schieber verwendet, der auch die automatische Anlaufentlastung übernimmt. Economiserbetrieb ist im gesamten Voll- und Teillastbereich möglich.

Wichtige bisher extern zu installierende Komponenten wurden in die Verdichter integriert. Dadurch reduziert sich der Montageaufwand und auch das Risiko von Leckagen wird minimiert.

Ölabscheider für Anlagen mit Einzelverdichtern und auch für Verbundanlagen runden die Angebotspalette ab.

Die neue Version der BITZER Software ermöglicht exakte Auslegungen der Verdichter für die üblichen Kältemittel. Ein neues Zusatzmodul wird zur Auswahl der passenden Ölabscheider verwendet.

Stichworte

Offene und halbhermetische Schraubenverdichter, Industrie- und Gewerbeabkühlung, Fördervolumen bis 410 m³/h, HFKW (HFCKW) Kältemittel, NH₃, Economiser

A New Screw Compressor Performance Class for Industrial Applications

Abridged version

Small screw compressors with a displacement from 84 to 250 m³/h have been offered as open and semi-hermetic machines for more than 22 years. New profile geometries and modern manufacturing processes at that time allowed, minimum gap dimensions between the rotors and the housing in this new capacity range for screw compressors. This also allowed isentropic efficiencies to be achieved at relatively small rotor diameters, which were in the range of the large industrial compressors.

Their universal applicability, wide application range by using different refrigerants and especially their low cost (Euro per kW of cooling capacity) were significant in the worldwide use of these compressors. The use of compound systems even allows applications up to the capacity range of typical "large industrial compressors".

A new semi-hermetic series and the corresponding open versions with their 315 m³/h directly follow the previous capacity range and go up to 410 m³/h. The newly developed rotor profile and the experience gained in the area of compact screw compressors for air-conditioning applications formed the basis of the new construction. For capacity control, a stepped or infinite slider is used, which is also in charge of the automatic start unloading. An economiser operation is possible over the full and part load range.

Important components which used to be installed externally have now been integrated in the compressor. This reduces the assembly work and also minimises the risk of leaks.

Oil separators for systems comprising single compressors and also for compound systems make the range of products complete.

The new version of the BITZER software allows the compressors to be selected according to the refrigerants. A new additional module is used for selecting the adequate oil separators.

Key words

Open and semi-hermetic screw compressors, industrial and commercial cooling, displacement up to 410 m³/h, HFC (HFCC) refrigerants, NH₃, economiser

1 Einleitung

Im Januar 1983 begann die Produktion der ersten BITZER Schraubenverdichter. Es handelte sich um die offene Version der Baugröße OST7061-K mit einem Fördervolumen von 220 m³/h. Dieselbe Baugröße wurde 3 Monate später als Halbhermetikversion vorgestellt.

Auf der IKK 1984 wurde erstmals ein Schraubenverdichter mit Frequenzumrichterantrieb als lauffähiges Modell gezeigt. Der weltweit erste Hermetik-Schraubenverdichter "VSK31.." wurde 1986 der Öffentlichkeit vorgestellt. Zu dieser Zeit liefen bereits die ersten Erprobungsmuster drehzahlregelt im ICE.

In den folgenden Jahren wurde das Programm der offenen und halbhermetischen Schraubenverdichter ständig weiterentwickelt und zu einer homogenen Palette im Fördervolumenbereich von 84 m³/h bis 250 m³/h ausgebaut. Die Maschinen werden bis heute in Industrie- und Gewerbeanlagen zur Klimatisierung, Kühlung, Tiefkühlung und Sonderanwendungen eingesetzt.

Zum Einsatz in Klimaanlage entstand 1992 eine Sondervariante als Kompaktverdichter mit angebautem Ölabscheider und integrierter Ölversorgung. Diese Verdichter werden heute als eigenständige Klimaverdichter-Baureihe zum bevorzugten Einsatz in Flüssigkeitskühlern bis zu einem Fördervolumen von 910 m³/h entspr. 300 kW Motorleistung produziert. Die hervorragenden Betriebsergebnisse mit den

1 Introduction

The production of the first BITZER screw compressors began in January 1983 with the open version OST7061-K with 220 m³/h displacement. Three months later, the corresponding semi-hermetic version was presented.

A screw compressor equipped with a frequency inverter drive was shown for the first time as a model capable of running at the IKK 1984. The worldwide first hermetic screw compressor "VSK31.." was presented to the public in 1986. At that time, the first trial samples were already running speed-controlled in the ICE.

Over the following years, the program of open and semi-hermetic screw compressors was constantly developed and extended to a homogenous product range with a displacement ranging from 84 m³/h to 250 m³/h. Until today, the machines have been used in industrial and commercial systems for air-conditioning, medium temperature cooling, low temperature cooling and special applications.

For use in air-conditioning systems, a special version was produced in 1992; a compact compressor fitted with an oil separator and an integrated oil supply. Today, these compressors are produced as an independent air-conditioning compressor series for preferential use in liquid coolers up to a displacement of 910 m³/h, which corresponds to a

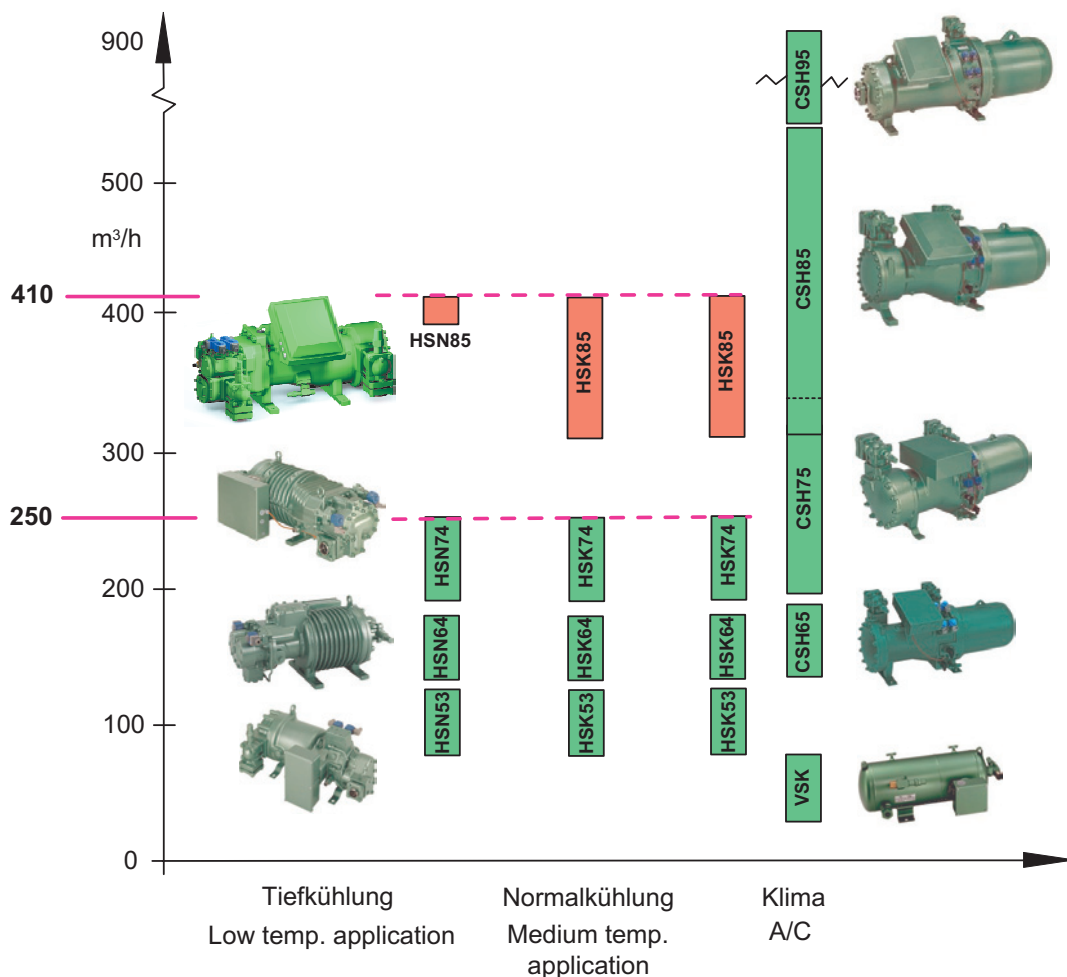


Abb. 1 Typenübersicht

Fig. 1 Types

Klima-Kompaktverdichtern (CSH..) und der sich in Industrie- und Gewerbekühlung wandelnde Markt gaben den Anstoß, auch den Leistungsbereich der offenen und halbhermetischen Schraubenverdichter für Kälteanwendung nach oben zu erweitern.

2 Entwicklungsziele

- Leistungsbereich
Direkt anschließend an die bekannte Baureihe HS.74..., OS.74... mit bisher max. 250 m³/h Fördervolumen.
- Kältemittel
Einsetzbar für die aktuell verwendeten Kältemittel R404A, R507A, R134a, R407C, R22, einschließlich NH₃ mit den offenen Versionen.
- Einsatzbereiche
Vergleichbar mit denen der bisher leistungsstärksten Halbhermetik-Schraubenverdichter HS.74..., OS.74..
- Energie- und Umweltaspekte
Höhere Gütegrade als bei den kleineren Modellen
Volle Economiserleistung, auch bei Teillast
Reduktion potentieller Leckstellen
Geräusch- und Pulsationsminderung
- Optimierte Ölmanagement und Überwachungskonzept

3 Verfahren zur Verdichter-Leistungsregelung

Zu Beginn der Arbeiten wurden die unterschiedlichen Verfahren zur Leistungsregelung betrachtet.

Die einfachste Möglichkeit zur Anpassung der Verdichterleistung an den Kältebedarf ist die Verwendung von polumschaltbaren Motoren. Üblich war, von 2900 min⁻¹ auf 1450 min⁻¹ umzuschalten und damit eine Reduzierung der Kälteleistung auf ca. 50% zu erzielen. Ein wesentlicher Nachteil dieser Methode ist, dass die Elektromotoren jeweils nur für eine Drehzahl optimiert werden können. Kompromisse beim Anlagenwirkungsgrad "COP" waren nicht zu vermeiden. Zudem war die Anzahl der Schaltvorgänge mit Rücksicht auf die Lebensdauer der Motoren begrenzt.

Der Einsatz einer einfachen aber dennoch effizienten mechanischen Leistungsregelung stellte einen wesentlichen Entwicklungsschritt dar. Mit hydraulisch gesteuerten Reglerkolben wird der Verdichtungsbeginn verschoben. Dies führt zu einer Reduzierung des Ansaugvolumens. Mit dieser Technologie konnte eine Leistungsregelung in 3 Stufen von 100%, 75% und 50% realisiert werden. Die Verluste sind dabei relativ gering, da im nicht aktiven Bereich des Rotorprofils keine Verdichtung erfolgt. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, die Leistungsregelung in kurzen Zyklen schalten zu können.

Schraubenverdichter dieser Entwicklungsstufe werden heute vor allem in großen Verbundanlagen und zur Normal- und Tiefkühlanwendung eingesetzt.

motor power of 300 kW. The excellent operating results with the air-conditioning compact compressors (CSH...) and the changing market in industrial and commercial cooling have impelled us also to extend the performance range of the open and semi-hermetic screw compressors for cooling applications.

2 Development goals

- Capacity range
Following directly the known HS.74..., OS.74 series with a maximum displacement of 250 m³/h.
- Refrigerants
Can be used for the currently used refrigerants R404A, R507A, R134a, R407C, R22, including NH₃ for the open versions.
- Application ranges
Comparable to the previously highest performance semi-hermetic screw compressor HS.74..., OS.74..
- Energetic and environmental aspects
Higher isentropic efficiencies than at the smaller models
Full economiser performance, even with part load
Reduction of potential leaks
Reduction of noise and pulsation
- Optimised oil management and monitoring concept

3 Methods of compressor capacity control

At the beginning of our work, different methods of capacity control were investigated.

The simplest way of adapting the compressor capacity to the cooling demand the use of pole-reversing motors. Usually it was switched from 2900 rpm to 1450 rpm, thus reducing the cooling capacity to approx. 50%. A substantial disadvantage of this method is the fact that electric motors can only be optimised for one speed. Compromises with respect to the coefficient of performance "COP" could not be avoided. Moreover, the number of switching processes was limited as the service life of the motors had to be taken into account.

Using a simple, but nevertheless efficient mechanical capacity control constituted a substantial development step. The use of hydraulically controlled control pistons will shift the start of compression. This leads to a reduction of the suction gas volume. This technology allowed a capacity control to be achieved in 3 stages of 100%, 75% and 50%. The losses are relatively small as no compression takes place in the active region of the rotor profile. Another advantage is the possibility of short cycle switching of the capacity control.

Today, screw compressors of this development stage are being used especially in large compound systems and for medium and low temperature cooling applications.

Die bis vor einigen Jahren ausschließlich bei Großschraubenverdichtern zur Leistungsregelung eingesetzten Steuerschieber kommen inzwischen auch bei kleinen Schraubenverdichtern zur Anwendung. Exaktere Fertigungsverfahren ermöglichen es die Schieber auch in Verdichtern mit relativ kleinen Rotordurchmessern zu integrieren. Typische Beispiele dieser Technologie sind in der CSH Verdichterbaureihe zu finden. Mit den Steuerschiebern dieser Kompaktverdichter zur Klimaanwendung kann die Leistung wahlweise stufenlos von 25% bis 100% oder in 4 Stufen dem jeweiligen Bedarf angepasst werden. Die Leistung der CSH-Verdichter erstreckt sich über einen Fördervolumenbereich von 137 bis 910 m³/h. Dies entspricht einem Kälteleistungsbereich von 90 bis 760 kW bei Klimaanwendung mit R407C.

Der drehzahlvariable Antrieb der Verdichter mit Hilfe von Frequenzwandlern ist eine energetisch ähnlich einzustufende Möglichkeit der stufenlosen Leistungsregelung wie die Schiebersteuerung. Es gibt Stromversorgungsgebiete, wo ein Motorstart mit Softstarter oder ähnlichen Einrichtungen zur Reduzierung des Anlaufstromes vorgeschrieben ist. In diesen Fällen werden oftmals Frequenzwandler zur Realisierung der vorgeschriebenen Anlaufstromreduzierung und zur gleichzeitig möglichen stufenlosen Leistungsregelung durch Drehzahlanpassung eingesetzt.

The sliders used exclusively for capacity control of large screw compressors until a few years ago are being used also for small screw compressors today. More precise manufacturing processes enable the sliders also to be integrated in systems that have relatively small rotor diameters. Typical examples of this technology can be found in the CSH compressor series. The control of these compact compressors used for air-conditioning applications allow an adaption to the required demand either by an infinite capacity control from 25% to 100% or in 4 stages. The performance of the CSH compressors ranges from a displacement of 137 to 910 m³/h. This corresponds to a cooling capacity range from 90 to 760 kW for air-conditioning applications with R407C.

The variable speed drive of the compressors by means of frequency inverters is an option of infinite capacity control, which in terms of energy has to be rated similarly to a control slider. There are some types of power supply where a motor start by means of a soft starter or similar devices is prescribed for reducing the starting current. In these cases, frequency inverters are used for achieving the prescribed reduction of starting current and for simultaneously achieving an infinite capacity control by means of speed adjustment.

4 Ergebnisse

4.1 Leistungsbereiche

Die von der CSH-Serie übernommenen Rotorprofile ermöglichen 3 Fördervolumenstufen, als Basis für je 3 offene und halbhermetische Verdichter für Klima- und Normalkühlanwendung. Die jeweils größte Stufe wird auch zum Einsatz in Tiefkühlanlagen angeboten.

Halbhermetikversion

Typenübersicht der neuen Halbhermetik-Verdichter

Klima- und Normalkühlung

Typ	HSK8551-110Y	HSK8561-125Y	HSK8571-140Y
Ansaugvolumen	315m ³ /h	359m ³ /h	410m ³ /h

Tiefkühlung

Typ	HSN8571-125Y
Ansaugvolumen	410m ³ /h

4 Results

4.1 Performance ranges

The rotor profiles taken from the CSH series allowed 3 displacement stages as basis for 3 open and semi-hermetic compressors each for air-conditioning and medium temperature cooling applications. The highest stage in each case is also offered for use in low temperature cooling systems.

Semi-hermetic version

Type list of the new semi-hermetic compressors

Air-conditioning and medium temperature cooling

Type	HSK8551-110Y	HSK8561-125Y	HSK8571-140Y
Displacement	315m ³ /h	359m ³ /h	410m ³ /h

Low temperature cooling

Type	HSN8571-125Y
Displacement	410m ³ /h

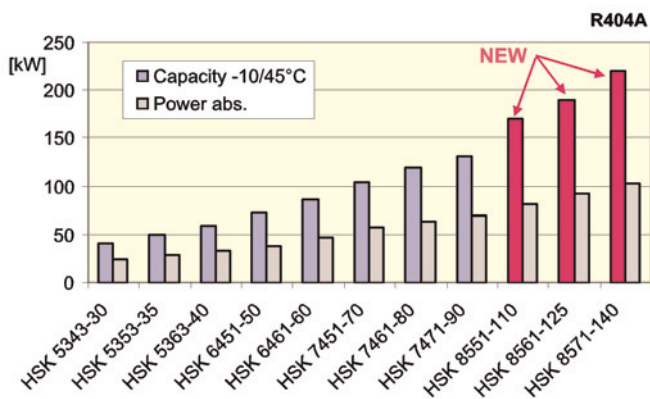


Abb. 2 Leistungsbereich Normalkühlung
Fig. 2 Medium-temperature cooling capacity range

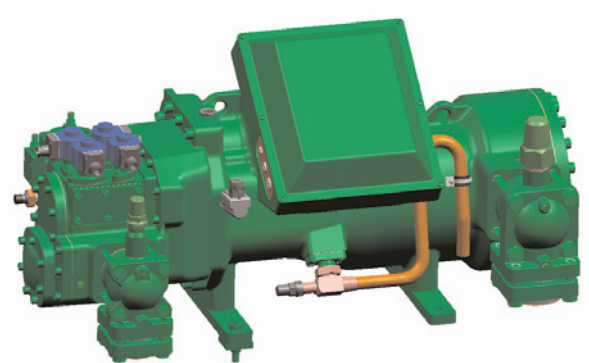


Abb. 3 Halbhermetischer Schraubenverdichter
Fig. 3 Semi-hermetic screw compressor

Offene Verdichter

Typenübersicht der neuen offenen Verdichter

Klima- und Normalkühlung

Typ	OSK8551-K	OSK8561-K	OSK8571-K
Ansaugvolumen	315m ³ /h	359m ³ /h	410m ³ /h

Tiefkühlung

Typ	OSN8571-K
Ansaugvolumen	410m ³ /h

Open compressors

Type list of the new open compressors

Air-conditioning and medium temperature cooling

Typ	OSK8551-K	OSK8561-K	OSK8571-K
Displacement	315m ³ /h	359m ³ /h	410m ³ /h

Low temperature cooling

Typ	OSN8571-K
Displacement	410m ³ /h

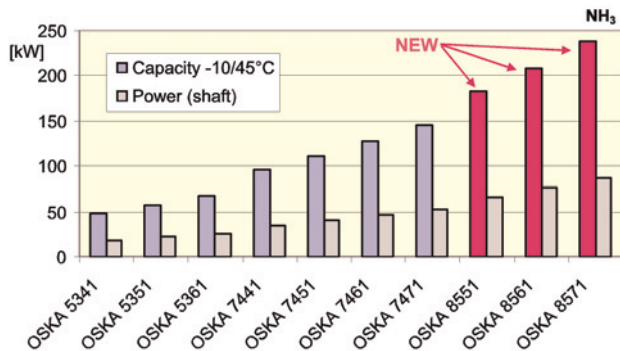


Abb. 4 Leistungsbereich Normalkühlung
Fig. 4 Medium-temperature cooling capacity range

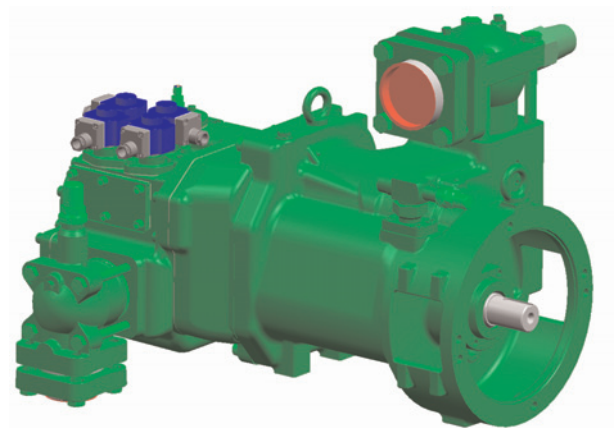


Abb. 5 Halbhermetischer Schraubenverdichter
Fig. 5 Open screw compressor

4.2 Kältemittel

Die neue Verdichterbaureihe wurde für die in gewerblichen und industriellen Normal- und Tiefkühlanlagen verwendeten Kältemittel optimiert. Der Schwerpunkt für die Halbhermetik liegt bei R404A / R507A und NH₃ für die offene Baureihe. Anschlüsse, Schmutzfilter, Saug- und Druckgaskanäle wurden so dimensioniert, dass selbst R404A / R507A mit ihrer hohen Dichte bei geringst möglichem Druckverlust gefördert werden können. Dies wirkt sich äußerst positiv auf die Förderung der anderen Kältemittel mit meist geringerer Dichte aus, so dass auch in diesen Fällen vor und nach dem Verdichtungsprozess die besten Voraussetzungen zum Erreichen hoher Gütegrade gegeben sind. Außer für R404A / R507A sind auch Leistungsdaten für R134a und R22 verfügbar. Die offenen Versionen sind zusätzlich auch für R717 (NH₃) einsetzbar. Leistungsdaten und Einsatzbereiche für andere Kältemittel für extrem hohe und auch niedrige Verdampfungstemperaturen sind auf Anfrage verfügbar.

4.3 Einsatzbereiche

Mit den zur Verfügung stehenden Kältemitteln sind die neuen HS/OS-Schraubenverdichter vom Hochklimabereich mit max. 20°C Verdampfungstemperatur bis weit in den Tiefkühlbereich bis zu minus 50°C einsetzbar. Höchste Verflüssigungstemperaturen, max. 70°C mit R134a 55°C mit R404A / R507A und 60°C mit R22 werden durch die effiziente Ölkühlung ohne thermische Probleme möglich.

4.4 Energie- und Umweltaspekte

Das von Bitzer neu entwickelte Rotorprofil ist die Basis für die im Vergleich mit der kleineren Baureihe erreichbaren höheren Gütegrade. Gleichzeitig reduzieren sich die Rückströmverluste während des Verdichtungsprozesses durch die wegen der größeren Rotordurchmesser höheren Umfangsgeschwindigkeiten der Zahnschnecken. In der Summe ergibt sich eine höhere Leistungszahl und damit ein spezifisch geringerer Energieverbrauch.

Die von den kleineren Halbhermetik Schraubenverdichtern bekannte Leistungsregelung mittels Magnetventilen und Kolben wurde zugunsten eines Steuerschiebers verlassen. Einerseits stellt die Verwendung eines Steuerschiebers hohe Anforderungen an die Produktionstechnik. Zur Vermeidung von Spaltverlusten sind sehr geringe Fertigungstoleranzen notwendig. Andererseits bietet die Schiebertechnologie wesentliche Vorteile. In Verbindung mit einem sehr effizienten Hydrauliksystem und eine V_i-Adaption kann die Leistung in 3 Stufen von 50%, 75% bis 100% geregelt werden (bei geringen Druckverhältnissen ab 25 %). Dasselbe System bietet ohne Umbauarbeiten am Verdichter auch die Möglichkeit einer stufenlosen Leistungsregelung. Der weite Regelbereich erlaubt es, die Verdichterleistung während einem großen Teil der Gesamtlaufzeit exakt an den Bedarf anzupassen. Die Anlagenlaufzeiten werden länger. Dadurch reduziert sich die Anzahl der energetisch ungünstigen Anlagenstarts die besonders durch die Einschaltstromspitzen, die Zeit zum Erreichen einer stabilen Sauggasüberhitzung sowie durch eventuelle Flüssigkeitsschübe beim Start geprägt sind.

4.2 Refrigerants

The new compressor series was optimised for the refrigerants used in industrial medium and low temperature cooling systems. The focus for the semi-hermetic compressors is on R404A / R507A and for the open series it is on NH₃. Connections, filter, and suction and discharge gas tubes are dimensioned in such a way that even R404A / R507A with their high densities can be transported at minimum pressure loss. This has an extremely positive effect on the transport of other refrigerants that usually have lower density, resulting in optimum conditions for achieving high isentropic efficiencies also in these cases before and after the compression process. Apart from R404A / R507A, performance data for R134a and R22 are also available. The open versions can also be used for R717 (NH₃). The performance data and application ranges for other refrigerants for extremely high and also low evaporation temperatures are available upon request.

4.3 Application ranges

Using the available refrigerants, the new HS/OS screw compressors can be used from the air-conditioning range with an evaporation temperature of max. 20°C to the low temperature cooling range of down to minus 50°C. Maximum condensing temperatures, max. 70°C with R134a, 55°C with R404A / R507A and 60°C with R22 can be achieved without thermal problems owing to efficient oil cooling.

4.4 Energetic and environmental aspects

The rotor profile newly developed by Bitzer is the basis of the higher isentropic efficiencies that can be achieved compared with the smaller series. At the same time, the return flow losses during the compression process are reduced as a result of the higher circumferential speeds caused by the larger rotor diameter. Summed up, this gives a higher COP and thus a specifically lower energy consumption.

The capacity control by means of solenoid valves and pistons known from the smaller semi-hermetic screw compressors was abandoned in favour of a control slider. On the one hand, the use of a control slider makes higher demands on production engineering. To avoid gap leakage, very small manufacturing tolerances are necessary. On the other hand, the slider technology offers significant advantages. In connection with a highly efficient hydraulic system and a V_i adaptation, the capacity can be controlled in stages of 50%, 75% to 100% (at low pressures, from 25%). The same system also offers the option of infinite capacity control without any modification at the compressor. The wide control range allows the compressor capacity to be adapted exactly to the demand during a large portion of the overall runtime. The runtimes of the systems increase. This reduces the number of the energetically unfavourable system starts, which are characterised in particular by the starting current peaks, the time for reaching a constant suction gas superheat and by possible liquid thrusts during start.

Die Verdichter sind zur Nutzung der Economiser-Schaltung vorbereitet. Im Unterschied zu anderen Schraubenverdichterkonstruktionen ist die Eco-Einspritzstelle nicht fest im Gehäuse angeordnet, sondern befindet sich auf dem Steuerschieber. Dies hat den Vorteil, dass die Einspeisung des vom Unterkühlungswärmeaustauscher angesaugten Gases auch bei Teillast immer direkt in ein zur Saugseite geschlossenes Profilsegment erfolgt. Mit dieser Technologie wird im gesamten Leistungsbereich die maximal mögliche Unterkühlungsleistung erzielt. Economiser-Systeme mit fester Einspritzposition sind meist auf den Vollastbetriebspunkt optimiert. Bei Teillastbetrieb beginnt die Verdichtung meist erst nach dem Eco-Port. Das Eco Gas wird dann direkt in die Saugseite eingespeist, wo es den Sauggasvolumenstrom und damit die Kälteleistung entsprechend reduziert und damit keinerlei Wirkungsgradverbesserung bewirkt.

Eine Anforderung aus dem Pflichtenheft war, das Leckagerisiko zu minimieren. Sie spiegelt sich rund um den Verdichter wider. Die Maschine hat keine außen angebrachten Steuerleitungen. Die Hydraulik zur Steuerung der Verdichter ist komplett im Gehäuse untergebracht. Die Verteilung der Ölströme erfolgt durch Bohrungen innerhalb des Gehäuses ohne äußere Verschraubungen und Rohrleitungen. Beschädigungen der Steuerleitungen durch äußere Einflüsse, Rohrbrüche oder Leckagen an den Verschraubungen sind ausgeschlossen.

Eine möglichst geringe Geräuschemission der Kältemaschinen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Obwohl Schraubenverdichter im Vergleich mit Kolbenverdichtern wesentlich geringere Pulsationen aufweisen, besteht auch hier ein großes Potential zu weiterer Minimierung. Aufgrund der guten Ergebnisse bei Einsatz von "Helmholtz" Pulsationsdämpfern in Druckleitungen von Schraubenverdichtern entstand die Überlegung, die Pulsationen möglichst nahe am Ort der Entstehung zu bekämpfen. Dies führte zu der Entscheidung, den Pulsationsdämpfer direkt in den Verdichter der neuen HS/OS.85.. Verdichterbaureihe zu integrieren.

The compressors are prepared for using the economiser. In contrast to other screw compressor constructions, the economiser injection point is not fixed in the housing, but is rather located on the control slider. This has the advantage that the gas taken in by the subcooling heat exchanger is always fed into a profile segment that is connected to the suction side, even during part load operation. This technology allows the maximum possible subcooling performance to be achieved over the entire capacity range. Economiser systems that have a fixed injection position are in most cases optimised for the full load operating point. During part load operation, the compression is normally started after of the eco port. The eco gas is then fed directly into the suction side, where it reduces the suction gas volume and thus the cooling capacity accordingly not achieving any improvement in the efficiency.

One requirement of the specification was to minimise the risk of leaks. It is reflected around the compressor. The machine does not contain any control tubes attached on the outside. The hydraulics for controlling the compressors are completely located in the housing. The distribution of the oil flows is achieved by bores in the housing without any external screw joints and pipetubes. Damage to the control tubes by external influences, pipe bursts or leaks on the screw joints is impossible.

Minimum noise emission from the cooling machines becomes increasingly important. Even though screw compressors have substantially fewer pulsations compared with piston type compressors, they do have a high potential for further minimization. The good results obtained when using the "Helmholtz" pulsation dampers in pressure tubes of screw compressors have given rise to the idea that the pulsations should be controlled as closely as possible to the place where they are generated. This has led to the decision to integrate the pulsation damper directly into the compressor of the HS/OS.85.. compressor series.

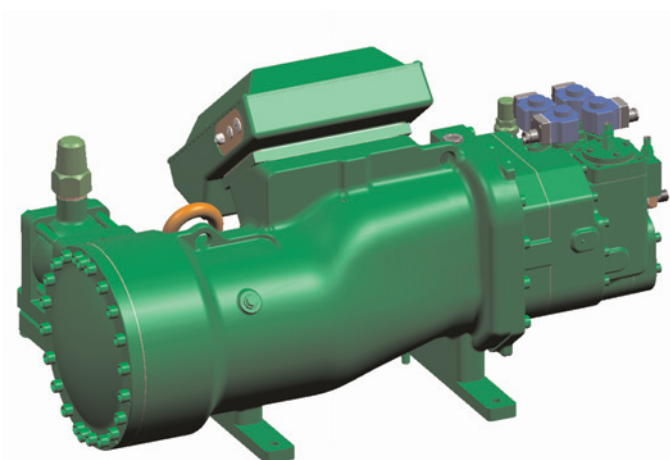


Abb. 6 Halbhermetischer Schraubenverdichter, Rückseite
Fig. 6 Semi-hermetic screw compressor, rear

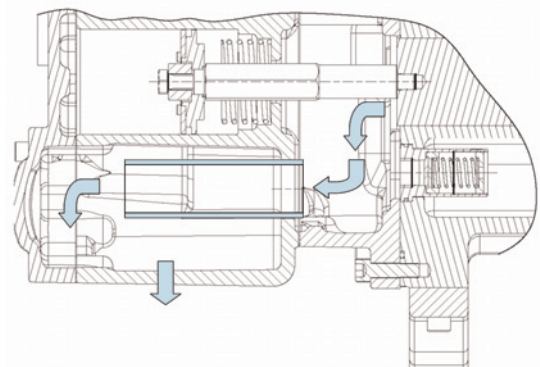


Abb. 7 Muffler
Fig. 7 Muffler

Der eingebaute Muffler reduziert die Pulsbreite der Druckschwingungen zum Beispiel von 0,45 bar auf 0,1 bar. Dies führt zu einer deutlichen Reduktion des Verdichtergeräusches um 2 dB. Durch die Dämpfung der Pulsationen werden auch die von Verdichter ausgehenden und auf Leitungen und Fundament übertragenen Schwingungen wesentlich reduziert. Die Ansprüche an die Schwingungsdämpfung zwischen Maschine und Gebäude werden geringer. Die Lebensdauer der Schwingungsausgleicher in den Rohrleitungen wird verlängert. In vielen Fällen kann ganz auf den Einbau von flexiblen Rohrstücken verzichtet werden.

4.5 Optimiertes Ölmanagement und Überwachungskonzept

Die Integration der wesentlichen Bauteile und Funktionen der Ölversorgung und -überwachung in die Verdichter bietet den Anwendern – zusätzlich zu dem minimierten Leckagerisiko – ein wichtiges Potential zur Reduzierung der Montagekosten.

5 Mechanischer Aufbau

5.1 Lagerung

Die bewährte Lagerung der Rotoren durch Rollenlager zur Aufnahme der Radialkräfte und Tandem-Schräggugellagern zur axialen Fixierung wurde durch den Einbau von so genannten Gegenlagern ergänzt. Im normalen Betrieb werden die Gegenlager nicht in Anspruch genommen, da die aus dem Verflüssigungsdruck resultierenden Kräfte die Rotoren eindeutig in die Axiallager schieben. Die Gegenlager treten in Funktion wenn durch fehlenden Verflüssigungsdruck in Folge falscher Drehrichtung oder Betrieb im Vakuum eine Umkehrung der Axialkräfte erfolgt. Sie stellen sicher, dass auch in solchen abnormalen Betriebszuständen ein axialer Abstand zwischen den Rotoren und dem Druckflansch eingehalten wird. Das Risiko, dass die Rotoren am Druckflansch anlaufen und eventuell fressen wird dadurch vermieden.

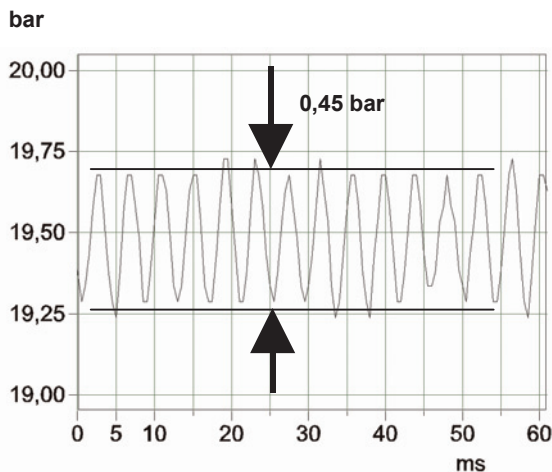


Abb. 8 Druck-Pulsationen, ohne/mit Muffler, Beispiel für R404A, -10°C / +45°C

The built-in muffler reduces the pulse width of the pressure vibrations for example from 0.45 bar to 0.1 bar. This leads to a substantial reduction at the compressor noise by 2 dB. The damping of the pulsations also significantly reduces the vibrations originating from the compressor and transmitted to tubes and foundation. This reduces the demands on vibration damping between machine and building and increases the life of the vibration dampers in the pipetubes. In many cases, the incorporation of flexible pipe sections can be omitted entirely.

4.5 Optimised oil management and monitoring concept

The integration of the essential components and functions for oil supply and monitoring in the compressors gives the users, in addition to the minimised risk of leaks, an important potential for reducing the costs of installation.

5 Mechanical design

5.1 Bearings

The proven arrangement of the rotors in roller bearings for absorbing the radial forces and in tandem angular ball bearings for axial fixation was supplemented by incorporating so-called counter bearings. In normal operation, no use is made of the counter bearings because the forces resulting from the condensing pressure pushes the rotors exactly into the axial bearings. The counter bearings come into action when, as a result of missing condensing pressure caused by a wrong rotation direction or operation under vacuum, the axial forces are reversed. They ensure that even at such abnormal operating states the axial distances between rotors and discharge flange are maintained. This avoids the risk of the rotors starting to move and possibly seizing up at the discharge flange.

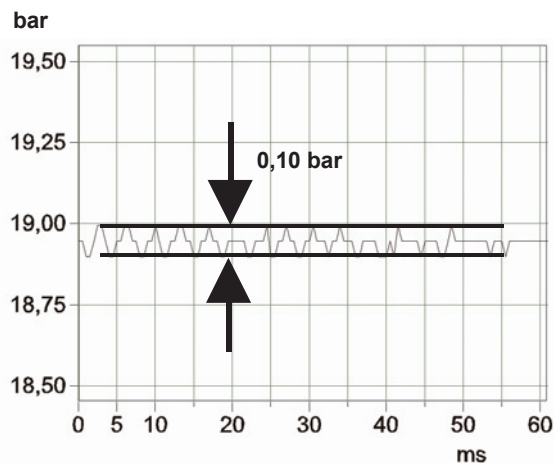


Fig. 8 Pressure pulsations, with/without muffler, example for R404A, -10°C / +45°C

5.2 Ölviskosität

Die hochdruckseitigen Lager befinden sich in einer druckentlasteten Kammer. Dies hat den Vorteil, dass ein Teil des im Öl gelösten Kältemittels ausgasen kann und sich dadurch eine höhere Ölviskosität zur Versorgung der Lager einstellt. In der Folge ergibt sich unter der Voraussetzung, dass sich keine anderen Störfaktoren einstellen, eine rechnerisch unbegrenzte Standzeit der Lager. In der realen Anwendung kann Schmutz aus der Anlage, ungenügende Ölviskosität oder Betrieb der Verdichter außerhalb der Einsatzgrenzen die Notwendigkeit eines Lagertausches erwirken.

5.3 Anlaufentlastung

Über die bereits erwähnten Vorteile der Leistungsregelung erleichtert der Schieber auch den Start des Verdichters. Während der Stillstandszeiten des Verdichters bewegt die eingebaute Feder den Schieber in die Lastposition 25%. Daraus ergibt sich eine automatische Anlaufentlastung, die ein sicheres Hochlaufen des Verdichters gewährleistet.

6 Die Integration der Verdichter in die Anlage

6.1 Einzelverdichter und Ölversorgung

Schraubenverdichtersätze bestehen üblicherweise aus dem Verdichter, dem Ölabscheider, einem Ölkühler (sofern notwendig) und den entsprechenden Leitungen mit ihren spezifischen Einbauten. Abb. 9 zeigt ein entsprechendes Beispiel. In der Ölleitung vom Ölabscheider zum Verdichter sind Ölfilter, Strömungswächter

5.2 Oil viscosity

The bearings at the high pressure side are in a pressure relieved chamber. This has the advantage that part of the refrigerant dissolved in the oil can escape as a gas, resulting in a higher oil viscosity to supply the bearings. This will result in a theoretically unlimited service life of the bearings, provided no other interfering factors turn up. In real applications, dirt from the system, insufficient oil viscosity or operating the compressors outside the application ranges may make it necessary to replace the bearing.

5.3 Start unloading

Besides the already mentioned advantages of capacity control, the slider will also facilitate the start of the compressor. During the standstill periods of the compressor, the integrated spring moves the slider to the 25% load position. This will give an automatic start unloading, which guarantees a safe startup of the compressor.

6 Integration of the compressors into the system

6.1 Single compressor and oil supply

Screw compressor units usually comprise a compressor, an oil separator, an oil cooler (if necessary) and the corresponding tubes including their specific built-in parts. Fig. 9 shows an example. Oil filter, flow switches, solenoid valve and sight glass are built into the oil tube leading from the

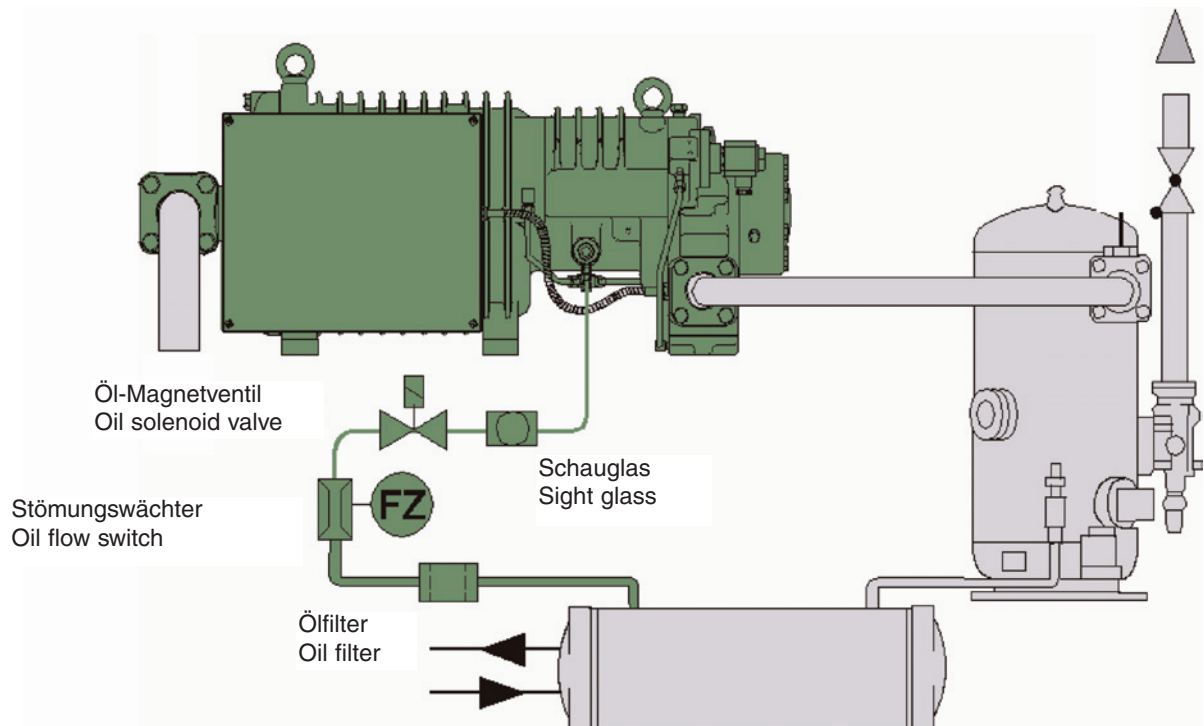


Abb. 9 Ölkreislauf bisheriges Konzept

Fig. 9 Oil circulation previous concept

mungswächter, Magnetventil und Schauglas eingebaut. Dies entspricht der bisherigen Technologie. Bei Einsatz der Verdichter der HS/OS.85..-Baureihe ergibt sich eine vollkommen neue und wesentlich vereinfachte Situation. Der Ölfilter ist in dem Verdichtergehäuse eingebaut. Sein Verschmutzungsgrad wird über eine Differenzdruckmessung überwacht. Eine weitere Differenzdruckmessung innerhalb des Verdichters ersetzt die Funktion des Ölflusswächters. Das neue, hydraulisch gesteuerte Ölstopventil kontrolliert die Öleinspritzung in den Verdichter und überwacht gleichzeitig die Drehrichtung beim Start (Abb. 10). Außer dem Ölschauglas sind alle bisher in der Ölleitung vorhandenen Bauteile im Verdichter integriert. Der Montageaufwand schrumpft auf ein Minimum. Außerdem wird durch den Wegfall der Schraub- und Lötverbindungen an externen Zusatzkomponenten das Leckagerisiko erheblich reduziert.

oil separator to the compressor. This corresponds to the previous technology. With the use of the compressors of the HS/OS.85.. series, a completely new and much easier situation is obtained. The oil filter is built into the compressor housing. Its degree of contamination is monitored by a differential pressure measuring. Another differential pressure measuring inside the compressor replaces the oil flow switch function. The new hydraulically controlled oil stop valve checks the oil injection into the compressor and simultaneously monitors the rotation direction during the start (Fig. 10). Except for the oil sight glass, all components previously built into the oil tube are now integrated in the compressor. Mounting work is minimised. Moreover, the elimination of screwed and brazed joints of external add-on components substantially reduces the risk of leaks.

Ölfilter im Verdichter
Oil filter **in compressor**

Ölfilter Verschmutzungskontrolle im Verdichter
Oil filter clogging control **in compressor**

Differenzdruckmessung zur Ölflussüberwachung **im Verdichter**

Differential pressure control for oil flow monitoring **in compressor**

Servoventil zur Kontrolle der Öleinspritzung der Drehrichtung **im Verdichter**

Servo valve for oil injection control and rotation direction **in compressor**

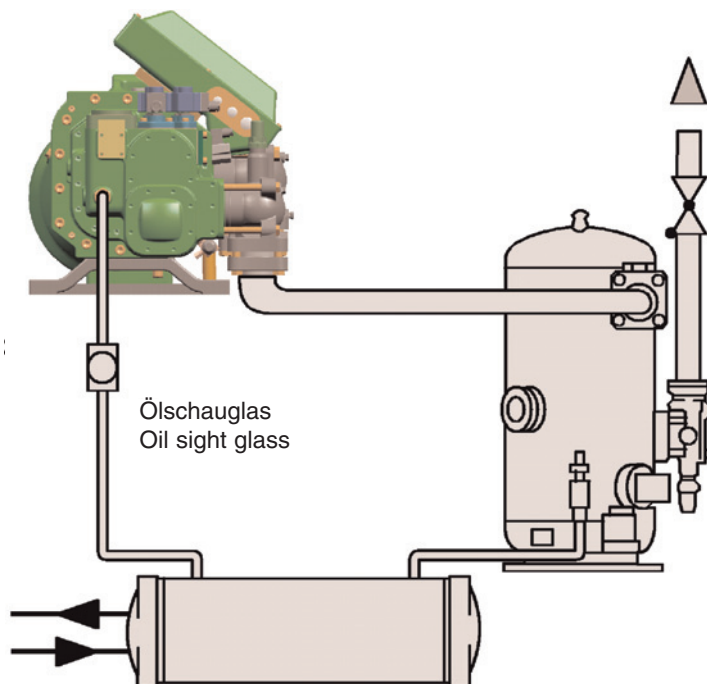


Abb. 10 Ölkreislauf neues Konzept

Fig. 10 Oil circulation new concept

6.2 Parallelbetrieb der Schraubenverdichter

Die Verbundschaltung von Schraubenverdichtern bietet eine interessante Möglichkeit zur Realisierung größerer Kälteleistungen. Diese Technologie hat sich seit vielen Jahren bewährt. Mehrere Verdichter arbeiten auf einen gemeinsamen Ölabscheider. Spezielle Einrichtungen zum Ölausgleich oder zur Ölverteilung sind nicht notwendig. Alle Anschlüsse sind auf einer Verdichterseite und an der Front angeordnet. Dadurch sind bei gleichzeitig guter Zugänglichkeit und Wartungsfreundlichkeit nur geringe Abstände zwischen den Verdichtern notwendig.

Die Verteilung des Kältebedarfes auf mehrere Verdichter ergibt eine hohe Betriebssicherheit, Standby-Verdichter sind im Prinzip nicht notwendig. Die Leistungsabstufung kann in sehr kleinen Schritten erfolgen. Die Teillast Leistungszahlen einer Verbundanlage basieren auf dem Volllast-Betrieb der noch laufenden Verdichter. Sie sind deutlich höher als die der Großverdichter im leistungsgeregelten Betrieb. Stromnetzrückwirkungen durch Anlaufstromspitzen sind minimal im Vergleich mit dem Start großer Einzelverdichter.

6.2 Parallel operation of the screw compressors

The compound system of screw compressors offers an interesting opportunity of achieving relatively large cooling capacities. This technology has been proved for many years. Several compressors share one oil separator. Specific devices for oil equalisation or for oil distribution are not necessary. All connections are arranged on one compressor side and at the front. This requires only small distances between the compressors while maintaining easy access and maintenance.

The distribution of the cooling demand over several compressors gives high operational safety, without the need for standby compressors. The power can be varied in very small steps. The part load COPs of a compound system is based on the full load operation of the compressors that are still running. They are clearly higher than those of the large compressors in capacity controlled operation. Effects on the mains supply due to starting current peaks are minimal compared to the start of large single compressors.

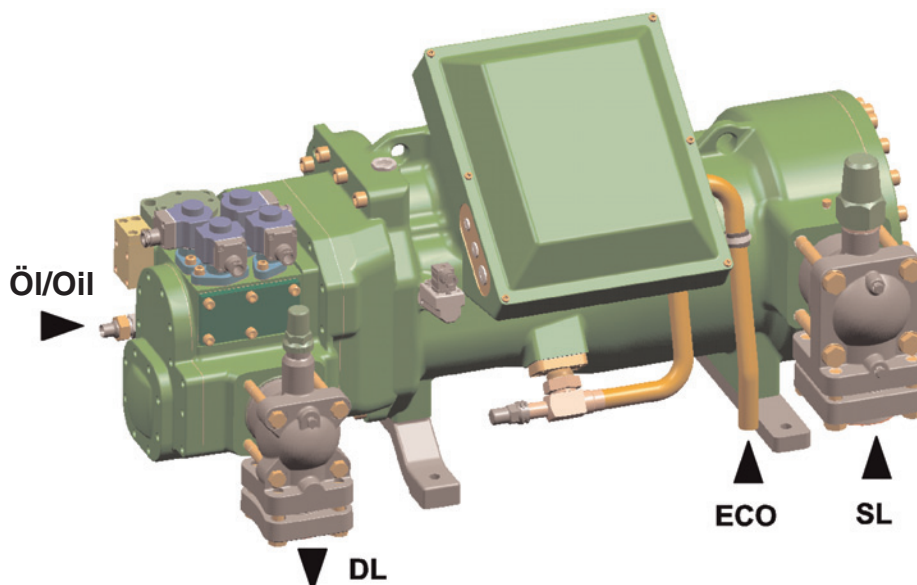


Abb. 11 Anschluss-Seite HS85

Abb. 11 HS85 connection side

6.3 Software

Die Schraubenverdichter-Leistungsdaten der OS/HS.85.. Baureihe wurden in die bekannte Software zur Verdichter-auswahl und Leistungsberechnung übernommen. Ein neues Modul dieser Software erlaubt auch die Bestimmung der Ölabscheider für Einzelverdichter und Verbundanlagen.

6.4 Ölabscheider

Ein neuer Ölabscheider für Verbundanlagen zum Betrieb mit maximal 5 Verdichtern der neuen Baureihe OS/HS.85.. im Klimabereich oder 6 Stck. im Normal- und Tiefkühlbereich wird zusammen mit den neuen Schraubenverdichtern der HS/OS.85.. Baureihe angeboten.

OA25012		Maximale Verdichtierzahl Maximum no. of compressors				
		A/C		MT		LT
		R134a R22	R404A R507A	R134a R22	R404A R507A	
OS/HS8571-..	50 Hz	5	4	5 (6)	5 (6)	5 (6)
OS/HS8571-..	60 Hz	4	3	5	4	5

Die Funktion der Ölabscheider beruht auf einer Kombination der Zentrifugalabscheidung und der Schwerkraftabscheidung. Dies ergibt einem gleichbleibend hohen Ölabscheidegrad im gesamten Leistungsbereich von Voll- bis Teillast. Für die NH₃ Verdichter werden zusätzliche Sekundärabscheider angeboten.

6.5 Ölkühler

Alle Daten zur Auswahl der Ölkühler können der Auslegungssoftware entnommen werden. Daten zur Auslegung von Termosiphon-Ölkühlern, die in diesem Leistungsbereich meist eingesetzt werden, können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden. Wasser- oder luftgekühlte Ausführungen werden von den einschlägigen Herstellern angeboten.

6.3 Software

The screw compressor performance data of the OS/HS.85.. series have been included in the known software for compressor selection and performance calculation. A new module of this software also allows the oil separator to be determined for single compressors and compound systems.

6.4 Oil separator

A new oil separator for compound systems operating with a maximum of 5 compressors of the new OS/HS.85.. series in air-conditioning or alternatively with 6 compressors in medium temperature cooling and low temperature is being offered together with the new screw compressors of the HS/OS.85.. series.

The oil separator function is based on a combination of centrifugal separation and gravity separation. This gives a constantly high degree of oil separation over the entire capacity range from full to part load. For the NH₃ compressors, additional secondary separators are being offered.

6.5 Oil coolers

For all oil cooler selection data, please refer to the selection software. Data for the selection of thermosiphon oil coolers used in most cases in this power range can be obtained upon request. Water- or air-cooled designs can be obtained from the usual manufacturers.

7 Zusammenfassung

Die neuen Halbhermetik Schraubenverdichter der Baureihe HS.85.. und die offenen Versionen OS.85.. erschließen einen neuen Leistungsbereich mit dem bis zu 410m³/h (@50Hz) reichenden Fördervolumen. In Kilowatt benannt ergibt dies mit R404A und dem größten Verdichter Kälteleistungen bis zu 380 kW bei Klimaanlage, 245 kW in der Normalkühlung und 110 kW bei Tiefkühlanwendung (mit Eco). Bis zu 6-fach höhere Leistungen sind durch den Einsatz von Verbundanlagen realisierbar. Die Vorteile in Bezug auf Leistungsregelung, Teillast-Leistungszahlen, Betriebssicherheit Stromnetzbelastung kommen bei Verbundsystemen voll zum Tragen.

Sonderausführungen für die Verwendung von Ammoniak und ähnlichen Kältemitteln und zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX) ergänzen das Programm.

In Bezug auf Energieverbrauch und Umweltbelastung wurden wesentliche Fortschritte erreicht. Der Vergleich mit den kleineren Modellen zeigt für die neuen Verdichter höhere Leistungszahlen bei gleichzeitig reduzierten Geräusch- und Schwingungsemissionen. Kältemittelverluste durch Leckagen an dem Verdichter konnten durch den Verzicht auf äußere Hydraulikleitungen und Verschraubungen und durch die Integration der Zusatzkomponenten in den Verdichter minimiert werden.

Das neue Konzept der Ölversorgung und Verdichterüberwachung reduziert die Montage- und Installationskosten.

Tools zur Auslegung der Verdichter und der Zubehörteile stehen in Papierform, als CD-ROM und zum Download vom Internet zur Verfügung.

7 Summary

The new semi-hermetic screw compressors of the HS.85.. series and the open versions OS.85.. open up a new capacity range with their displacement of up to 410m³/h (@50Hz). Expressed in kilowatts, the R404A and the largest compressor offer cooling capacities of up to 380 kW when used for air-conditioning, 245 kW in medium temperature cooling and 110 kW in low temperature applications (with eco). The use of compound systems allows capacities to be achieved that are up to 6 times higher. Their advantages in terms of capacity control, part load COPs, operational safety, load on mains supply can be fully exploited in compound systems.

Special designs for use with ammonia and similar refrigerants and in areas subject to explosion hazards (ATEX) complete the program.

Substantial advances have been made with respect to energy consumption and environmental impact. A comparison with the smaller models shows higher COPs for the new models in combination with reduced noise and vibration emission. Refrigerant losses through leaks on the compressor could be minimised by the elimination of external hydraulic tubes and screwed joints and by integrating the add-on components in the compressor.

The new concept of oil supply and compressor monitoring reduces the costs for assembly and installation.

Tools for the selection of compressors and accessories are available as printed versions, CD-ROM and as download from the Internet.



Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH
Eschenbrännlestraße 15
71065 Sindelfingen, Germany
fon +49(0)7031 932-0
fax +49(0)7031 932-146 & -147
www.bitzer.de • bitzer@bitzer.de