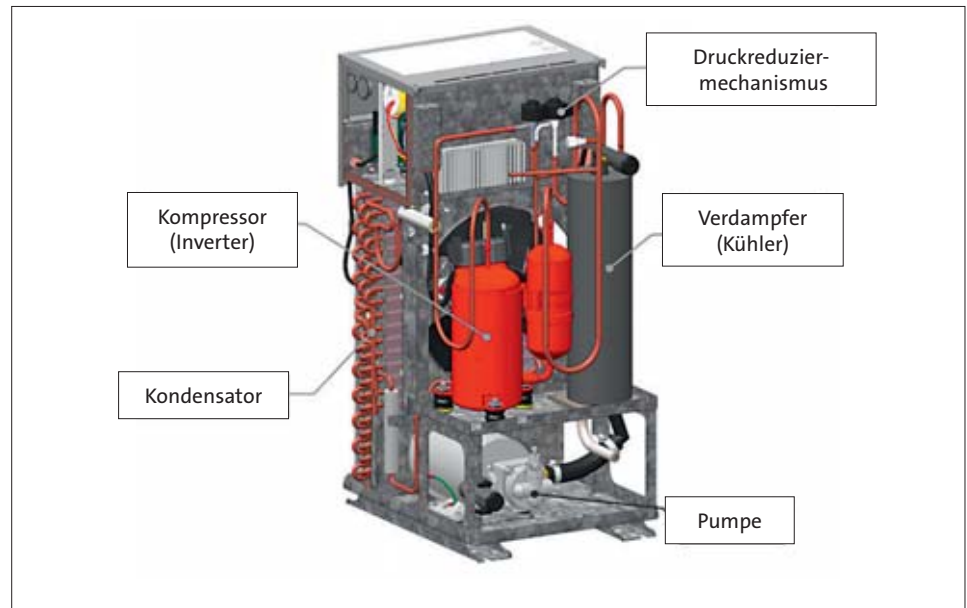




Aufbau eines Daikin-Chillers Oil-Con.

Bilder: Daikin



**Chiller**

# Effiziente Wärmeübertragung in Bearbeitungszentren

Wie funktioniert das Kühlaggegat einer Werkzeugmaschine und welche Installationskonfiguration eignet sich für welche Anwendung?

**B**ei der Bearbeitung mit Werkzeugmaschinen entsteht aufgrund der hohen Leistung, der Reibung durch die hohen mechanischen Kräfte und der hohen Drehgeschwindigkeit der Werkzeuge in verschiedenen Teilen der Anlage Wärme. Die Wärme erhöht die Temperatur aller beteiligten Teile, einschließlich der Elektromotoren, Antriebe, Spindeln, Arbeitswerkzeuge und Werkstücke, und führt zu einer Ausdehnung des Metalls, ein Zustand, der die Bearbeitungsgenauigkeit gefährden würde, wenn er nicht durch ein spezielles thermisches Kontrollsystem ordnungsgemäß gesteuert wird.

Zu diesem Zweck werden Öl und Kühlmittel im Inneren der Maschine zirkuliert, um die Komponenten/Werkzeuge und das zu bearbeitende mechanische Teil zu kühlen. Das soeben beschriebene Kühlsystem wird auch als Chiller bezeichnet. Seine Aufgabe besteht darin, den Zustand der Maschine oder des zu bearbeitenden Werkstücks vor Wärmeverformung zu schützen, indem es die Wärme, die das Öl oder die Kühlflüssigkeit aus der Maschine transportiert, zurückgewinnt und die Flüssigkeitstemperatur idealerweise perfekt konstant hält.

**Funktionsprinzip eines Chillers**

Im Gegensatz zu Wasserkühlern und Gebläsekühlern erfolgt bei Chillern eine willkürliche Temperaturregelung nicht nur durch den Austausch von Wärme, sondern auch durch die Regelung der Kältemitteltemperatur. Das Funktionsprinzip von Chillern beruht auf den folgenden vier Schritten:

- Das in einem isolierten, geschlossenen Kreislauf befindliche Kältemittelgas wird durch einen Kompressor verdichtet, um komprimiertes Gas mit hoher Temperatur und hohem Druck zu erzeugen.
- Das komprimierte Gas wird in einem Kondensator abgekühlt und kondensiert, um eine Flüssigkeit mit hoher Temperatur und hohem Druck zu erzeugen.
- Im Dekompressionsmechanismus wird diese Flüssigkeit mit hoher Temperatur und hohem Druck durch ein elektronisches Expansionsventil gepresst und dekomprimiert, um eine Flüssigkeit mit niedriger Temperatur und niedrigem Druck zu erzeugen, die durch einen Wärmetauscher (Verdampfer) leicht verdampft werden kann. Die Menge des zirkulierenden Kältemittels wird durch Änderung der Ventilöffnung in Abhängigkeit von der Leistungsanforderung gesteuert.
- Die vom Kältemittel im Verdampfer aufgenommene Energie wird durch das Öl bereitgestellt, das dadurch abkühlt.

Während dieses Prozesses bewirkt die vom Öl auf das Kältemittel übertragene Wärme (latente Verdampfungswärme) die Verdampfung der Flüssigkeit, wodurch diese in ein Gas mit niedriger Temperatur und niedrigem Druck umgewandelt wird, das zurück zum Verdichter geleitet wird, wo der Kreislauf von Neuem beginnt.

Der oben beschriebene Zyklus wird von einer speziellen Elektronik gesteuert, die jeden Schritt der thermischen Aufbereitung sehr genau kontrolliert.

### Präzise Wärmeregulierung

Der invertergesteuerte Verdichter ermöglicht es, die erforderliche Kühlleistung zu erreichen, indem er die Verdichtungsleistung an die tatsächliche Wärmelast anpasst und so unnötigen Stromverbrauch vermeidet.

Der hocheffiziente IPM-Motor wird durch einen eigenen Umrichter angetrieben, der die Verdichterdrehzahl entsprechend der erforderlichen Kühlleistung anpasst, was zu einer hochpräzisen thermischen Regelung mit einer typischen Genauigkeit von  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  führt. Die Leistung der Wärmeregulierung ist nahezu unabhängig von der Wärmelast. Im Vergleich zu Modellen ohne Inverter von anderen Wettbewerbern kann der Stromverbrauch um typischerweise 45% gesenkt werden.

### Daikin-,Oil-Con'-Chiller-Familie

Auf der Grundlage der im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Technologien hat Daikin verschiedene Kühlerkonfigurationen für die Kühlung von Kühl-, Schmier-, Hydraulik- und Schneidölen in Werkzeugmaschinen entwickelt, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Je nach Art der zu kühlenden Flüssigkeit und der Installationsmethode stehen vier Typen von Chillern zur Verfügung, wobei entweder Öl oder Wasser als Flüssigkeit in Frage kommen und zwei verschiedene Installationskonfigurationen (Umlauf- oder Eintauchbetrieb). Die Temperaturregelungsmethode kann je nach Anwendung geändert werden.

Es stehen drei Regelungsmethoden zur Verfügung. Sie umfassen: (1) Regelung zur Anpassung an eine feste Temperatur, (2) Regelung zur Synchronisierung mit der Raumtemperatur und (3) Regelung zur Synchronisierung mit der Werkzeugmaschinentemperatur.

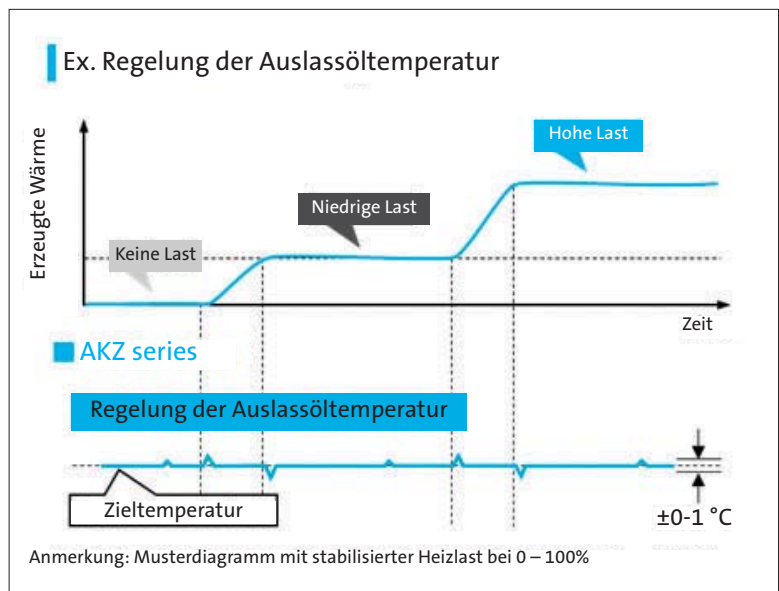
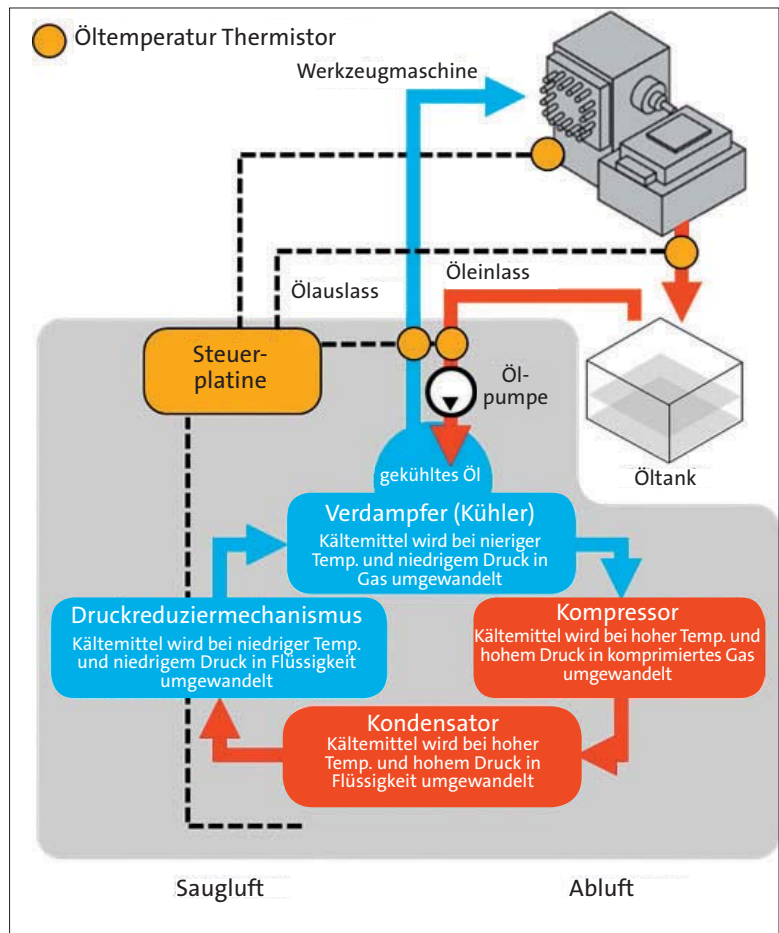
### Big Data für die Temperaturregelungstechnik

Da Werkzeugmaschinen immer präziser werden, ist eine hohe Genauigkeit bei der Regelung der Flüssigkeitstemperatur erforderlich. Ein langfristiger Entwicklungstrend bei Kältemaschinen ist damit die Verbesserung der Genauigkeit der Flüssigkeitstemperaturregelung.

Aktuelle Modelle wie die Umlaufkühler der Serien AKZ9 und AKZ10 sowie die Tank-Tauchkühler der Serie AKJ9 erreichen eine Standard-Temperaturgenauigkeit von  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ , während spezielle Spezifikationen Temperaturgenauigkeiten von bis zu  $\pm 0,01^\circ\text{C}$  unterstützen, wobei die Genauigkeit nahezu unabhängig von der Wärmelast ist.

### IoT wird Standard

In letzter Zeit ist die Installation von IoT-Funktionen in Werkzeugmaschinen zum Standard geworden. Der Bedarf der Nutzer von Chillern steigt von Jahr zu Jahr, und neue Entwicklungen sind im Gange. Die Überwachung von Chillern wurde bereits kommerzialisiert, aber die erste Phase beschränkte sich auf den Anschluss der Geräte. Derzeit werden Daten gesammelt, um die Korrelation zwischen der Temperatur der Kühlflüssigkeit und der Bearbeitungsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen zu ermitteln. In Zukunft wird die Anwendung von künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen auf diese Daten die quantitative Bestimmung der Beziehung zwischen Flüssigkeitstemperatur und Bearbeitungsgenauigkeit der Maschine ermöglichen. Dies ermöglicht den nächsten Schritt in der Regelungsgenauigkeit, näm-



lich den Übergang von einem rückgekoppelten System, das der Änderung der Flüssigkeitstemperatur folgt und sie kühlt, zu einer vorausschauenden Regelung, bei der Änderungen der Flüssigkeitstemperatur unterdrückt werden, indem die erforderliche Temperaturregelung anhand der Bearbeitungsaufgabe der Maschine vorhergesagt wird.

Oben: Schematische Darstellung des Funktionsprinzips eines Chillers.

Unten: Genaue Temperaturkontrolle durch invertergesteuerten Verdichter.

Autoren: Paolo Leutenegger, General Manager, Diplomatic MS; Jumpei Yamamoto, Senior engineer, Engineering Dept. Oil Hydraulics Div., Daikin Industries