

Die optimal abgestimmte Kühlung bestimmt das Leistungsvermögen von High-End-Motorspindeln

Zur Erreichung des vollen Leistungsvermögens von High-End-Motorspindeln ist insbesondere die optimale Abstimmung der Kühlung auf den Anwendungsfall wichtig. Dies gilt speziell für die Anwendungen im Werkzeug- und Formenbau und der Luftfahrtindustrie.

Im Werkzeug- und Formenbau beeinflusst die Kühlstrategie die Genauigkeit des Systems. Ziel ist es, ein möglichst tiefes Temperaturniveau und eine möglichst große Temperaturkonstanz unter Drehzahl zu erreichen. Auf diese Weise wird die thermische Längenausdehnung der Spindel möglichst konstant gehalten.

In der Luftfahrtindustrie (Aluminium- und Titanvolumenfräsen) werden hohe Drehmomente bzw. Leistungen der Spindel abverlangt. Die hierbei in der Spindel entstehenden Verluste aufgrund von Wärmeentwicklung müssen abgeführt werden. Dies ist entscheidend, um eine Überhitzung der Spindel zu verhindern, d.h. das volle Leistungsvermögen zu erzielen.

Seit Jahren ist die Fischer AG daher motiviert, die Kühlung ihrer Spindeln zu verbessern. So werden bei Fischer standardmäßig neben dem Stator auch die Außenringe der vorderen und auch hinteren Lager gekühlt.

Seit 2006 besteht zusätzlich die Option der Wellenkühlung, die mehr und mehr ein Standard bei den High-End-Spindeln der Fischer AG wird. So befinden sich bereits mehr als 300 Systeme mit Wellenkühlung im Einsatz. Der Einsatz einer Wellenkühlung ist die optimale Kühlstrategie für Werkzeugmaschinen-spindeln.

Aufbau und Funktion der Wellenkühlung

Das Fischer-Wellenkühlsystem ermöglicht die direkte Kühlung der kompletten Spindelwelle und somit des Rotors sowie der Lager-Innenringe. Die Kühlung wird über mehrere Kanäle in der Spindelwelle realisiert, durch die das Kühlmedium (wahlweise Wasser oder Öl) geleitet wird. Kernstück der Innovation ist eine Drei-Kanal-Drehdurchführung, die es ermöglicht, das Kühlmedium in die sich drehende Welle sowie auch aus dieser hinaus zu leiten. Der dritte Kanal der Drehdurchführung steht

für eine Werkzeug-Innenkühlung zur Verfügung. Die Abdichtung des Systems erfolgt berührungslos. **Abbildung 1** zeigt schematisch den Aufbau einer Spindel, die Medienführung des Wellenkühlsystems sowie einer konventionellen Gehäusekühlung. Neben der beschriebenen Produktinnovation bedurfte es im Hause Fischer mehrerer Prozessinnovationen im Bereich Fertigungstechnik, um die Kanäle prozesssicher in die Spindelwelle einbringen zu können.

Auswirkungen auf die Temperaturverteilung

Durch die direkte Kühlung der Wärmequellen auf einer Spindelwelle, dem Rotor und den Lager-Innenringen, wird der Wärmehaushalt einer Spindel positiv beeinflusst. In Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass durch die Verwendung einer Wellenkühlung bis zu 1 kW mehr Verlustleistung aus dem Spindelsystem abgeführt werden können. **Abbildung 2** zeigt den Einfluss des Einsatzes eines Wellenkühlsystems bei einer Spindel der Type MFW-1412/36 VC HSK-E50. Durch den Einsatz des Wellenkühlsystems konnte eine Temperaturreduktion an der Werkzeugschnittstelle von 25 K erzielt werden. Eine Fischer-Spindel mit Wellenkühlung erwärmt somit das Werkzeug nahezu nicht.

Die gezeigte positive Veränderung der Temperaturverteilung hat Einflüsse auf die TCP-Wiederholgenauigkeit und das Warmlaufverhalten. Aufgrund des geringeren Temperaturniveaus der Spindel wird die Temperaturstabilität des Systems deutlich erhöht, d.h. die Drehzahlabhängigkeit des Temperaturverhaltens nahezu eliminiert. Dies hat positive Auswirkungen auf die TCP-Wiederholgenauigkeit. Das gesamte Längenwachstum der Versuchsspindel konnte durch den Einsatz des Wellenkühlsystems um 70% verringert werden. Darüber hinaus konnte die Zeit bis zur Temperaturbeherrschung um 80% verkürzt werden (**Abbildung 3**).

Außerdem muss erwähnt werden, dass die Verringerung des Temperaturniveaus der Spindel gleichermaßen den Temperatureintrag in die Maschinenstruktur vermindert und somit die Maschinengenauigkeit erhöht.

Zusammenfassung

Innovative Spindelsysteme zeichnen sich durch die mit ihnen erzielte Erhöhung des Kundennutzens aus. Der Einsatz einer Fischer-Spindel mit Wellenkühlsystem hat

signifikante Auswirkungen auf die Spindelgenauigkeit (Wellenwachstum wird um 70% reduziert) und auf den Warmlaufprozess (wird um 80% verringert). Das Wellenkühlsystem aus dem Hause Fischer ist somit die optimale Kühlstrategie für High-End-Motorspindeln.

Zusammenfassend muss das Fischer-Wellenkühlungssystem als wirkliche, Kundennutzen generierende Innovation beurteilt werden.

Bilder

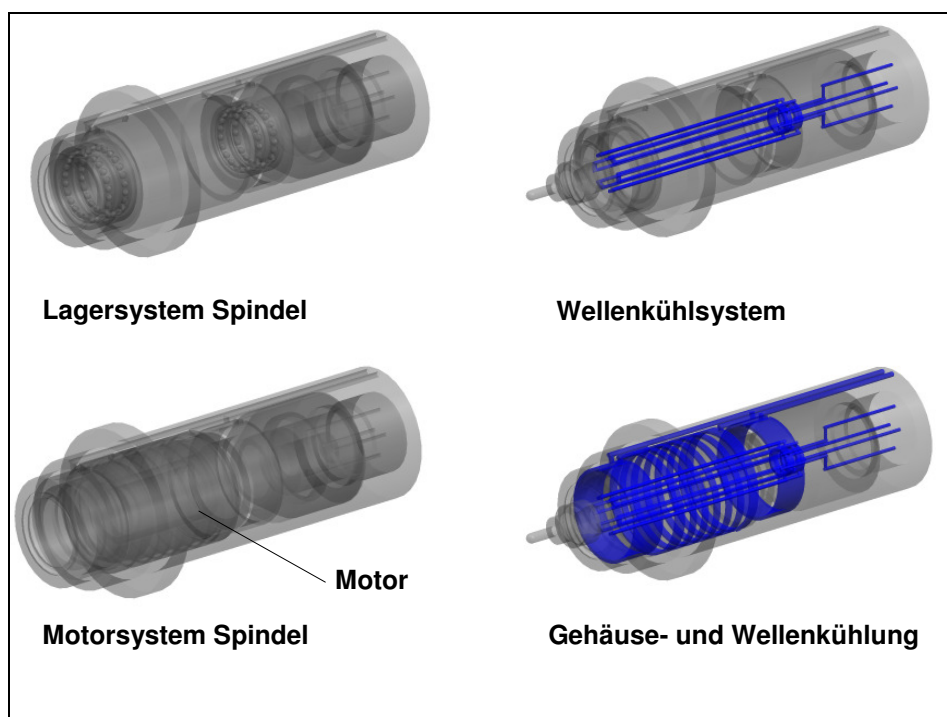


Abbildung 1. Schematische Darstellung des Fischer-Wellenkühlsystems.

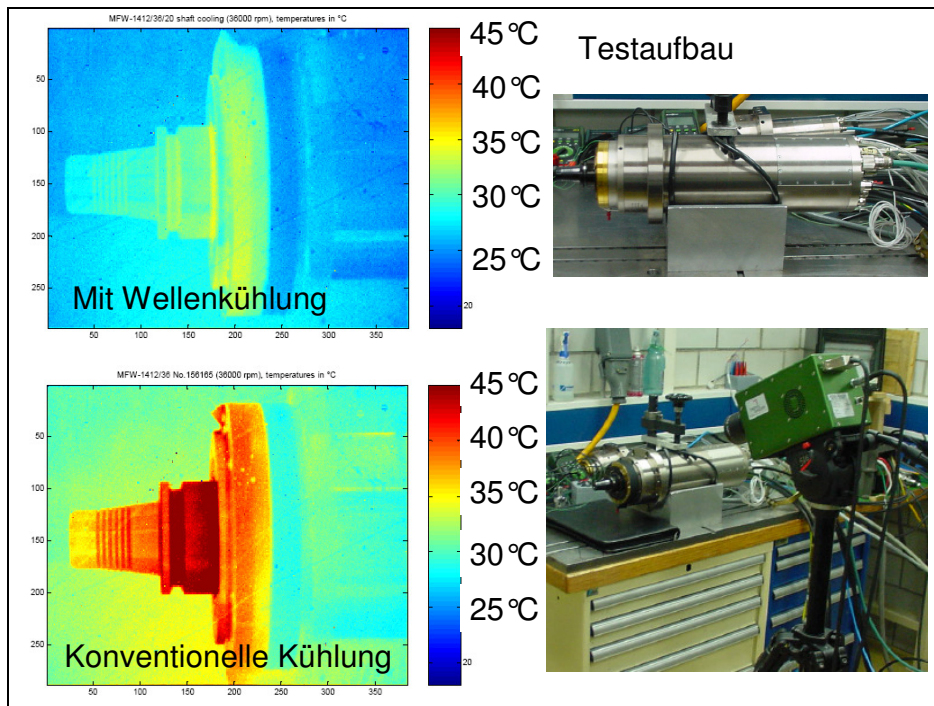


Abbildung 2. Testaufbau und Testergebnisse Wellenkühlsystem (Leerlauf).

(Spindeltype MFW-1412/36 VC HSK-E50, Außendurchmesser 140 mm, Nennleistung 15 kW, Drehzahl 36.000 min⁻¹)

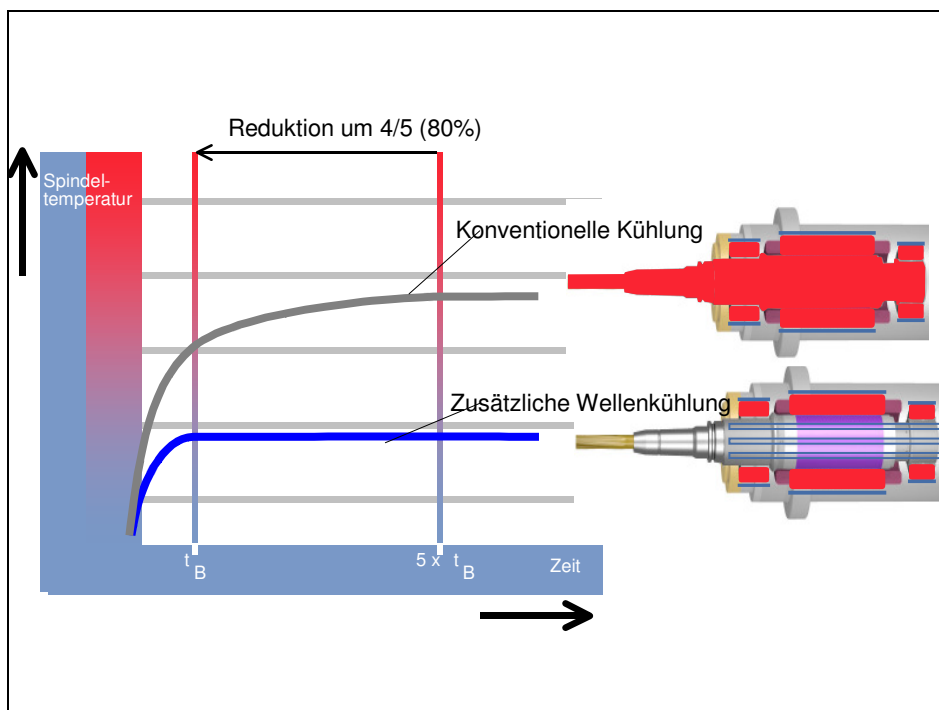


Abbildung 3. Auswirkungen des Wellenkühlsystems auf den Spindelwarmlauf