

Keramisches Tesla-Ventil

Dr. Uwe Scheithauer, Dipl.-Ing. Eric Schwarzer-Fischer,
Dipl.-Ing. Lion Sano

Für nahezu alle Prozesse, bei denen Fluide definiert zu- oder abgeführt werden, sind Ventile unerlässlich. Eine besondere Ausführung stellt dabei das Tesla-Ventil dar. Dieses passive, fluidische Ventil wurde 1916 von Nikola Tesla zum Patent angemeldet. Im Gegensatz zu üblichen Ventilen ist das Tesla-Ventil eine Art Rückschlagventil ohne bewegliche mechanische Teile.

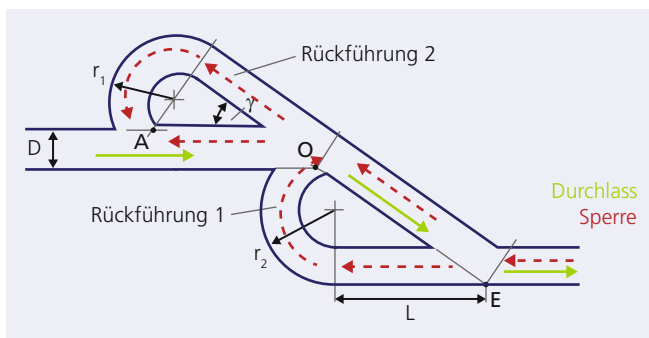


Bild 1: Schematischer Aufbau eines Tesla-Ventils.

Keramische Tesla-Ventile

Keramische Werkstoffe besitzen herausragende thermische, chemische und mechanische Eigenschaften und sind deshalb z. B. für Verbrennungsprozesse hochinteressant. Bei der Verbrennung von Gasen (z. B. Erdgas oder Wasserstoff) zur Wärmeerzeugung oder innerhalb einer Brennkammer für Raumfahrtantriebe ist ein Rückschlag der Verbrennung in das Zuleitungssystem und den Vorrattank der Fluide unbedingt zu vermeiden. Gerade für Raumfahrtanwendungen, bei denen während der Startphase hohe mechanische Belastungen auftreten, sind Ventilausführungen ohne bewegliche Teile aufgrund der Robustheit hochattraktiv.

Diodizität

Die wesentliche Kenngröße eines Tesla-Ventils ist die Diodizität. Diese beschreibt den Quotienten der Druckverluste der Strömungen in Gegenrichtung und Durchflussrichtung und ist abhängig vom Volumenstrom. Beim Tesla-Ventil wird eine möglichst hohe Diodizität angestrebt, indem durch geometrisch komplexe Kanäle ein geringer Druckverlust in Durchflussrichtung und ein hoher Druckverlust in Gegenrichtung realisiert wird. Letzteres wird z. B. durch Verschlaufung und Rückführung der Fluide gegen die eigentliche Strömung erreicht.

CerAMufacturing = Additive Fertigung von Keramiken

Additive Fertigungsverfahren (Additive Manufacturing, AM) eröffnen völlig neue Möglichkeiten bei der geometrischen Gestaltung von Bauteilen – gerade bei sehr harten und damit schwer zu bearbeitenden keramischen Werkstoffen. Für die Auslegung von Tesla-Ventilen kann durch AM die dritte Dimension erschlossen werden. Hierdurch kann die Diodizität signifikant gesteigert werden. Aktuelle Arbeiten am Fraunhofer IKTS fokussieren das Bauteildesign und die Strömungssimulation, um die Diodizität und Herstellbarkeit der keramischen Tesla-Ventile weiter zu verbessern.

Sehr gute Oberflächeneigenschaften

Der Strömungswiderstand wird u. a. durch die Reibung des Fluids an der Wand beeinflusst und ist damit signifikant von der Oberflächenrauheit abhängig. Mittels CerAM VPP (Vat-Photopolymerization, Unterart der Stereolithographie) hergestellte Komponenten aus Al_2O_3 weisen auch auf doppelt gekrümmten Oberflächen Ra-Werte unter $2 \mu m$ auf und sind damit zirka eine Größenordnung besser als metallische AM-Bauteile ($Ra > 20 \mu m$). Erreicht wird dies durch feinere keramische Pulver ($< 1 \mu m$) sowie die Diffusionsprozesse während der nachgelagerten Sinterung der Bauteile.



Bild 2: Frontansicht des Tesla-Ventils mit Einlass für Gegenströmung im Vordergrund.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Design und Simulation geometrisch hochkomplexer Bauteile für verschiedenste Anwendungen
- Auswahl geeigneter keramischer, hartmetallischer oder gläserner Werkstoffe gemäß Anwendungsszenario
- Auswahl geeigneter additiver oder konventioneller Fertigungsverfahren gemäß den Anforderungen des Bauteildesigns
- Fertigung von Einzelstücken bis prototypische Serienfertigung