

Fabian Wegmann

Student	Fabian Wegmann
Examinator	Prof. Dr. Benno Bucher
Themengebiet	Energie- und Umwelttechnik

Kryostat für eine Hochdruckzelle



Bestehende Kühlvorrichtung

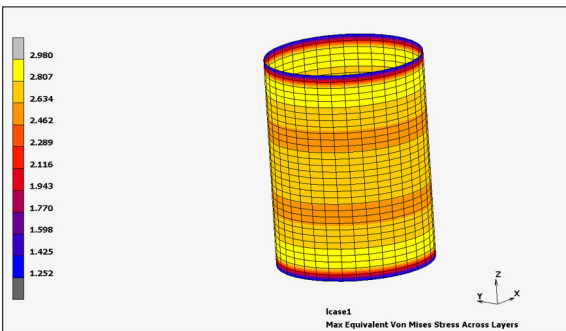
Ausgangslage: Im Rahmen einer Masterarbeit wurde eine Druckzelle konstruiert und gebaut. Das Ziel war, mit dieser Druckzelle verschiedene Materialien bei 77 K (-196.15°C) grossen Drücken auszusetzen. Bis anhin wurde für Druckversuche bei tiefen Temperaturen das Versuchsmaterial zuerst zusammengedrückt und dann abgekühlt. Mit der Druckzelle soll es nun möglich sein, erst zu kühlen und dann den Druck zu erhöhen. Die Druckversuche sollen Aufschluss über die Eigenschaft des untersuchten Materials geben.

Bei der bestehenden Kühlvorrichtung zirkuliert flüssiges Stickstoff in Kupferschlangen und kühlt die Druckzelle ab. Die Kupferschlangen sind aber in direktem Kontakt mit der Luft, was zum Ausfrieren der Luftfeuchtigkeit führt und die Messungen behindert. Die bestehende Konstruktion soll durch einen Kryostaten ergänzt werden, der eine Vereisungen verhindert und die Druckzelle auf einer konstanten Temperatur halten kann. Für die Druckerhöhung muss der Kryostat eine Durchführung für den Druckstempel besitzen.

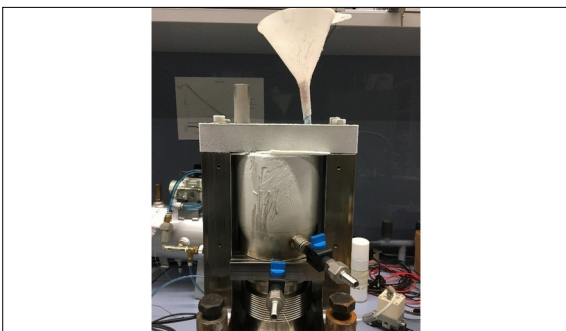
Vorgehen: Mittels Recherchen und angewandten physikalischen Grundlagen wurde ein Kryostat konzipiert und gebaut. Das Augenmerk lag vor allem auf der Isolationsfähigkeit für den flüssigen Stickstoff bei 77 K; diese wurde durch eine Vakuumisolation erreicht. Berechnungen zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und Festigkeit wurden mittels Finite Element Methoden und Handrechnung durchgeführt. Für die Konstruktion wurde vorwiegend hochlegierter Chromstahl verwendet. Dieser hat eine geringe Wärmeleitfähigkeit und besitzt auch bei tiefen Temperaturen eine hohe Schlagzähigkeit.

Die Umsetzung der Konstruktion erfolgte grössten Teils in Zusammenarbeit mit der internen HSR Werkstatt. Zusätzliche Komponenten wurden extern bestellt und komplettierten die Konstruktion. Abschliessend wurde der Kryostat und die Vakuumisolation in einer kleinen Versuchsreihe getestet.

Ergebnis: Insgesamt wurden drei Versuche durchgeführt, in denen die Vakuumisolation, die Beweglichkeit des Stempels in der Druckzelle und abschliessend der Verlauf der Temperatur experimentell verifiziert wurden. Positiv fielen die Resultate der Vakuumisolation und der Temperaturverlauf aus. Es entstehen noch vereinzelt Vereisungen, jedoch nicht an Stellen, wo sie die Experimente stören. Im zweiten Versuch konnte gezeigt werden, dass der Stempel auf Grund der verschiedenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Stahl und Kupferberyllium verklemmten. Im letzten Versuch wurde die Stabilität der Temperatur geprüft. Es zeigte sich, dass sich im Proberaum der Druckzelle eine stabile Temperatur von 98 K einstellt; dies ist 22 K höher als die Temperatur von flüssigem Stickstoff (77 K). Der Grund könnte der Wärmekontakt zwischen Druckzelle und Stahljoch des Druckgenerators sein. Das Stahljoch besteht aus normalem Stahl, hat eine grosse Wärmeleitfähigkeit und verhindert eine vollständige Wärmeisolation des flüssigen Stickstoffs. Aus den Versuchen können nun Massnahmen getroffen werden, um die gesamte Konstruktion weiter zu optimieren.



Spannungsanalyse mit Finite Element Methoden



Versuchsdurchführung Befüllung mit flüssigem Stickstoff