



Doctoral Thesis

Schnelldrehendes Schwungrad aus faserverstärktem Kunststoff

Author(s):

von Burg, Peter

Publication Date:

1996

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001687214> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 11'444

**Schnelldrehendes Schwungrad aus
faserverstärktem Kunststoff**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Peter von Burg

Dipl. Masch.-Ing. ETH
geboren am 25. März 1959
von Selzach SO

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. U. Meier, Referent
Prof. Dr. G. Schweitzer, Korreferent

Zürich 1996

Kurzfassung

Moderne Schwungräder werden immer mehr zur kurzfristigen Energiespeicherung eingesetzt. Ein Projekt KIS (**K**inetischer-**K**urzzeit-**E**nergie-**S**peicher) an der ETH beinhaltet Entwicklung und Bau eines solchen Speichers für einen Energieinhalt von 1kWh und einer Leistung von 250kW. Der Speicher besteht aus einem Schwungrad aus faserverstärktem Kunststoff, einem daran angeflanschten elektrischen Motor/Generator mit zugehörigem Umrichter und einer aktiven Magnetlagerung.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird der Schwungradrotor für diesen Energiespeicher näher untersucht. Die speziellen Anforderungen an einen solchen Rotor (hohe Energiedichte, Sicherheit im Versagensfall) werden detailliert betrachtet. Dazu müssen vor allem der Spannungszustand und das Bruchverhalten des Rotors genau bekannt sein. Der Spannungszustand von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen kann massgeblich durch herstellungsbedingte Eigenspannungen beeinflusst werden (Vorspannung, Schwund). Durch gezielt eingebrachte Vorspannungen können die für die Belastbarkeit eines Schwungradrotors massgebenden Betriebsspannungen reduziert werden.

Zur Berechnung der Spannungen in scheibenförmigen Rotoren aus faserverstärkten Kunststoffen wird eine geeignete Methode formuliert. Damit

können neben der Belastung des Schwungrades durch Rotation vor allem auch alle herstellungsbedingten Eigenspannungen berücksichtigt werden. Zur Dimensionierung werden einerseits die heute üblichen, andererseits aber auch erweiterte Bruchspannungshypothesen für faserverstärkte Kunststoffe verwendet. Herstellungsbedingte Eigenspannungen werden mit entsprechenden Versuchen und Messungen nachgewiesen und mit der Berechnung verglichen. Zur Messung werden sowohl konventionelle Dehnmessstreifen wie auch berührungsfreie optische Methoden eingesetzt.

Im Projekt KIS wurde die Auslegung und Optimierung eines scheibenförmigen Schwungradrotors bezüglich Energieinhalt, Drehzahl, Gasreibungsverluste, Geometrie, Materialaufwand und Form vorgenommen. Anschliessend wurde der Schwungradrotor gebaut und erfolgreich getestet.

Abstract

Modern flywheels are becoming more widely used to store energy for short periods of time. The project KIS (Short Time **K**inetic Energy **S**torage System) at the ETH involves the development and construction of such a system with an energy content of 1kWh and a peak power capability of 250kW. The system consists of a flywheel made of fiber reinforced plastics, a flanged electrical motor/generator with the necessary power electronics and an active magnetic bearing.

Within the present work the flywheel for this particular energy storage system was investigated in detail. The specific needs for such a rotor (energy density, safety in case of failure) were analyzed in detail. The stress distribution and the failure behavior of the rotor must therefore be known exactly. The stress distribution of structural parts made of advanced composites is dependent to a great extent on the manufacture-related residual stresses (pre-stressing, shrinkage). Due to built-in pre-stresses the relevant structural loads under operation can be reduced.

For the stress calculation of disk-shaped rotors made of advanced composites, an adapted calculation method has been formulated. With this method the stresses in the flywheel due to rotational as well as the manufacture-related residual stresses can be taken into account. The usual failure criteria and

additional criteria for advanced composites were used for the dimensioning. The residual stresses were confirmed with tests and measurements to be similar to the calculated values. The measurement methods made use of conventional strain gauges together with contactless optical sensors.

In the KIS project, the design and optimization of a disk shaped flywheel were conducted with respect to energy content, rotational speed, aerodynamic friction, geometry, material expenditure and shape. Subsequently, the flywheel was built and successfully tested.