



BESCHLEUNIGTE ALTERUNGSPRÜFUNG AN SOLARABSORBERN FÜR DEN EINSATZ IM MITTELTEMPERATURBEREICH

Jahresbericht 2007

Autor und Koautoren	S. Brunold, A. Luzzi
beauftragte Institution	SPF Institut für Solartechnik HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Adresse	Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Telefon, E-mail, Internetadresse	+41552224821, info@solarenergy.ch , www.solarenergy.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	102349 / 152963
BFE-Projektleiter	Jean-Christophe Hadorn
Dauer des Projekts (von – bis)	01.10.2007 – 01.07.2008
Datum	15.01.2008

ZUSAMMENFASSUNG

Neu entwickelte Solarabsorberschichten (bzw. die Kombination von Substrat und Schicht) müssen ihre Beständigkeit im realen Einsatz erst unter Beweis stellen. Daher wurde in vergangenen Projekten (z.B. IEA Task X, IEA MSTC, IEA Task 27) eine Methodik entwickelt, die aufgrund beschleunigter Alterungsuntersuchungen im Labor, bereits nach relativ kurzer Zeit, eine Vorhersage über die zu erwartende Lebensdauer zulässt. Diese Methodik wird bisher aber nur auf Absorberschichten für Standard Flachkollektoren, also im Niedertemperaturbereich, angewandt. Um die ehrgeizigen energiewirtschaftlichen Ziele der EU bis zum Jahr 2020 erfüllen zu können, wird aber die Rolle der Solarthermischen Mitteltemperaturanwendungen (Prozesswärme, Stromerzeugung) stark an Bedeutung gewinnen. Es sind daher neue Absorberschichtentwicklungen für diesen Temperaturbereich abzusehen.

Die Methodik der beschleunigten Alterungsuntersuchung soll, hinsichtlich der Beständigkeit gegenüber thermischer Belastung, an die Bedingungen des Mitteltemperaturbereichs angepasst werden. Dazu muss zunächst die thermische Belastung (mittels Analyse bestehender Mitteltemperaturanlagen und/oder Systemsimulation) evaluiert werden. Eine Anwendung der angepassten Methodik auf mindestens 3 bereits am Markt befindliche Mitteltemperaturabsorberschichten soll deren Durchführbarkeit bestätigen.

Das Projekt beinhaltet auch den Aufbau der Prüfeinrichtung sowie die Ausarbeitung eines Simulationsmodells für einachsige nachgeführte Kollektoren für Polysun 4.

Im Berichtsjahr wurde das Polysun Modell entwickelt und für einen Absorber mit zwei Anwendungsfällen wurden die Lastprofile und die Prüftemperaturzyklen bestimmt. Erste thermische Prüfungen wurden gestartet.

Projektziele

Um die ambitionierten energiewirtschaftlichen Ziele der EU für das Jahr 2020 umsetzen zu können, muss neben den solaren Niedertemperaturanwendungen, wie die Erzeugung von Wärme für die Warmwasserbereitung und Heizung, auch der Mitteltemperaturbereich, also industrielle Prozesswärme, Stromerzeugung, Wasseraufbereitung etc. massiv ausgebaut werden. Daraus ergibt sich insbesondere ein Entwicklungsbedarf für Solarabsorberschichten für einen Betriebstemperaturbereich von etwa 200 °C – 600 °C, welche in normaler Atmosphäre zuverlässig eingesetzt werden können.

In den vergangenen 10 Jahren hat sich eine Methodik zur beschleunigten Alterungsuntersuchung an Solarabsorberschichten für Standard Flachkollektoren [1, 2, 3] etabliert, an deren Entwicklung das SPF substantiell beteiligt war. Die Methodik basiert auf dem Umstand, dass sich Degradationsprozesse durch Temperaturerhöhung beschleunigen lassen. Mittels geeigneter Transformationsvorschrift lässt sich daher eine lange andauernde und wechselnde thermische Belastung, der ein Solarabsorber im Laufe seiner Lebenszeit unterliegt, in eine Belastung bei konstanter Temperatur auf höherem Niveau aber dafür kürzerer Zeit transformieren.

(i) Polysun Modul

Da nicht damit gerechnet werden kann, dass auf eine grosse Auswahl an Messdaten für Mitteltemperaturkollektoren zurück gegriffen werden kann, müssen entsprechende Daten zusätzlich durch Simulation generiert werden. Dazu soll ein Modul für einachsige nachgeführte Kollektoren, für das Simulationsprogramm Polysun 4, entwickelt werden.

(ii) Bestimmung der Absorber Lastprofile für unterschiedliche Mitteltemperaturanlagen

Absorberlastprofile, d.h. die thermische Belastung der Absorber während der Auslegungsdauer der Anlage, sollen so weit wie möglich aus Messungen und Erfahrungen realer Installationen ermittelt werden. Zusätzliche Belastungsprofile sollen durch Simulationsrechnungen mit dem neu zu entwickelten Polysun Modul für nachgeführte Kollektoren bestimmt werden.

(iii) Bestimmung der Temperaturzyklen für die Prüfung

Basierend auf den ermittelten Lastprofilen für den Absorber, werden die, für die beschleunigte Alterungsprüfung relevanten, Temperaturzyklen bestimmt. Dazu wird auf die bekannte Methodik zur beschleunigten Alterungsprüfung von Solarabsorberschichten für Flachkollektoren [1] zurückgegriffen.

(iv) Aufbau und Inbetriebnahme der Hochtemperaturprüfeinrichtung

Der Aufbau der Prüfeinrichtung ist Bestandteil eines weiteren Projektes.

(v) Durchführung der Prüfungen

Durchführung der Prüfungen bei konstanter Temperatur und Bestimmung der Aktivierungsenergien der beobachteten Degradationsprozesse. Basierend auf diesen Aktivierungsenergien sowie den Lastprofilen sollen, unter Anwendung oben genannter Methodik, Lebensdauervorhersagen für die untersuchten Absorber im Einsatz in unterschiedlichen Mitteltemperaturanlagen getroffen werden.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

(i) Polysun Modul

Ein Polysun Modul wurde implementiert, welches es erlaubt, Kollektoren ein- und zweiachsig der Sonne nach zu führen. Dieses Modul ist vorerst nur für den SPF internen Gebrauch bestimmt.

(ii) Bestimmung der Absorber Lastprofile für unterschiedliche Mitteltemperaturanlagen

Lastprofile wurden bislang für ein Solarturmkraftwerk mit einer Arbeitstemperatur (Absorber) von 400 °C sowie 600 °C ermittelt.

(iii) Bestimmung der Temperaturzyklen für die Prüfung

Für die o.g. Absorber eines Solarturmkraftwerkes wurden die Prüfzyklen ermittelt. Im ungünstigsten Fall, d.h. wenn bei dem für 600 °C ausgelegten Absorber keine Degradation während der Prüfung beobachtet wird, wären Prüfzeiten bis beinahe 10'000 Stunden bei 1000 °C nötig! Sollten die Experimente tatsächlich in diese Richtung weisen, muss noch diskutiert werden, wie dies zu handhaben ist.

(v) Durchführung der Prüfungen

Erste Prüfungen wurden mit Absorbern für das Solarturmkraftwerk durchgeführt. Da hier mit den längsten Prüfzeiten zu rechnen ist, wurde als Start eine möglichst hohe Prüftemperatur gewählt. Laut Angaben des Probenlieferanten, liegt die maximale Einsatztemperatur der Absorberbeschichtung bei über 1090°C. Daher wurde die Prüftemperatur auf 1000°C festgelegt. Es stellte sich jedoch heraus, dass das verwendete Substrat aus Stahl bei dieser Temperatur bereits deutliche Gefügeränderungen vollzieht. Dadurch wurde der Absorber praktisch zerstört und leider auch die Prüfeinrichtung beschädigt.

Nationale Zusammenarbeit

Die Implementation der nachgeführten Kollektoren wurde in enger Zusammenarbeit mit der Firma Vela Solaris AG realisiert.

Internationale Zusammenarbeit

Die Absorberproben sowie die Informationen zu den entsprechenden Solaranlagen wurden von Firmen mit Sitz ausserhalb der Schweiz bereit gestellt. Eine Namensnennung ist, zumindest zum jetzigen Zeitpunkt, aus Vertraulichkeitsgründen nicht möglich.

Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Ein Polysun Modul für nachgeführte Kollektoren wurde entwickelt und in Polysun 4 (Version SPF) integriert. Dadurch wurde eine wichtige Voraussetzung geschaffen, solarthermische Anlagen für den mittleren Temperaturbereich zu simulieren.

Erste Lastprofile und Prüftemperaturzyklen wurden für Absorber im Einsatz in einem Solarturmkraftwerk berechnet und mit den entsprechenden Prüfungen wurde begonnen.

Aufgrund der Beschädigung des Ofens ist mit einer geringen Verzögerung im geplanten Prüfungsablauf zu rechnen, welche aber ohne Einfluss auf die gesamte Projektdauer bleiben sollte.

Es liegen noch nicht sämtliche Proben und Informationen zu den entsprechenden Solaranlagen vor. Diese werden jedoch noch im Laufe des Januars 2008 erwartet.

Referenzen

- [1] B. Carlsson, U. Frei, M. Köhl, K. Möller; 'Accelerated Life Testing of Solar Energy Materials- Case Study of some Selective Solar Absorber Coating Materials for DHW Systems'; A report of IEA Task X; Solar Materials Research and Development; February 1994; SP Report 94:13; ISBN91-7848-472-3; (Report available from Swedish national Testing and Research Institute, P.O. Box 857, S-50115 Borås, Sweden)
- [2] Brunold, S.; Frei, U.; Carlsson, B.; Möller, K.; Köhl, M.; (2000). Accelerated Life Testing of Solar Absorber Coatings: Testing Procedure and Results. *Solar Energy* 68, 313-323.
- [3] Carlsson, B.; Möller, K.; Köhl, M.; Frei, U.; Brunold, S. (2000). Qualification Test Procedure for Solar Absorber Surface Durability. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 61, 225-275