



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Wissenschaftliche Berichte
FZKA 7371

**Irradiation Programme HFR
Phase IIb – SPICE
Impact testing on up to
16.3 dpa irradiated RAFM
steels**

**Final Report for
Task TW2-TTMS 001b-D05**

**E. Gaganidze, B. Dafferner, H. Ries, R. Rolli,
H.-C. Schneider, J. Aktaa**

**Institut für Materialforschung
Programm Kernfusion
Association Forschungszentrum Karlsruhe / EURATOM**

April 2008

Forschungszentrum Karlsruhe

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Wissenschaftliche Berichte

FZKA 7371

Irradiation Programme HFR Phase IIb – SPICE

Impact testing on up to 16.3 dpa irradiated RAFM steels

Final Report for
Task TW2-TTMS 001b-D05

E. Gaganidze, B. Dafferner, H. Ries, R. Rolli,
H.-C. Schneider, J. Aktaa

Institut für Materialforschung
Programm Kernfusion
Association Forschungszentrum Karlsruhe / EURATOM

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

2008

This work, supported by the European Communities under the contract of Association between EURATOM and Forschungszentrum Karlsruhe, was carried out within the framework of the European Fusion Development Agreement. The views and opinions expressed herein do not necessarily reflect those of the European Commission.

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren (HGF)

ISSN 0947-8620

urn:nbn:de:0005-073718

Bestrahlungsprogramm HFR Phase IIb – SPICE: Kerbschlagbiegeuntersuchungen an bis 16.3 dpa bestrahlten RAFM Stählen

Zusammenfassung

Die Untersuchung des bestrahlungsinduzierten Versprödungsverhaltens von niedrigaktivierbaren ferritisch-martensitischen (RAFM) Stählen bildet das Ziel der vorliegenden Arbeit. Die Neutronenbestrahlung bei verschiedenen Bestrahlungstemperaturen (250-450 °C) bis zu einer Schädigung von 16,3 dpa (nominell) wurde im Hoch Fluss Reaktor („High Flux Reactor“) Petten im Rahmen des HFR Phase IIb (SPICE) Bestrahlungsprogramms durchgeführt. Die Kerbschlageigenschaften wurden an miniaturisierten Charpy-V Proben (des KLST Typs) mittels der instrumentierten Kerbschlagbiegeversuche ermittelt.

Der Hauptschwerpunkt des Bestrahlungsprogramms liegt in der Untersuchung des Einflusses der Neutronenbestrahlung auf die mechanischen Eigenschaften von einem europäischen RAFM Referenzstahl für die Erste Wand des Demonstrationsreaktors (DEMO), EUROFER97, bei zwei verschiedenen Wärmebehandlungen. Die mechanischen Eigenschaften von EUROFER97 wurden mit denen von internationalen Referenzmaterialien (F82H-mod, OPTIFER-1a, GA3X und MANET-1), welche im SPICE Projekt untersucht wurden, verglichen. Die Bestrahlungsresistenz von bis 16,3 dpa bei 250-450 °C bestrahltem EUROFER97 ist vergleichbar mit der von besten Referenz-Strukturmaterialien. Es wurde für alle untersuchten RAFM Stähle eine erhebliche Tieftemperaturversprödung ($T_{irr} \leq 300$ °C) beobachtet. Die Wärmebehandlung von EUROFER97 bei höherer Austenisierungstemperatur führt zur wesentlichen Verbesserung des Versprödungsverhaltens bei niedrigen Bestrahlungstemperaturen ($T_{irr} \leq 350$ °C). Bei $T_{irr} \geq 350$ °C liegen die Spröbruchübergangstemperaturen (DBTT) von untersuchten niedrigaktivierbaren Stählen unterhalb von -20 °C und damit weit unterhalb der Anwendungstemperatur. Die Analyse des Verfestigungs- vs. Versprödungs- Verhaltens deutet auf die Verfestigungsdominierte Versprödung unterhalb von $T_{irr} \leq 350$ °C mit $0,17 \leq C_{100} \leq 0,53$ °C/MPa.

Oxiddispersionsgehärteter ODS EUROFER Stahl mit 0,5 wt.% Y_2O_3 wurde bei ausgewählten Temperaturen bestrahlt. Bereits im unbestrahlten Zustand zeigte ODS EUROFER keine befriedigende Kerbschlagbiegeeigenschaften, gekennzeichnet durch eine niedrige USE = 2,54 J und durch eine große DBTT = 135 °C. Die Zunahme von USE für Bestrahlungstemperaturen unterhalb von $T_{irr} \leq 350$ °C deutet außerdem auf ein nicht optimiertes Herstellungsverfahren. Bei $T_{irr} = 250$ °C ist die bestrahlungsinduzierte Verschiebung der Übergangstemperatur vergleichbar mit der vom EUROFER97. Bei höheren Bestrahlungstemperaturen zeigt hingegen ODS EUROFER größere Versprödung im Vergleich zum Referenzmetall.

Die Rolle des Heliums in der Materialversprödung wurde an EUROFER97 basierten Stählen untersucht, welche mit verschiedenem Bor Gehalt (0,008-0,112 wt.%) dotiert wurden. Bor dotierte Proben zeigen zunehmende Versprödung und Abnahme der Zähigkeit mit der Zunahme des generierten Helium Gehalts. Bis zu einem Helium Gehalt von 84 appm ist bei $T_{irr} = 250$ °C Helium induzierte Versprödung auf Helium induzierte Verfestigung zurückzuführen. Höhere Helium Konzentrationen führten zu weiteren Versprödungsmechanismen zusätzlich zur Helium induzierten Verfestigung.