

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN Zr TERHADAP KETAHANAN OKSIDASI TEMPERATUR TINGGI PADUAN FeCrAl ODS

Oleh
Ahmad Mahran Rafiqi
NIM: 116210045
(Program Studi Sarjana Teknik Metalurgi)

Transisi energi di Indonesia mendorong pengembangan teknologi pembangkit listrik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, dan alternatif permasalahan tersebut adalah Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Salah satu komponen penting dalam PLTN jenis *Light Water Power Reactor* (LWR) adalah kelongsong. Namun, kecelakaan di Fukushima memicu pengembangan material kelongsong yang lebih aman. FeCrAl ODS menjadi kandidat kuat berkat ketahanan oksidasi temperatur tinggi yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh penambahan unsur Zirkonium (Zr) terhadap ketahanan oksidasi temperatur tinggi pada paduan FeCrAl ODS, yang potensial sebagai material kelongsong alternatif dalam konsep *Accident Tolerant Fuels* (ATF). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metalurgi serbuk, dengan tahapan *mechanical alloying*, kompaksi, dan *sintering*. Sampel dibagi menjadi dua: tanpa Zr dan dengan penambahan Zr 0,8%. Oksidasi dilakukan pada suhu 800°C dan 1000°C selama 4, 16, dan 25 jam di lingkungan udara bebas. Karakterisasi dilakukan menggunakan SEM-EDS, XRD, dan uji kekerasan Vickers untuk mengamati perubahan mikrostruktur, fasa, produk oksidasi, perilaku oksidasi, serta perubahan kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Zr mampu memperhalus butir dengan pembentukan fasa Y-Zr-O dan ZrO₂. Hal ini berdampak pada %porositas yang menurun dan nilai kekerasan yang meningkat. Penambahan Zr juga terbukti memberikan kontribusi positif terhadap perilaku oksidasi. Hal ini dibuktikan dengan laju oksidasi yang lebih rendah dikarenakan pembentukan oksida spinel yang tebal dan rapat, sehingga menghambat difusi ion oksigen kedalam substrat. Selain itu pada mekanisme pembentukan lapisan oksida penambahan Zr mempromosikan pembentukan oksida spinel yang protektif ketika awal oksidasi dan bentuk lapisan oksida yang lebih teratur. Secara keseluruhan, penambahan Zr memberikan kontribusi positif terhadap ketahanan oksidasi temperatur tinggi, sehingga menjadikannya layak sebagai material kelongsong PLTN berbasis LWR.

Kata kunci: ATF, FeCrAl ODS, Kelongsong, Ketahanan Oksidasi, Zirkonium

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF Zr ADDITION ON THE HIGH-TEMPERATURE OXIDATION RESISTANCE OF FeCrAl ODS

By
Ahmad Mahran Rafiqi
NIM: 116210045
(Metallurgical Engineering Undergraduated Program)

The energy transition in Indonesia encourages the development of more environmentally friendly and sustainable electricity generation technologies, and one alternative to this issue is Nuclear Power Plants (NPP). One of the important components in Light Water Power Reactor (LWR) type NPPs is the cladding. However, the accident in Fukushima triggered the development of safer cladding materials. FeCrAl ODS has become a strong candidate due to its high resistance to high-temperature oxidation. This research was conducted to examine the effect of Zirconium (Zr) addition on the high-temperature oxidation resistance of FeCrAl ODS alloys, which have the potential to be alternative cladding materials in the concept of Accident Tolerant Fuels (ATF). The method used in this research is powder metallurgy, with stages of mechanical alloying, compaction, and sintering. The samples are divided into two: without Zr and with the addition of 0.8% Zr. Oxidation was carried out at temperatures of 800°C and 1000°C for 4, 16, and 25 hours in open air environment. Characterization was performed using SEM-EDS, XRD, and Vickers hardness tests to observe changes in microstructure, phases, oxidation products, oxidation behavior, and changes in hardness. The research results indicate that the addition of Zr can refine the grains by forming Y-Zr-O and ZrO₂ phases. This has an impact on the decreased percentage of porosity and increased hardness values. The addition of Zr also proves to have a positive contribution to oxidation behavior. This is evidenced by a lower oxidation rate due to the formation of thick and dense spinel oxides, which inhibit oxygen diffusion into the substrate. Furthermore, in the mechanism of oxide layer formation, the addition of Zr promotes the formation of protective spinel oxides during the initial oxidation and results in a more orderly oxide layer. Overall, the addition of Zr provides a positive contribution to high-temperature oxidation resistance, making it suitable as a material for LWR-based nuclear power plant cladding.

Keywords: ATF, Cladding, FeCrAl ODS, Oxidation Resistance, Zirconium