

가

Investigation of Melting Characteristics of Reactor Material for Various Mass and Composition using the Cold Crucible

* , * , * , * , * , * , * , **

*

**

150

252

TROI(Test for

Real cOrium Interaction with water) , 가

가 30kg 150kW, 50kHz

가 . 가 5-30kg

, , 가 , .

Abstract

Korea Atomic Energy Research Institute(KAERI) has been carrying out the fuel-coolant interaction(FCI) experiments called the Test for Real cOrium Interaction with water(TROI) program using the reactor material. As a part of the program, the experimental study for the melting and release method for reactor materials with high melting points is conducted. The radio frequency generator with electric power capacity 150kW and frequency 50khz is used to melt the reactor material using the cold melting method. About 5-30 kg melt is obtained from the melting experiments which some were successfully applied to FCI experiments. The melting characteristics are analyzed according to the material composition, the cold crucible size and the tungsten tube which is submerged into the melt for measurement of the melt temperature. The melt temperature is measured using two two-color pyrometers.

1.

Coolant Interaction) TROI(Test for Real cOrium Interaction with water) (FCI: Fuel [1]

가 (Corium) UO₂/ZrO₂/Zr/SS 가

2500° C 가 (: 2700° C) (: 3400° C)

가

(Cold Crucible Melting Method) 가 가 [2].

TROI 가 TiO₂ [3], ZrO₂[4], UO₂/ZrO₂ 가

[5] 가 5-30kg

가

2.

2.1 가 가 가 가

가 가 가 가

2.1.1 가 가 가 가

가 가 가 가

가 , FCI 가

15cm, 20cm 가 가, 20kg 10kg 20cm, 26cm

가 가 . 1 가 가 가

2 가 , 가

가 가 1mm

가

2.1.2 가

UO₂/ZrO₂

가

가

가

가

가

(Jacket)

가

가

가

1.704m,

1.36m

가

가

가

가

가

20mm

가

가

MgO

5cm

2.1.3

가

가

가

가

2

8

1mm

3/4

가

가

가

3mm

1mm

, 가

가

2.1.4 가

2.1.4.1

가

가

가

(Penetration depth)

가

(electrical resistance)

3

가

가 가

10%

가

가

가

[8].

3

가

가

가

가

(

)

. FCI

UO₂/ZrO₂

(300K)

가

2700 C

1

2.47E-

5 .m

20kg

2cm

50kHz가

. UO₂/ZrO₂ 2kg

150kW,

50kHz가

2.1.4.2

가

Ohmic

(Refractory oxide material)

가

(10-12 10E-4 mho/m)

RF(Radio Frequency)

ampere/meter

watt 가

가 ,

RF

가

가

가 가

. Mobile Control Rack

PC

2.1.5

가

$$L(\mu H) = \frac{R^2 N^2}{9R + 10H} \dots\dots\dots(1)$$

R : (Inch)

N :

H : (Inch)

50kHz

가

가

2

2.1.6

3

가

가

가

가

가

가

가

가

가

가

가

가

가

2.2

UO₂/ZrO₂

가

UO₂ ZrO₂

Hood

UO₂ pellet

ZrO₂

Hood

UO₂

UO₂

UO₂

UO₂ pellet(

7mm,

15mm)

, ZrO₂

4

가

UO₂ pellet

4

ZrO₂

가

1mm

Hood

가

가

가

가

가

ZrO₂

2cm

UO₂ pellet

Pellet

ZrO₂

pellet

ZrO₂

Zr

(50mm,

10mm,

UO₂

100g)

ZrO₂

가

UO₂ pellet

ZrO₂

가

가

(20mm)

가

UO₂ pellet

ZrO₂

가

Hood

가

가 가 가 ,
 CDD 가 ,
 PC 가
 가 (power input) 가
 Q 가
 가 가 가
 가 가

3.

UO₂/ZrO₂(7:3), UO₂/ZrO₂(8:2), ZrO₂ 3가 5
 ZrO₂, UO₂/ZrO₂(7:3), UO₂/ZrO₂(8:2) 가
 ZrO₂ 3mm, 4mm
 UO₂/ZrO₂ (7:3 8:2) 2mm, 3mm
 ZrO₂ UO₂/ZrO₂
 가 가
 가 가
 가 UO₂/ZrO₂ 60%가
 가 70% 가
 가 가

UO₂/ZrO₂(7:3), UO₂/ZrO₂(8:2), ZrO₂
 Q(Qualification Factor) . Q

$$Z = r (r \quad) \quad Q$$

$$Q = \frac{\omega L}{r} = \frac{Z_L}{Z} = \frac{V_c / I_L}{V / I} \dots\dots\dots(2)$$

$\omega=2\pi f$ (angular frequency)

r : L= , Z= , Z_L : , V_L; , I_L :

8:2 (02-03-21) 9 7:3 UO₂/ZrO₂ 7:3(01-06-27)
 가 Q 가 2,500
 8:2 Q 가
 7:3 8:2 가 가
 8:2 5,000
 가 ZrO₂ ZrO₂
 Q가 가 ZrO₂
 UO₂/ZrO₂ 가 가
 가 UO₂/ZrO₂ (8:2) 가 가
 UO₂/ZrO₂ 8:2
 (02-03-21) (02-04-02) 10
 Q Q
 가 11 가 가
 가 가 가

$$P_{m\eta} = \eta P_i \dots\dots\dots(5)$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_f}{Q_i} \dots\dots\dots(6)$$

Qi; Q factor, Qf : Q factor

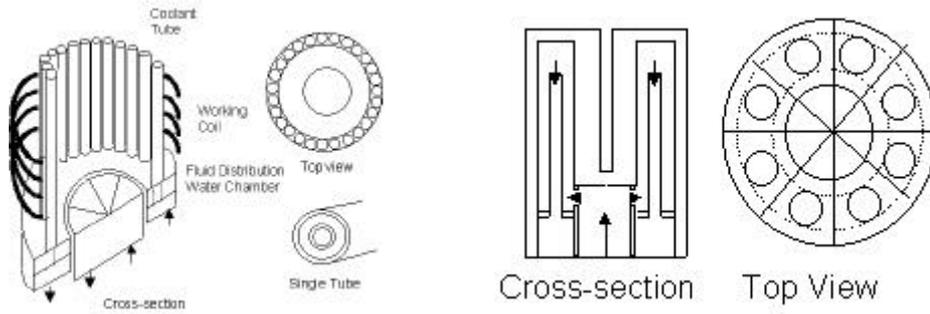
50% 가
 가 가 70% 가
 12 IRCON
 가 800 ZrO₂ , 1,000
 가 Zr , 2,000
 가 3,300K
 가 가 , 2,000
 가 가 , 3,250K
 13 ZrO₂ CHINO
 3,800K 가 가 , IRCON 3,000K
 CHINO emissivity ratio 1.2 1.0 CHINO

가 . CHINO Emissivity ratio 1.18 IRCON
 . CHINO 1.18 [5]
 가 .

4.

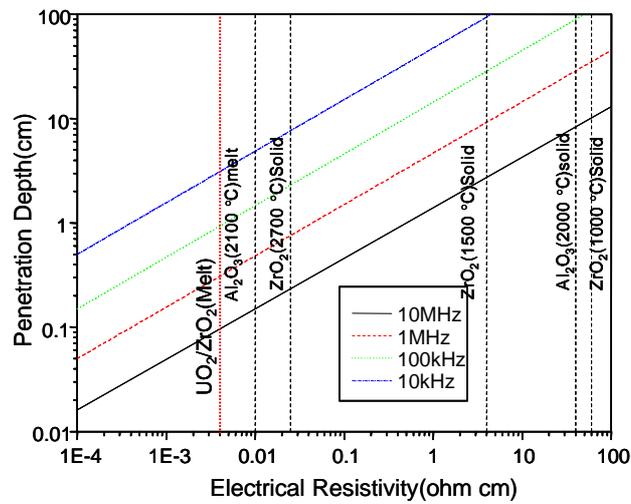
가
 .
 UO₂/ZrO₂ ZrO₂ UO₂/ZrO₂ ZrO₂ 가
 . UO₂/ZrO₂ 8:2 가 가 가
 . 가 가 가 가 가
 50% 가 가 가 70% 가
 .
 IRCON
 . CHINO 3,800K 가 가 , IRCON 3,000K
 . CHINO 가
 , Emissivity ratio 1.18 IRCON .

1. , ZrO₂ - , 2000 , 2000. 11.
2. E. Kaldis, "Current Topics in Material Science: Vol. 1", north- Holland, Chapter 6: pp.421-480.2, 1978.
3. , Experimental Results for TiO₂ Melting and Release using Cold Crucible Melting 2000 , 2000 5
4. , A Study on the Control of the Bottom Crust Thickness in the Cold Crucible Melting, 2001 , 2001 5
5. , "Experiment and Analysis on Melting of the UO₂/ZrO₂ mixtures using a Cold Crucible, 2001 , 2001 10
6. V. Asmolov et al., "TULPAN Facility Measurement", KURCHATOV INSTITUTE, OECD Report, RP-TR-31, Aug. 1997.

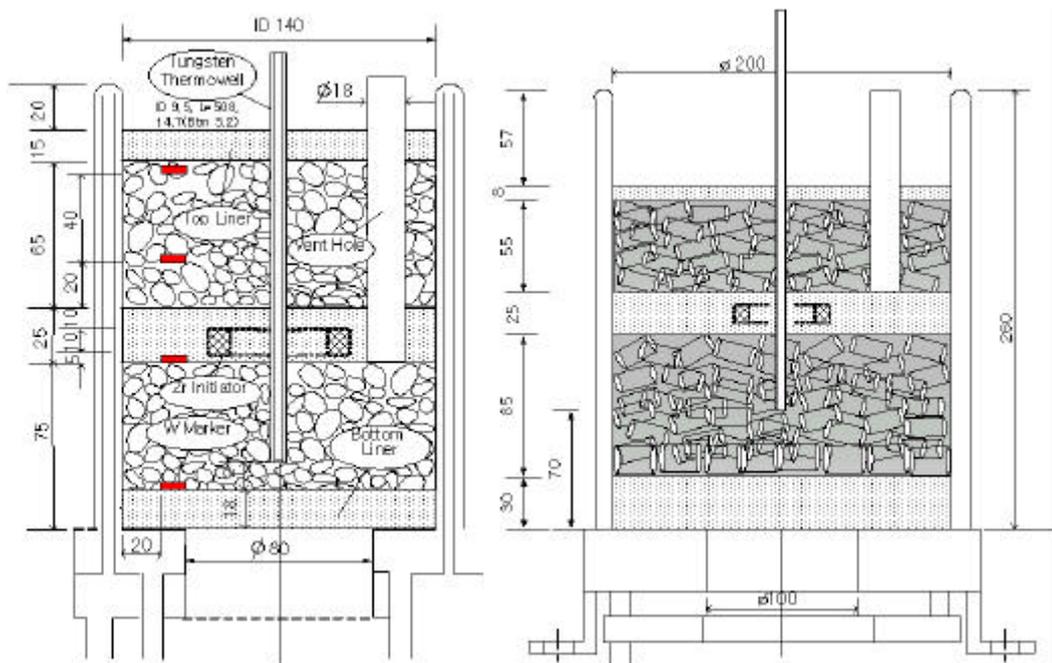


1. 가

2.

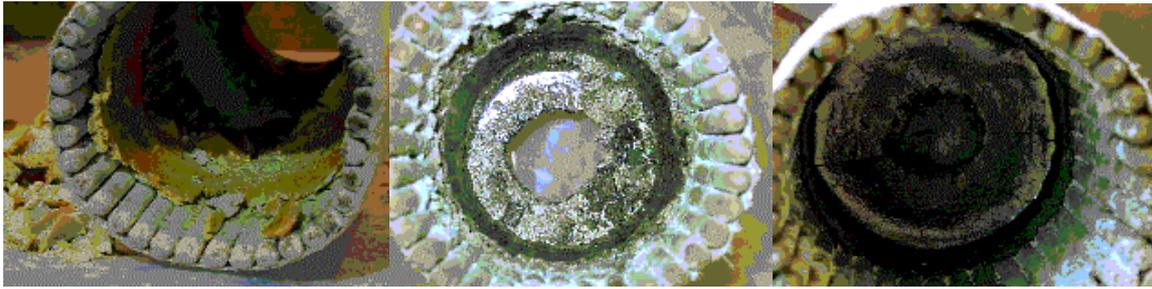


3.



4.

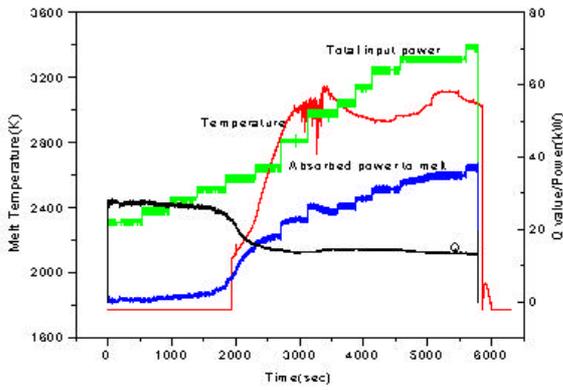
()



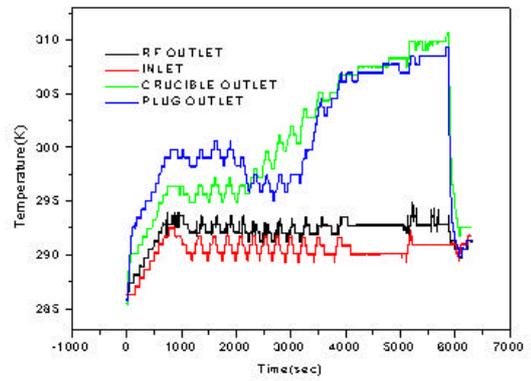
ZrO_2 , UO_2/ZrO_2 (7:3), UO_2/ZrO_2 (8:2)

5.

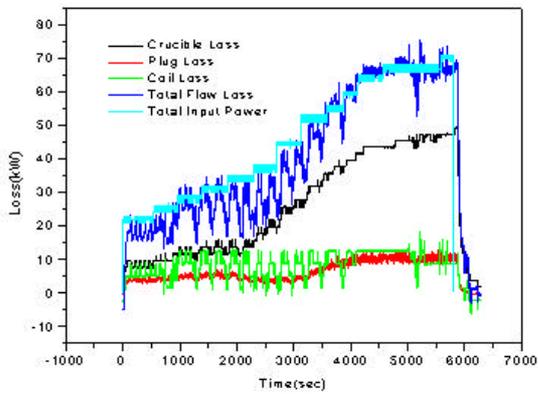
가



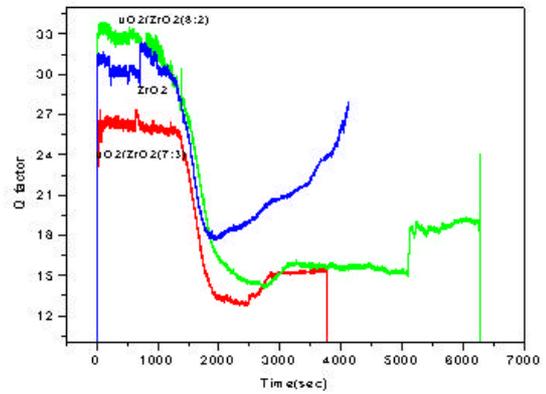
6.



7.

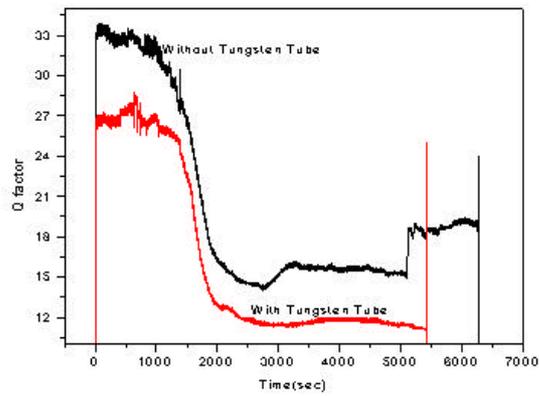


8.



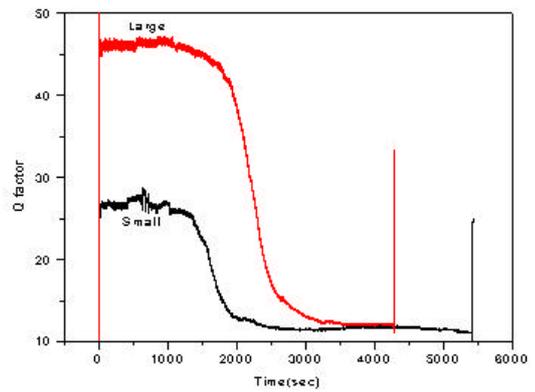
9.

Q



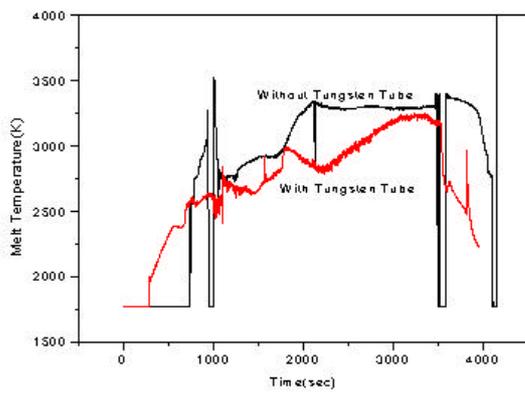
10.

Q

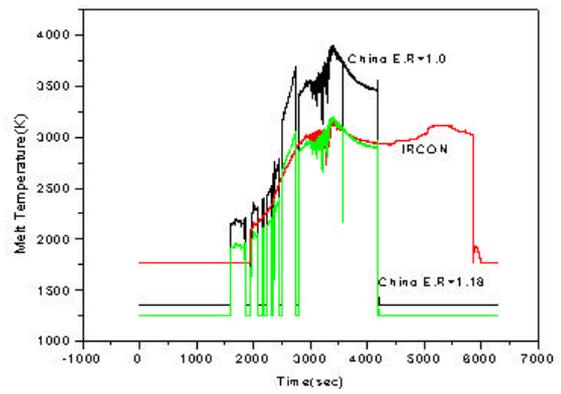


11. 가

Q



12.



13.

1.

Composition wt %	N sample	Mode	Temperature, C			
			2570	2620	2700	2800
C-100 UO ₂ -77.8 ZrO ₂ -22.2	16	Heating	-	3.0	2.25	1.96
		Cooling	-	-	-	-
	17	Heating	4.3	3.15	2.47	1.95
		Cooling	-	2.92	-	1.95
	18	Heating	4.28	3.15	2.47	-
		Cooling	-	-	-	-

2. Coil

코일	소형	대형
반경(cm)	20	27.5
높이(cm)	17	17
감김 수	12	9
코일 값	21.69	20.52

3.

번호	위치	연결방법
1	Chamber inlet	"T" 형 15A 소켓 (25x15X15)
2	Crucible outlet	"T" 형 15A 소켓 (25x15X15)
3	Plug outlet	"T" 형 15A 소켓 (25x15X15)
4	Jacket Inlet	"1/2 T" 형 15A 소켓 (25x15X15)
5	Lower Jacket outlet	"T" 형 15A 소켓 (25x15X15)
6	Upper Jacket outlet	"T" 형 15A 소켓 (25x15X15)
7	Generator inlet	"T" 형 15A 소켓 (25x15X15), 부싱 1
8*	Generator outlet	"T" 형 15A 소켓 (25x15X15), 부싱 1