



CENTRE FOR ENERGY RESEARCH HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Empirical Formula on Creep Kinetics of Fuel Claddings in VVER Type Reactors

Richárd Nagy
MTA EK, Hungary

Óbuda University

Budapest, 21-22. January, 2018.

Study summary (in Hungarian)

I. semester

- **A képlékenységtan alapjai**
- **Szilárdtestkémia**
- Anyagtudományi szeminárium
- Kutatási projekt 1
- Kutatási beszámoló 1

(6) - Ruzinkó Endre – jó *
(6) – Stirling András – jeles *
(3) – Recskiné Borsa Judit – teljesítette
(10) – aláírás
(6) – teljesítette

II. semester

- **Válogatott fejezetek az anyagvizsgálati módszerekből 1**
- **A képlékenység kúszás nem klasszikus feladatai**
- **Hőtranszport végeelem modellezése**
- Kutatási projekt 2
- Kutatási beszámoló 2

(6) – Takács Erzsébet – jó *
(6) – Ruzinkó Endre – jó *
(6) – Borsa Sándor – jeles *
(10) – aláírás
(6) – teljesítette

III. semester

- **Válogatott fejezetek az anyagvizsgálati módszerekből 2**
- Orosz nyelv kezdő
- Interfaces (English)
- Kutatási projekt 3
- Kutatási beszámoló 3

(6) – Recskiné Borsa Judit – jó *
(2) – Solymosiné Molnár Margit - jó
(3) – Horváth Márk - jó
(10) – aláírás
(6) – teljesítette

IV. semester

- **Korszerű módszerek a tömegspektrometriában**
- **Polimerek fizikai kémiája**
- Kutatási projekt 4
- Kutatási beszámoló 4

(6) – Kéki Sándor *
(6) – Pekker Sándor – közepes *
(10) – aláírás
(6) – teljesítette

V. semester

- Orosz középfaladó
- **Kísérletek tervezése és értékelése**
- Kutatási projekt 4
- Kutatási beszámoló 4

(2) – Krepler Erzsébet – jó
(6) -- Horváthné Drégely-Kiss Ágota *
(10) – aláírás
(10) – teljesítette

Recent state of theses

Theses is under construction, recently:

- collecting literature
- reading and summarize literature
- theory of creep
- theory of thermal expansion

Measurement is done:

- creep measurement
- thermal expansion measurement

Program (finite element):

- geometry model is developed

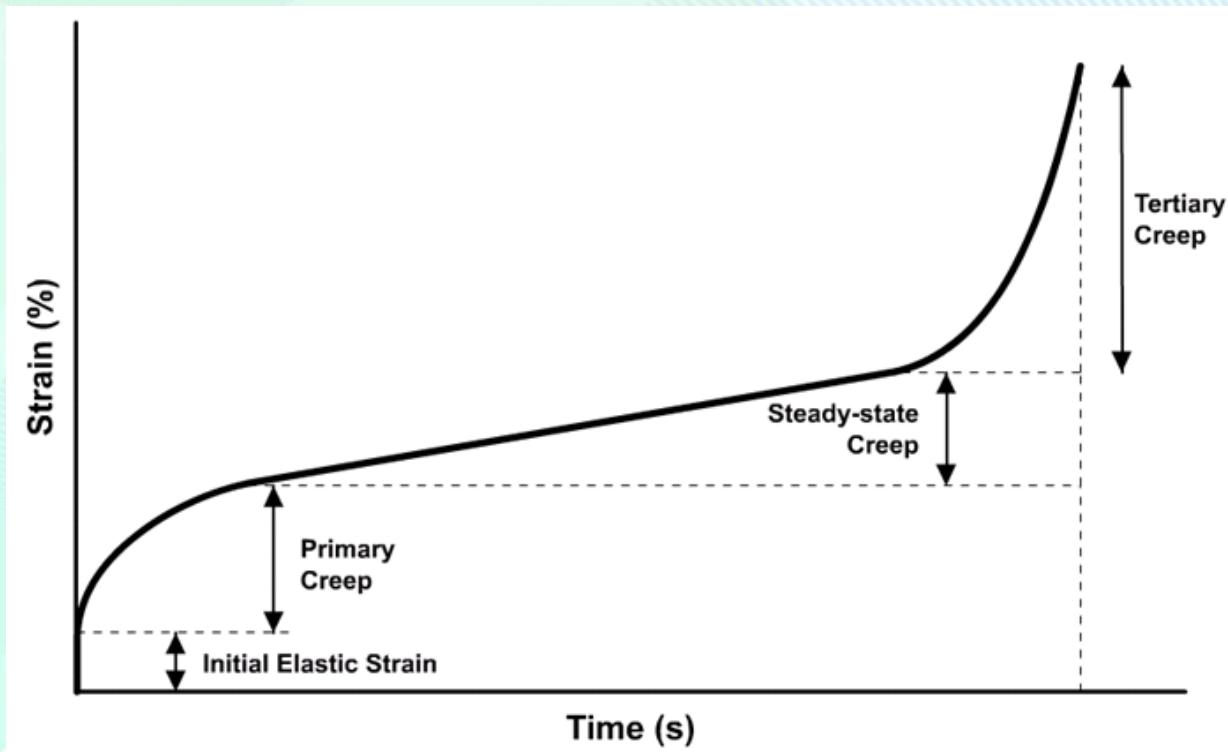
Missing:

- creep simulation**

Objectives

To determine a formula which eliminate the necessity of the finite element simulations of creep on Zr1%Nb cladding tube

To describe creep kinetics in time at certain load and temperature conditions



Formula

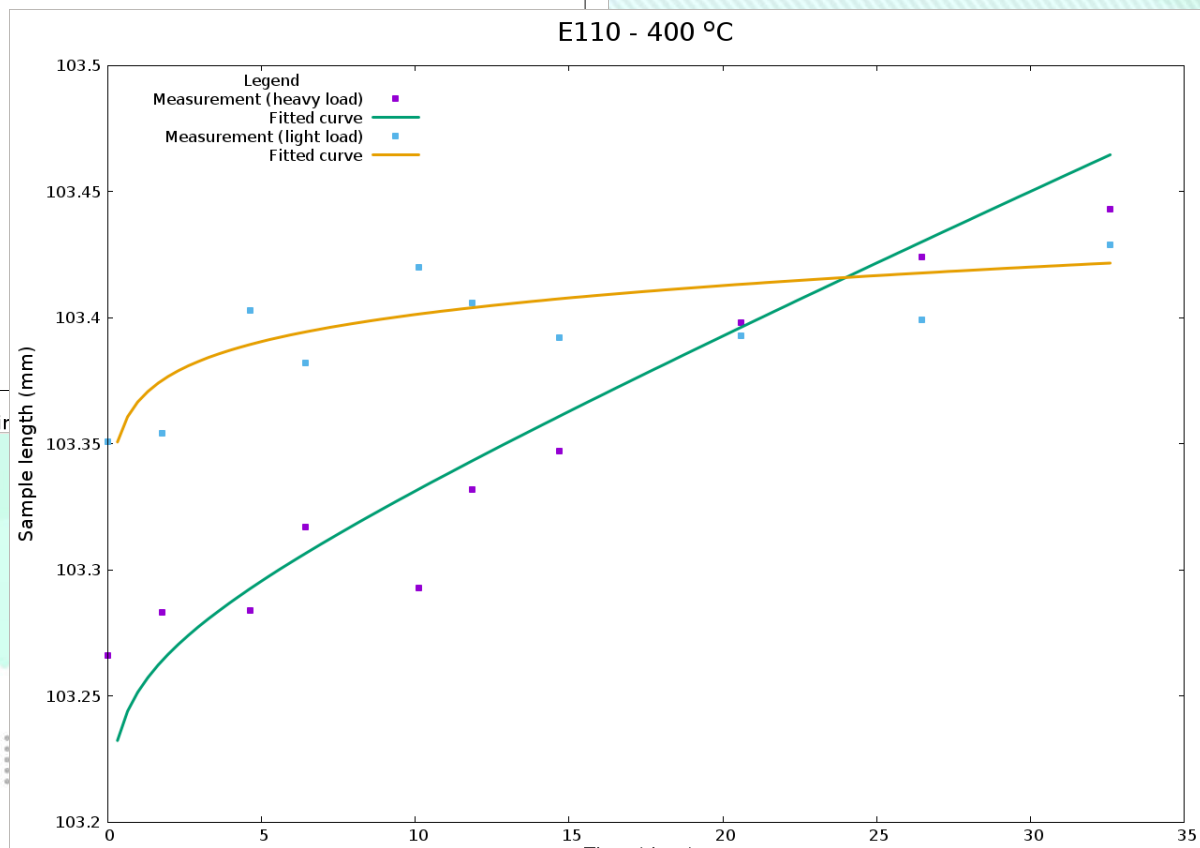
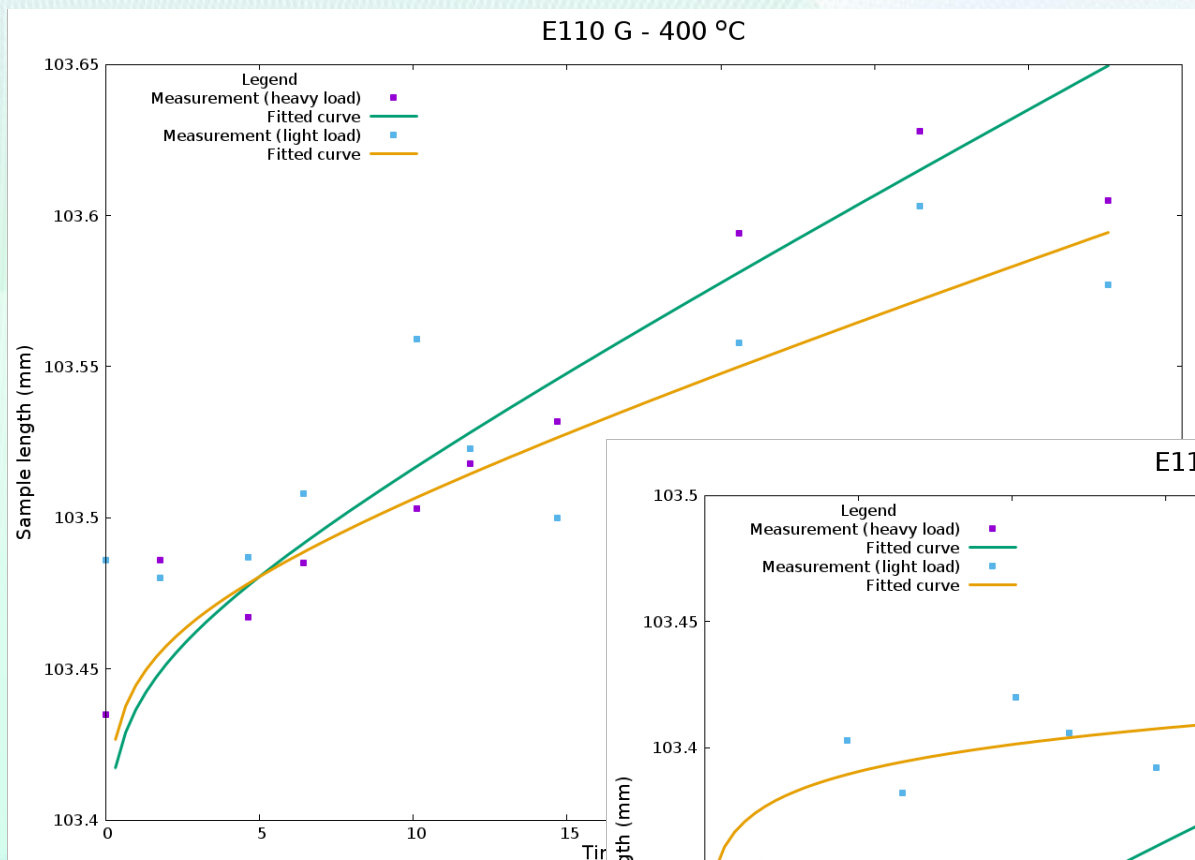
$$\varepsilon(t) = A \lg(B t + C \sqrt{t}) + E t + F$$

F – initial length of sample

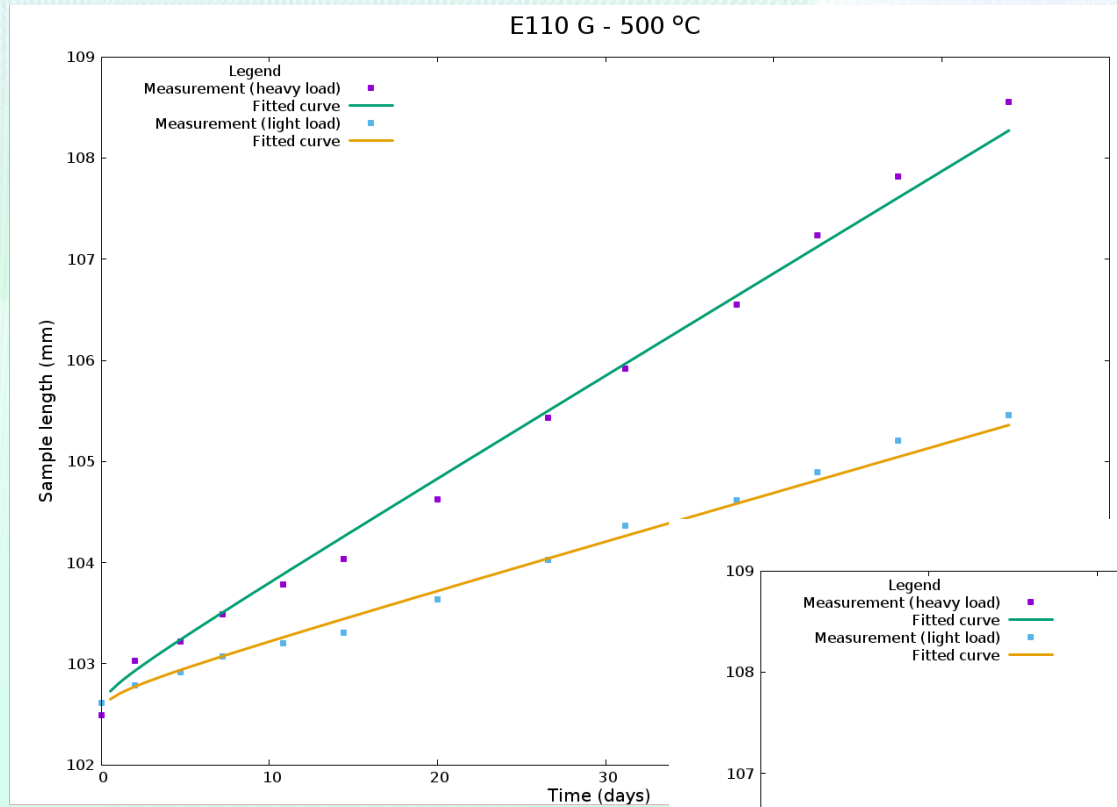
E – secondary creep

A, B, C describe primary creep: as t increase, the significant portion will be linear

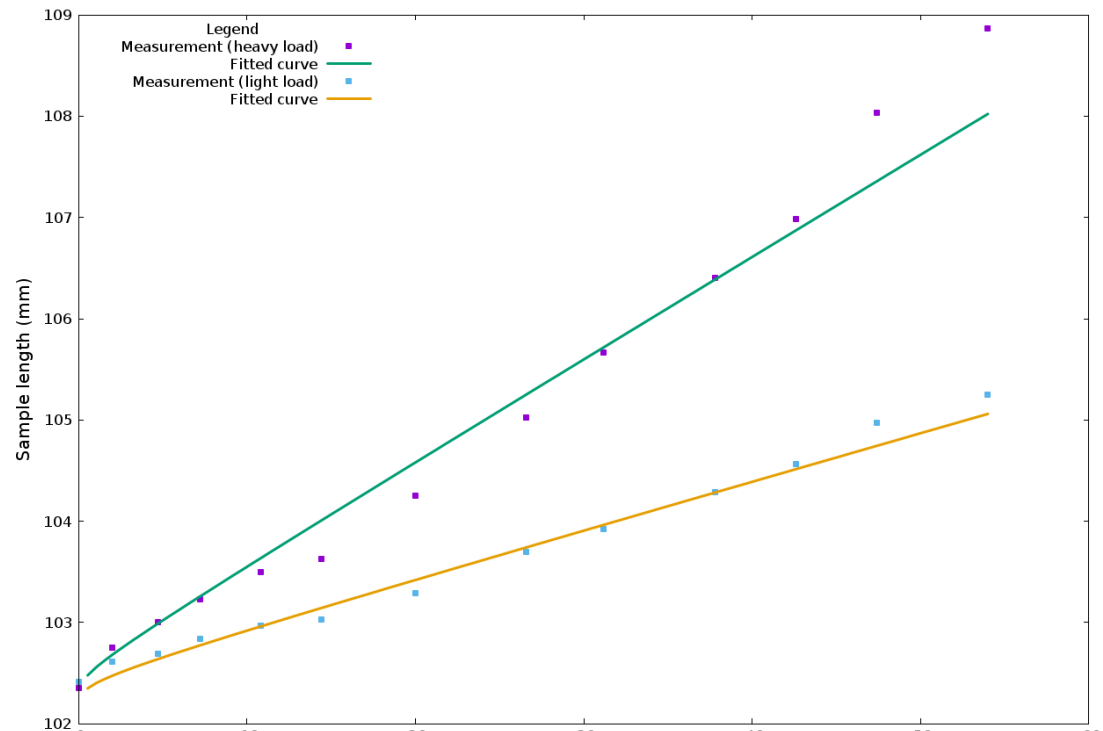
Fitting



Fitting



E110 - 500 °C



Conclusions

- A formula has been found to describe kinetics of creep of E110 cladding
- Empirical constants have also been determined
- A threshold of starting creep is identified at about 400 °C

Articles to write and sent

R. Nagy, K. Márton, T. Szepesi, A. G. Nagy, Á. Almási,
Optical Observation of the Ballooning and Burst of Zirconium
Cladding Tubes, **Nuclear Engineering and Design -**
NED 2018 340

R. Nagy, K. Márton, T. Szepesi, A. G. Nagy, Optical
Measurement of the High Temperature Ballooning of E110
Nuclear Fuel Cladding Tubes, **Review of Scientific**
Intruments - Manuscript #A181370

R. Nagy, M. Király, Z. Hózer, L. Szende, K. Hufkó, Uni-axial Creep Measurement
of Macro-sized Nuclear Fuel Cladding Tube, Journal of Nuclear Materials or
Nuclear Engineering and Design

Further tasks of Ph.D.

Subjects for credits

Kutatási project 6

Kutatási beszámoló 6

Scientific tasks

Numerical modelling of creep dynamics

Russian language certificate

References

A pihentető medence súlyos baleseti forrástag meghatározása, Hózer Z., **Nagy R.**, Szabó P., et.al. 2013

Nagy kiégésű fűtőelemek használatának megalapozása 1, Kulacsy K., **Nagy R.**, Vér N., Vimi A., 2014

Nagy kiégésű fűtőelemek használatának megalapozása 2, Kulacsy K., **Nagy R.**, Vér N., Vimi A., 2014

Az E110G fűtőelem burkolat szakítószilárdságának és kúszásának vizsgálata, Király M., **Nagy R.**, et.al., 2014

Az E110G fűtőelem burkolat üzemi és magas hőmérsékletű kúszásának vizsgálata, Király M., **Nagy R.**, et.al., 2015

Fűtőelem burkolatok elridegedésének vizsgálata szegmentált szerszámmal, Király M., **Nagy R.**, et.al., 2015

Fűtőelem burkolat felhasadásának on-line vizsgálata magas hőmérsékleten, Király M., **Nagy R.**, Szepesi Tamás, 2016

Fűtőelem burkolatok burkolat cső Mandrel tesztjének végeeselemes szimulációja, **Nagy R.**, 2017

Mandrel szerszámmal végzett fűtőelem-burkolat képlékenységi vizsgálatok, Király M., Horváth L., Uri G., Cselovszki J., **Nagy R.**, Vér N., et. al., 2017

Mandrel mérések hőkezelt mintákkal, Király M., Horváth L., Uri G., Cselovszki J., Novotny T., Perez-Feró E., **Nagy R.**, Hózer Z., 2017

References

Richárd Nagy, Márton Király, Tamás Szepesi, Visual Observation of Ballooning and Burst Phenomena of a VVER Fuel Cladding, 2017 Water Reactor Fuel Performance Meeting, Jeju, Korea, September 10 (Sun) - 14 (Thu), 2017

Post-test examinations on Zr1%Nb cladding after ballooning and burst, high temperature oxidation and secondary hydriding, Eszter K.-B., et al. JNM 2018.170

An Experimental Study on Critical Heat Flux in Vertical Annulus under Low Flow and Low Pressure Conditions
Gustav Mayer, **Richard Nagy**, Imre Nagy
Nuclear Engineering Design, 310 (2016), 461-469, NED-D16-0061R1

Optical Properties of Zr and ZrO₂
P. Petrik, A. Sulyok, T. Novotny, E. Perez-Feró, B. Kalas, E. Agocs, T. Lohner, D. Khomenkova, **R. Nagy**, M. Menyhárt, Z. Hózer, Applied Surface Science, 2016, APSUSC-D16-0686R1

Numerical Simulation of the Telescope Sipping of a Leaking VVER Fuel Assembly
P. Szabó, Z. Hózer, K. Kulacsy, B. Somfai, **R. Nagy**, T. Burján, I. Baracska Varjú, T. Pintér
Annals of Nuclear Energy, 99 (2017) 345-352



CENTRE FOR ENERGY RESEARCH HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Thank you for your attention!

nagy.richard@energia.mta.hu