

Harri Tallermo auks mälestusseminar,
30.09.2019



Energiaseadmete metalli roomavus ja tööiga

Andrei Dedov

Metalli seisundi uurimisgrupp



Jaak Maarend



Mati Uus



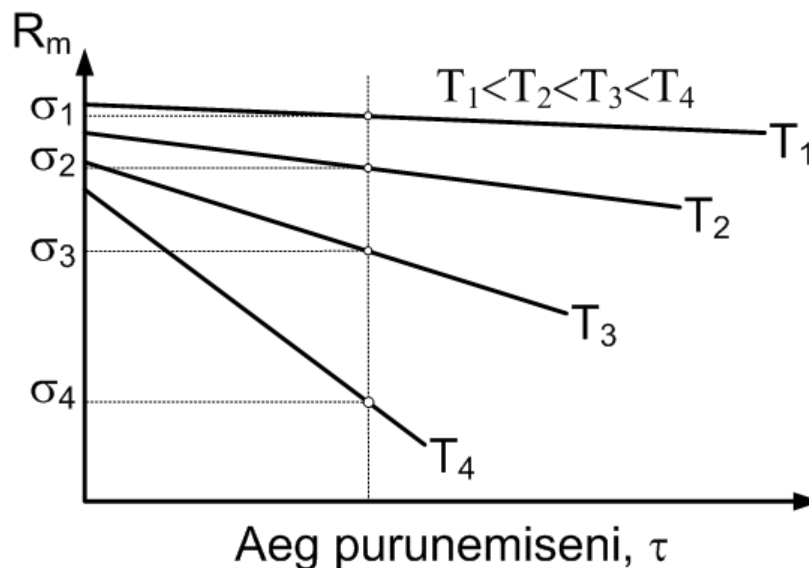
Harri Tallermo

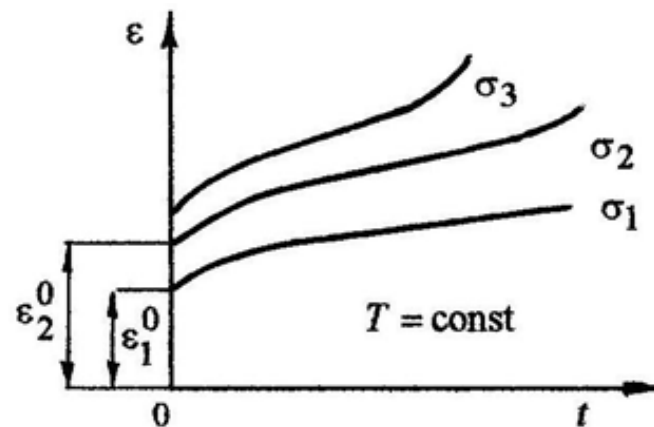
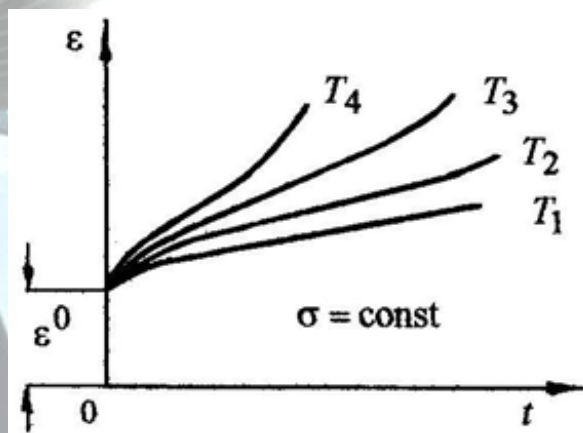
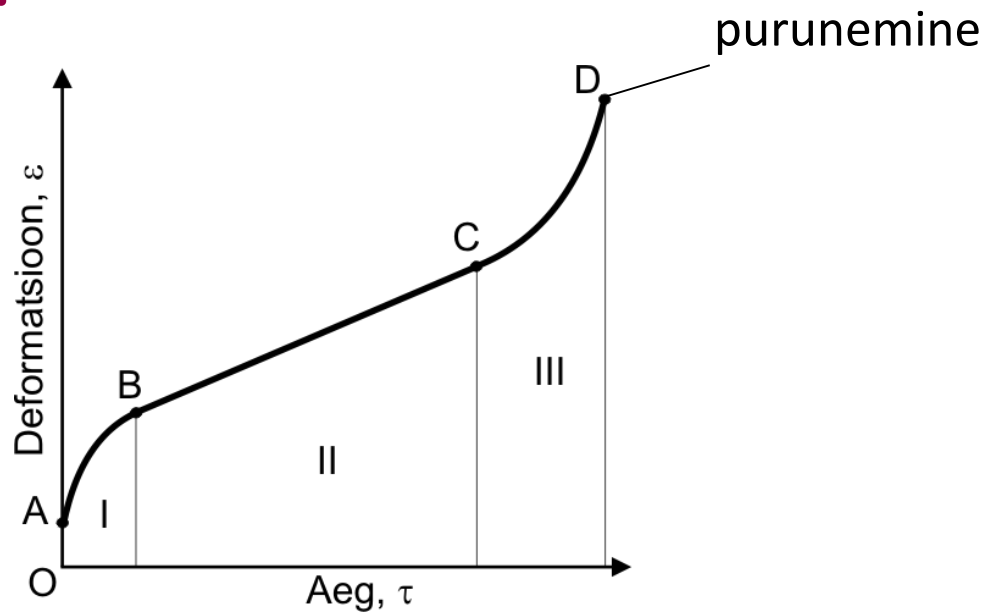
Alates 1992. aastast tegutseb Tallinna Tehnikaülikooli Energiatehnoloogia Instituudis uurimisgrupp, mis tegeleb roomavuse, väsimuse ja kõrgetemperatuurilise korrosiooni tingimustes töötavate soojusjõuseadmete elementide metalli seisundi hindamisega Eestis, et tagada nende ohutu käitamine.

Roomavus

Roomavus on tahkete ainete aeglane plastiline deformatsioon püsiva koormuse toimel kõrgetel temperatuuridel.

Element, mis on töötanud mõne aja roomavuse tingimustes, puruneb plastilisest deformatsioonist palju kordi väiksema pinge korral, kui lühiajalisel ülepingestamisel samal temperatuuril. Mida kõrgem on temperatuur, seda väiksemal koormusel puruneb metall.

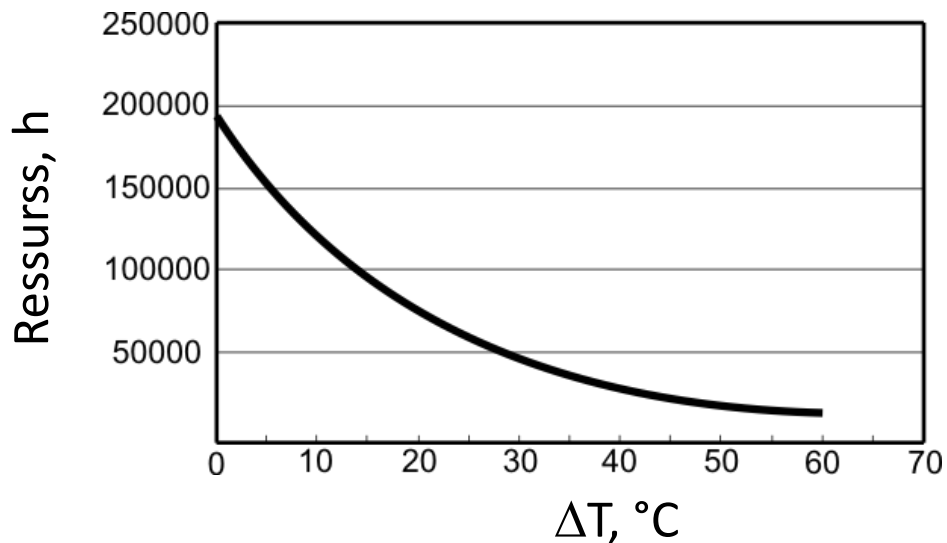




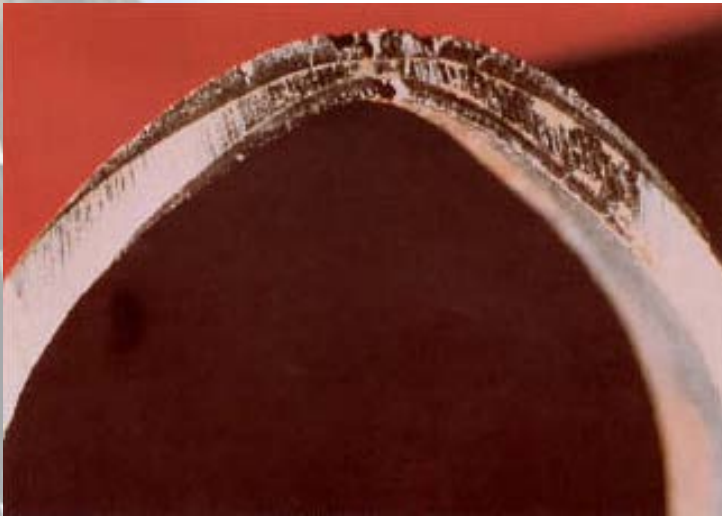
mida kõrgem temperatuur ja/või pinge (koormus),
seda kiiremini toimub plastiline deformatsioon.

Temperatuuri mõju ressursile

Kui elementi ekspuateritakse temperatuuril, mis on näiteks 14°C kõrgem kui nominaalne töötemperatuur, siis elemendi ressurss väheneb kaks korda.

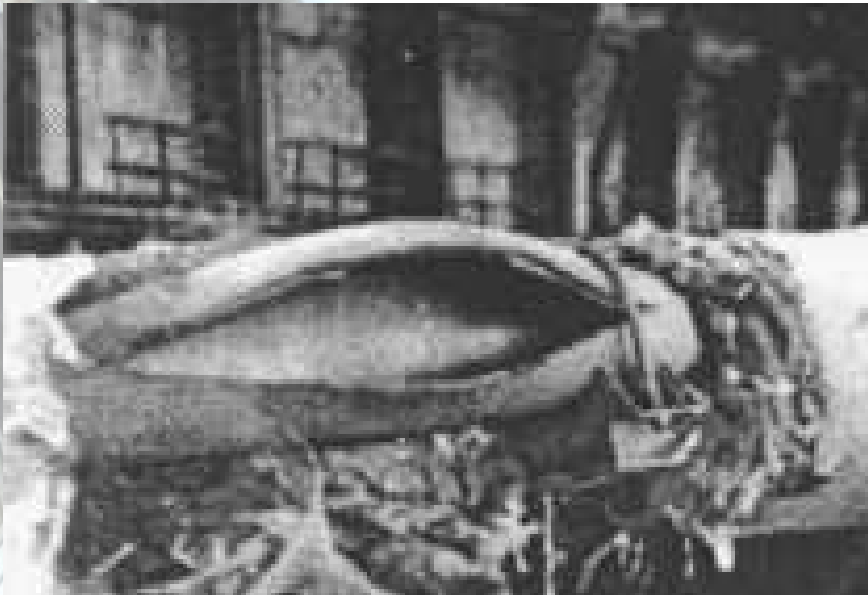


Roomavusest põhjustatud purunemised



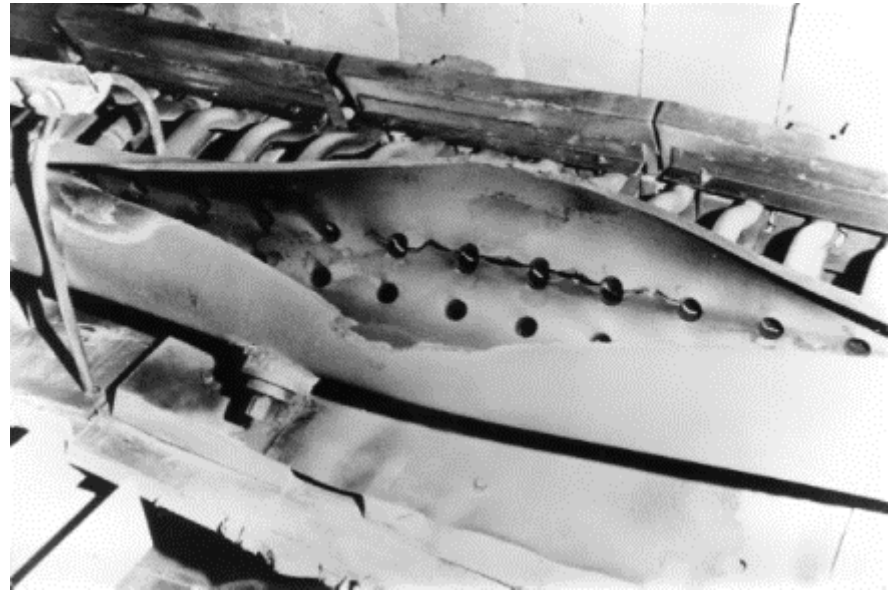
Roomavusest põhjustatud purunemised

Aurutorustiku põlv



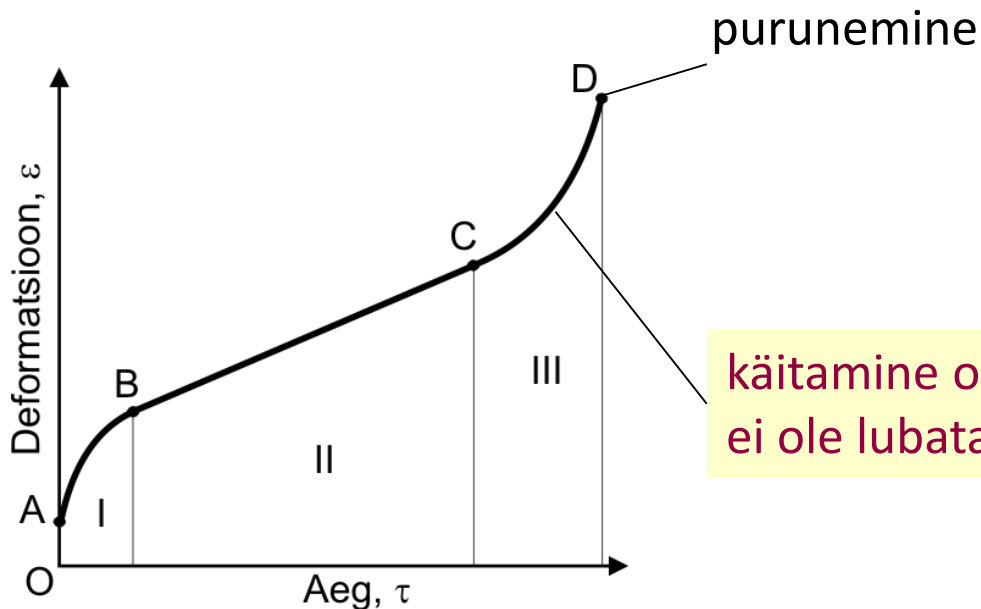
59000 h, 525 °C, 14,3 MPa
suured tööpinged
praakstruktuur
(ebakvaliteetne termotöötlus)

Kollektor



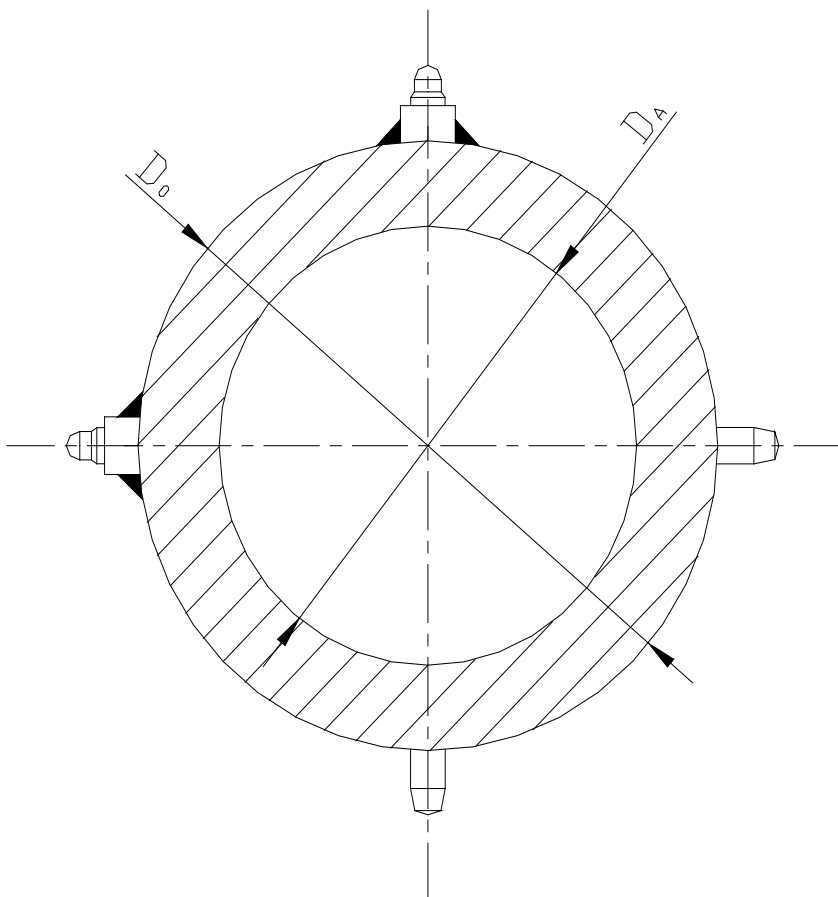
kõrgendatud töötemperatuur

Kuidas vältida metalli purunemist ning määrata jääkressurssi?



Roomavuse kontrolli meetodid:

- ✓ Deformatsiooni mõõtmine
- ✓ Struktuuri määramine



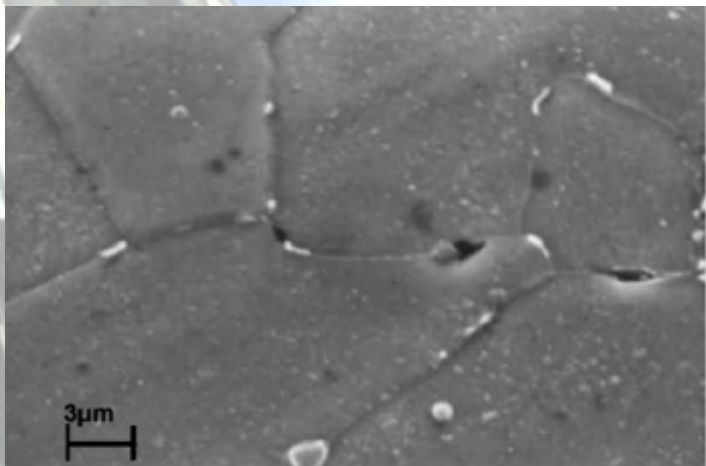
$$\varepsilon = (D_i - D_{alg}) 100 / D_{alg}, \%$$

ε - jääkdeformatsioon, %

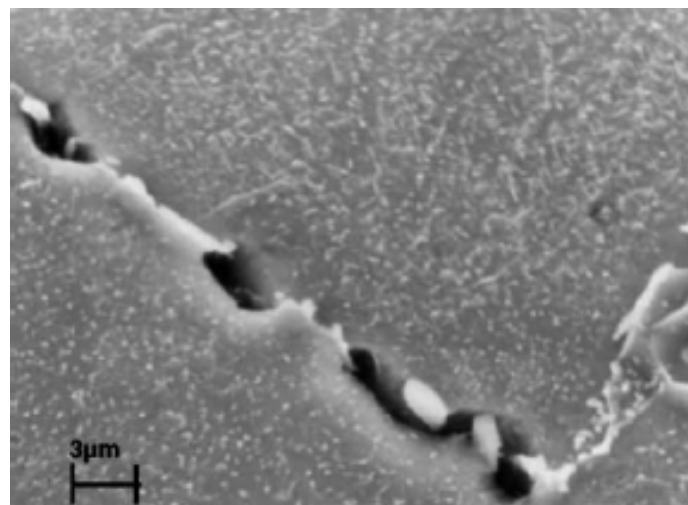
D_{alg} – toru algdiameeter, mm

D_i – toru diameeter, mm

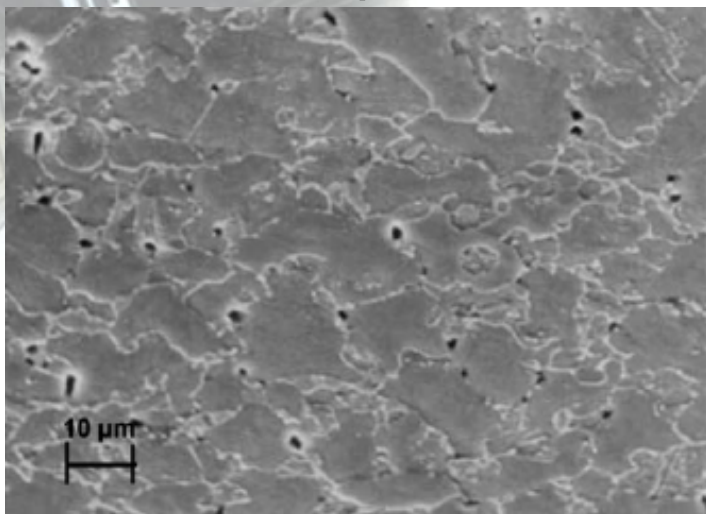
Metalli struktuuri kahjustus



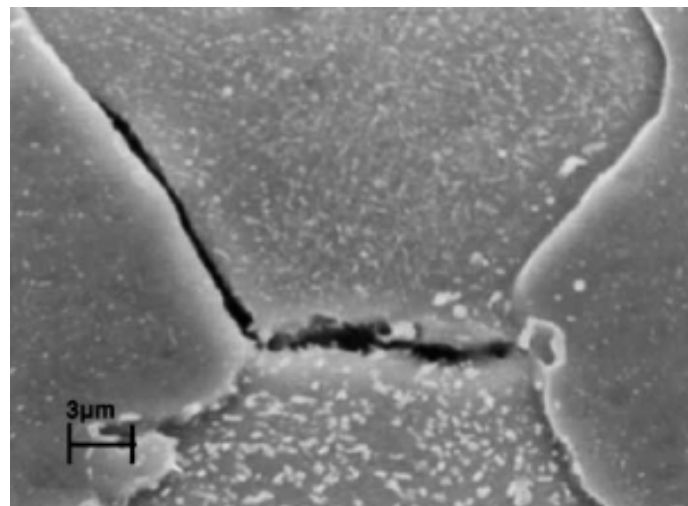
Üksikud poorid



Pooride kett

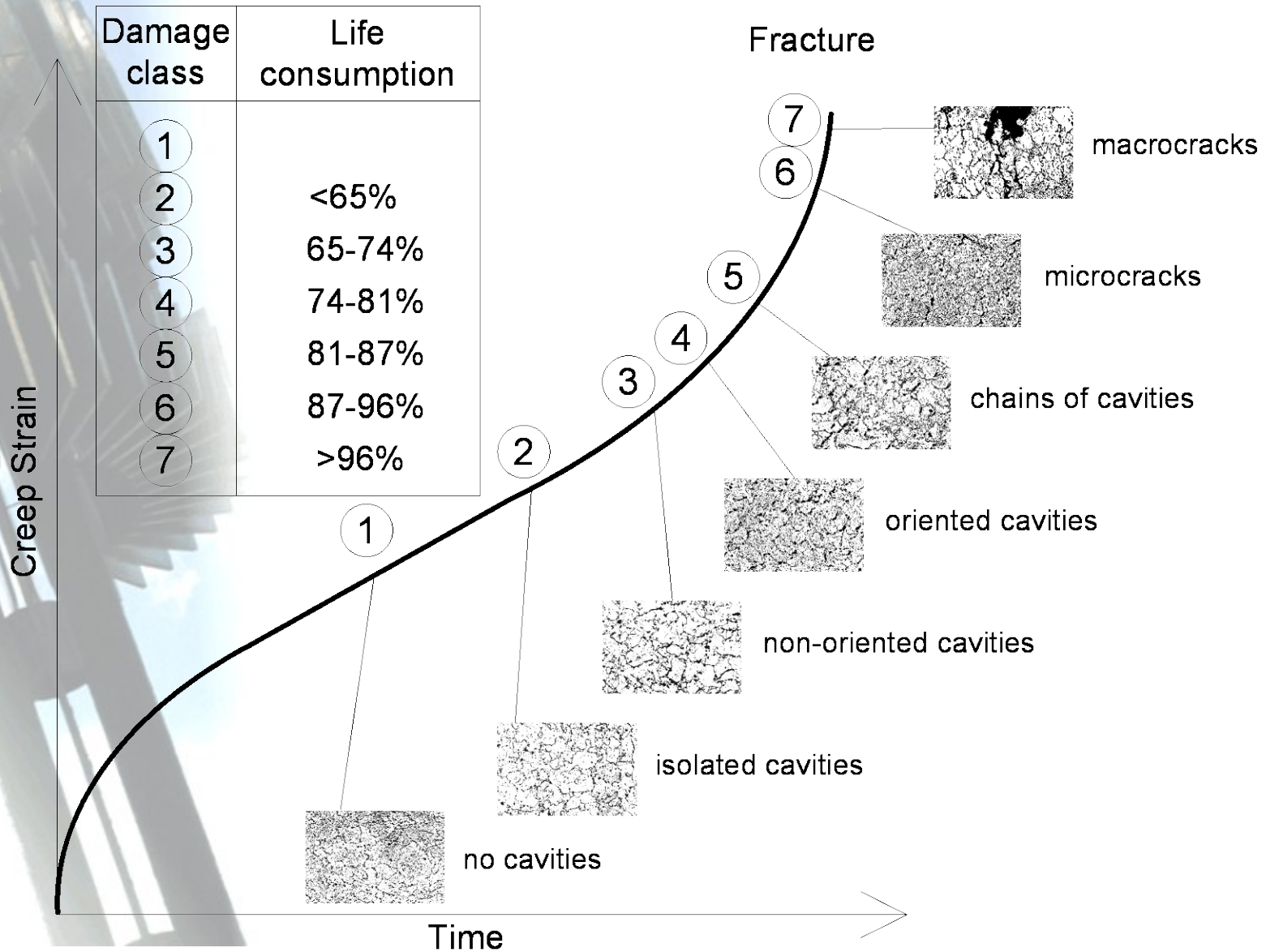


Orienteeritud poorid

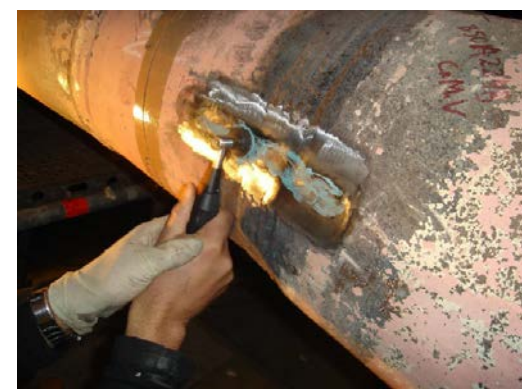


Mikropraod

Metalli struktuurianalüüs



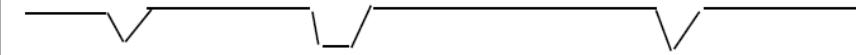
Reeplika võtmine



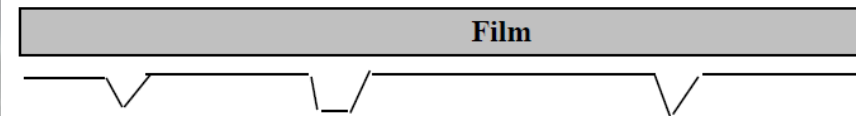
1) Rough component surface



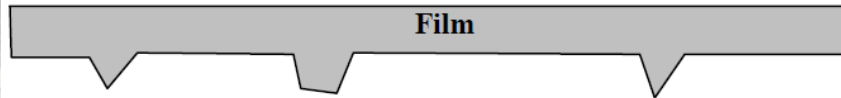
2) Component surface polished



3) Component etched to reveal microstructure
(Steps 2 and 3 repeated ~4 times)



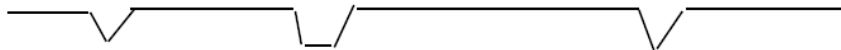
4) Film applied to surface



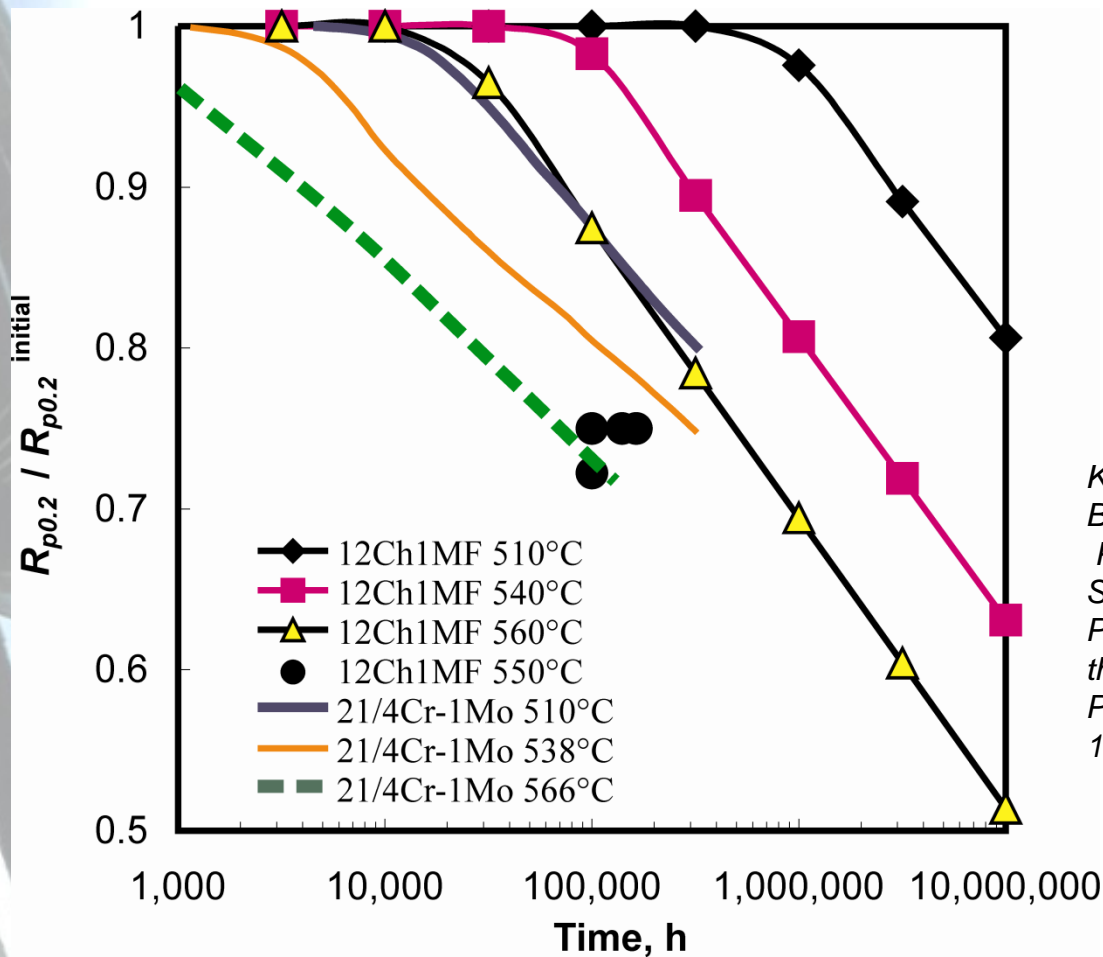
5) Film conforms to surface as solvent dries



6) Film stripped from surface with record of microstructure

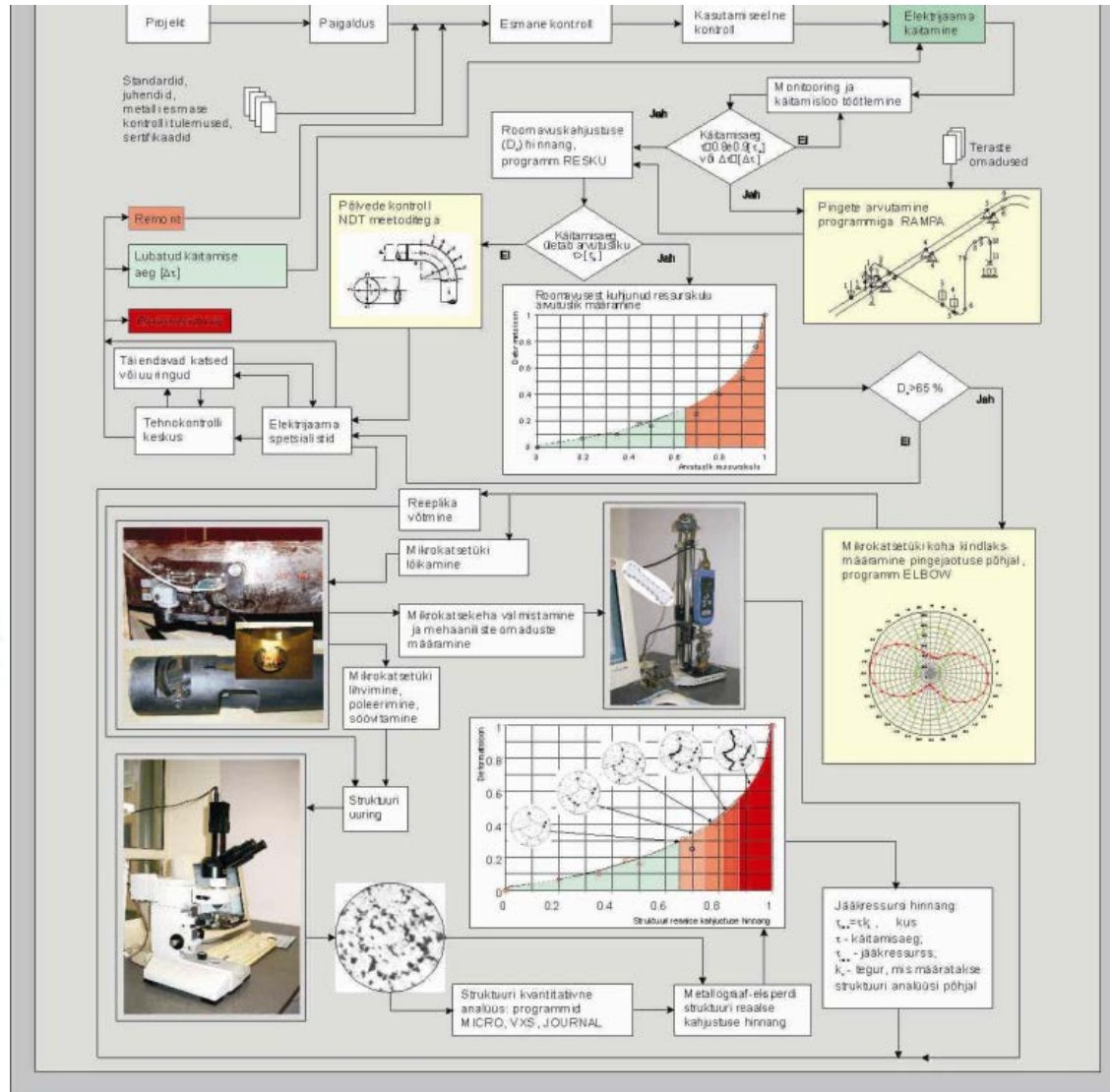


Tegelikult ressursikulu määramine metalli voolepiiri alanemise järgi



Klevtsov I., Bogolyubova E.,
Bojarinova T., Dedov A.
*Proceedings of the 3rd Int.
Symposium "Topical
Problems of Education in
the Field of Electrical and
Power Engineering", Kuressaare,
16-21 Jan. 2006, pp. 161-163.*

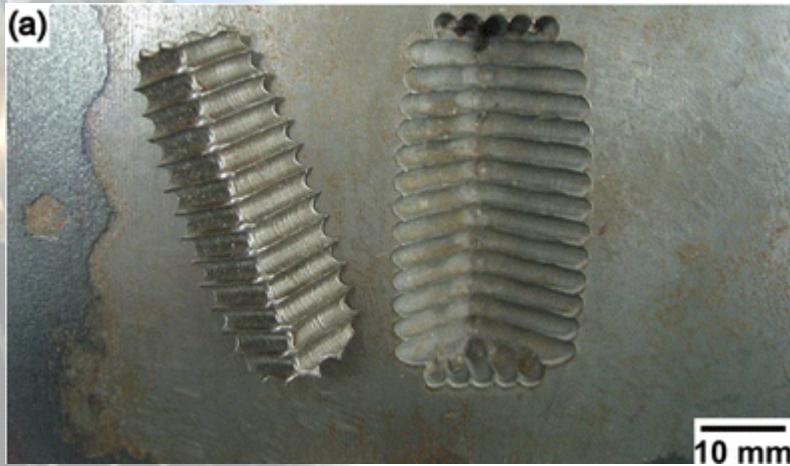
Kuidas saab hinnata jääressurssi?



Määrata elementide reaalne ressursikulu:

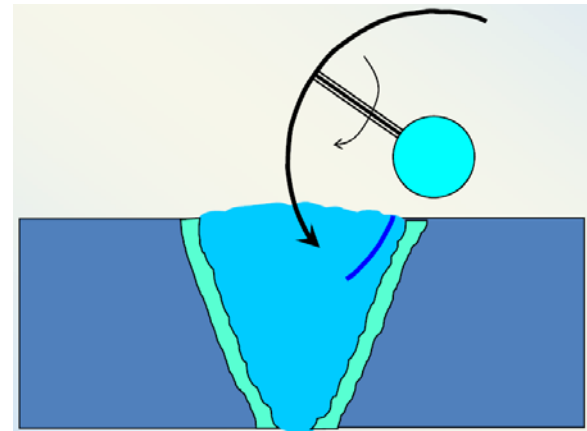
- struktuuri kahjustuse astme järgi;
- mehaaniliste omaduste alanemise järgi.

Metalliproovi lõikamismeetodid



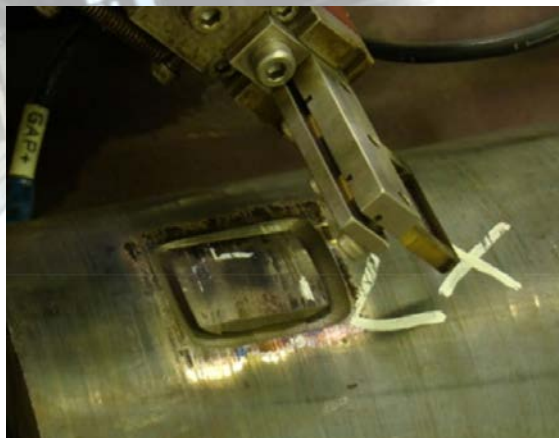
chain-drilling technique

[Callaghan, 2016]



Circular saw

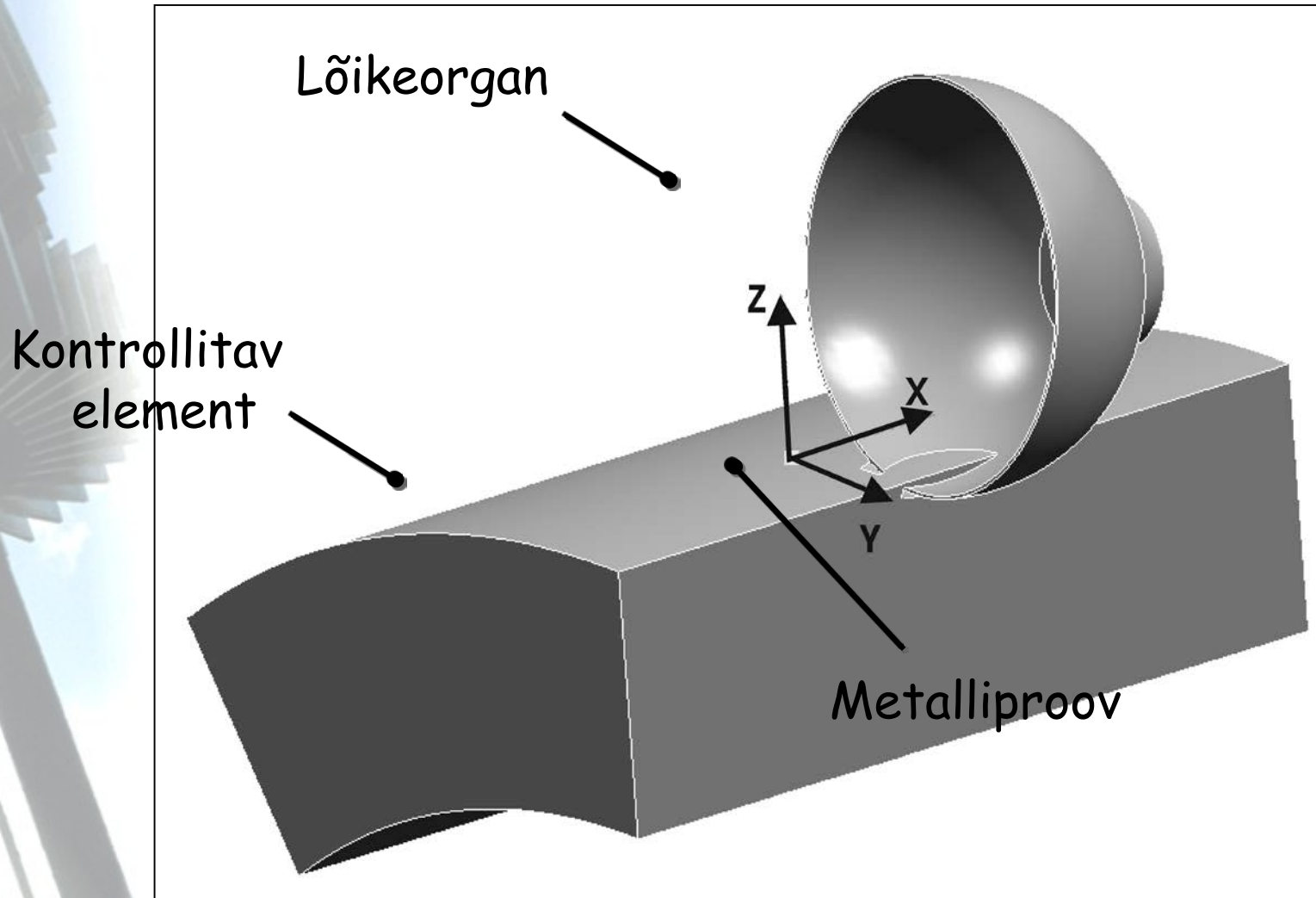
[www.etc-consulting.com, 2013]



Electric-Discharge Sampling

[www.etc-consulting.com, 2013]

Lõikamise skeem

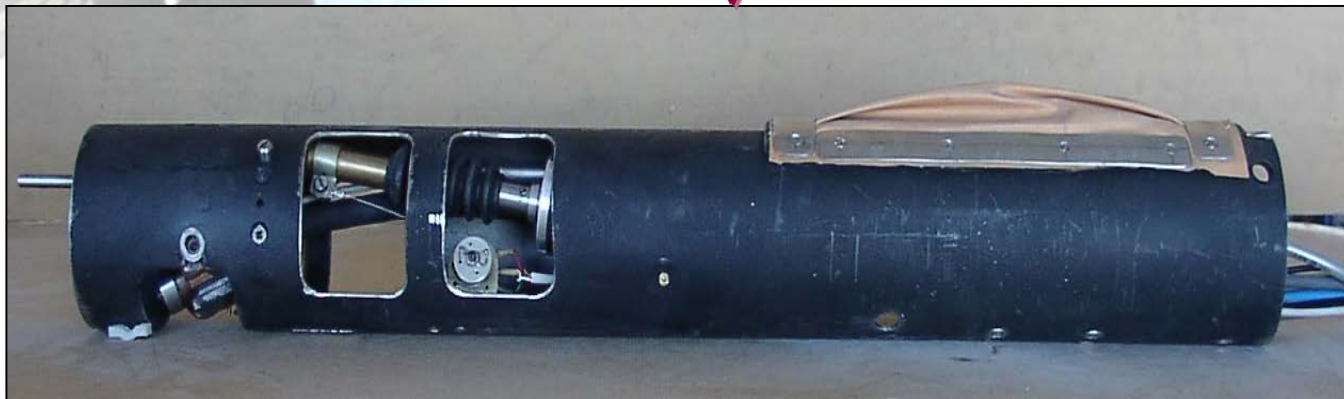


Lõikeseadmed

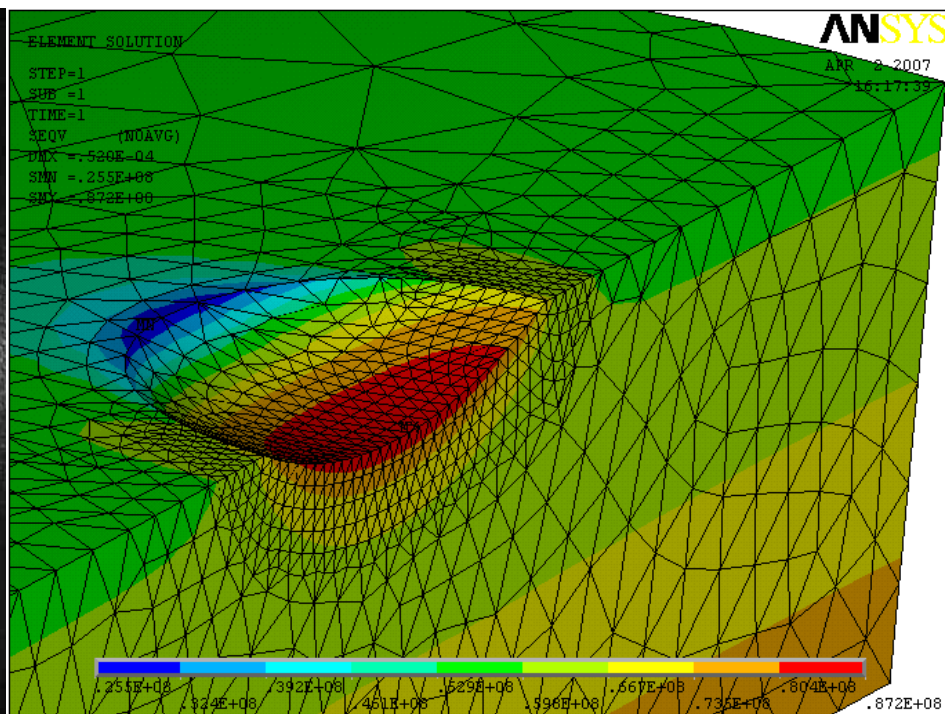
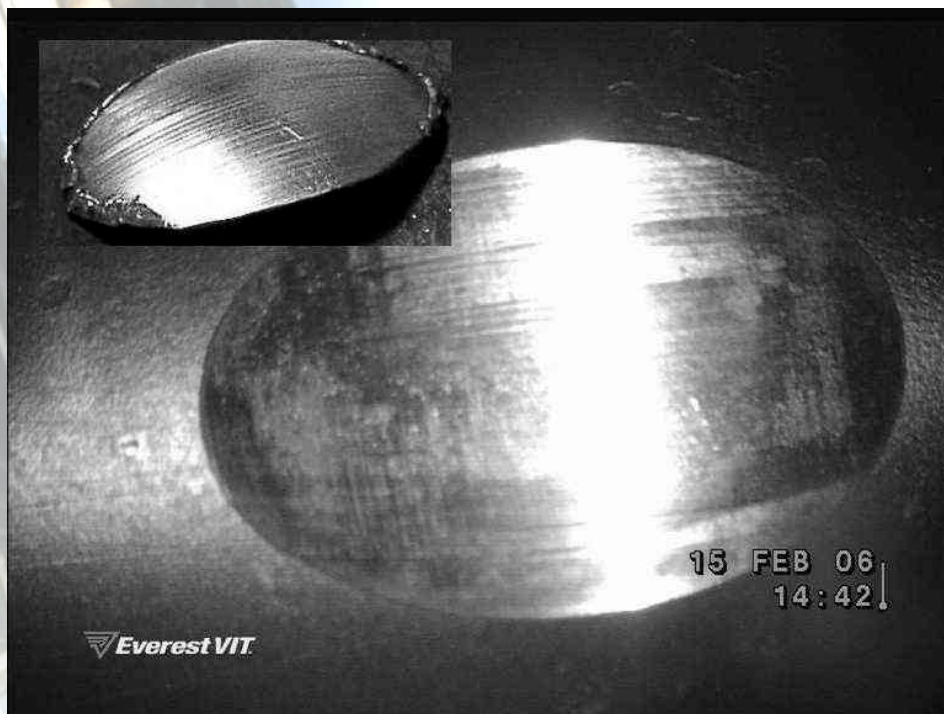
MSM-1



MSM-2



Proovitükk ja süvend



Kuna süvendi sügavus ja kuju ei põhjusta pinge kontsentratsiooni, mis piiraks elemendi edaspidist käitumist endistel parameetritel, siis seda meetodit võib lugeda tinglikult „mittepurustavaks“.

STI lõikur proovi võtmiseks pinna pealt



Proovi võtmine kollektori pinnalt



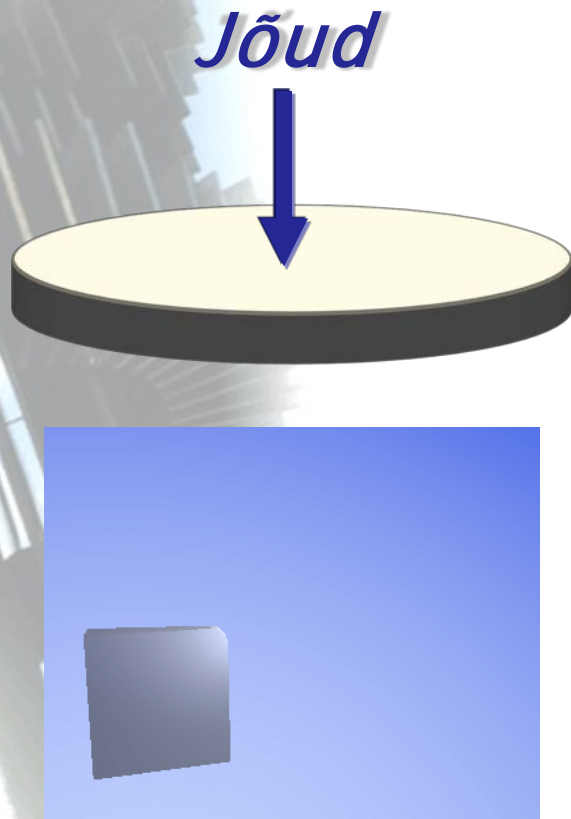
Proovi võtmine trumli pinnalt



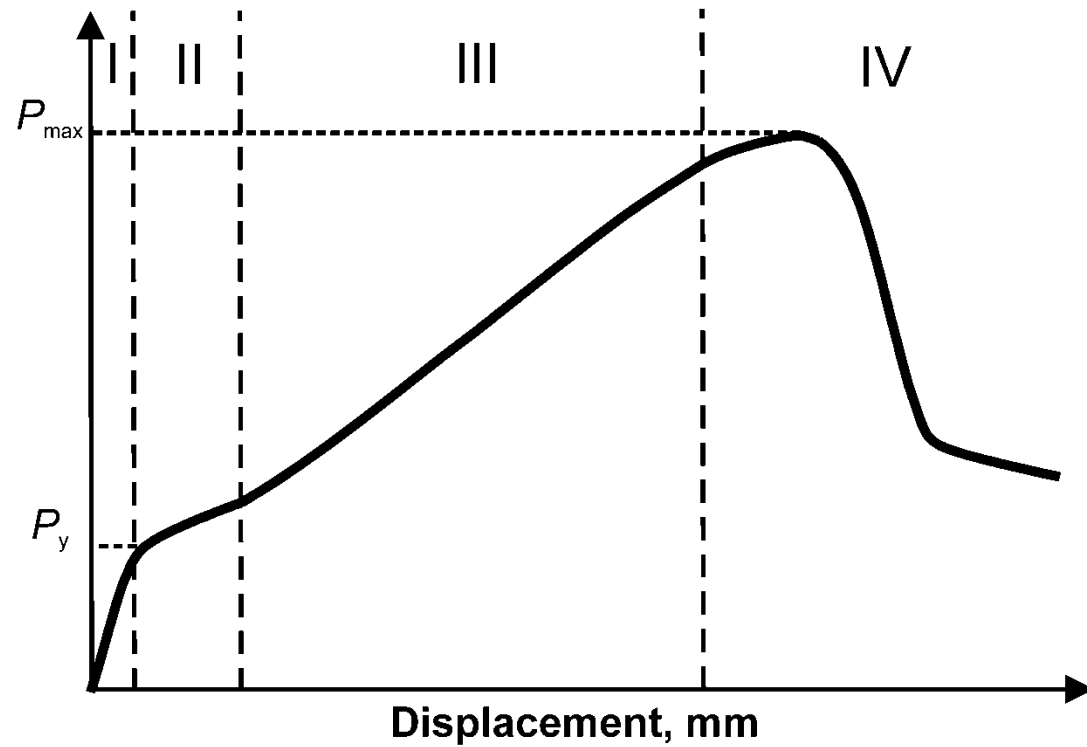
Proovi võtmine rootori teljekanalist



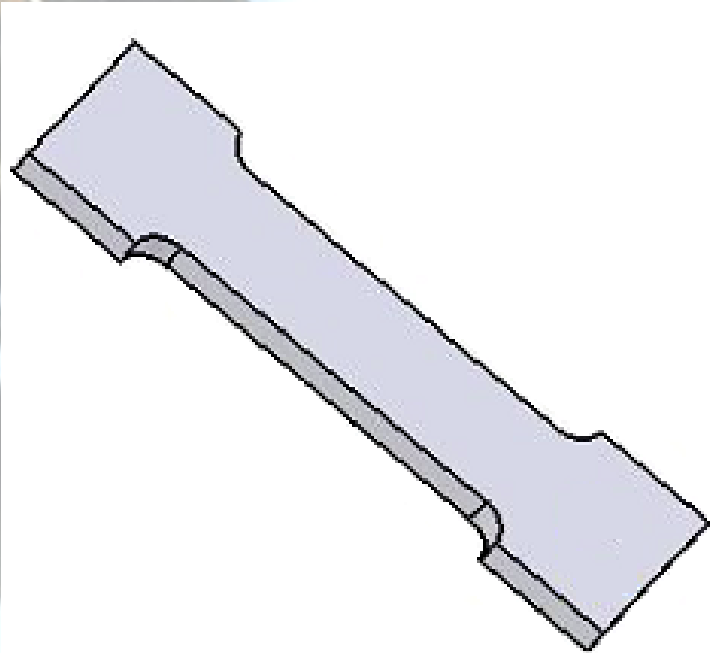
Small punch meetod



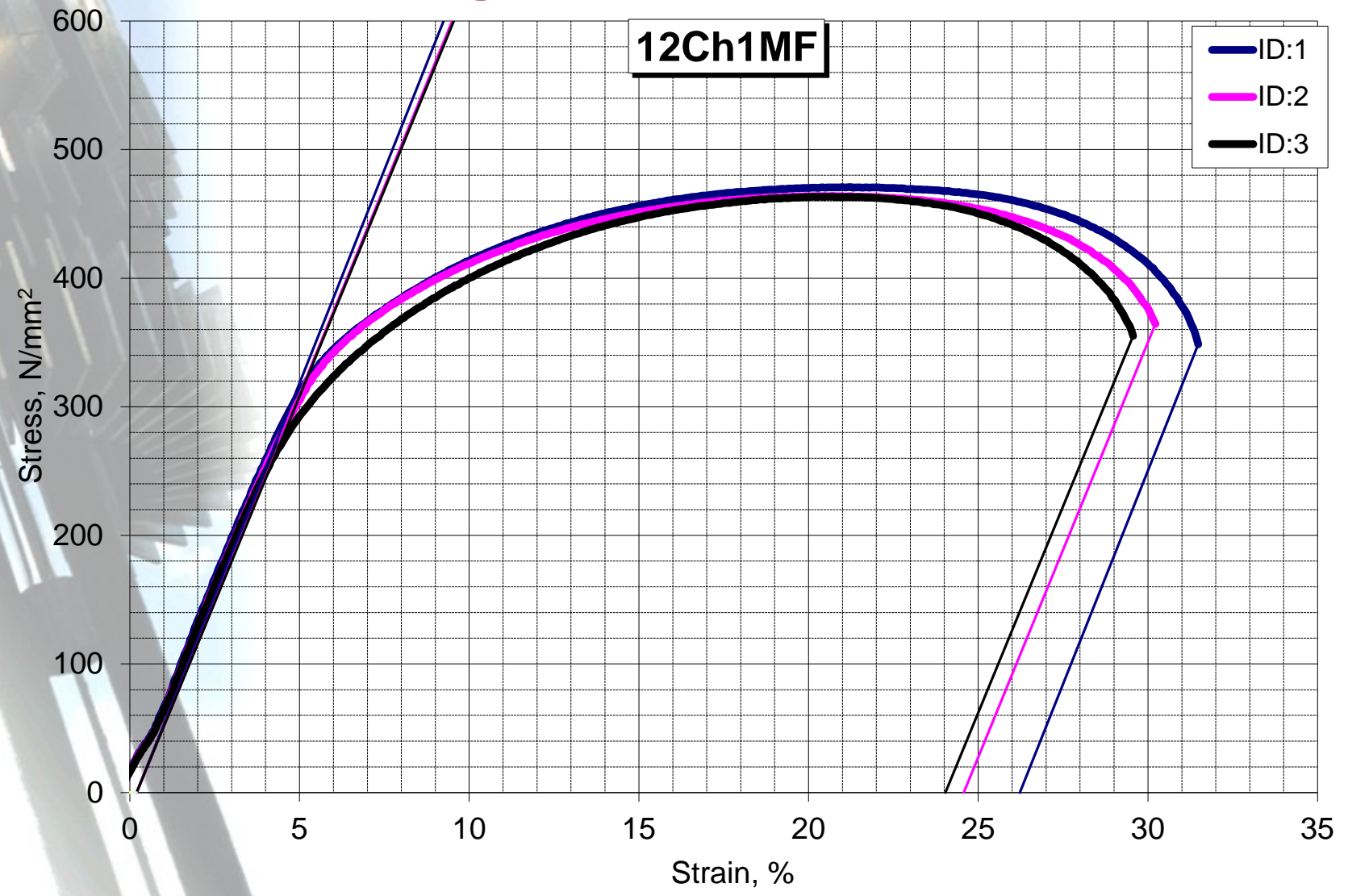
Force, N



Miniatuurne teimik ja katsemasin



Miniaturese teimiku tõmbediagramm



RÕHU ALL TÖÖTAVA ENERGIASEADME METALLI SEISUNDI KONTROLI

JUHEND

ASs NARVA ELEKTRIJAAMAD

РУКОВОДСТВО AS NARVA EJ ПО КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ

AS NARVA EJ STANDARD FOR TESTING OF METAL CONDITION OF POWER PLANTS COMPONENTS OPERATING UNDER INSIDE PRESSURE

Koostaja: TTÜ Soojustehnika Instituut

Erakorraline vanem teadur, tehn. kand. H. Tallermo

Vanemteadur, tehn. doktor I. Klevtsov

Insener soojusenergeetik T. Bojarinova

Teadur, tehn. magister A. Dedov

TALLINN 2009

AKREDITEERIMISTUNNISTUS ACCREDITATION CERTIFICATE

Eesti Akrediteerimiskeskus kinnitab käesolevaga, et
The Estonian Accreditation Centre hereby certifies that

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

SOOJUSTEHNIKA INSTITUUT

Kopli 116 TALLINN

Tallinn University of Technology Department of Thermal
Engineering

vastab EVS-EN ISO 17020: 2004 nõuetele kui inspekteerimisasutus
*has competence according to EVS-EN ISO 17020: 2004 as inspection
body*

rõhu all töötava surveseadme metalli seisundi inspekteerimise
valdkonnas

in the field of condition of pressure equipment inspections

Akrediteerimise ulatus ja tingimused on antud tunnistuse lisas, mis koosneb 2
lehest

*The scope and conditions of accreditation are specified in the annex which
consists of 2 pages*

Registreerimisnumber: 1 007
Registration number:

Akrediteeritus kehtib kuni: 17.02.2007
The present accreditation shall remain in effect until:

Tallinnas 02.05.2005


VIKTOR KRUTOB
Juhataja *Director*

Käesolev akrediteerimistunnistus asendab 18.02.2002 välja antud tunnistuse seoses
akrediteerimise aluseks oleva standardi muutmisega
*This accreditation certificate replaces the certificate issued on 18.02.2002 due to change of
the standard the accreditation is based on*

Alati tundis huvi metalli seisundi hindamise meetodite vastu



Konverents Baltica III praami Silja Symphony pardal (1995). Vasakult: Ivan Klevtsov, Harri Tallermo.



Kostroma SEJ, 1999, vasakul Harri Tallermo.

Alati tundis huvi metalli seisundi hindamise meetodite vastu

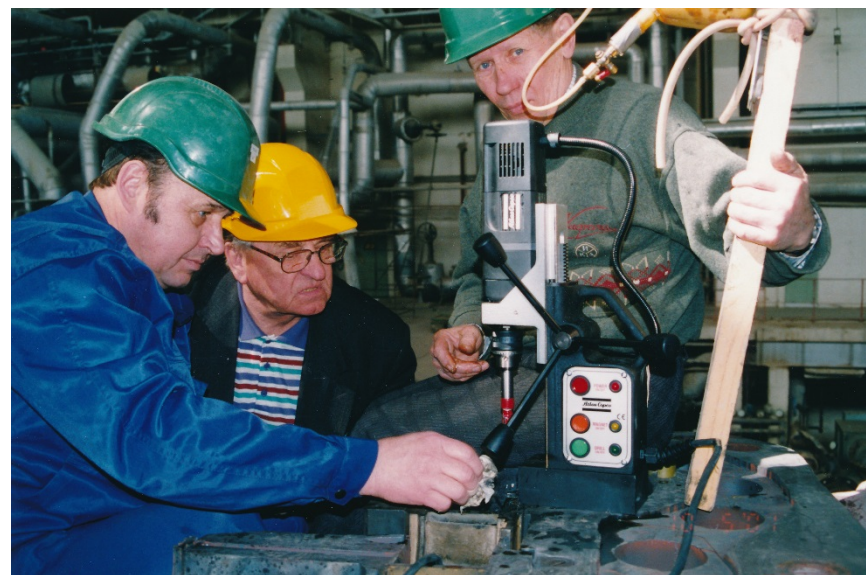


Turow SEJ. Vasakult: Ivan Klevtsov, Viktor Dobrovolskihh, Harri Tallermo, (2005)

Metalliproovide väljalõikamine



Eesti EJ. Vasakult: Valeri Bolšakov, Harri Tallermo (1999)



Eesti EJ. Vasakult: Ivan Klevtsov, Harri Tallermo, Paul Juurmaa (2001)

Konsultatsioonid, ekspertiisid



Nõupidamine Eesti EJ.



Harri Tallermo eksperdina kohtus.

Aasta insener, 2008



2008. aastal sai Harri Tallermo Eesti aasta inseneri tiitli

Harri Tallermo auks mälestusseminar,
30.09.2019



Aitäh tähelepanu eest!

Andrei Dedov