

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za *matematiko in fiziko*



KOROZIJA IN KRHKI LOM

Reaktorska tehnika in energetika

Avtor: Klara Rupnik

Mentor: prof. dr. Iztok Tiselj

Zadlog, december 2012

Uvod

KOROZIJA

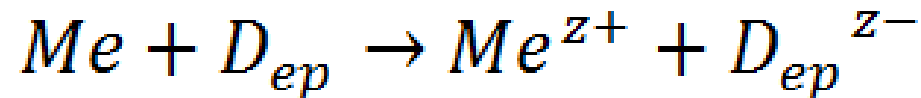
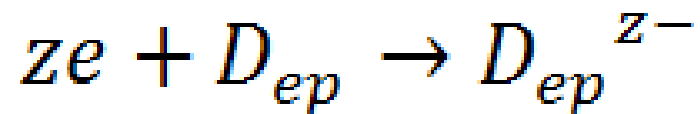
- OSNOVE
- TIPI
- PREPREČEVANJE
- ZAŠČITA
- EROZIJA-KOROZIJA

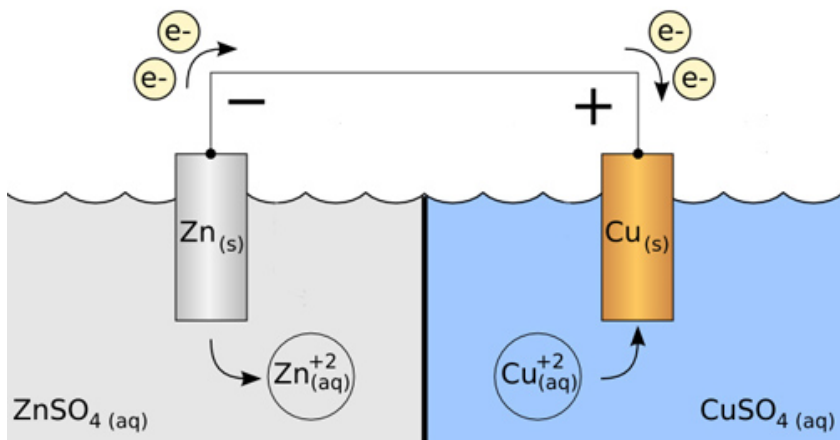
KRHKI LOM:

- VRSTE LOMA
- TEMPERATURA NIČTE ŽILAVOSTI
- VPLIV OBSEVANJA S HITRIMI NEVTRONI
- SPREMLJANJE ŽILAVOSTI REAKTORSKE TLAČNE POSODE
- LOMNA MEHANIKA
- ANALIZA STABILNOST RAZPOKE

OSNOVE KOROZIJE

- prehod iz kovinskega v ionsko stanje
- degradacija
- kemijska korozija: $xMe + yO_2 \rightarrow Me_xO_{2y}$
- eletrokemijska korozija (redoks proces):





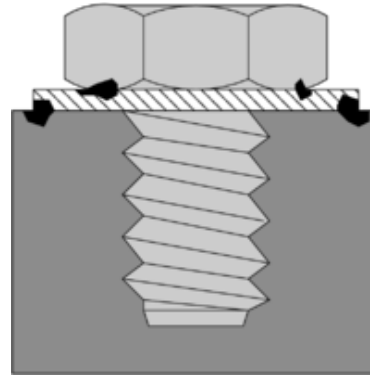
Slika 1: Daniellov galvanski člen

Electrode reaction	E^0 , V	Electrode reaction	E^0 , V
$\text{Li}^+ + e \rightleftharpoons \text{Li}$	-3.01	$\text{Tl}^+ + e \rightleftharpoons \text{Tl}$	-0.34
$\text{Rb}^+ + e \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2.98	$\text{Co}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Co}$	-0.27
$\text{Cs}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2.92	$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0.23
$\text{K}^+ + e \rightleftharpoons \text{K}$	-2.92	$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0.14
$\text{Ba}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2.92	$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0.13
$\text{Sr}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sr}$	-2.89	$\text{D}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{D}_2$	-0.003
$\text{Ca}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2.84	$\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2$	0.000
$\text{Na}^+ + e \rightleftharpoons \text{Na}$	-2.71	$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.34
$\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2.38	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons 2\text{OH}^-$	0.40
$\text{Ti}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1.75	$\text{Cu}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.52
$\text{Be}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Be}$	-1.70	$\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg}$	0.80
$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.66	$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.80
$\text{Mn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1.05	$\text{Pd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pd}$	0.83
$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0.76	$\text{Ir}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Ir}$	1.00
$\text{Ga}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Ga}$	-0.52	$\text{Br}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1.07
$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.44	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1.23
$\text{Cd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0.40	$\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1.36
$\text{In}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{In}$	-0.34	$\text{F}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	2.87

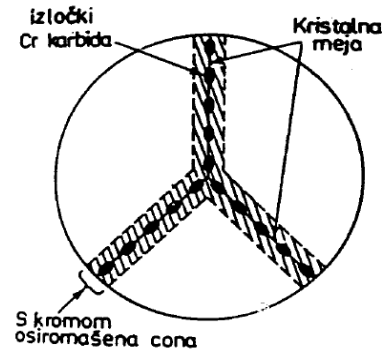
Tabela 1:
Standardni elektrodni potenciali

TIPI KOROZIJE

- enakomerna,
- galvanska,
- interkristalna,
- točkasta,
- napetostna.



Slika 2: Galvanska korozija



Slika 3: Interkristalna korozija



Slika 4: Točkasta korozija

PREPREČEVANJE KOROZIJE

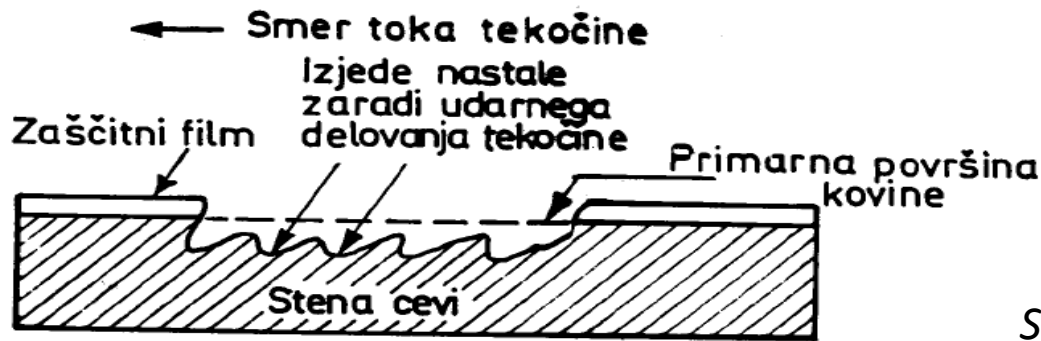
- visoka čistoča kovin,
- legirni dodatki,
- toplotni postopki,
- oblikovanje.

ZAŠČITA PROTI KOROZIJI

- katodna zaščita,
- inhibitorji,
- barvanje,
- solne ali oksidne prevleke,
- kovinske prevleke (platiranje, brizganje, galvansko, potapljanje...)

EROZIJA-KOROZIJA

- kombinacija kemijskega in mehanskega delovanja
- oblika kovine (spreminjanje smeri, turbulentni tok), hitrost tekočine, prisotnost trdih delcev ali mehurčkov

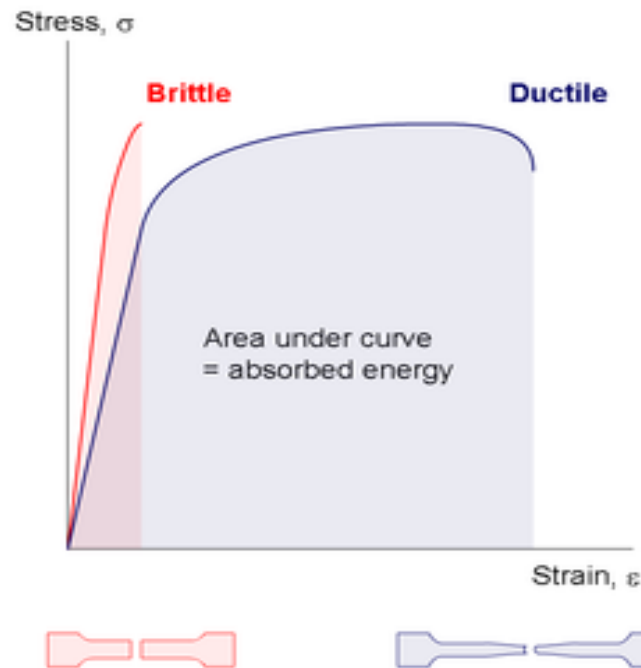


Slika 5: Erozivna korozija

KRHKI LOM

VRSTE LOMA

- ločitev trdnega telesa na dva ali več kosov pod vplivom zunanje napetosti (*natezna*, tlačna, strižna, torzijska)
- krhki in žilavi lom



Slika 6: Diagram natezne napetosti v odvisnosti od raztezka za žilav in krhki material

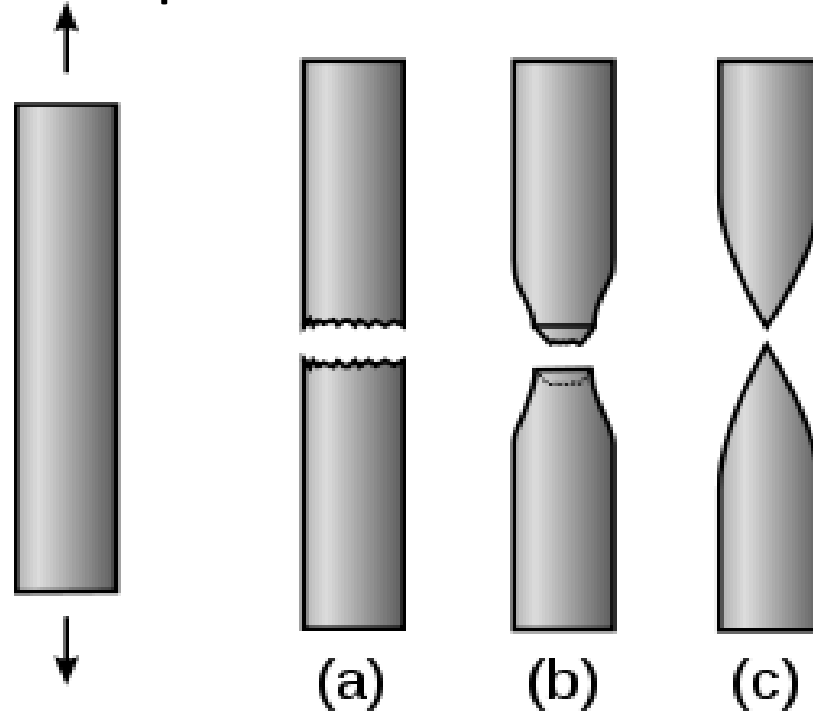
- napaka v materialu (npr. razpoka), dovolj visoka napetost(nad 50N/mm^2), dovolj nizka T

- vrste zloma pri nateznem poskusu:

a) krhki zlom,

b) žilavi zlom

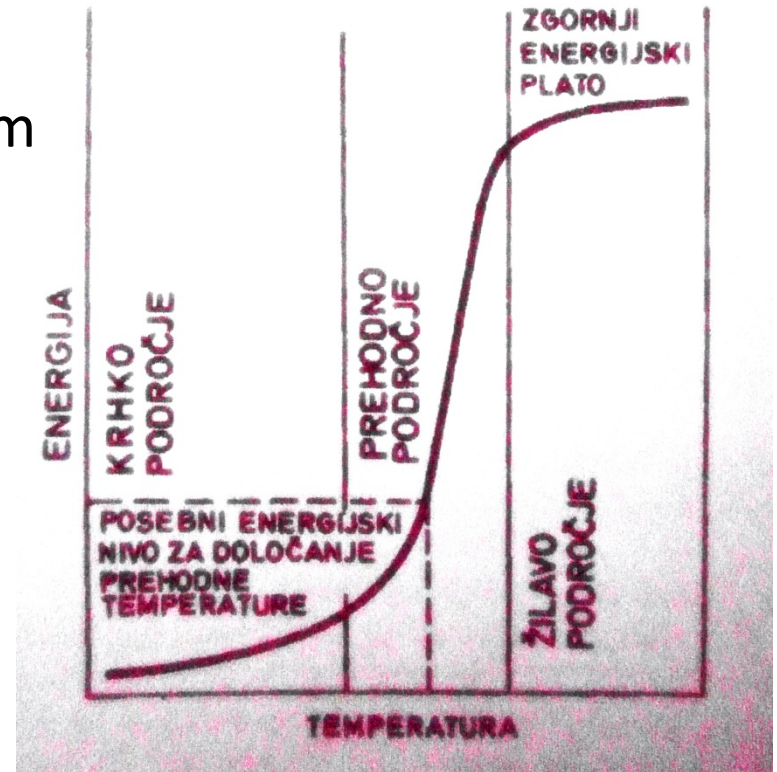
c) čisti žilavi zlom



Slika 7: vrste zloma pri nateznem poskusu

TEMPERATURA NIČNE ŽILAVOSTI

- serijo preizkušancev pri različnih T zlomimo s Charpyjevim nihalnim kladivom in izmerimo energije loma
- T prehoda odvisna od vrste, sestave materiala, mehanske in termične obdelave ter doze sevanja



Slika 8: Lomna energija v odvisnosti od T

Določitev RT_{NDT} :

a) plošče s krhkim navarom, v katerem je zareza za sprožitev loma, RT_{NDT} določena s T preizkušanca, ki se še ne zlomi

b) preizkus Charpy, RT_{NDT} določena z

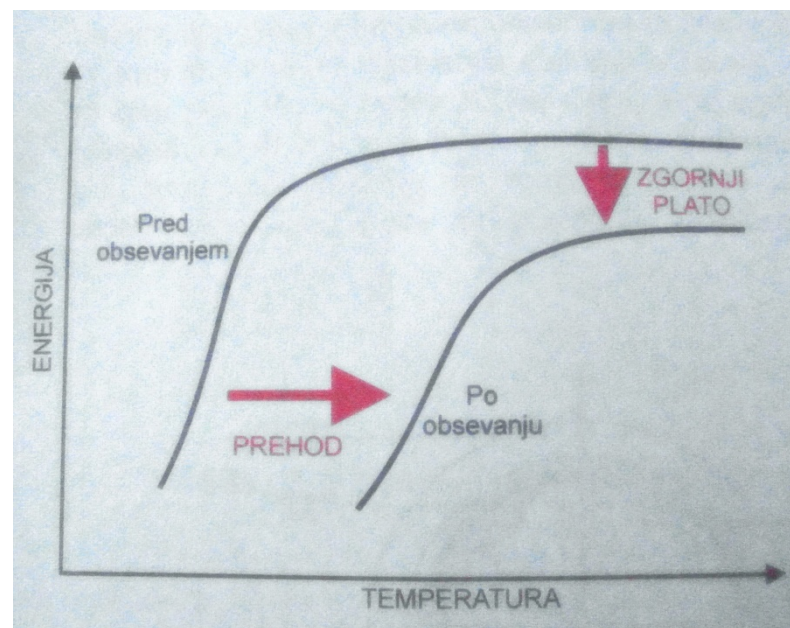
$$RT_{NDT} = T - 33^{\circ}C$$

T višja izmed:

- T vzorca, pri katerem je potrebno vsaj 68J udarnega dela
- T vzorca, pri katerem se prelomna ploskev ob udarcu razširi za 1,5mm

VPLIV OBSEVANJA S HITRIMI NEVTRONI

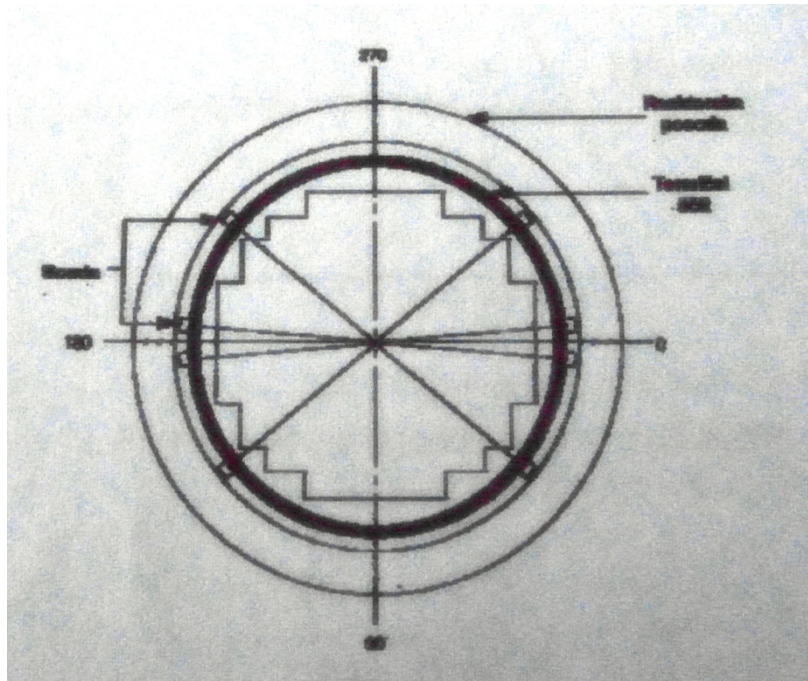
- odvisnost: material, vrsta sevanja, energija sevanja
- mikroskopsko: defekti v kristalni mreži
- makroskopsko: sprememba fizikalnih lastnosti
(povišanje meje plastičnosti, povečanje trdnosti, zmanjšanje raztezka ob prelomu, zmanjšanje kontrakcije ob prelomu, zmanjšanje žilavosti, zvišanje temperature nične žilavosti)



Slika 9: Vpliv sevanja na žilavost jekla

SPREMLJANJE ŽILAVOSTI REAKTORSKE TLAČNE POSODE

- Charpyev poskus
- 6 vzorcev: po 2,6,20,30 + dve rezervi



Slika 10: Lokacije nadzornih sond

LOMNA MEHANIKA

- hitro napredovanje razpoke-brez plastičnega deformiranja
- v palici brez razpoke velja: $\sigma = \frac{F}{P}$

z razpoko:
$$\sigma' = \sigma \left(1 + 2 \sqrt{\frac{a}{\rho}} \right)$$

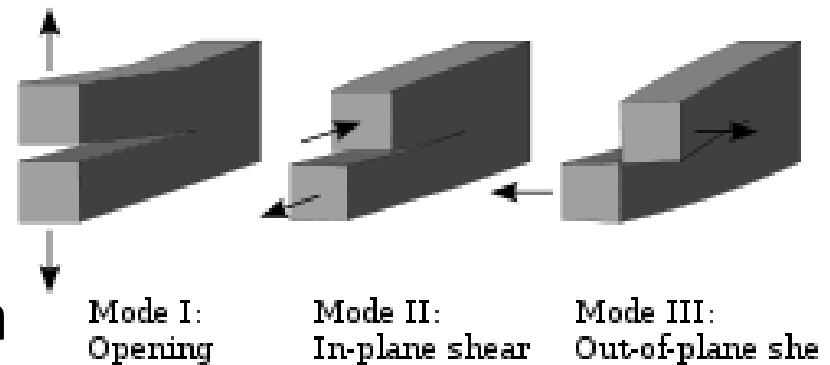
pri čemer a polovica dolžine, ρ polmer razpoke

- faktor intezitete napetosti: $K_I = \theta(r, \varphi)\sigma\sqrt{\pi a}$

- širjenje razpoke brez dodatne obremenitve, kritični faktor intenzitente napetosti- K_{Ic} do kritičnega faktorja zaustavitve K_{Ia}

- K_{Ic} eksperimentalno

določimo s standardnim preizkušancem-sila, pri kateri postane razpoka nestabilna, prav tako faktor ravninske lomne žilavosti K_{Ia}

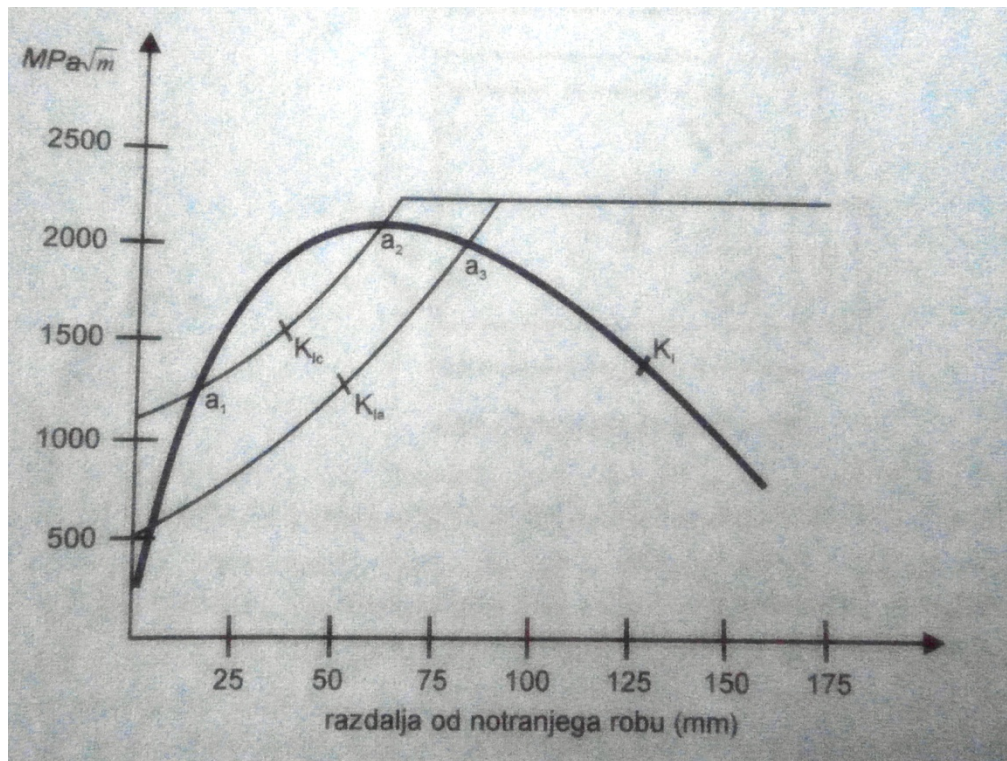


Slika 11: Načini obrmenitve razpoke: nateg, strig, trganje

ANALIZA STABILNOSTI RAZPOKE

- *stabilnost*-razpoka se pod vplivom obremenitve ne širi
- analiza stacionarnega stanja ali prehodnega pojava
- postopek: a) izračun napetosti po prerezu
 - b) preverimo, če veljajo pogoji linearne elastične lomne mehanike
 - c) izračun K_I po prerezu, narišemo diagram
 - č) določimo še statično lomno žilavost K_{Ic} , kritični faktor zaustavitve K_{Ia} in jih v obliki krivulj vnesemo v diagram

- do a_1 so vse razpoke stabilne
- med a_1 in a_2 so razpoke nestabilne
- na globini a_3 se razpoke zaustavijo



HVALA ZA POZORNOST

VIRI

- Ilić, R.;Istenič,R.:Korozija in krhki lom ICJT, Ljubljana, revizija 2, 2006
- <http://lab.fs.uni-lj.si/latem/IZPITI-IN-PREDAV/STURM/Slike%20s%20predavanj/17-Korozija.pdf>
- <http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CD8QFjAE&url=http%3A%2F%2Ffs-server.uni-mb.si%2Fsi%2Finst%2Fitm%2Flm%2FGRADIVA%2520predavanje%2FPPT%2FKorozija.ppt&ei=nsApUtWAOMSItAbC64D4BA&usg=AFQjCNEExSma-lpPNRJnqZC1OfH12sZJp0A&sig2=PKRJwxQgoMh1fli6fF6VTA&bvm=bv.51773540,d.Yms>
- <http://sl.wikipedia.org/wiki/Korozija>