

Szerkezet-integritási vizsgálatok atomerőművi berendezések üzembiztonságának érdekében

Dr. Prodán Miklós

c. egyetemi docens

(Tárgyfelelős: Kiss Attila, PhD, Assistant professor,
Institute of Nuclear Techniques NTI BME)

2019/2020/1

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Atomerőművi anyagvizsgálatok tárgy

2019/2020/1 őszi félév

Mit értünk szerkezet-integritási vizsgálatok alatt?

- A mechanikai vizsgálatok feladata olyan anyagjellemzők meghatározása, amelyek alapul szolgálnak egy szerkezet megengedett igénybevételének számításához a szilárdságtan módszereivel. Ilyen anyagjellemző például a folyáshatár, amely a statikus szilárdságtani méretezés alapja.

9

A szakító vizsgálaton túlmenő mechanikai, törésmechanikai, korróziós, hőterheléses, mikroszkopikus anyagszerkezeti, é.í.t. valamint modell és egész-szerkezetes vizsgálatokat.

Budapest University of Technology and Economics (BME) Institute of Nuclear Technics (NTI)
Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Atomic Reactor Components (Vessels, Pipes, etc.)

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Egy nem-nukleáris példa ahol a szerkezet-integritási vizsgálatok fontosak:



Budapest University of Technology and Economics (BME) Institute of Nuclear Technics (NTI)
Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Atomic Reactor Components (Vessels, Pipes, etc.)

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Tartalom:

- USA illetve ny.-európai atomerőmű bemutatója
- Az ASME Code
- Ny.-európai és magy. szerk.-int. fejlesztések
- EIR-Ber. 501 & EMPA-Ber. 213 (svájci fejl.)
- EIR+SIN=PSI Paul Scherrer Institut
- 40% nukl. & 60% vízi energia (Svájc 2019)
- CERN Genf

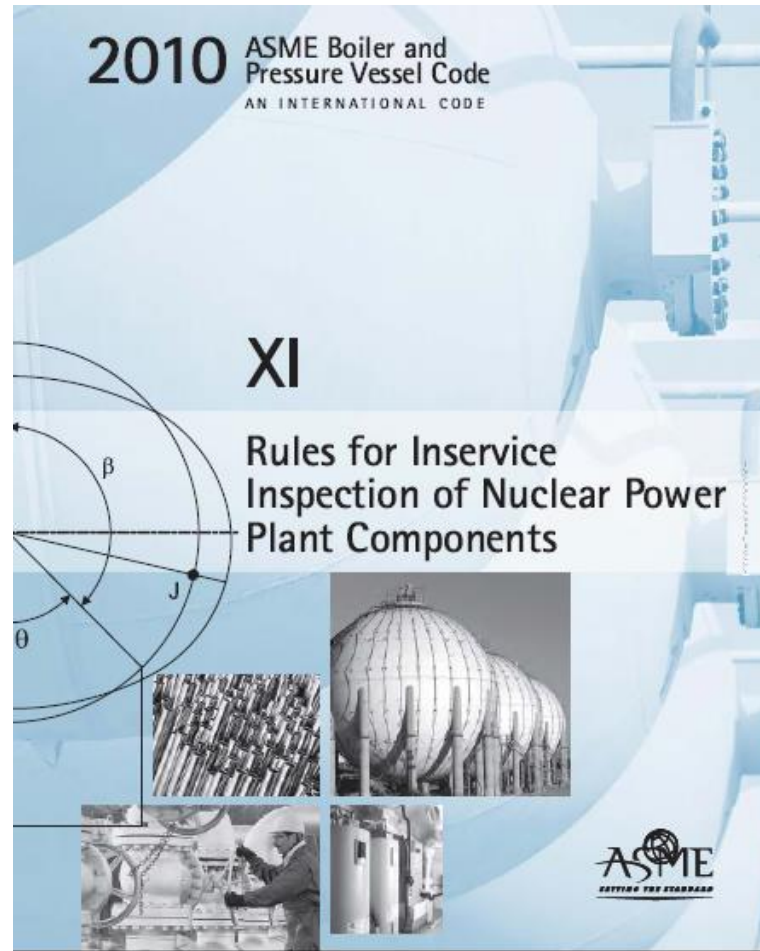
Szerkezet-integritási vizsgálatok....

USA ill. ny.-európai atomerőmű bemutatása:



Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Az ASME Code:



Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Az ASME Code előszava:

FOREWORD

(10)

The American Society of Mechanical Engineers set up a committee in 1911 for the purpose of formulating standard rules for the construction of steam boilers and other pressure vessels. This committee is now called the Boiler and Pressure Vessel Committee.

The Committee's function is to establish rules of safety, relating only to pressure integrity, governing the construction¹ of boilers, pressure vessels, transport tanks and nuclear components, and inservice inspection for pressure integrity of nuclear components and transport tanks, and to interpret these rules when questions arise regarding their intent. This Code does not address other safety issues relating to the construction of boilers, pressure vessels, transport tanks and nuclear components, and the inservice inspection of nuclear components and transport tanks. The user of the Code should refer to other pertinent codes, standards, laws, regulations, or other relevant documents. In formulating the rules, the Committee considers the needs of users, manufacturers, and inspectors of pressure vessels. The objective of the rules is to afford reasonably certain protection of life and property and to provide a margin for deterioration in service so as to give a reasonably long, safe period of usefulness. Advancements in design and material and the evidence of experience have been recognized.

This Code contains mandatory requirements, specific prohibitions, and nonmandatory guidance for construction,¹ and inservice inspection and testing activities. The Code does not address all aspects of these activities and those aspects which are not specifically addressed should not be considered prohibited. The Code is not a handbook

complying with Code rules and demonstrating compliance with Code equations when such equations are mandatory. The Code neither requires nor prohibits the use of computers for the design or analysis of components constructed to the requirements of the Code. However, designers and engineers using computer programs for design or analysis are cautioned that they are responsible for all technical assumptions inherent in the programs they use and they are responsible for the application of these programs to their design.

The Code does not fully address tolerances. When dimensions, sizes, or other parameters are not specified with tolerances, the values of these parameters are considered nominal and allowable tolerances or local variances may be considered acceptable when based on engineering judgment and standard practice as determined by the engineer.

The Boiler and Pressure Vessel Committee deals with the care and inspection of boilers and pressure vessels in service only to the extent of providing suggested rules of good practice as an aid to owners and their inspectors.

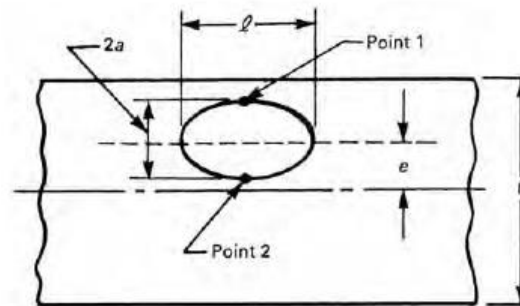
The rules established by the Committee are not to be interpreted as approving, recommending, or endorsing any proprietary or specific design or as limiting in any way the manufacturer's freedom to choose any method of design or any form of construction that conforms to the Code rules.

The Boiler and Pressure Vessel Committee meets regularly to consider revisions of the rules, new rules as dictated by technological development, Code Cases, and requests for interpretations. Only the Boiler and Pressure Vessel

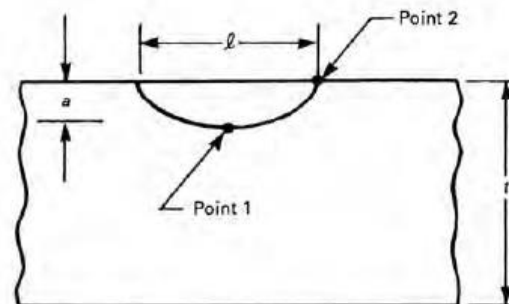
Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Anyaghibák / repedések az ASME Code szerint:

FIG. A-3300-1 ELLIPTICAL FLAW MODEL



(a) Subsurface Flaw



(b) Surface Flaw

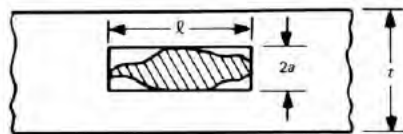
Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Nem-szabályos határvonalú repedések:

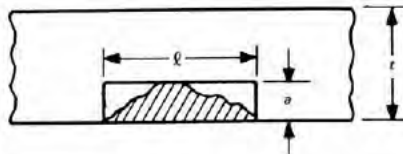
2010 SECTION XI, DIVISION 1

NONMANDATORY APPENDIX C

FIG. C-2200-2 FLAW CHARACTERIZATION — AXIAL FLAWS



(a) Subsurface Flaw



(b) Surface Flaw

where

- p = internal pipe pressure
- D = pipe outside diameter
- t = wall thickness
- I = pipe moment of inertia
- M_b = the resultant moment for the appropriate primary load combination for each Service Level in accordance with the design
- M_e = the resultant secondary moment, including thermal expansion and seismic anchor loads in accordance with the design

The effects of weld shrinkage from a weld over-lap repair shall be included.

the critical flaw parameters satisfy the criteria in C-2611 or C-2612.

C-2611 Flaw Size Criteria

For circumferential and axial flaws, the acceptance criterion on flaw depth shall meet the following:

$$a_f \leq a_{\text{allow}}$$

where

a_f = max. depth to which the detected flaw is calculated to grow by the end of the evaluation period

a_{allow} = max. allowable flaw depth corresponding to the flaw length ℓ_f and applied stresses

ℓ_f = max. length to which the detected flaw is calculated to grow by the end of the evaluation period

The allowable flaw depth for flawed pipe, a_{allow} , is a function of pipe stresses, required structural factors, pipe material properties, the end-of-evaluation-period flaw length (ℓ_f) and depth (a_f), flaw orientation, and pipe failure mode.

For axially-oriented flaws, the final length of the flaw shall meet the following:

$$\ell_f \leq \ell_{\text{allow}}$$

where

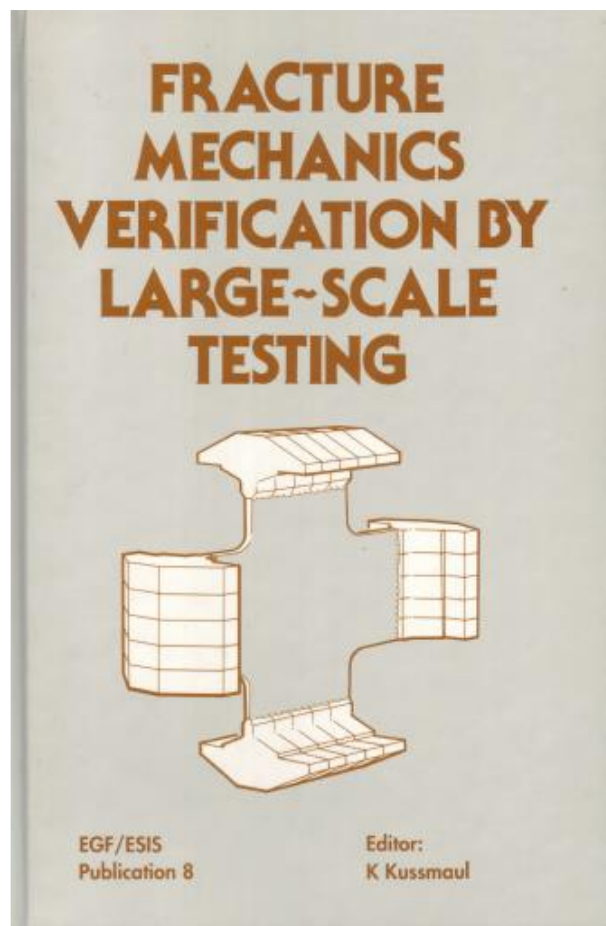
ℓ_{allow} = allowable length limit for an axial through-wall flaw to remain stable under pressure loading

C-2612 Applied Stress Criteria

For circumferential and axial flaws, the stresses shall meet the following:

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Ny.-európai és magyar szerk.-int. fejlesztések:



The large wall thickness of reactor pressure vessels leads to the development of multiaxial stress states, which are further complicated by cross-section transition. In addition to this geometrical size effect, there is also a technological size effect due to inhomogeneities of the material characteristics introduced by the production processes for large components. Small-scale specimens cannot sufficiently validate the influence of these size effects on the capabilities of thick-walled components; this can only be done using large-scale specimens of comparable dimensions to the components in question.

The IAEA Specialists' Meeting on Large-Scale Testing at the University of Stuttgart was devoted to this challenging problem, and this volume contains the 28 papers which were presented. It deals with four major areas of concern: size effects and the transfer ability of fracture mechanics data; applications to cracked pipes; thermal shock and crack arrest; and aspects of fracture mechanics safety analyses. In addition, a number of areas are identified where further research will be valuable.

This book represents the current state-of-the-art in this important field of engineering, and it is strongly recommended to both engineers and metallurgists working with large-scale, thick-walled components.

ISBN 0 85298 741 2

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

NEDEA 96 (1995) 99-484	ISSN 0029-5490
Nuclear Engineering and Design An International Journal devoted to the Thermal, Mechanical, Materials, and Structural Aspects of Nuclear Fission Energy Principal Editor: Stanley H. Fisterli Editors: T.B. Belytschko, K. Kussmaul, R.T. Lahey, Jr., T.G. Theofanous Associate Editor: A.H. Marchertas	
CONTENTS	
Topical Issue on the 11th MPA-Seminar, Stuttgart, Fed. Rep. Germany, October 10 and 11, 1985	
Preface, K. Kussmaul 1	
Dynamic loading	
The behaviour of dynamically loaded pipes with circumferential flaws under internal pressure and external bending loads, D. Sturm, W. Stippeler and J. Schürdenmaier	99
Analysis of flow induced valve operation and pressure wave propagation for single and two-phase flow conditions, H. Nagel	115
The behaviour of WB 35 piping material under dynamic loading in the high speed tensile test, D. Sturm, R. Zirn and R. Haas	123
Detection of crack initiation in fatigue precracked Charpy-type specimens, F. Lohninger, F. Salsmann and T. Varga	139
The influence of loading rate on fracture resistance of notched and precracked ISO-V specimens, D. Aurich, R. Helber, H.J. Kuhn and J. Ziebs	149
Advanced instrumented impact testing facility for characterization of dynamic fracture behaviour, R. Rintamaa and C. Zimmermann	159
Yielding and fracture behaviour of ferritic steels in the transition region of quasistatic to dynamic loading, W. Herré, K. Brinninghaus and W. Dahl	167
Some studies of the response of pre-stressed containments for PWR to earthquakes, gas cloud explosions and aircraft crash, T. Currie, R.J. Stubbs, J. Cripps and J. Miles	173
Strength and safety	
Creep rupture properties of heavy section, Type 304, stainless steel forging for LMFBR application, H. Tsukada, K. Suzuki, I. Sato and R. Minai	183
Improvement in elevated temperature strength, hydrogen attack resistivity and stress relief cracking susceptibility of Cr-Mo steels, T. Imanishi, S. Sato, K. Aso, J. Shimomura, S. Ueda, A. Ejima and N. Ohashi	195
(continued on page 4 of cover)	

LAST NUMBER OF THIS VOLUME

(continued from page 1 of cover)	
Stress analysis incorporating fracture mechanics and materials aspects for components under complex loading, P.H. Hirt, N. Jausi and M. Prodan	209
Provisions to prevent strain-induced corrosion cracking in ferritic piping systems of boiling water reactors, M. Erve, W. Bretschuh, N. Henzel, H. Spirl and E. Lenz	217
Pipe fracture safety analysis using limit load and J-integral techniques, R.A. Heys, J.P. Gudas and M.G. Vassilatos	225
Microanalytical examination of the oxides on fracture surfaces as a new method for failure analysis, A. Stribold, S. Porner, H. Steinmull and H. Fisher	245
Crack arrest	
Dynamic analysis of a crack-arrest specimen, H. Stanton, B.R. Bass and C.E. Pugh	255
European experiences of the proposed ASTM test method for crack arrest toughness of ferritic materials, T. Julia, D.P.G. Lidbury, P.J. Worthington, J. Ziebs and C. Zimmermann	269
Moment modified compact specimen for measuring crack arrest toughness, R.Y. Schonberg and D.M. Norris	277
Thermal transients	
Application of the J-integral concept to thermal shock loadings, J. Sievers and A. Höfler	287
Some advances in fracture studies under the Heavy-Section Steel Technology program, C.E. Pugh, W.R. Corwin, R.H. Bryan and B.R. Bass	297
Analysis of the first MPA thermoshock experiment with TRAC, F. Schmidt, B. Burger and R. Bisanz	313
Calculation of thermoplastic stresses of a reactor pressure vessel with cladding from stress-relief annealing up to a thermal shock, F. Baumjohann	323
Thermal mixing processes and RPV wall loads for HPI-emergency core cooling experiments in the HDR-pressure vessel, L. Wolf, U. Schigulla, F. Günter and G.E. Neubrecht	337
Fracture mechanical assessment of cracks under cyclic thermal shock and operational conditions, S. Krolzig, P. Pfeiffer and R. Stegweyer	363
Interpretation of crack propagation events on the basis of acoustic emission signals and other non-destructive test results concerning cracks in a RPV nozzle under cyclic thermal shock loading, G. Deuster, F. Walte, E. Wankner and G.E. Neubrecht	381
Results of probabilistic fracture mechanics analyses for pressurized thermal shock transients in the reactor pressure vessel of BIBLIS-B, M. Gail, L. Wolf, K. Fräher and H. Blume	395
Influence of cyclic temperature transients on the creep behaviour of heat exchanger tubes, R. Zottmaier, H.H. Oner, F. Schubert and H. Nickel	403
Strain limitation	
Technical and economical incentives behind strain limitation in piping, E. Koch	413
Stress and strain considerations in the design of mechanical components in nuclear power plants, R. Loreck and O. Schaf	419
Methods for estimating strain in structures - conditions, definitions, B. Charalambous, K. Hartz, D. Blind and E. Roos	427
Strain estimation for external event loads, K.A. Peters and K.A. Burch	437
Estimation of the behaviour of structures with localized nonlinearities using an ultimate state method, J.D. Wiener	441
Comparison of dynamic test data with results of various analytical methods, B. Charalambous, E. Haas and P. Miháček	447
Determination of cycle-dependent material properties for a design concept on the basis of limited plastic strains, K.J. Kessler, G. Vavoukis, D. Blind and K. Maile	463
Author index	477
Subject index	481
Instructions to contributors	483

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

42nd Seminar of HKTCC

Materials Testing – Failure Analysis

Computational and Experimental Procedures for the Structural Integrity Analysis

Miklós János PRODÁN

Institute of Materials Science and Technology (ATT)

Faculty of Mechanical Engineering

Budapest University of Technology and Economy (BME)

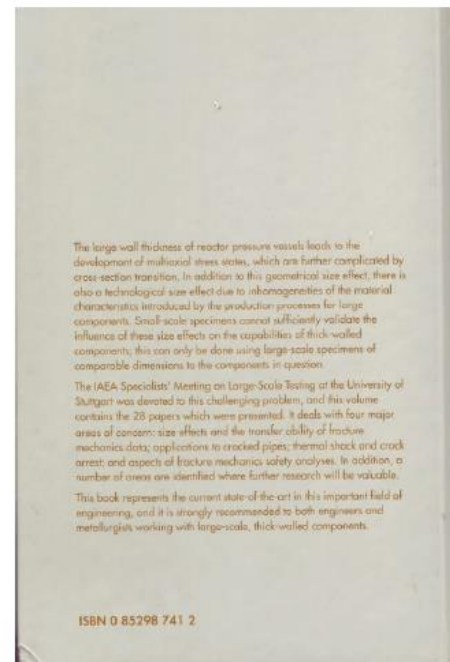
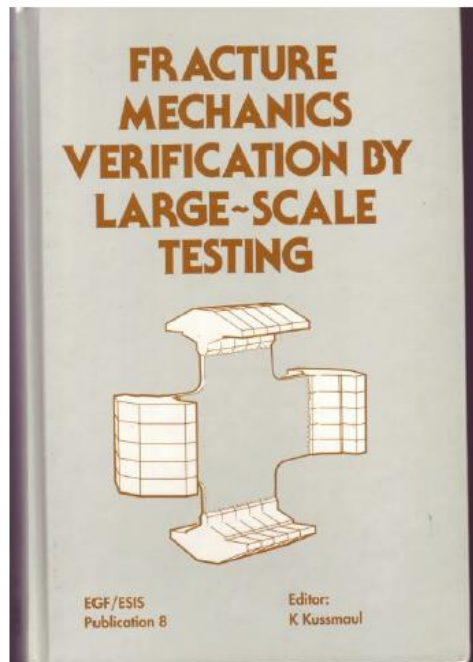
42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Cover (frontpage and backpage) of the book containing firstly (in 1991) the results given in this presentation



42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Contents

- Experiments (fatigue life)
- Computations (fatigue life)
- The result: A semi-empirical /semi-computational procedure
- Medical Technology – Tasks: Stents, Balloon dilatation catheters, Dental implants

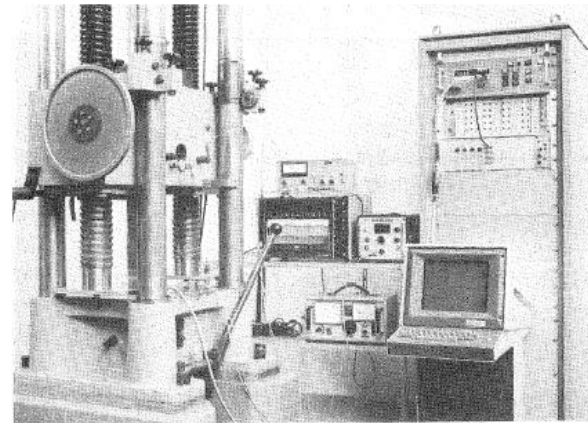
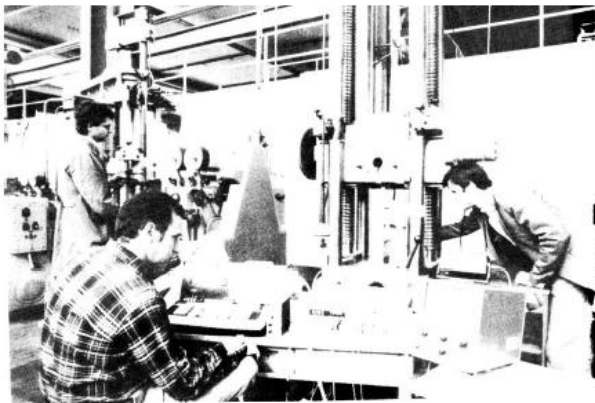
2nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

The experimental setup with tensile plate specimens



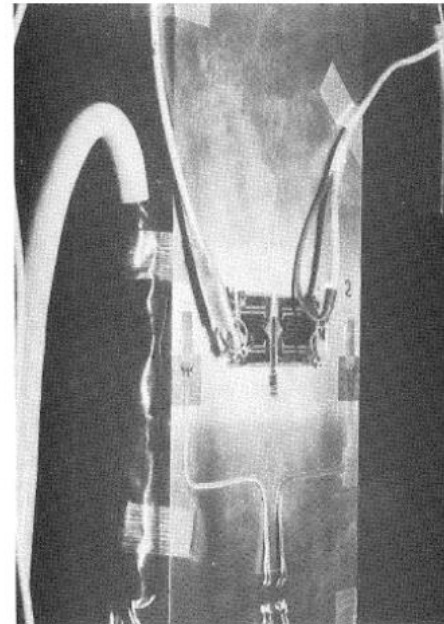
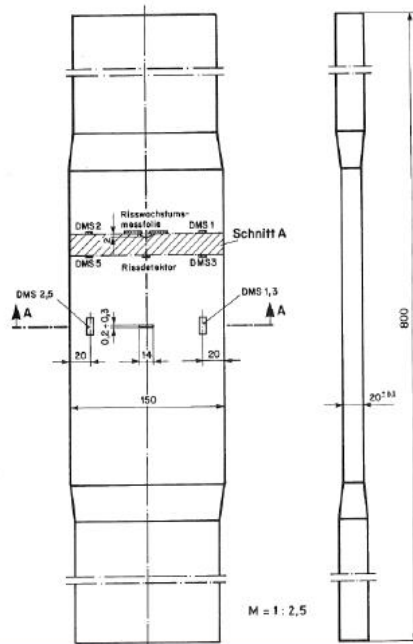
42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

The technical drawing of the plate and a photo frontwise



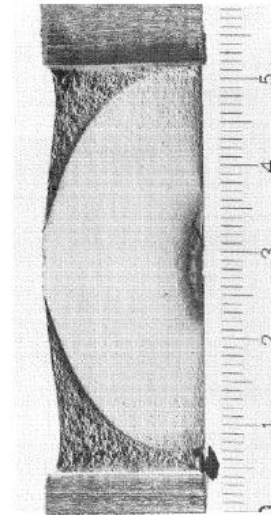
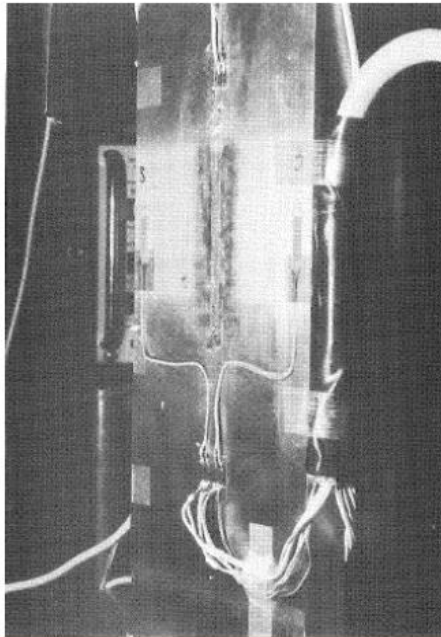
42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

The backside and fatigue fracture surfaces after the test
(leak-before-break in case of a pressure vessel)



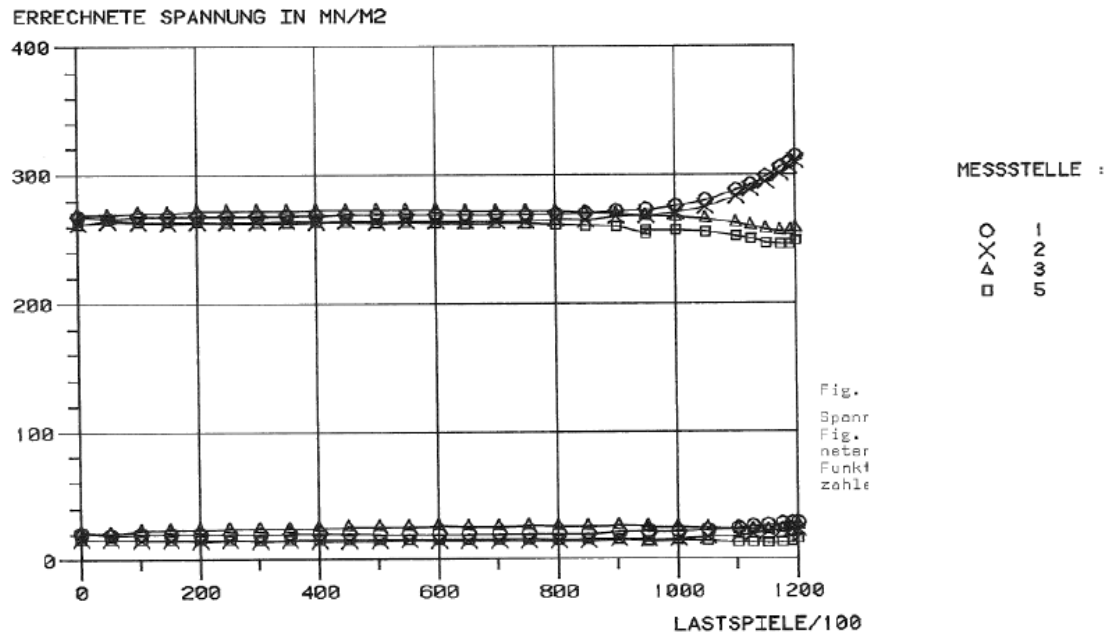
42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Sinusoidal cyclic loading with $\Delta\sigma=250$ MPa, signals from the four strain-gauges Nr. 1,2 and 3,5 (after 100'000 cycles little bending effects)



42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

A pressure vessel with a flaw – our tensile plate can be looked at as a model for this practical application

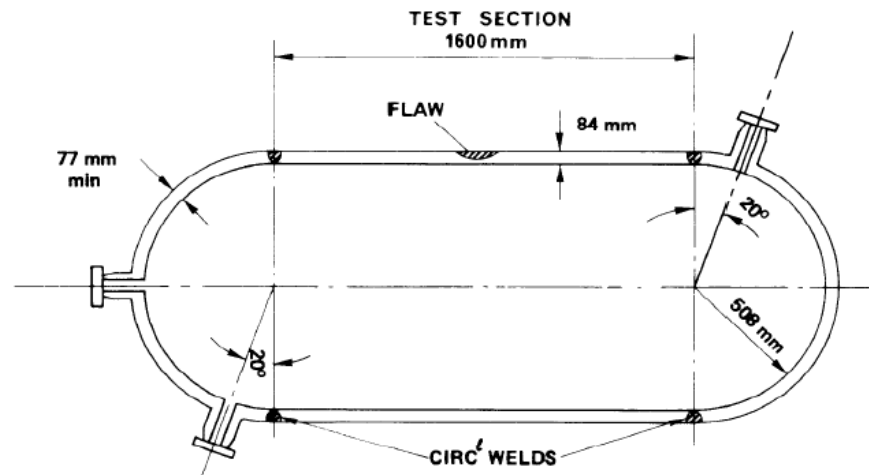


Fig 2 Geometry of CEGB pressure vessel test 1

CEGB= Central Electricity Generating Board, London (U.K.)

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Computations, verified by the experiments shown above. The computational model for the plate with appropriate notations

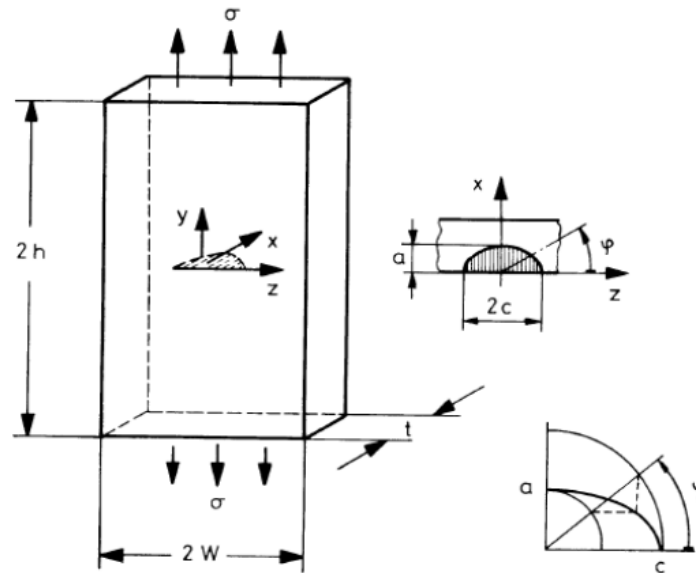


Fig 2 Surface crack in a tensile plate

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Explanations of the stepwise computation of fatigue crack growth – Equation (2), see on this slide

(a) Calculation of the crack half length c_i

$$c_i = c_{i-1} + (a_i - a_{i-1}) \left(\frac{a_{i-1}}{c_{i-1}} \right)^{m/2} \quad (2)$$

from the known crack depth a_i and the results of the previous step, c_{i-1} and a_{i-1} , using a material-dependent exponent $m/2$ ($2 < m < 5$, e.g., $m = 3$).

According to Raju and Newman, the stress intensity factor, K , is

$$K = \frac{\sigma \sqrt{(\pi a)}}{\Phi} F \left(\frac{a}{c}, \varphi, \frac{a}{t} \right) \quad (5)$$

where

$$c/W \leq 0.25$$

and

$$c/h \leq 0.25$$

The correction factors

$$F \left(\frac{a}{c}, \varphi, \frac{a}{t} \right) = \frac{K \cdot \Phi}{\sigma \sqrt{(\pi a)}} \quad (6)$$

are given in Table 1.

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Finite Element Results of Raju & Newman (NASA) for the Correction Factors in Equation (5) of the previous slide

Table 1 Correction factors $F(a/c, \varphi, a/t)$ from reference (1)

a/c	a/t	φ (degrees)								
		0.00	11.25	22.50	33.75	45.00	56.25	67.50	78.75	90.00
0.20	0.20	0.617	0.650	0.754	0.882	0.990	1.072	1.128	1.161	1.173
0.40	0.20	0.767	0.781	0.842	0.923	0.998	1.058	1.103	1.129	1.138
0.60	0.20	0.916	0.919	0.942	0.982	1.024	1.059	1.087	1.104	1.110
1.00	0.20	1.174	1.145	1.105	1.082	1.067	1.058	1.053	1.050	1.049
2.00	0.20	0.821	0.749	0.740	0.692	0.646	0.599	0.552	0.512	0.495
0.20	0.40	0.724	0.775	0.883	1.009	1.122	1.222	1.297	1.344	1.359
0.40	0.40	0.896	0.902	0.946	1.010	1.075	1.136	1.184	1.214	1.225
0.60	0.40	1.015	1.004	1.009	1.033	1.062	1.093	1.121	1.139	1.145
1.00	0.40	1.229	1.206	1.157	1.126	1.104	1.088	1.075	1.066	1.062
2.00	0.40	0.848	0.818	0.759	0.708	0.659	0.609	0.560	0.519	0.501
0.20	0.60	0.899	0.953	1.080	1.237	1.384	1.501	1.581	1.627	1.642
0.40	0.60	1.080	1.075	1.113	1.179	1.247	1.302	1.341	1.363	1.370
0.60	0.60	1.172	1.149	1.142	1.160	1.182	1.202	1.218	1.227	1.230
1.00	0.60	1.355	1.321	1.256	1.214	1.181	1.153	1.129	1.113	1.107
2.00	0.60	0.866	0.833	0.771	0.716	0.664	0.610	0.560	0.519	0.501
0.20	0.80	1.190	1.217	1.345	1.504	1.657	1.759	1.824	1.846	1.851
0.40	0.80	1.318	1.285	1.297	1.327	1.374	1.408	1.437	1.446	1.447
0.60	0.80	1.353	1.304	1.265	1.240	1.243	1.245	1.260	1.264	1.264
1.00	0.80	1.464	1.410	1.314	1.234	1.193	1.150	1.134	1.118	1.112
2.00	0.80	0.876	0.839	0.775	0.717	0.661	0.607	0.554	0.513	0.496

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Some additional ideas to Equation (2) with the Equations (3) and (4) /Irwin/ and (5) /Paris/

16 FRACTURE MECHANICS VERIFICATION BY LARGE-SCALE TESTING

Formula (2) was deduced from equations established by Irwin (4) and Paris (5) in the following way.

Irwin's equation (4) is

$$K = \frac{\sigma\sqrt{(\pi a)}}{\Phi} \left\{ \left(\frac{a^2}{c^2} \right) \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi \right\}^{1/4} \quad (3)$$

where Φ is a complete elliptic integral of the second kind

$$\Phi = \int_0^{\pi/2} \left\{ \sin^2 \varphi + \left(\frac{a}{c} \right)^2 \cos^2 \varphi \right\}^{1/2} d\varphi \quad (4)$$

For the crack in c -direction and $\varphi = 0$ the K value is

$$K_0 = \frac{\sigma\sqrt{(\pi a)}}{\Phi} \cdot \left(\frac{a}{c} \right)^{1/2}$$

Similarly, for the crack in the a direction and $\varphi = \pi/2$

$$K_{\pi/2} = \frac{\sigma\sqrt{(\pi a)}}{\Phi}$$

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Final steps of our deduction of Equation (2), necessary for the procedure firstly proposed in the PhD thesis of the author

Using the Paris equation (5) we obtain

$$\frac{\Delta c}{\Delta N} = C \cdot \Delta K_0^m$$

$$\frac{\Delta a}{\Delta N} = C \cdot \Delta K_{\pi/2}^m$$

Dividing the above expressions we have

$$\frac{\Delta c}{\Delta a} = \left(\frac{\Delta K_0}{\Delta K_{\pi/2}} \right)^m$$

and since, from equation (3)

$$\frac{\Delta K_0}{\Delta K_{\pi/2}} = \left(\frac{a}{c} \right)^{1/2}$$

therefore

$$\frac{\Delta c}{\Delta a} = \left(\frac{a}{c} \right)^{m/2}$$

as shown rearranged in equation (2) with quoted indices.

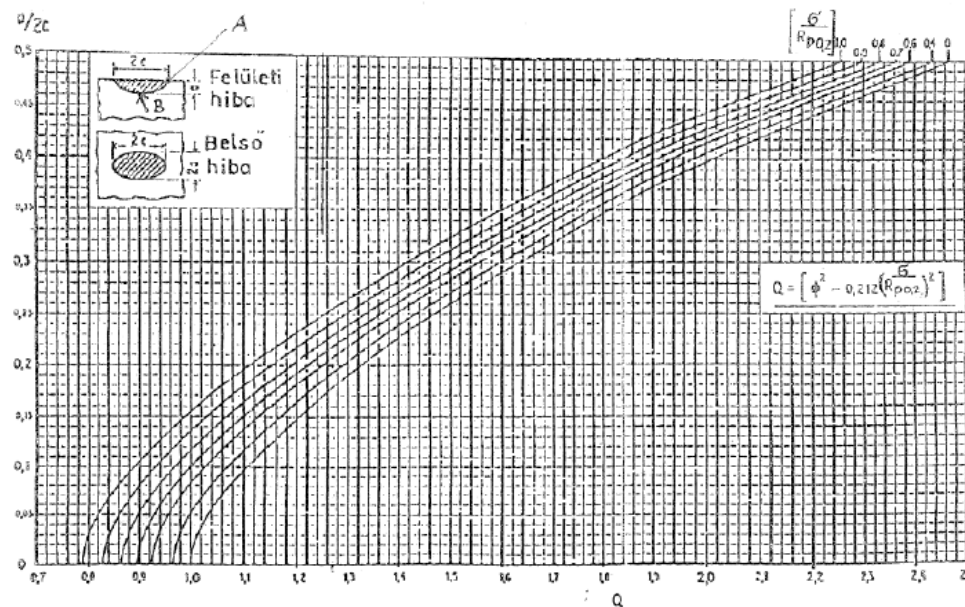
42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

A graphical illustration of the elliptic integral Φ of the second kind and of the crack shape factor Q



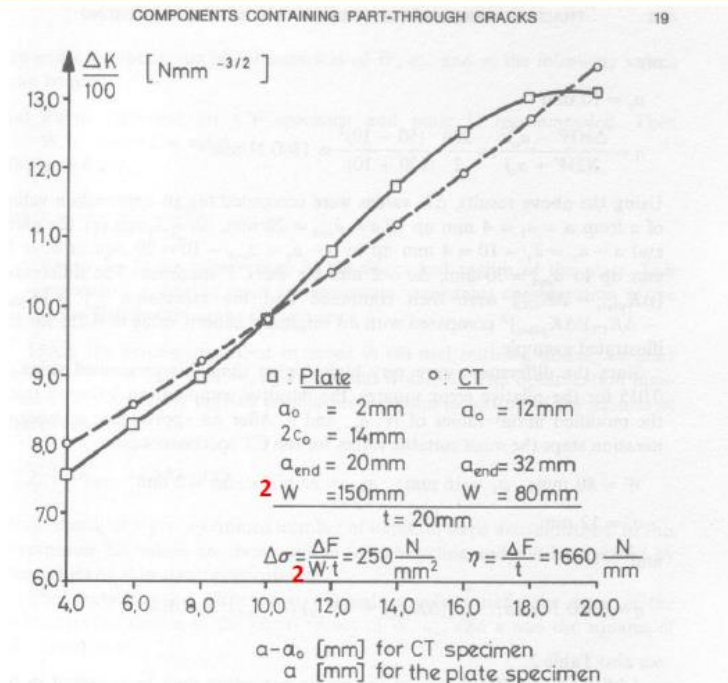
42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

A numerical example: A tensile plate and a corresponding CT specimen with a growing crack (fatigue) from a_0 till a_{end}



42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Comments to the numerical computations

for a plate 150 mm wide, 20 mm thick and 800 mm long. The crack growth was divided into nine steps from $a_1 = 4$ mm to $a_{\text{end}} = 20$ mm when the crack reached the other side of the plate. All the steps are plotted in Fig. 3 as a full line.

rapnson minimization scheme were used in the following way. The growing crack shapes and the respective K values can be computed for the plate using equations (2) and (5). A typical example is shown in Fig. 3 (full line curve). Here the crack starter (spark eroded notch) was as follows

$$a_0 = 2 \text{ mm}$$

$$2c_0 = 14 \text{ mm}$$

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Computation of Point $P_3(a_3; \Delta K_3)$, i.e. $P_3(8 \text{ mm}; \approx 900 \text{ Nmm}^{-3/2})$ of the earlier slide for the plate

1. Berechnung von c_3

$$c_1 = 7,305 \text{ mm} ; \quad c_2 = 8,12 \text{ mm} ; \quad c_3 = c_2 + (a_3 - a_2) \left(\frac{a_2^2}{c_2^2} \right)^{1,5} = 9,4 \text{ mm}$$

2. Berechnung von $F_3 \left(\frac{a_3^3}{c_3^3}, 90^\circ, \frac{a_3^3}{t} \right)$

$$\frac{a_3^3}{c_3^3} = \frac{8}{9,4} = 0,85 \quad \frac{a_3^3}{t} = \frac{8}{20} = 0,4 \quad F_3 = 1,093 \text{ interpoliert aus Tab. 1}$$

3. Berechnung von Φ (elliptisches Integral 2. Art)

$$\frac{a_3^3}{2c_3^3} = \frac{8}{18,8} = 0,426$$

$$\text{Ablesewert: } Q = 2,14 \rightarrow \Phi = \sqrt{Q} = \sqrt{2,14} = 1,462$$

2nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Computation of Point P_3 ($a_3; \Delta K_3$), i.e. P_3 (8 mm; $\approx 900 \text{ Nmm}^{-3/2}$) of the earlier slide for the plate
Computation continued

4. Berechnung von ΔK_3

$$\Delta K_3 = \frac{250 \cdot \sqrt{\pi \cdot 8}}{1,462} \cdot 1,093 = 937 \text{ Nmm}^{-3/2}$$

$$\text{Fehler} = \frac{937 - 900}{900} \approx 4 \%$$

Fehler, verglichen mit dem Wert in EMPA Bericht Nr. 213 , S. 41

$$\text{Fehler} = \frac{937 - 923}{923} \approx 1,5 \%$$

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

All numerical values illustrated in the earlier slide

FRACTURE MECHANICS VERIFICATION BY LARGE-SCALE TESTING

Table 2 Tabulated results illustrated in Fig. 3

$a - a_0$ (mm) <i>CT specimen</i>	ΔK ($N\ mm^{-3/2}$)	
a (mm) <i>plate</i>	<i>plate</i>	<i>CT specimen</i>
4	752	797
6	833	857
8	898	919
10	982	983
12	1079	1050
14	1174	1120
16	1254	1195
18	1304	1275
20	1308	1362

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Tensile plates experimental results with four plates

FRACTURE MECHANICS VERIFICATION BY LARGE-SCALE TESTING

Table 3 Tensile plates experimental results

a (mm)	N	c (mm)	a (mm)	N	c (mm)
Plate specimen No. 1			Plate specimen No. 3		
1.79	0	7.00	1.61	0	7.00
2.24	10 000	7.00	1.73	3000	7.00
2.84	20 000	7.00	2.01	10 000	7.00
3.57	30 000	7.15	2.43	20 000	7.00
4.49	40 000	7.50	2.91	30 000	7.00
4.93	45 000	7.70	3.33	40 000	7.00
6.79	60 000	9.10	3.52	50 000	7.00
7.48	65 000	9.85	3.92	60 000	7.05
8.68	70 000	10.55	4.35	70 000	7.20
10.03	75 000	11.95	5.20	80 000	7.45
11.62	80 000	13.35	6.86	90 000	8.25
13.50	85 000	15.20	9.51	100 000	9.90
14.18	87 000	16.60	13.48	110 000	13.30
14.58	88 000	17.80	16.21	115 000	16.20
15.53	90 000	18.80	17.49	117 000	17.35
16.36	91 400	19.45	18.85	119 000	19.60
17.07	92 500	20.80	19.56	120 000	20.95
18.32	94 300	22.70			
Plate specimen No. 2			Plate specimen No. 4		
2.13	0	7.00	1.95	0	7.00
2.31	10 000	7.00	2.14	10 000	7.00
2.83	20 000	7.00	2.58	20 000	7.00
3.68	30 000	7.00	3.28	30 000	7.00
4.74	40 000	7.05	4.34	40 000	7.00
6.33	50 000	7.45	5.10	50 000	7.20
8.33	60 000	8.70	6.20	60 000	7.60
10.99	70 000	10.65	8.04	70 000	9.20
14.87	80 000	14.25	10.68	80 000	11.40
16.69	84 000	16.95	15.28	90 000	15.50
17.86	86 000	17.75	15.65	90 500	16.80
18.76	87 500	18.80	16.70	92 500	17.60
20.68	89 500	20.95	18.42	94 000	18.40
			18.54	95 000	18.95
			18.48	96 000	19.60
			18.79	97 000	20.40
			18.94	97 500	20.80
			19.23	98 500	21.50

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Graphical illustration of the tabulated results (see the Tables on the previous and on the following slide)

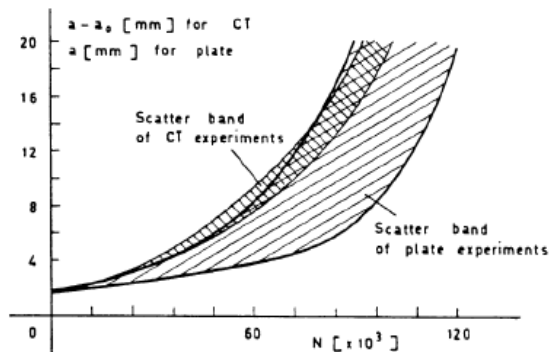


FIG. 4a—Crack propagation in tension plates and optimally adjusted C(T) specimens.

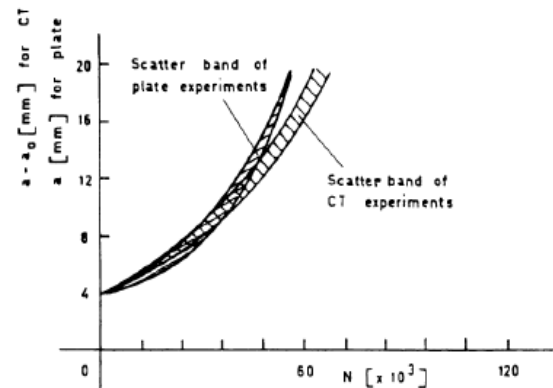


FIG. 4b—Transformations of crack growth curves (see Fig. 4a) to the origin at $N = 0$ and crack depth of 4 mm.

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Experimental results with three adjusted CT specimens

TABLE 4—Experimental results for three adjusted CT specimens (see also Figs. 3 and 4a).

(a - a ₀), mm	N		
	No. 1	No. 2	No. 3
3.0	24 000	24 000	24 000
3.5	28 470	30 575	30 475
4.0	29 510	35 550	35 175
4.5	31 950	40 300	39 250
5.0	35 640	43 825	43 175
5.5	40 775	47 275	46 775
6.0	42 050	50 375	50 150
6.5	45 020	53 900	53 550
7.0	47 500	56 700	56 175
7.5	51 955	59 150	59 025
8.0	53 235	61 875	61 825
8.5	56 705	64 275	64 475
9.0	57 875	66 875	66 975
9.5	60 390	69 150	69 450
10.0	61 855	71 225	71 675
10.5	65 045	73 625	73 725
11.0	66 150	75 575	75 850
11.5	68 790	77 600	77 700
12.0	70 200	79 500	79 290
12.5	72 755	81 275	81 225
13.0	72 830	82 950	82 800
13.5	76 035	84 800	84 625
14.0	77 670	86 275	86 300
14.5	79 205	87 800	87 725
15.0	79 935	89 350	89 175
15.5	81 230	90 900	90 625
16.0	82 175	92 275	91 925
16.5	84 010	93 575	93 300
17.0	84 800	94 850	94 625
17.5	86 240	96 000	95 800
18.0	87 320	...	96 900
18.5	88 370	...	98 025
19.0	89 305	...	...

42nd Seminar of HKTCC

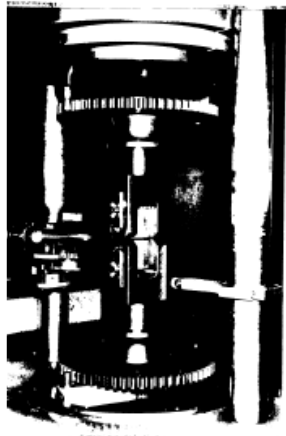
Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Tafel 1

Nr. 69'901/10a



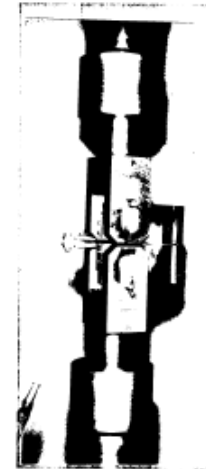
Anschwingen der Kompaktzugprobe
im Hochfrequenzpulsator

Tafel 2

Nr. 69'912/32



Nr. 69 912/40



Nr. 69'912/1



Nr. 69'912/24



Bruchmechanik-Versuch, eingerichtet mit der Kompaktzugprobe.

Die Kompaktzugprobe (Detail zur Uebersichtsaufnahme der Tafel 1,
Photo Nr. 69'912/24) vor und nach dem Versuch (beachte den Geber
für die Verlängerungsmessung am Rand der Kerbe).

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Svájci fejlesztések: EIR-Ber. 501 & EMPA-Ber. 213



Eidgenössische Materialprüfungs- und Versuchsanstalt
Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et Institut de recherches
Laboratorio federale di prova dei materiali ed Istituto sperimentale
Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research

Bericht Nr. 213

Ein bruchmechanisch abgestütztes Verfahren zur Bestimmung des Ermüdungsverhaltens bauteilähnlicher Scheiben

*M. Prodan**

* Miklos Prodan, dipl. Masch.-Ing.,
ehemals Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR), Würenlingen.
Derzeitige Adresse: Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG,
CH-5401 Baden, Schweiz

Dübendorf 1983

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Előszó EMPA-Ber. 213

Dissertation ETHZ 7374

Vorwort

Je mehr die Bruchmechanik für die Beurteilung des Verhaltens von Bauteilen unter Beanspruchung an Boden gewinnt, desto häufiger stösst man an die Grenzen dessen, was beim heutigen Wissenstand möglich ist. Diese Grenzen sind zur Hauptsache durch ein Auseinanderklaffen zwischen Theorie und Praxis bestimmt: Einerseits sind die Ansätze für eine mathematische Behandlung verfeinerter Probleme heute derart komplex, dass sie dem praktisch arbeitenden Ingenieur nicht mehr ohne weiteres zugänglich sind; andererseits sind die Grundlagen der üblichen Arbeitsweise zu primitiv, um die Umsetzung vom genormten Versuch auf das komplizierter geformte Bauteil problemlos zu gestatten. Insbesondere ist die Erfassung der praktisch häufigen halbelliptischen Risse problematisch, wie sie im Behälterbau als Regel zu betrachten sind.

Der Autor hat sich die Aufgabe gestellt, einen Teilaspekt dieses Problemkomplexes einer brauchbaren Lösung zuzuführen. Zu diesem Zweck entwickelte er ein Verfahren, bei dem ein genormter Probekörper derart dimensioniert wird, dass sein Risswachstum unter schwingender Beanspruchung demjenigen einer Scheibe mit halbelliptischem Riss optimal angeglichen wird. Neben der Formulierung der erforderlichen Beziehungen für den Uebergang von der Scheibe zur Normprobe erfolgte eine experimentelle Ueberprüfung und Ergänzung der rechnerischen Resultate im Rahmen einer umfassenden Versuchsreihe.

Mit dem neuen Verfahren wird es möglich sein, die Lebensdauer rissbehafteter Behälter bei vertretbarem Versuchsaufwand (Normproben) zuverlässiger abzuschätzen, als dies bisher möglich war.

Prof. Dr. T.H. Erismann

Diss. ETH Nr. 7374

EIN BRUCHMECHANISCH ABGESTUETZTES VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG
DES ERMUEDUNGSVERHALTENS BAUTEILAEHNLICHER SCHEIBEN

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels eines
DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

MIKLOS PRODAN

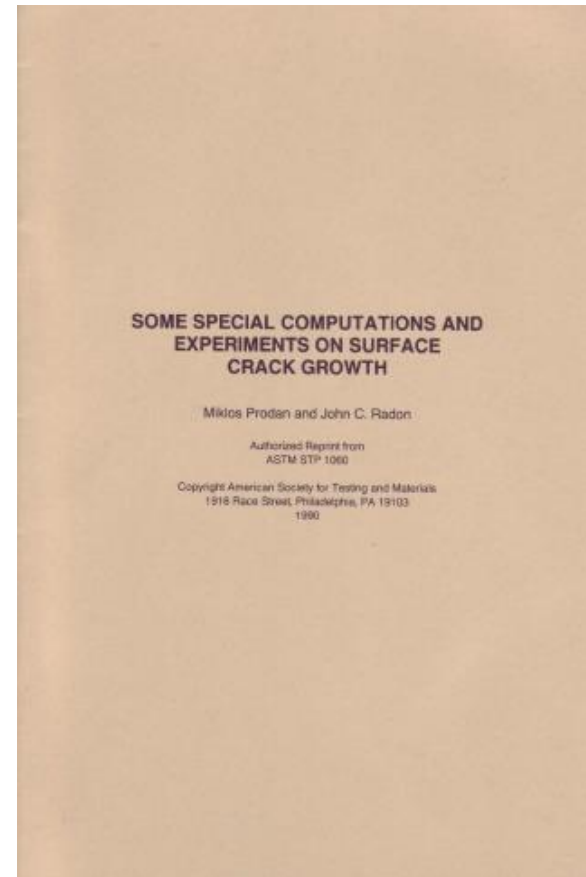
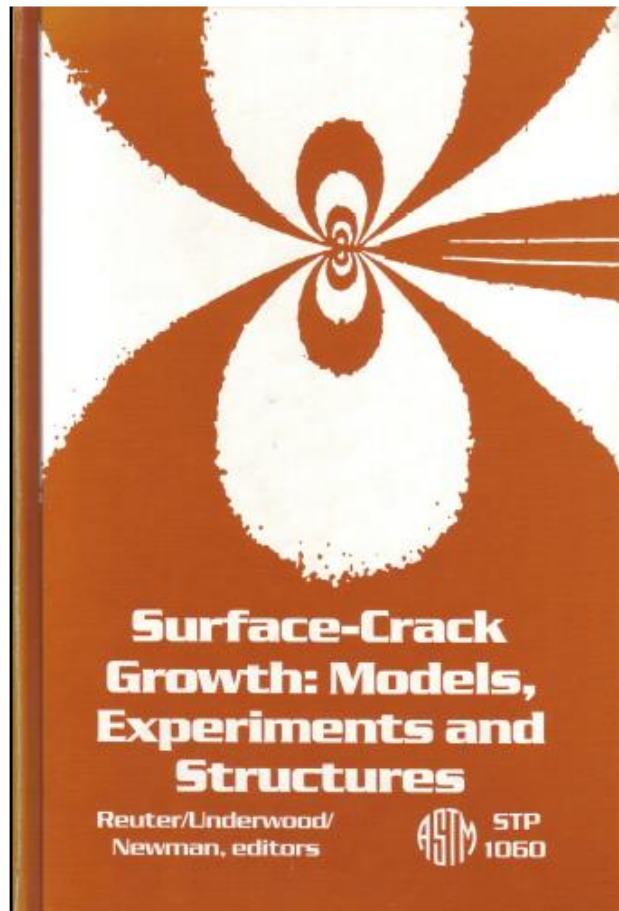
Dipl. Masch.-Ing. TU Budapest
geboren am 21. März 1947
von Budapest (Ungarn)

angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. T. H. Erismann, Referent
Prof. Dr. T. Varga, Korreferent

1983

Szerkezet-integritási vizsgálatok...



Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Some additional results from the research work
„dealing with semielliptical surface cracks“

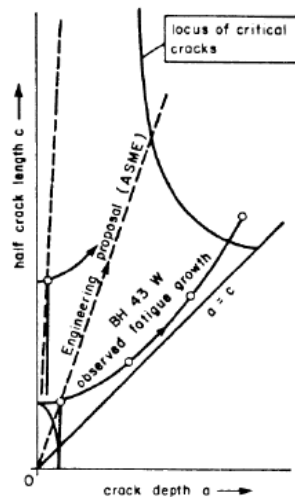


FIG. 5—Fatigue growth of surface cracks towards critical size: Comparison of experimental results with ASME Code, Section XI.

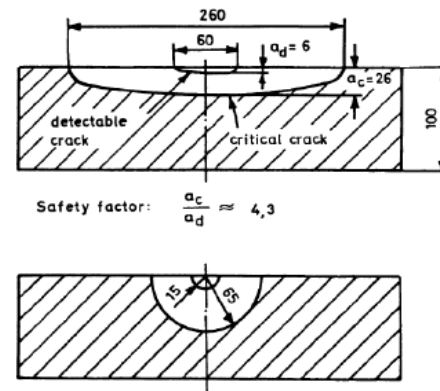


FIG. 6—Two examples of critical and detectable crack sizes: (a) semi-elliptical and (b) semicircular cracks.

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Conclusions of Part I: Semielliptical surface cracks

- Our research work verified the hypothesis that two-dimensional surface crack growth in a vessel wall is controlled by ΔK in the same way as a quasi one-dimensional straight-fronted crack growth in a CT specimen (plane strain, plane stress or intermediate conditions)
- Optimally corresponding CT specimens to a vessel (or CCT: center-cracked tensile plate) application – adjusted with the new proposal – can be better used for fatigue life time predictions than earlier experiments without this adjustment or optimization

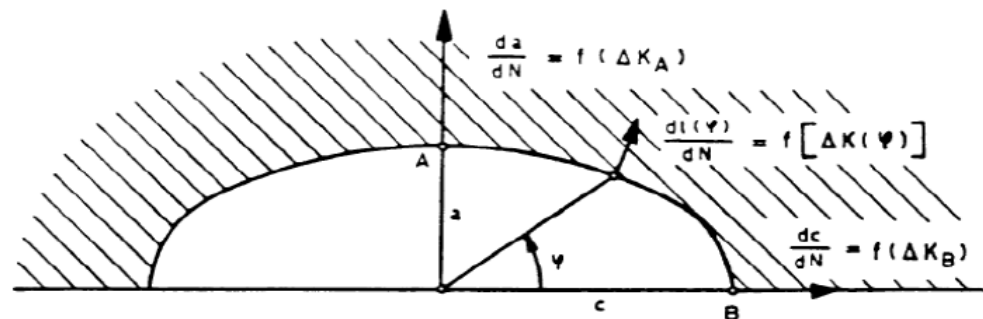


FIG. 1—Fatigue crack growth of a surface crack in isotropic material (resistance to crack propagation is considered to be independent of direction).

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Two actualities in Swiss nuclear power plants (Beznau and Leibstadt) in Juni 2014 and October 2015

Bericht zu Leck im AKW Beznau

(sda) · Wegen Reparaturarbeiten musste der Block 1 des AKW Beznau im Kanton Aargau Ende Juni während zweier Wochen abgeschaltet werden. Bei einem Rundgang war im Rücklauf des primären Nebenkühlwassersystems eine geringfügige Leckage festgestellt worden. Die Aufsichtsbehörde Ensi hat nun einen Bericht dazu vorgelegt. Sie kommt zum Schluss, dass das Vorwissen eine geringe Bedeutung für die nukleare Sicherheit gehabt habe. Die Hauptursache für die Rissbildung bei einer Rücklaufleitung seien hochfrequente Schwingungen gewesen. Als Konsequenz forderte die Aufsichtsbehörde weitere Analysen in Hinblick auf ähnlich positionierte Leitungen im primären Nebenkühlwasserkreislauf.



Neue Zürcher Zeitung

Defekt im Kühlkreislauf

AKW Leibstadt abgeschaltet

Das Atomkraftwerk Leibstadt im Kanton Aargau ist am Samstag vom Netz genommen worden. Grund dafür ist ein Defekt im Kühlwasserkreislauf des Generator-Stators. Wie lange das AKW abgeschaltet bleibt, ist zunächst unklar.

17.10.2015, 12:27 Uhr 4 Kommentare

(sda) Das AKW wurde kurz nach 11 Uhr vom Netz getrennt, wie die Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) am Samstag mitteilte. Das sei notwendig gewesen, um die Inspektion am Generator vornehmen und den Defekt lokalisieren zu können.

Der Generator verfügt über zwei Kühlkreisläufe, einer für den sogenannten Stator und einer für den Rotor. Während der Rotor mit Wasserstoff gekühlt wird, benötigt der Stator eine konventionelle Wasserkühlung. Dieser Teil der Anlage hat keinen Zusammenhang zum nuklearen Teil.

42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Magyar fejlesztések / kutatások:

Experiments with part-through cracks of today (2015) - Project
STYLE of the Bay Zoltán Nonprofit Ltd. for Appl. Research,
Miskolc-Tapolca

STYLE= Structural integrity for lifetime
management – non-RPV



Thanks for these photos to Mr. Péter Rózsahegyi, Head
of Laboratory – Bay Zoltán Institute, Miskolc-Tapolca

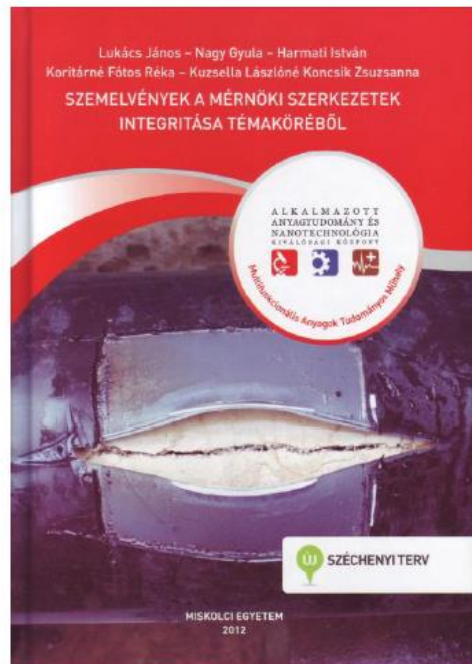
42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Left: Research at the Institute of Structural Integrity, Director: Prof. Dr. LUKÁCS János, Miskolc University; Cover: Pipe rupture

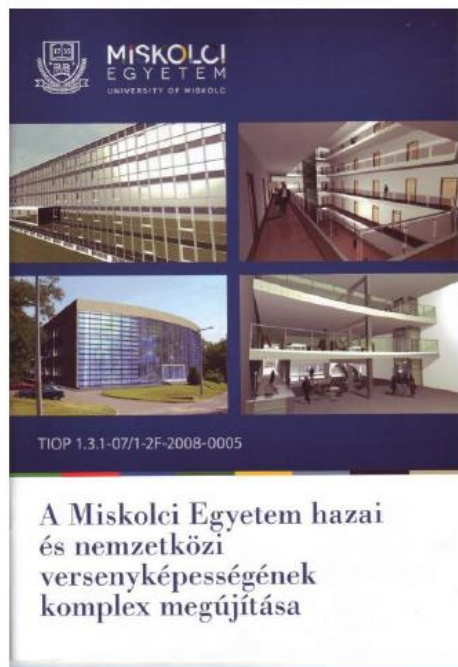


42nd Seminar of HKTC
Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Prof. Lukács J. was also the manager of the rejuvenation of the campus. Costs: 7'000'000'000 HUF, finished 2015



A PROJEKT MENEDZSMENTJE
Projektvezető: Prof. Dr. Lukács János
Pénzügyigazgató: Szentirmai Zoltán
Információs szakember: Illés Sándor
Projekt koordinátor: Lukácsné Huszti Mária
Műszaki, építési szakember:
Bubnó László, majd Vilmos Zoltán
Projekt adminisztrátor: Bara Anikó

KARI FELELŐSÖK
MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KAR
osztályvezető:
Dr. Ormos Tamás, majd Dr. Debreczeni Ákos
építész, felújítás: Dr. Csabáné Imre
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
osztályvezető: Prof. Dr. Mertinger Valéria
építész, felújítás: Ferencsik Tibor
GEFÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR
osztályvezető: Dr. Kálmán László,
majd Dr. Nemeth János
építész, felújítás: Koröcs Kálmán,
majd Dr. Bara Balázs, Wagner György
GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
Dr. Székely György,
majd Dr. Nagy Zoltán
CD MENIUS FŐISKOLAI KAR
Szentirmai László, majd Dr. Nagy György
és Kántor Istváné
ALKALMAZOTT FÖLDTUDOMÁNYI KUTATÓINTÉZET
osztályvezető: Dr. Jónap György
építész, felújítás: Yosi Csaba
STÁB TITKOSZÁLLÁS
osztályvezető: Illés Sándor
építész, felújítás: Varga László

PROJEKT VEB LAP
<http://www.uni-miskolc.hu/unideps/TIOA/>
Dr. Vitéz Gábor és Vitéz Károly

KÖZBESZERZÉS
Közbeszerzési felhívás kiírás (KÉB):
Dr. Biróné dr. Vajnovics Zsuzsanna
Közbeszerzési Tanács (KT)

MŰSZAKI TÁMOGATÁS
Műszaki és Üzemeltetési Főosztály:
Rutkai János, majd Molnár Miklós
keszítő
Üzemeltetési Igazgatóság: Pintér Zoltán

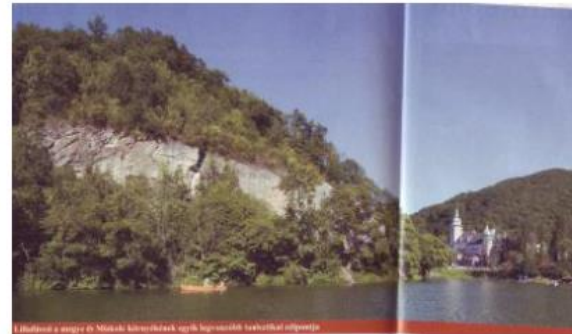
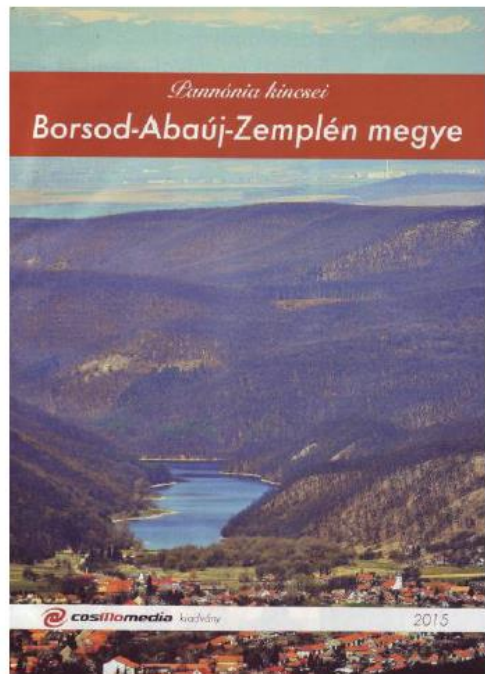
42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

The surrounding of Miskolc, „capital“ of North-Hungary, with the University and Bay Zoltán Inst. as „Genius loci“



42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

EIR+SIN=PSI Paul Scherrer Institut, Villigen-
Würenlingen (Kanton Aargau / Svájc)



Szerkezet-integritási vizsgálatok...

- 40% nukl. & 60% vízi energia (Svájc 2019)
- CERN Genf, Centre Europeen pour la Recherche Nucleaire (DVD-vel bemutatása, az interneten is megtalálható)

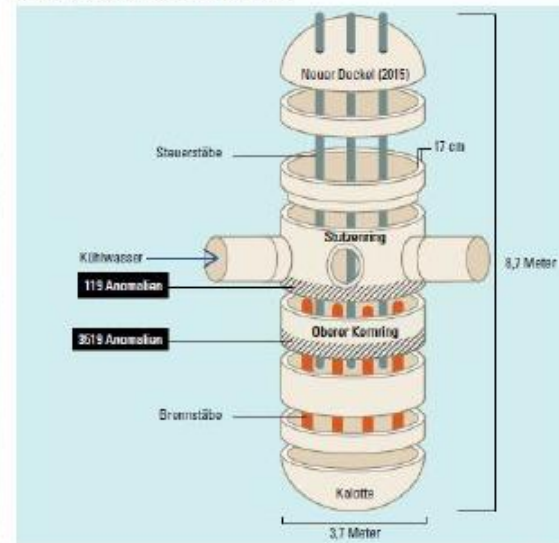
Szerkezet-integritási vizsgálatok...



Kern «Schrottreaktor», urteilt das Erisi über den Reaktorblock 1 des Atomkraftwerks Beznau.

DARSTELLUNGSDIAGRAM / NZZ

Der Reaktordruckbehälter von Beznau 1



Quelle: Axpo

NZZ (eigene Skizze)

Beznau 1 geht in die Verlängerung

Die Axpo will den ältesten Reaktor der Schweiz nach der Bewilligung zum Wiederanfahren bis 2030 betreiben

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

AKW Beznau 1 darf wieder Strom produzieren

Ein 150 Tonnen schweres Lehrstück



HELMUT STALDER

Jetzt ist es amtlich: Nach drei Jahren Stillstand darf Beznau 1 zurück ans Netz. Wegen mehrerer tausend kleiner Einschlüsse im Stahl des Reaktordruckbehälters war das Werk ausser Betrieb. Nun hat die Atomaufsichtsbehörde Ensi den Sicherheitsnachweis akzeptiert und der Kraftwerksbetreiberin Axpo die Absolution erteilt. Beznau 1, das älteste AKW der Schweiz und eines der ältesten der Welt, darf unbefristet weiterlaufen, solange es sicher ist und die Betreiber dies aus wirtschaftlichen Gründen wollen.

Die aufwendige und anspruchsvolle Untersuchung und der jetzige Entscheid haben eine weitreichende Bedeutung, die auf Staaten in der ganzen Welt ausstrahlen wird. Bisher galten 50 Betriebsjahre als Richtgrösse, und nur wenige Werke in den USA haben eine Betriebsbewilligung für 60 Jahre. Der Entscheid des Ensi dehnt die Betriebsdauer von AKW prinzipiell aus, denn er besagt: Nicht das blosse Alter einer Anlage ist massgebend, sondern allein ihr Zustand. Ist dieser tadellos und sind alle

Kriterien für einen sicheren Betrieb erfüllt, liegen auch 60 Betriebsjahre im Bereich des technisch Möglichen. Bedeutsam ist dieser Entscheid vor allem deshalb, weil er nicht das politische Umfeld, nicht Proteste von Atomgegnern, nicht wirtschaftliche Erwägungen und auch nicht Fragen der Versorgungssicherheit berücksichtigt, sondern sich einzig und allein auf technische Analysen und Tests stützt. Das macht ihn transparent und glaubwürdig.

Noch nie wurde das Herzstück eines Atomkraftwerks einer derart akribischen Prüfung unterzogen. Am Anfang standen bei Ultraschalluntersuchungen festgestellte Anomalien unbekannter Herkunft im Stahl und die grosse Schwierigkeit, wie man diese Einschlüsse und ihre möglichen Folgen für die Stabilität untersucht. Denn man kann den einbetonierten Reaktordruckbehälter nicht ausbauen, zerlegen und Materialproben zerbrechen und zerreissen. Am Ende nun steht die gesicherte Feststellung: Die Einschlüsse bestehen aus Aluminiumoxid, stammen aus dem Stahl-Giessprozess in den 1960er Jahren und haben keine negativen Auswirkungen auf die Widerstandskraft des Druckbehälters. Das Wegstück dazwischen jedoch ist es, was es ausmacht. Die Betreiberin Axpo hat viel Aufwand betrieben, dem Phänomen auf den Grund zu gehen. Das Ensi, eingedenk der weltweiten Bedeutung, hat in diesem Prozess

Die Sicherheit jederzeit zu gewährleisten und bis zum letzten Tag nachzurüsten, ist eine Dauerpflcht der Betreiber – koste es, was es wolle.

jeden Schritt hinterfragt und geprüft. Und das eingesetzte Review-Panel mit international ausgewiesenen Experten hat das Vorgehen als angemessen und die Ergebnisse als solide beurteilt. Mit dem Vorgehen, mit der Prüf- und Bewertungsmethodik, mit der Untersuchung von Vorlaufproben, der Herstellung eines Replikats des Stahlrings und metallurgischen Analysen und Bruchtests haben die Betreiber und die Aufsichtsbehörde zum Teil wissenschaftliches und methodisches Neuland betreten und zugleich internationale Standards für solche Untersuchungen gesetzt. Aber nur mit gesichertem Wissen lassen sich Zweifel ausräumen. Somit ist der Reaktorblock 1 von Beznau auch ein 150-Tonnen schweres Lehrstück, wie man mit Gründlichkeit und Vorsicht letztlich Glaubwürdigkeit herstellt.

Beznau 1 geht damit nach drei Jahren Stillstand als der weltweit am besten geprüfte Reaktor in die Verlängerung und wird wohl noch einige Jahre Strom produzieren. Gleichwohl ist dies für die Betreiber kein Freipass. In der Schweiz gibt es für AKW keine Laufzeitbegrenzung und keine Langzeitbetriebskonzepte für die letzte Phase. Vielmehr gilt die Formel: AKW dürfen laufen, solange sie sicher sind. Diese Sicherheit jederzeit zu gewährleisten und bis zum letzten Tag nachzurüsten, ist eine Dauerpflcht der Betreiber – koste es, was es wolle.

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Beznau 1 geht in die Verlängerung

Die Axpo will den ältesten Reaktor der Schweiz nach der Bewilligung zum Wiederaufstart bis 2030 betreiben

Die Einschlüsse im Stahl des Reaktordruckbehälters von Beznau 1 haben sich als harmlos erwiesen. Die Atomaufsicht gibt grünes Licht. Die Axpo will die Anlage Ende März wieder auf Volllast bringen und peilt eine Betriebsdauer von 60 Jahren an.

HELMUT STÄLDER

Der Reaktorblock 1 des Atomkraftwerks Beznau ist kein «Schrottreaktor», nicht «marodes» und kein Sicherheitsrisiko für die Schweiz, wie Atomgegner kritisieren. Die Atomaufsichtsbehörde Ensi kommt vielmehr zu dem Schluss, dass die dienstälteste Atomanlage der Schweiz nach wie vor sicher sei. «Aus sicherheitstechnischer Sicht spricht nichts dagegen, dass Beznau 1 wieder ans Netz geht», hielt Ensi-Direktor Hans Wüster bei der Präsentation der Prüfergebnisse fest. Die Axpo habe nachgewiesen, dass die im Stahl des Reaktordruckbehälters gefundenen Einschlüsse

keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit hätten. Diesen Nachweis habe das Ensi geprüft und akzeptiert. Auch das eingesetzte International Review Panel mit weltweit anerkannten Experten sei zum selben Schluss gekommen. Damit bekommt die Axpo die Erlaubnis, den Reaktor nach drei Jahren Stillstand wieder zu beladen und hochzufahren. Dies soll in den nächsten Wochen geschehen, so dass das Werk Ende März wieder volle Leistung bringt, wie die Axpo im Anschluss an den Ensi-Entscheid mitteilte. Einzige Auflage ist, dass der Reaktordruckbehälter regelmässig mit Ultraschall überprüft wird, nächstes Mal 2022.

Mit dem Entscheid kommt eine fast dreijährige Abklärung zum Abschluss, wie sie noch nie zuvor durchgeführt worden ist. Während einer Revision waren im Sommer 2015 bei Ultraschalluntersuchungen Einschlüsse unbekannter Herkunft im Stahl des Reaktordruckbehälters festgestellt worden. Befürchtet wurde zunächst, dass es sich um die gefährlichen Wasserstofflocken wie im belgischen Kraftwerk Doel 3 handeln könnte. Verfeinerte Untersuchungen fö-

herten darauf im Stützenring 119 und im am stärksten strahlenexponierten oberen Kernring 3519 solche Anomalien zutage (siehe Grafik). Fast alle Befunde liegen im unteren Viertel des Rings und bilden teilweise Wolken. Die Axpo stand

Ein 150 Tonnen schweres Lehrstück

Kommentar auf Seite 11

vor der Frage, was dies für Einschlüsse sind, welches die Ursache ist und ob sie einen negativen Einfluss auf das Material haben. Da man keine grösseren Proben aus dem Reaktordruckbehälter entnehmen kann und weltweit keine vergleichbaren Materialien erhältlich waren, benutzte die Axpo eine sogenannte Vorlaufprobe, also Material, das in den Reaktor näher an den Kern gehängt wird und so dem Neutronenbeschuss stärker ausgesetzt ist und schneller altert. Andererseits liess die Axpo nach den gleichen Spezifikationen wie in den 1960er Jahren

ein Replikat des Kernrings schmieden. Dieses Replikat zeigte die gleichen Einschlüsse und konnte zersägt und allen möglichen Tests unterzogen werden.

Das Prüfprogramm führte zu folgenden Feststellungen, die das Ensi nun anerkannte: Erstens handelt es sich bei den drei bis fünf Millimeter grossen Einschlüssen um Aluminiumoxid, das nicht während des Betriebs, sondern bereits während des Gussprozesses entstand. In den 1960er Jahren gab man der Schmelze Aluminium bei, um den Sauerstoff zu binden und «Schaumbildungen» im Stahl zu vermeiden. Diese nichtmetallischen Ablagerungen bildeten sich im unteren Teil des Schmiedestücks nach dem bekannten Phänomen der negativen Segregation.

Zweitens beeinflussen die Einschlüsse die Eigenschaften des Stahls und damit die Sicherheit des Druckbehälters nicht negativ. Dazu wurden 130 Materialproben metallurgischen, mikroskopischen und chemischen Analysen sowie Bruchtests unterzogen. Es zeigte sich, dass die Einschlüsse den Stahl nicht stärker verspröden, dass sich dort auch keine für die Versprödung relevanten

Elemente wie Kupfer, Phosphor und Nickel ansammeln und dass das Material auch nie bei den Einschlüssen brach. Zudem wurde nach der anerkannten Master-Curve-Methode nachgewiesen, dass das Material auch dann standhält, wenn die Reaktorwand bei einer schnellen Kühlung in einem Störfall extremen Spannungen ausgesetzt ist.

Die Axpo sieht sich bestätigt im Vorgehen zur Erlangung des Sicherheitsnachweises. 25 Mitarbeitende, 15 internationale Experten und etliche spezialisierte Unternehmen hätten zweieinhalb Jahre an diesem Projekt gearbeitet, über 100 technische Berichte seien verfasst worden, 80 Millionen Franken habe es gekostet, rechnete Axpo-CEO Andrew Walz vor. Eine solche Prüfung sei einzigartig. «Es gibt weltweit kein einziges Stück Stahl, das so intensiv untersucht wurde», sagte Andy Heiz, Leiter Produktion und Netze. Damit seien internationale Standards gesetzt worden. Die Axpo ist zuversichtlich, das dienstälteste Werk der Schweiz bis 2030 betreiben zu können.

Weiterer Artikel, Seite 10

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

- Quelle: Reuters © Christian Hartmann
- Das Kernkraftwerk Beznau, kurz KKB, befindet sich auf der künstlichen Aare-Insel Beznau in der Gemeinde Döttingen (Kanton Aargau, Schweiz). Es galt noch bis 2017 als das dienstälteste Kernkraftwerk der Welt.
- Nach aufwendigen Materialuntersuchungen sagt der Betreiber eines der ältesten Kernreaktoren der Welt, die Anlage sei sicher. Der Reaktor in der Schweiz wird nun wieder hochgefahren.
- Drei Jahre nach der Entdeckung von fast 1.000 etwaigen Schwachstellen darf Block 1 des Schweizer Kernkraftwerks Beznau unweit der deutschen Grenze wieder ans Netz. Der Betreiber habe detailliert nachgewiesen, dass die 2015 entdeckten Materialschäden am Stahl des Reaktordruckbehälters die Sicherheit nicht negativ beeinflussten, teilte die Nuklearaufsichtsbehörde ENSI am Dienstag mit.
- Der Betreiber Axpo will die Anlage nach eigenen Angaben nun wieder hochfahren. Ende März solle wieder Strom produziert werden. Angestrebt wird eine Laufzeit bis etwa 2030. Beznau 1 ist 1969 ans Netz gegangen und damit einer der ältesten kommerziellen Reaktoren der Welt.
- Die 925 fehlerhaften Materialstellen hatten eine Größe von fünf bis sechs Millimetern. Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, dass es sich um Aluminiumoxid-Einschlüsse handelte. Laut Axpo waren diese Stellen nicht während des Betriebs des Reaktors entstanden, sondern bereits beim Schmieden des Druckbehälters 1965 in Frankreich.

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Ältestes Kernkraftwerk?

Unterschiedliche Kriterien, unterschiedliche Ranglisten

Spe. · Mit dem Kernkraftwerk Beznau 1 geht ein Atomreaktor zurück ans Netz, der zu den ältesten der Welt gehört. Von den 449 Kernkraftwerken, die laut der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA) in Betrieb sind, haben nur sechs den Jahrgang 1969. Ob Beznau 1 tatsächlich der älteste Atomreaktor der Welt ist, wie es immer wieder zu lesen ist, ist umstritten. Nimmt man das Datum des Netzanschlusses (17. Juli 1969) als Kriterium, wie es die IAEA tut, rangiert Beznau 1 an dritter Stelle – nach den beiden Kernkraftwerken Tarapur 1 und Tarapur 2 in Indien. Daneben führt die IAEA auch Buch über die kommerzielle Inbetriebnahme von Kernreaktoren. Hier stand Beznau 1 bis vor kurzem an erster Position. Als Datum wurde der 1. September 1969 genannt. Auf Initiative der Schweizer Atomaufsichtsbehörde Ensi ist dieser

Eintrag geändert worden. Seit 2016 gilt der 9. Dezember 1969 als offizieller Termin für die kommerzielle Inbetriebnahme. Damit ist Beznau 1 von der ersten an die fünfte Position gerutscht – und das imageschädigende Label «ältestes Kernkraftwerk der Welt» los. Der Betrieb vor dem 9. Dezember wird nun als Versuchsprogramm eingestuft. Die Änderung erfolgte, weil das Ensi die Verwendung des Begriffs «Inbetriebnahme» durch die Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke vereinheitlichen wollte.

Unbestritten ist, dass die Schweiz den ältesten Kernkraftwerkpark der Welt besitzt. Laut dem «World Nuclear Industry Status Report» hatten Beznau 1, Mühleberg, Beznau 2, Gösgen und Leibstadt 2017 ein Durchschnittsalter von 42,2 Jahren. Das liegt deutlich über dem weltweiten Durchschnitt von 29,3 Jahren.

«Ein schwarzer Tag»

Der Entscheid zu Beznau 1 sorgt für viel Kritik

gam. · Mehrere Akteure kritisieren den Entscheid des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (Ensi), das Atomkraftwerk Beznau 1 wieder in Betrieb zu nehmen. Protest gibt es unter anderem von Greenpeace Schweiz, der Schweizerischen Energiestiftung (SES) sowie den Grünen. «Das ist ein schwarzer Tag für die nukleare Sicherheit in der Schweiz», sagt Florian Kasser, Atomexperte bei Greenpeace Schweiz. Sowohl Greenpeace als auch die SES wollen nun rechtliche Schritte prüfen. Die Grünliberalen kündigten ausserdem an, dass sie noch in dieser Session eine Interpellation einreichen werden. Konkret will die GLP vom Bundesrat Auskunft darüber, ob die Wiederaufnahme des Betriebs in Beznau überhaupt rechtens sei. Nach einem Aufruf der Grünen und weiterer Organisationen kam

es zudem am Dienstagabend beim Axpo-Hauptsitz in Baden zu einer Protestkundgebung. Auch im deutschen Bundesland Baden-Württemberg gab es Kritik. «Beznau müsste aus Sicherheitsgründen abgeschaltet werden», sagte Umweltminister Franz Untersteller. Diesen Standpunkt will in den nächsten Tagen auch Ministerpräsident Winfried Kretschmann in einem Brief an die Schweizer Regierung darlegen, wie das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft mitteilte.

Nicht überall gibt es aber Kritik. FDP-Nationalrat Peter Schilliger und SVP-Nationalrat Hansjörg Knecht sehen den Ensi-Entscheid grundsätzlich positiv. Es sei zum Glück nicht Sache der Politik, zu entscheiden, ob Beznau 1 sicher sei oder nicht. «Dafür gibt es ein Fachgremium», so die beiden Nationalräte.

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

2014 Annual Meeting of the Swiss Material Testing Society (SVMT) at Biotronik Ltd., Bülach (Kt. Zürich / Switzerland)
Main theme: Medical Technology



42nd Seminar of HKTCC

Hotel Gellért, Budapest, 26th October 2015

Dr. Prodán M. J.: On the Structural Integrity of Machine Elements and Engineering Structures

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

Ne higgy a médiának: $1600 \text{ m}^2 \neq 40 \text{ m}^2$?????!!!!

Ein gigantisches Symbol für den Klimaschutz. Gestern Mittag haben Studierende der Uni und ETH Zürich auf der Polyterrasse ihre Klimaschutz-Wünsche auf eine 40 m^2 grosse Schweizer Fahne geschrieben. Diese wird am 17. Oktober dem Bundesrat übergeben. (thw)

Foto: Thomas Burli



Szerkezet-integritási vizsgálatok...

CO₂-t atomerőmű nem bocsát ki

Vihar Afrikában

Gandhi 150 éve született

Die Welt

NZZ – GEGRÜNDET 1780

Mittwoch, 2. Oktober 2019 • Nr. 228 • 2.00 Fr.

AZ 2021 Zürich



Indien feiert

Wahin es heißt, dass es 150 Jahre her ist, dass der indische Unabhängigkeitskämpfer Mahatma Gandhi geboren wurde. In der Welt wird er als Symbol für den Kampf um Gerechtigkeit und Frieden angesehen.

Credit Suisse h Bankchef Thia

Untersuchungsbericht lässt wichtige Fr.

Nach der Publikation eines Berichtes über die Hypothekierung des ehemaligen US-Präsidenten Donald Trump in der Credit Suisse per Video räumt die Bank mit einem Vorfall auf, der sich im Jahr 2013 ereignete.

Die Credit Suisse (CS) hat am Dienstag einen Bericht veröffentlicht, der die Hypothekierung von Donald Trump in der Credit Suisse im Jahr 2013 darstellt. Der Bericht ist ein Ergebnis einer Untersuchung, die die Bank im Auftrag der Schweizer Regierung durchführte.

CS-Chef II über die Zu

Die Bank hat die Ergebnisse der Untersuchung veröffentlicht. Der Bericht zeigt, dass die Bank im Jahr 2013 eine Hypothek auf den Namen von Donald Trump ausstellte.

Die Bank hat die Ergebnisse der Untersuchung veröffentlicht. Der Bericht zeigt, dass die Bank im Jahr 2013 eine Hypothek auf den Namen von Donald Trump ausstellte.

Szerkezet-integritási vizsgálatok...

- Köszönöm a figyelmüket.