

Vliv obsahu chloridů v neutrálních vodách na korozní únavu nerezavějící oceli typu Cr17Ni4

Ing. Miroslav Varner, ČKD Blansko Strojírny, a. s., tel. 516 402 023
e-mail oam@ckdblansko.cz

Abstrakt

Results of evaluation of the influence of chlorine ion content in neutral water solution on fatigue life of the stainless steel of the Cr17Ni4 type are presented in the paper. Extensive sets of corrosion fatigue test data published by C. M. Sonsino and K. Dietrich from Fraunhofer-Institut for Betriebsfestigkeit, Darmstadt were evaluated. In addition to traditional approach, ie. evaluation of the influence of chlorine ion content on stress cycle amplitude limit S_a , the chlorine ion content influence on so called rectified stress cycle amplitude $(S_a - S_{pr}) \cdot P^{gama}$, threshold stress cycle amplitude S_{pr} and $gama$ parameter was evaluated further. Values of both rectified and threshold stress cycles amplitudes and also values of $gama$ parameter decrease with increasing chlorine ion content in neutral water solution.

1. ÚVOD

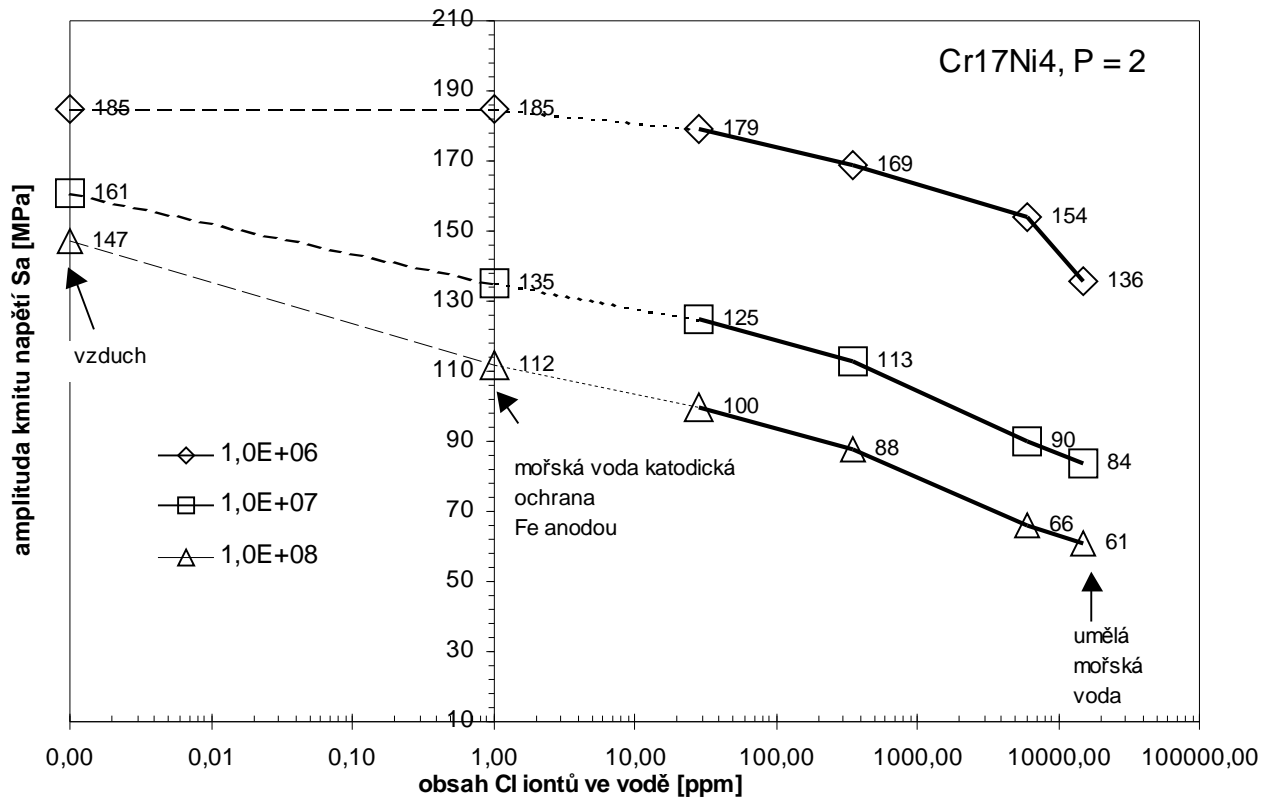
Odolnost vůči iniciaci korozně únavové trhliny v nerezavějících ocelích s více než 12% Cr je při počtech kmitů $N > 10^6$ určena schopností obnovovat ochranný pasivační film na povrchu oceli. [1]. Přítomnost chloridů v neutrálních vodných roztocích způsobuje narušení pasivačního filmu [2], [3] a je zřejmě příčinou snížení životnosti při korozní únavě [4], [5], [6], [7]. Výsledky korozně únavových zkoušek oceli na odlitky typu Cr17Ni4 (X-5XCrNi17 4) [6] byly použity k analýze vlivu obsahu Cl^- iontů ve vodném roztoku na její odolnost vůči iniciaci korozně únavové trhliny.

2. VLIV OBSAHU CHLOR - IONTŮ NA SMLUVNÍ MEZE KOROZNÍ ÚNAVY

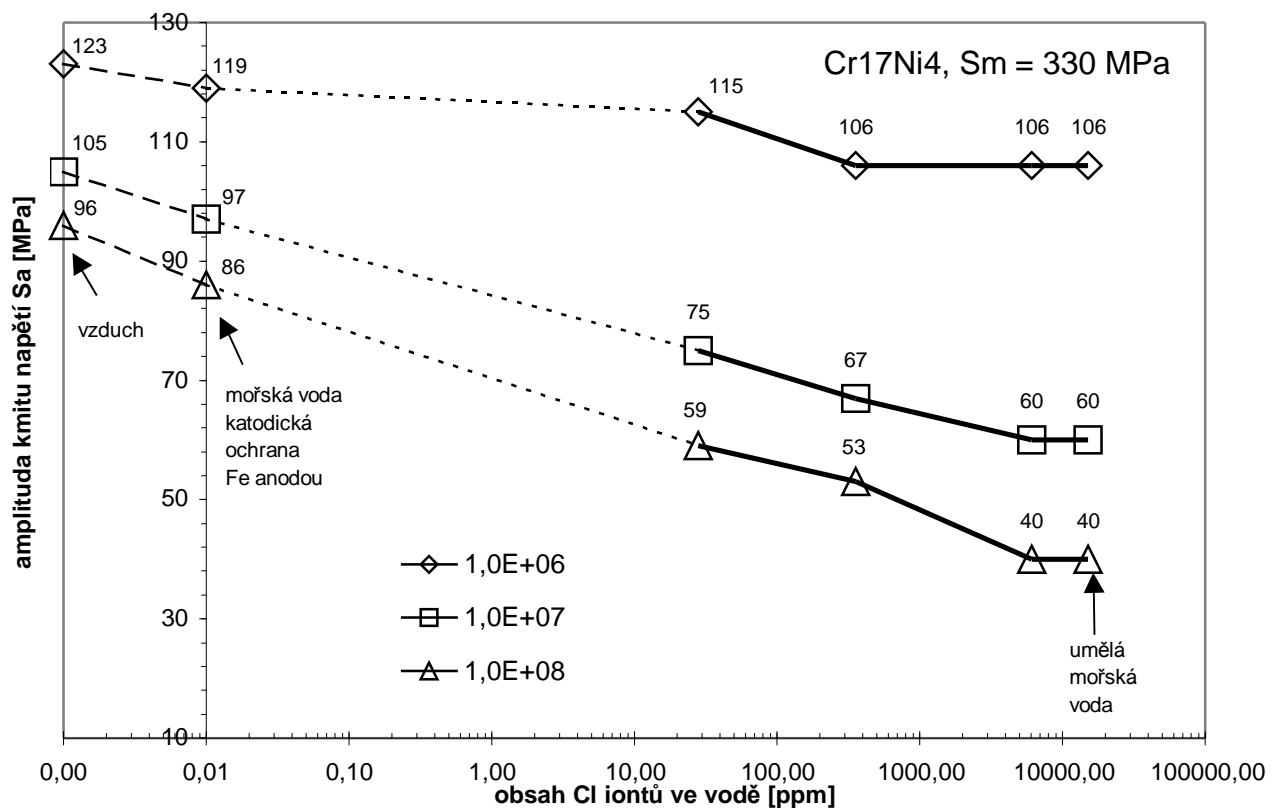
Smluvní meze korozní únavy (mezní amplitudy kmitu napětí S_a) oceli X-5XCrNi17 4 byly autory [6] stanoveny

- pro počty kmitů napětí $N = 10^6$, $N = 10^7$, $N = 10^8$,
- pro asymetrie kmitu charakterizované hodnotou parametru asymetrie kmitu napětí $P = 2$, konstantní střední hodnotou napětí kmitu $S_m = 330$ MPa ($3,87 < P < 9,25$) a částečně pro $P = 1$, kde $P = (S_m + S_a)/S_a$ je parametr asymetrie kmitu napětí,
- ve vodných roztocích s 20 ppm Cl^- iontů, s 10 mMol NaCl, s 1% NaCl a pro umělou mořskou vodu podle ASTM D 1141.

Na obr.1 a obr. 2 jsou v grafech vyneseny smluvní meze únavy a korozní únavy při základech počtu kmitů $N = 10^6$, $N = 10^7$ a $N = 10^8$ v závislosti na obsahu Cl^- iontů ve vodném roztoku. Z grafů je zřejmý pokles mezních amplitud kmitu napětí S_a se zvyšováním počtu kmitů a se zvyšováním asymetrie kmitu napětí. Smluvní meze korozní únavy oceli Cr17Ni4 jsou nerostoucí funkce obsahu Cl^- iontů v roztoku – *nezávislost amplitud kmitů napětí na obsahu Cl^- iontů je pozorovatelná při vyšším obsahu Cl^- iontů v roztoku v případě zatěžování s konstantní střední hodnotou kmitu napětí $S_m = 330$ MPa.* V grafech na obr. 1 a obr. 2



Obr. 1 Závislost mezních amplitud kmitu napětí na obsahu Cl⁻ iontů ve vodě - P = 2



Obr. 2 Závislost mezních amplitud kmitu napětí na obsahu Cl⁻ iontů ve vodě - Sm = 330 MPa.

je ukázáno, že katodická ochrana ztracenými anodami z uhlíkové oceli St 34 aplikovaná během korozně únavových zkoušek oceli Cr17Ni4 v umělé mořské vodě zvyšuje smluvní mezní amplitudy napětí. S uvážením výsledků korozně únavových zkoušek s katodickou ochranou při symetrickém kmitu napětí [8] je možné konstatovat, že katodická ochrana Fe anodami zcela eliminuje vliv chloridů na smluvní meze korozní únavy ocele Cr17Ni4 nezávisle na asymetrii kmitů napětí.

3. Vliv obsahu chlor - iontů na korigované amplitudy kmitů napětí

Pro potřebu inženýrských odhadů únavové životnosti dílců z ocelí typu Cr13Ni4 a Cr13Ni6 zatěžovaných v neutrálních vodách byla hledána proměnná, pracovně nazvaná korigovaná amplituda kmitu napětí [9], umožňující popis korozně únavových vlastností ocelí mezní plochou $Sa/Sm/N$ (tradičně zobrazovanou pomocí Haighova diagramu) pro počty kmitů napětí $N > 10^6$ a pro hodnoty parametru asymetrie kmitu $P \geq 2$ [10].

Korozně únavovou životnost dílců z uvedených typů 13 % Cr ocelí při zatěžování asymetrickými kmitu napětí lze s přijatelnou chybou odhadovat mocninnou funkcí [11], [12] s nezávisle proměnnou :

$$(Sa-Spr) \cdot P^{\gamma}, \quad (1)$$

kde Spr - prahová hodnota amplitudy kmitu napětí a γ – jsou konstanty pro každou dvojici materiál - prostředí. Proměnnou (1) – korigovanou amplitudu kmitu napětí - lze v souladu s poznatky o mikro-mechanismu iniciace korozně únavové trhliny [1] a [13] odvodit za předpokladů, že:

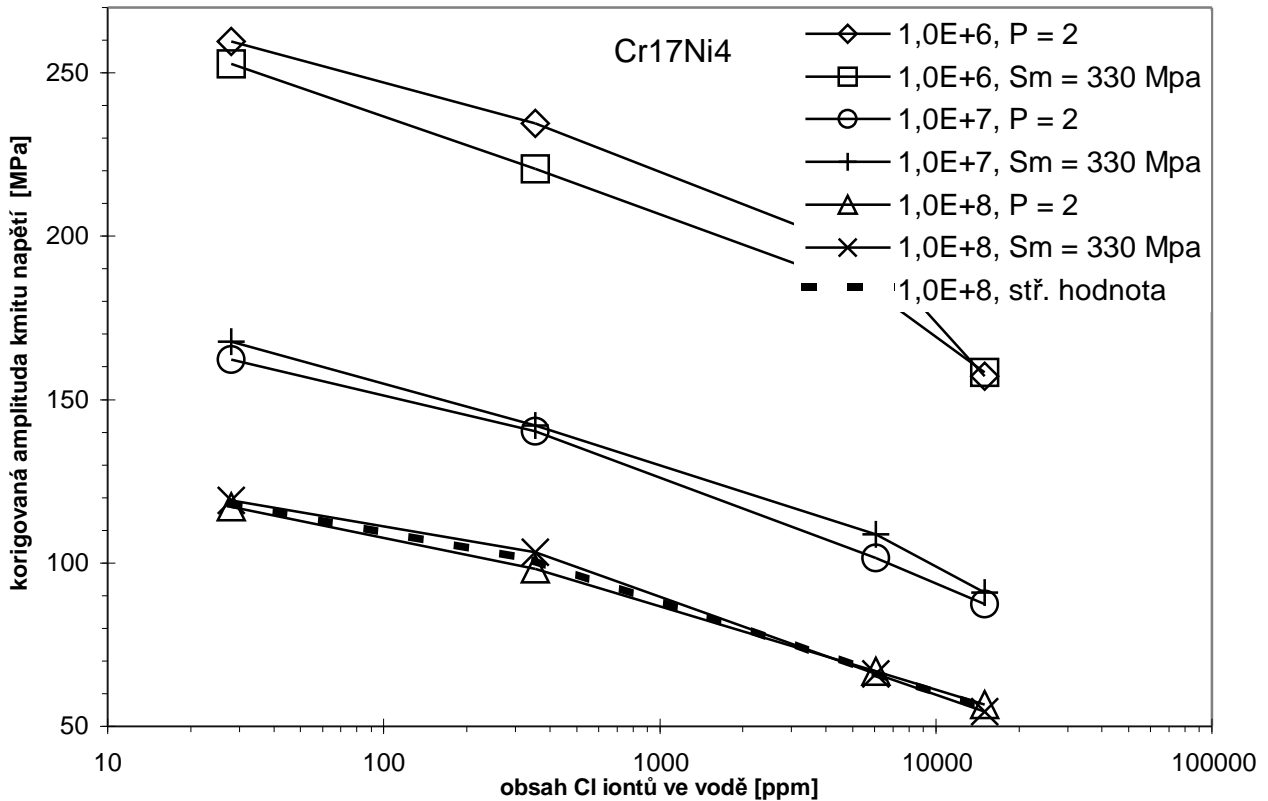
- existují prahové hodnoty amplitudy napětí [14],
- prahové hodnoty amplitud napětí jsou nezávislé na asymetrii kmitu napětí [9] a [15],
- iniciace korozně únavové trhliny končí dosažením její kritické hloubky, určené z prahových hodnot faktoru intenzity napětí [16], [17].

Pozn.: Korigovaná amplituda kmitu napětí je vzhledem k iniciaci trhliny mezní a vzhledem k počtu kmitů vztahná veličina, podobně jako je tomu v případě mezní amplitudy kmitu napětí Sa .

Na obr. 3 jsou grafiky závislosti korigovaných amplitud kmitů napětí na obsahu Cl^- iontů při počtech kmitů $N = 10^6$, $N = 10^7$ a $N = 10^8$, vypočítaných z mezních amplitud kmitů napětí Sa (viz. popisky hodnot na obr. 1, resp. na obr. 2) s asymetrií kmitů charakterizovanou hodnotou parametru asymetrie kmitu $P = 2$, resp. střední hodnotou kmitu $Sm = 330$ MPa.

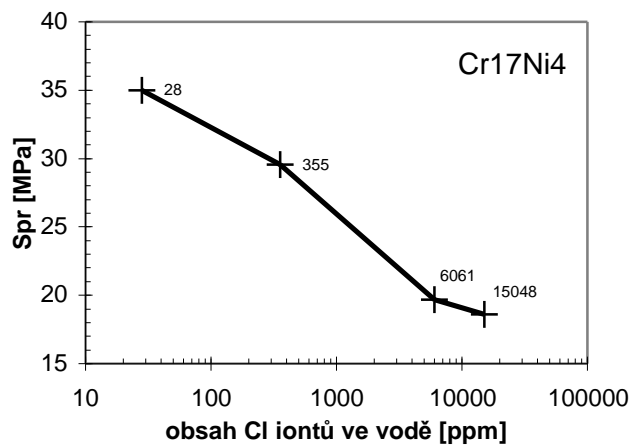
Hodnoty korigovaných amplitud kmitů napětí jsou jednoznačně klesající funkce obsahu Cl^- iontů.

Odchytky (viz obr.3: $P = 2$ resp. $Sm = 330$ MPa) korigovaných amplitud kmitů napětí od jejich středních hodnot se zmenšují s rostoucím počtem zatěžovacích kmitů; při počtu kmitů $N = 10^8$ nepřesahují 2,5% střední hodnoty. Odchytky jsou nevýznamné. Korigované amplitudy kmitů napětí tedy umožňují velmi dobře popsat korozně únavové chování i oceli Cr17Ni4 jak pro zvolenou asymetrii kmitu napětí (s omezením $P \geq 2$), tak pro zvolený obsah Cl^- iontů.



Obr. 3 Závislost mezních korigovaných amplitud kmitu napětí na obsahu Cl⁻ iontů ve vodě.

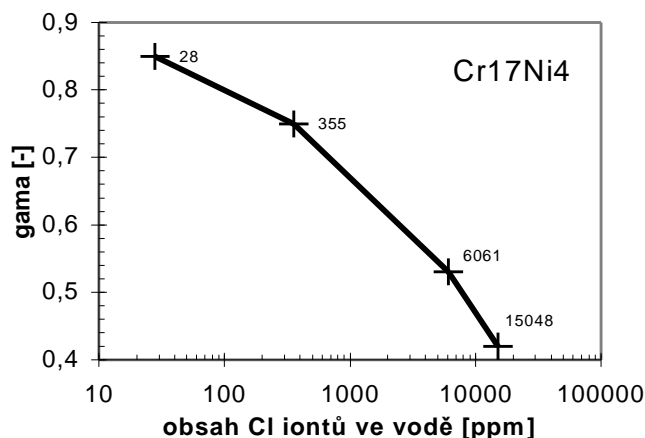
4. VLIV OBSAHU CHLOR - IONTŮ NA PRAHOVÉ HODNOTY AMPLITUDY KMITU NAPĚTÍ A NA PARAMETR GAMA



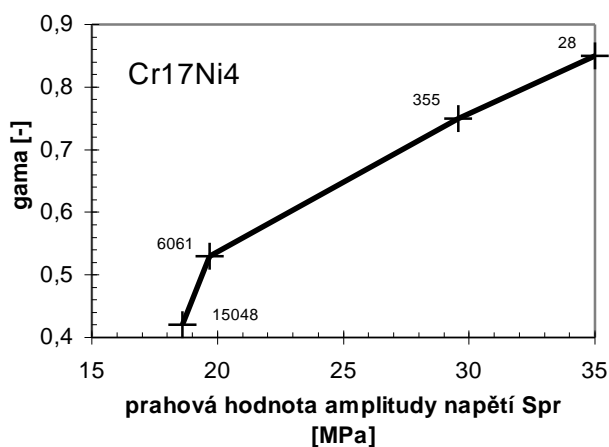
Obr.4 Závislost prahových hodnot amplitudy kmitu napětí na obsahu Cl⁻ iontů.

Závislosti prahových hodnot amplitud napětí *Spr* resp. parametru *gamma* oceli typu Cr17Ni4 na obsahu Cl⁻ iontů jsou uvedeny obr. 4, resp. obr. 5. Prahové hodnoty amplitud kmitu napětí *Spr* i hodnoty parametru *gamma* klesají se zvětšováním obsahu Cl⁻ iontů.

Závislosti obou veličin *Spr* i *gamma* na obsahu Cl⁻ iontů v roztoku jsou podobné; z grafiku na obr. 6 je při obsahu Cl⁻ iontů v rozmezí 28 ppm až 6061 ppm, zřejmá téměř lineární závislost parametru *gamma* na prahové hodnotě amplitudy napětí *Spr*.



Obr.5 Závislost parametru γ na obsahu Cl⁻ iontů.



Obr.6 Závislost parametru γ (obsah Cl⁻) na prahových hodnotách amplitudy napětí Spr (obsah Cl⁻).

ZÁVĚRY

Hodnoty smluvních mezních amplitud kmitů napětí při únavě oceli typu Cr17Ni4 v neutrálních vodách s obsahem chloridů se zmenšují

- s rostoucím počtem zatěžovacích kmitů,
- se zvyšováním asymetrie kmitu napětí,

a nezvětšují se

- s rostoucím obsahem Cl⁻ iontů.

Katodická ochrana Fe anodami eliminuje vliv chloridů na smluvní meze korozní únavy oceli Cr17Ni4 a to zcela nezávisle na asymetrii kmitu napětí.

Hodnoty korigovaných amplitud kmitů napětí, prahové hodnoty amplitudy napětí a hodnoty parametru γ klesají s rostoucím obsahem Cl⁻ iontů.

Znalost hodnot korigovaných amplitud kmitů napětí umožňuje velmi dobře popsat korozně únavové chování ocelí typu Cr17Ni4 jak pro zvolenou asymetrii kmitu napětí (pro $P \geq 2$), tak pro zvolený obsah Cl⁻ iontů ve vodném roztoku.

5. LITERATURA

- [1] VARNER, M, - KOULA, V. - KANICKÝ, V.: Contribution to corrosion fatigue crack initiation modeling, In: Proc. of 3rd Int. Conf.: Materials Structure & Micromechanics of Fracture, CD ROM, FME TU Brno, June 2001, Brno
- [2] UHLIG, H., H. – REVIE, R.,W.: Corrosion and corrosion control, John Willey & Sons, 1985, New York
- [1] ČÍHAL, V.: Korozivzdorné oceli a slitiny, ACADEMIA, 1999, Praha
- [4] BARP, P. - KELLER, A. - MILLER, H.: Some results of fatigue Tests Steel Containing 13% Chromium, Transactions, 7th Symposium of International Association for Hydraulic Research, Vienna, 1974, Austria
- [5] JELÍNEK, E.: Únavové charakteristiky korozivzdorných litých ocelí Cr13Ni6Mo a Cr13Ni4Mo, Strojírenství, Vol. 35, No.1, 1985, str. 43-50.
- [6] SONSINO, C.,M. - DIETERICH, K.: Korrosionsschwingfestigkeit der Stahlgussorten G-X5CrNi134 und G-X5CrNi174 für Laufräder von Wasserkraftmaschinen und Pumpen, Werkstoffe und Korrosion 41, 1990, pp 330-342
- [7] MUELLER, M., P.: Dependence of Corrosion Fatigue Crack Initiation Mechanisms on the Corrosion Behavior of Two Stainless Chromium Steels, Corrosion –NACE, Vol. 38, No. 8, August, 1982
- [8] LJAŠČENKO, L., E. – GLIKMAN, L., A. – ZOBAČEV, JU., E.: O nekotorych osobnostjach vlijanija katodnoj poljarizacii na korozionno – ustalostnuju pročnosť stalnych obrazcov s nadrezom, Fiz.-chim. mechanika materialov, 1973, No. 5, pp. 10 –14
- [9] VARNER, M.: Mikro-mechanismus iniciace korozně únavové trhliny ocelí s více než 12% Cr ve vodě s uvážením asymetrie zatěžovacího kmitu napětí, nepublikovaná práce
- [10] VESELÝ, J. - VARNER, M.: A Case Study of Upgrading of 62.5MW Pelton Turbine, In.: Proc. of Conf. Upgrading & Refurbishing Hydro Powerplants, 2001, Prague, Czech Republic
- [11] WEIBULL, W.: Fatigue Testing and Analysis of Results, Pergamon Press, 1961, Oxford
- [12] VARNER, M.: Výběr regresního modelu korozně únavového života - ocel 13 % Cr 4 % Ni, nepublikovaná práce
- [13] NAKAI, Y. – FUJIWARA, S. – OGAWA, T. – SHIMIZU, Y.: Observation of Corrosion Fatigue Crack Initiation Processes in Metals by Means of AFM, Materials Science Research International, Special Technical Publication – 1, 2001, pp 101-106
- [14] OLEJNIK, N., V. – MAGDENKO, A.,N. – SKLJAR, S., P.: Soprotivlenije ustalosti materialov i detalej mašin v korozionnyh sredach, Naukova dymka, 1987, Kyjev
- [15] VARNER, M.: Cycle asymmetry effect to corrosion fatigue crack initiation for steel 13%Cr1%Ni, In: Proceeding of 1st Inter. Conference: Corrosion and its Influence to Strength and Lifetimes of Steel Constructions, TU Brno, 1998, Brno
- [16] KLESNIL, M. – LUKÁŠ, P.: Únava kovových materiálů při mechanickém namáhání, ACADEMIA, 1975, Praha
- [17] LUKÁŠ, P. – KUNZ, L.:Prahové hodnoty krátkých i dlouhých únavových trhlin v Cr – Mo oceli, Strojírenství, Vol. 38, No.: 3, 1989, pp.171-175