

OVĚŘENÍ ODHADU DLOUHODOBÝCH CREEPOVÝCH VLASTNOSTÍ 9-12 %CR OCELÍ V KRATŠÍM ČASOVÉM INTERVALU

VERIFICATION OF ESTIMATION OF LONG-TERM CREEP PROPERTIES OF 9-12% CR STEEL IN A SHORTER TIME INTERVAL

Tomáš Vlasák ^{a)}, Šárka Neumannová ^{a) b)} a Jan Čech ^{b)}

^{a)} SVÚM a.s., Tovární 2053, 250 88 Čelákovice

^{b)} ŽĐAS a.s., Strojírenská 6, 591 71 Žďár nad Sázavou

Abstrakt

Na žárupevných 9-12 %Cr ocelích byla ověřována závislosti doby do lomu na teplotě, přičemž napětí bylo shodné při všech zkouškách. Zvolené oceli se v současné době stále více používají, a to především v energetice, kde jsou využity jejich dobré mechanické vlastnosti při vysokých teplotách. Na základě takto získaných dat lze z krátkých creepových zkoušek spolehlivěji odhadnout doby do lomu u řádově delších zkoušek, které jsou požadovány při přejímacích podmínkách. Výsledky byly získány při spolupráci společností SVÚM a.s. a ŽĐAS a.s. za podpory TA ČR.

Abstract

The dependence of time to fracture on temperature was verified on high temperature 9-12 %Cr steels, while the stress was the same in all tests. These steels are currently used in the energy industry, where their good mechanical properties at high temperatures are utilized. Based on the obtained data, the times to fracture can be more reliably estimated from short creep tests for much longer tests, which are required under acceptance conditions. The results were obtained in cooperation with SVÚM a.s. and ŽĐAS a.s. with the support of TA CR.

Úvod

Odhad dlouhodobých creepových vlastností byl ověřován na materiálu X10CrWMoVNB92 (P92). Tato práce navazuje na výsledky projektu TG03010032-31-1 [1], ve kterém se na této oceli testoval vliv stupně prokovaní na dlouhodobé creepové chování.

Cílem experimentů bylo navrhnout takové podmínky creepových zkoušek, při jejichž splnění by bylo možné tvrdit, že materiál dosáhne při teplotě 635 °C a zatížení 120 MPa dobu do lomu 1 000 hodin.

Experimentální materiál

Experimentální tavba, jejíž chemické složení je uvedeno v tab. 1, i zkušební výkovek stupňovitého hřídele (obr. 1) byl vyroben v ŽĐAS, a.s. Stupeň prokovaní výkovku byl 11-24 v závislosti na dosaženém průměru, v tomto příspěvku se zabýváme výsledky ze stupně prokovaní 15,7 (přibližně střed zkušebního výkovku), vzorky odebrány z ¼ T průměru hřídele 310 mm.

Výkovek po dokování řízeně ochlazen a následovalo tepelné zpracování 1065 °C/olej +750 °C/vzduch. Pro ověření odhadu creepových vlastností krátkodobých zkoušek byl použit materiál se stupněm prokovaní 15,7.



Obr. 1: Stupňovitý hřídel

Jeho creepové vlastnosti byly sledovány v předchozím projektu při napětích od 170 MPa do 80 MPa a teplotách 600, 625 a 650°C. Při každé teplotě bylo provedeno 5 zkoušek s různým napětím, tak aby nejkratší doby do lomu byly přibližně 100 h a zkoušky při nejnižších napětích trvaly více než 10 000 hodin. U nejdelší zkoušky přesáhla doba do lomu 31 000 hodin. Výsledky zkoušek byly vyhodnoceny pomocí Larson – Millerova parametru P_{LM} [3], podle regresního modelu

$$\log \sigma = A_1 + A_2 P_{LM} + A_3 P_{LM}^2,$$

kde $P_{LM} = T \cdot (\log t_r + A_4)$,

σ je napětí [MPa],

T je teplota [K],

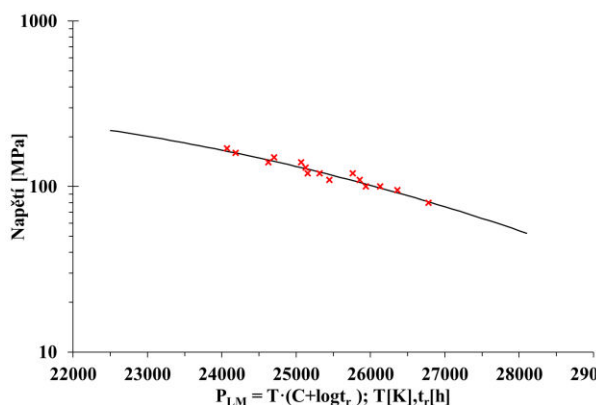
t_r je doba do lomu [h],

$A_1 - A_4$ jsou materiálové konstanty A_4 byly zvolena 25.

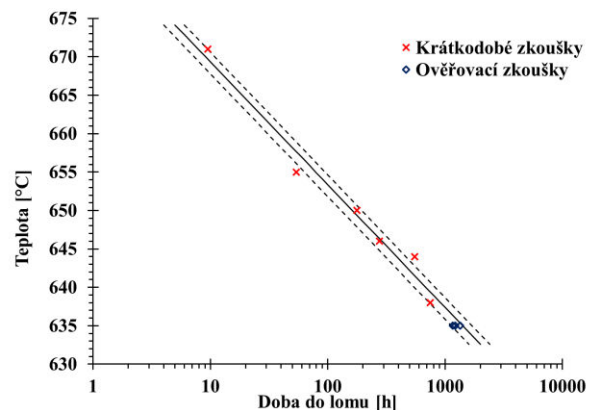
Závislost napětí na Larson – Millerově parametru je zobrazena na obr. 2. [1]

Tab. 1: Chemické složení oceli P92 [hm. %] [2]

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W	Nb	Al	N
min,	0,07	0,3				8,5		0,3	0,15	1,5	0,04		0,03
max,	0,13	0,6	0,5	0,02	0,01	9,5	0,4	0,6	0,25	2	0,09	0,04	0,07
57448	0,1	0,47	0,22	0,017	0,002	8,9	0,4	0,58	0,2	1,71	0,068	0,005	0,0476



Obr. 2: Výsledky creepových zkoušek mat. X10CrWMoVNb92 (P92)



Obr. 3: Výsledky ukončených zkoušek mat. X10CrWMoVNb92 (P92) při konstantním napětí 120 MPa

Výsledky

V první fázi výzkumu byly na materiálu X10CrWMoVNb92 provedeny krátkodobé creepové zkoušky při teplotách od 638 do 671 °C a zatížení 120 MPa. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. 2. Grafická interpretace lineární závislosti doby do lomu na teplotě je uvedena na obr. 3.

Tab. 2: Výsledky creepových zkoušek mat. X10CrWMoVNb92 při zatížení 120 MPa

Podmínky		Doba do lomu [h]
Teplota [°C]	Napětí [MPa]	
671	120	9,50
655	120	54,00
650	120	177,25
646	120	277,00
644	120	551,75
638	120	749,00

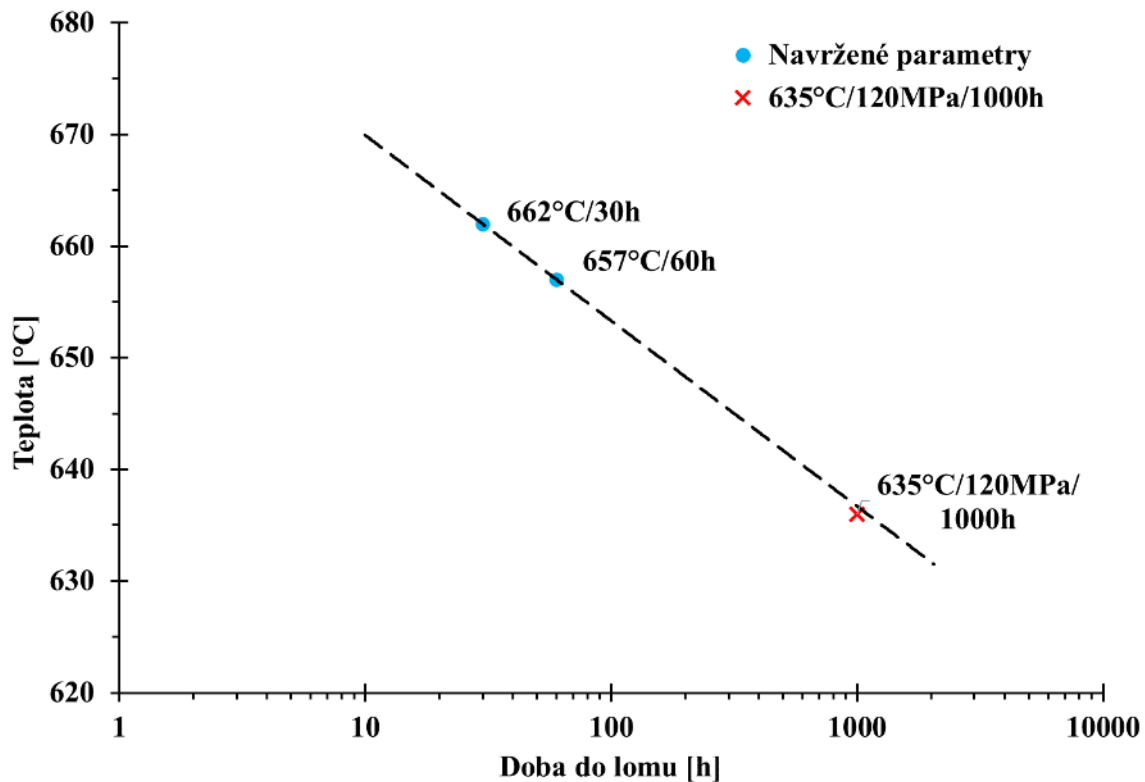
Na základě výsledků krátkodobých zkoušek byly navrženy podmínky ověřovacích zkoušek, tak aby doba do lomu byla přibližně 1 000 hodin. Teplota zkoušek byla při zatížení 120 MPa 635°C. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3: Výsledky ověřovacích zkoušek mat. X10CrWMoVNb92 při zatížení 120 MPa

Podmínky		Doba do lomu [h]
Teplota [°C]	Napětí [MPa]	
635	120	1 347,00
635	120	1 226,25
635	120	1 161,25

Závěr

Z výsledků creepových experimentů na materiálu X10CrWMoVNb92 (P92) byla vyhodnocena závislost a zvoleny podmínky 2 zkoušek – 662 °C/120 MPa/30 h a 657 °C/120 MPa/60 h. Pokud bude materiál při těchto krátkodobých zkouškách vyhovující, lze u něj předpokládat životnost 1 000 hodin při 635 °C a 120 MPa, viz obr. 4.



Obr. 4: Návrh krátkodobých zkoušek pro odhad doby do lomu 1 000 hodin

Literatura

- [1] NEUMANOVÁ, Š. a VLASÁK, T.: *Studium vlivu stupně prokování na vlastnosti ocele X10CrWMoVNb92*. Závěrečná zpráva SVÚM a.s. TG03010032-31-1/6; 2019.
- [2] ASTM A335/A335M-11; *Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service*; 2013.
- [3] SEIFERT, W. a MELZER, B.: *Rechnerische Auswertung von Zeitstandversuchen am Beispiel des Stahles 13CrMo4-4.15*. Vortragveranstaltung „Langezeitverhalten warmer Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“, Düsseldorf, 06.11.1992.