

Příklady použití disků s „U“ vrubem pro stanovení tranzitní teploty T_{SP} z výsledků penetračních testů

Examples of the Use of Discs with a "U" Notch for Determining the Transition Temperature T_{SP} of the Penetration Tests Results

prof. Ing. Karel Matocha, CSc.; Ing. Ondřej Dorazil; Ing. Miroslav Filip

MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., Pohraniční 693/31, 703 00 Ostrava-Vítkovice, Česká republika

V příspěvku jsou shrnuty výsledky získané při studiu vlivu disku s „U“ vrubem o hloubce 0,2 mm na tranzitní teplotu penetračních testů T_{SP} pro materiál neprovozované trubky z oceli P92 v dodaném stavu a po dodatečném tepelném zpracování 800 °C/2 hod./vzduch, které vyvolalo významný pokles meze kluzu, meze pevnosti i tranzitní teploty FATT. Získané výsledky ukázaly, že pro materiál neprovozované trubky z oceli P92 v dodaném stavu nevede přítomnost „U“ vrubu v tranzitní oblasti penetračních testů, na rozdíl od oceli 14MoV6-3, k posunu lomové energie E^{SP} k vyšším teplotám. Poměry $T_{SP}/FATT$ získané na zkušebních tělesech s „U“ vrubem jsou pro oceli 14MoV6-3 (15 128) a P92 přibližně stejné na rozdíl od poměrů $T_{SP}/FATT$ stanovených na zkušebních tělesech bez vrubu, které se významně liší.

Klíčová slova: penetrační test; lomová energie penetračního testu E^{SP} ; tranzitní teplota penetračního testu T_{SP} ; zkušební těleso tvaru disku; tranzitní teplota FATT

The paper summarizes the results obtained when studying the influence of the disc with a "U" notch 0.2 mm in depth on transition temperature of penetration tests T_{SP} for material of pipe made of P92 steel in delivered state and after subsequent heat treatment of 800 °C/2 hours/air, which caused a significant decrease in yield strength, ultimate strength and transition temperature FATT. The results obtained showed that for the material of pipe made of P92 steel in delivered state the "U" notch does not shift the fracture energy in the transition area of the penetration tests, unlike the steel 14MoV6-3, to higher temperatures. Ratios $T_{SP}/FATT$ obtained on specimens with a "U" notch are for the steels 14MoV6-3 (15 128) and P92 approximately the same, unlike $T_{SP}/FATT$ determined on specimens without a notch, which differ significantly.

Key words: penetration test; small punch fracture energy E^{SP} ; transition temperature of penetration test T_{SP} ; disc shape test specimen; transition temperature FATT

Penetrační testy patří mezi zkušební metody umožňující stanovit aktuální mechanické vlastnosti z malého množství zkušebního materiálu odebraného z vnějšího nebo vnitřního povrchu kritických míst dlouhodobě provozovaných zařízení bez nutnosti jejich následných oprav [1]. Princip penetračního testu je detailně popsán v práci [2]. V současné době je tato zkušební metoda používána pro stanovení [3]:

- meze kluzu materiálu,
- meze pevnosti materiálu,
- tranzitní teploty DBTT (Ductile Brittle Transition Temperature) přechodu křehký-tvárný lom; tranzitní teplota může být určena buď teplotou FATT (Fracture Appearance Transition Temperature), nebo např. T_{41J} , tedy teplotou odpovídající nárazové práci 41 J,
- lomové houževnatosti,
- charakteristik tečení.

Dle doporučení CWA 15627 Part B [3] existují dva významně odlišné přístupy ke stanovení pevnostních

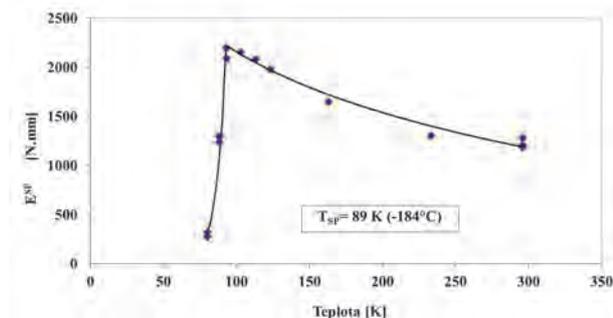
charakteristik a lomové houževnatosti z výsledků penetračních testů:

1. empirické korelace mezi výsledky penetračních testů a výsledky standardizovaných zkoušek,
2. metody využívající matematického modelování pomocí metody konečných prvků a neuronových sítí.

Tranzitní teplota (DBTT) je však doposud stanovována pouze z empirických korelací mezi tranzitní teplotou stanovenou z výsledků standardizovaných zkoušek Charpy V a tranzitní teplotou penetračních testů T_{SP} , určenou z výsledků penetračních testů v rozmezí teplot -193 až +20 °C. Tranzitní oblast penetračních testů je však posunuta k výrazně nižším teplotám vzhledem k tranzitní oblasti stanovené na standardizovaných zkušebních tělesech Charpy [4].

Tranzitní teplota T_{SP} je dle CWA 15627 definována jako teplota odpovídající polovině součtu maximální a minimální lomové energie vypočtené metodou nejmenších čtverců z teplotní závislosti stanovené z experimentálně naměřených dat v tranzitní oblasti.

Zásadní rozdíl mezi penetračními testy a standardizovanou zkouškou rázem v ohybu spočívá v tom, že pro penetrační testy CWA 15627 doporučuje používat zkušební tělesa tvaru disku o průměru 8 mm a tloušťce 0,5 mm bez vrubu [5]. Především u houževnatých materiálů je pak teplotní závislost lomové energie v tranzitní oblasti velmi strmá a je blízká teplotě kapalného dusíku (obr. 1).

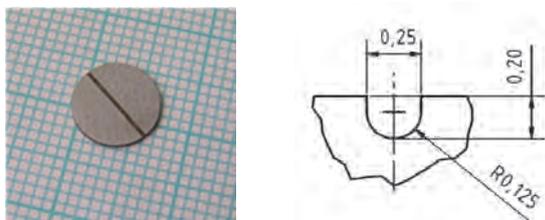


Obr. 1 Teplotní závislost lomové energie penetračního testu E^{SP} materiálu trubky $\varnothing 457 \times 28$ mm z oceli 14MoV6-3 po tepelném zpracování $940^\circ\text{C}/1$ hod./pec + $720^\circ\text{C}/2$ hod./vzduch ($FATT = -22^\circ\text{C}$)

Fig. 1 Temperature dependence of fracture energy of the penetration test E^{SP} (pipe $\varnothing 457 \times 28$ mm made of 14MoV6-3 steel after heat treatment $940^\circ\text{C}/1$ hr./furnace + $720^\circ\text{C}/2$ hr./air, ($FATT = -22^\circ\text{C}$))

Postup doporučený v CWA pro stanovení T_{SP} může tak vést k významným chybám při jejím stanovení. Snaha posunout tranzitní teplotu T_{SP} k vyšším teplotám vedla k návrhu zkušebních disků s vrubem. Avšak použití ostrého kruhového vrubu s poloměrem čela vrubu menším než $5 \mu\text{m}$ nevedlo k posuvu tranzitní teploty T_{SP} blíže k tranzitní teplotě $FATT$ stanovené z výsledků zkoušek rázem v ohybu Charpy V [6]. Rovněž použití dvou na sebe kolmých vrubů v ose roviny disku o hloubce 0,05 mm a poloměru 0,04 mm nevedlo k významnému posuvu tranzitní teploty T_{SP} u oceli SA 508 Class 3 [7].

V rámci bilaterálního projektu v programu MŠMT KONTAKT II č. LH12199 „Porovnání zkušebních postupů pro stanovení mechanických vlastností pomocí penetračních testů mezi EU a Čínou“ bylo navrženo zkušební těleso tvaru disku s „U“ vrubem v ose roviny disku o hloubce 0,2 mm (obr. 2) [8].

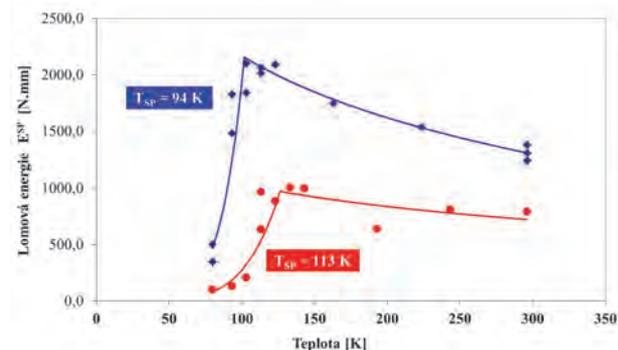


Obr. 2 Zkušební těleso tvaru disku s „U“ vrubem v ose roviny disku [1, 5]

Fig. 2 Disc test specimen with a „U“ notch in the axis of the disc plane [1, 5]

Na obr. 3 jsou uvedeny teplotní závislosti lomové energie penetračního testu T_{SP} stanovené pro materiál

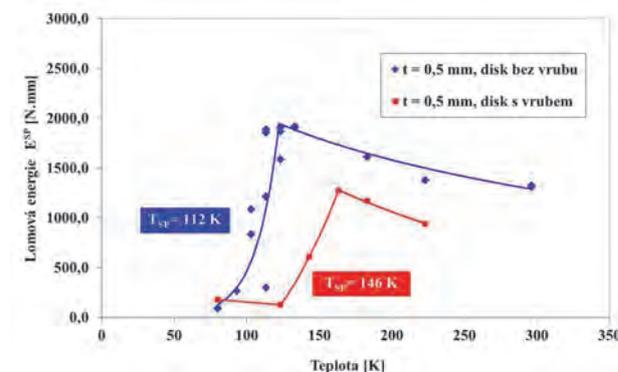
neprovozované trubky $\varnothing 457 \times 28$ mm vyrobené z oceli 14MoV6-3 (15 128) po tepelném zpracování $940^\circ\text{C}/1$ hod./vzduch + $720^\circ\text{C}/2$ hod./vzduch. Z oceli 15 128 je vyrobena většina parovodů na českých uhelných elektrárnách. Teplota $FATT$ stanovená na zkušebních tělesech Charpy V je rovna $FATT = -10^\circ\text{C}$ (263 K) [9]. Poměr teploty $T_{SP}/FATT$ uváděný v literatuře v rozmezí $T_{SP}/FATT = 0,36 - 0,43$ [2, 6, 7] se použitím zkušebních disků s vrubem zvýšil z hodnoty $T_{SP}/FATT = 0,36$ na hodnotu $T_{SP}/FATT = 0,43$.



Obr. 3 Vliv vrubu na teplotní závislost lomové energie penetračního testu. Trubka $\varnothing 457 \times 28$ mm vyrobená z oceli 14MoV6-3 po tepelném zpracování $940^\circ\text{C}/1$ hod./vzduch + $720^\circ\text{C}/2$ hod./vzduch. Rychlost pohybu příčnicku $1,5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, razník o průměru 2 mm.

Fig. 3 The effect of the notch on the temperature dependence of fracture energy of penetration test. Pipe $\varnothing 457 \times 28$ mm made of 14MoV6-3 steel after heat treatment $940^\circ\text{C}/1$ hour/air + $720^\circ\text{C}/2$ hr./air. Crosshead speed $1.5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, punch diameter 2.0 mm.

Na obr. 4 jsou uvedeny teplotní závislosti lomové energie penetračního testu T_{SP} stanovené pro materiál komory výstupního mezipřehříváku vyrobeného z oceli 14MoV6-3 a exponovaného po dobu 90 000 hodin na teplotě 540°C . Teplota $FATT$ stanovená na zkušebních tělesech Charpy V je rovna $FATT = +71^\circ\text{C}$ (344 K) [8]. Poměr teploty $T_{SP}/FATT$ se použitím zkušebních disků s vrubem v tomto případě zvýšil z hodnoty $T_{SP}/FATT = 0,33$ na hodnotu $T_{SP}/FATT = 0,42$.



Obr. 4 Vliv „U“ vrubu na posuv tranzitní teploty penetračního testu T_{SP} pro materiál komory výstupního mezipřehříváku exponovaného po dobu 90 000 hodin na teplotě 540°C . Rychlost pohybu příčnicku $1, \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, razník o průměru 2 mm.

Fig. 4 Effect of the „U“ notches on shift in transition temperature of penetration test T_{SP} for material of superheater outlet header exposed for 90,000 hours to the temperature of 540°C . Crosshead speed $1.5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, punch diameter 2 mm.

V předloženém příspěvku jsou uvedeny teplotní závislosti lomové energie penetračního testu T_{SP} stanovené na zkušebních discích o průměru 8 mm a tloušťce 0,5 mm bez vrubu a s „U“ vrubem v rovině disku pro materiál neprovozované trubky z oceli P92 v dodaném stavu a po dodatečném tepelném zpracování.

1. Zkušební materiál

Jako zkušební materiál byla použita neprovozovaná trubka $\varnothing 219,1 \times 22,2$ mm, vyrobená z oceli P92. Ocel P92 (X10CrWMoVNB9-2) je martenzitická ocel s 9 % Cr koncipovaná pro využití v energetických zařízeních s nadkritickými parametry. V tab. 1 je uvedeno kontrolní chemické složení materiálu trubky provedené v akreditované laboratoři č. 1300.

Tab. 1 Chemické složení materiálu trubky [hm. %]

Tab. 1 Chemical content of the pipe material [wt. %]

C	S	Mn	Si	P	Cu	Ni	Cr
0,12	0,009	0,53	0,24	0,012	0,050	0,13	8,56
Mo	V	Ti	Nb	W	Co	N	Al _{tot.}
0,43	0,19	<0,005	0,062	1,63	0,007	0,045	0,009

Pro posouzení vlivu „U“ vrubu na tranzitní teplotu penetračního testu T_{SP} byla teplotní závislost lomové energie penetračního testu E^{SP} stanovena pro materiál trubky v dodaném stavu a po popuštění na teplotě 800 °C/2 hod/ vzduch.

Výsledky standardizovaných zkoušek v tahu při pokojové teplotě, které byly prováděny na válcových zkušebních tělesech o průměru 8 mm orientovaných v tangenciálním směru, a teploty $FATT$ stanovené na zkušebních tělesech Charpy V orientovaných rovněž v tangenciálním směru jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Mechanické vlastnosti stanovené na standardizovaných zkušebních tělesech

Tab. 2 Mechanical properties determined on the standardized test specimens

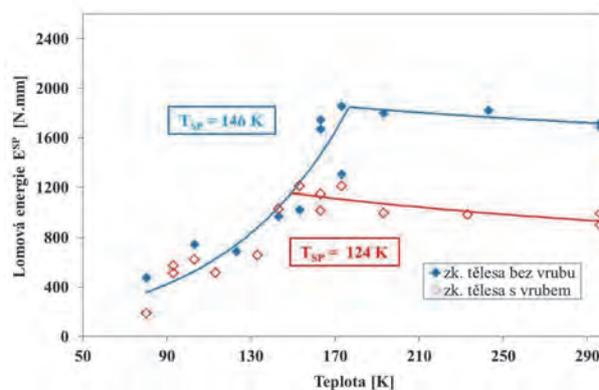
Stav	$R_{p0,2}$	R_m	A	Z	$FATT$
	[MPa]	[MPa]	[%]	[%]	[°C]
dodaný	679	808	18,0	61	-3
popuštění 800 °C/ 2 hod/vzduch	502	675	26,8	67	-22

Popuštění na teplotě 800 °C mělo za následek významný pokles meze kluzu, meze pevnosti i tranzitní teploty $FATT$. Pro posouzení vlivu „U“ vrubu na tranzitní teplotu T_{SP} byly vyrobeny zkušební disky ve dvou provedeních, a to bez vrubu o průměru 8 mm a tloušťce 0,49 mm a s „U“ vrubem (obr. 2) o průměru 8 mm a tloušťce 0,49 mm a hloubce vrubu 0,2 mm.

2. Penetrační testy

Penetrační testy v rozmezí teplot -193 až +23 °C byly prováděny razníkem s hemisférickou plochou o průměru 2 mm na servomechanickém zkušebním zařízení LabTest 5.10ST rychlostí pohybu příčnicku 1,5 mm·min⁻¹. V průběhu každého testu byla snímána závislost síla – posunutí příčnicku. Po ukončení každého testu byla vypočtena lomová energie E^{SP} dle kap. 7.2 CWA 15627.

Na obr. 5 jsou porovnány teplotní závislosti lomové energie penetračního testu T_{SP} stanovené pro materiál neprovozované trubky z oceli P92 na zkušebních tělesech bez vrubu a s „U“ vrubem.

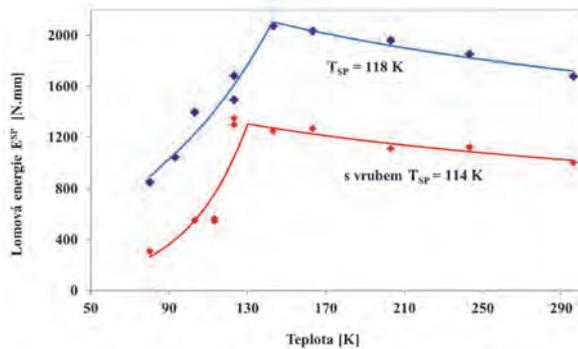


Obr. 5 Vliv „U“ vrubu na teplotní závislost lomové energie penetračního testu T_{SP} pro materiál neprovozované trubky z oceli P92. Rychlost pohybu příčnicku 1,5 mm·min⁻¹, razník o průměru 2 mm.

Fig. 5 The Influence of the „U“ notch on the temperature dependence of fracture energy of penetration test T_{SP} for material of pipe made of P92 steel. Crosshead speed 1.5 mm·min⁻¹, punch diameter 2 mm.

Z obr. 5 je zřejmé, že rozdíl trendu mezi energiemi zjištěnými z testu s a bez vrubu nebyl v tranzitní oblasti v rámci rozptylu hodnot rozpoznatelný. Lomová energie penetračního testu se skládá z energie pro iniciaci a šíření lomu. Z obr. 5 je tedy zřejmé, že energie pro iniciaci lomu je v tranzitní oblasti u této oceli nízká.

Na obr. 6 je uveden vliv „U“ vrubu na teplotní závislost lomové energie penetračního testu T_{SP} pro materiál neprovozované trubky z oceli P92 po popuštění 800 °C/2hod./vzduch. Popuštění tímto režimem vedlo nejen k poklesu meze kluzu, meze pevnosti a teploty $FATT$, ale rovněž k významnému poklesu tranzitní teploty T_{SP} . V tomto případě jsou lomové energie penetračních vzorků s vrubem posunuty v tranzitní oblasti k vyšším teplotám přesto, že k posunu tranzitní teploty T_{SP} k vyšší teplotě nedošlo. Popuštění však vedlo k významnému zvýšení energie pro iniciaci lomu penetračního testu.



Obr. 6 Vliv „U“ vrubu na teplotní závislost lomové energie penetračního testu T_{SP} pro materiál neprovozované trubky z oceli P92 po popuštění 800 °C/2 hod/vzduch. Rychlost pohybu příčníku 1,5 mm·min⁻¹, razník o průměru 2 mm.

Fig. 6 The influence of the „U“ notch on the temperature dependence of fracture energy of the penetration test T_{SP} for the material of pipe made of P92 steel after tempering 800 °C/2 hr/air. Crosshead speed 1.5 mm·min⁻¹, punch diameter 2 mm.

3. Diskuse výsledků

V tab. 3 jsou pro oba sledované stavy oceli P92 uvedeny teploty T_{SP} stanovené na zkušebních tělesech s vrubem a bez vrubu a poměry $T_{SP}/FATT$.

Tab. 3 Vliv „U“ vrubu na tranzitní teplotu T_{SP} a poměr $T_{SP}/FATT$ pro oba sledované stavy oceli P92

Tab. 3 Effect of a „U“ notch on the temperature T_{SP} and the relation $T_{SP}/FATT$ for both monitored states of steel P92

Stav	(T_{SP}) bez vrubu	$T_{SP}/FATT$	$(T_{SP})_s$ vrubem	$T_{SP}/FATT$
	[K]	[1]	[K]	[1]
dodaný	146	0,54	124	0,46
po popuštění	118	0,47	114	0,45

V tab 4 jsou pak tyto hodnoty uvedeny pro oba dříve sledované stavy oceli 14MoV6-3 (dodaný stav (DS) po TZ a ocel 14MoV6-3 po expozici 90 000 hod. na teplotě 540 °C.

Tab. 4 Vliv „U“ vrubu na tranzitní teplotu T_{SP} a poměr $T_{SP}/FATT$ pro oba sledované stavy oceli 14MoV6-3

Tab. 4 Effect of a „U“ notch on the temperature T_{SP} and the ratio $T_{SP}/FATT$ for both monitored states of steel 14MoV6-3

Stav	(T_{SP}) bez vrubu	$T_{SP}/FATT$	$(T_{SP})_s$ vrubem	$T_{SP}/FATT$
	[K]	[1]	[K]	[1]
DS+TZ	94	0,36	113	0,43
po 90000 hod.	112	0,33	146	0,42

V tab. 5 a tab. 6 jsou uvedeny tranzitní teploty T_{SP} a poměry $T_{SP}/FATT$ stanovené na discích bez vrubu a s vrubem pro oba sledované materiály.

Tab. 5 Tranzitní teploty T_{SP} a poměry $T_{SP}/FATT$ stanovené na discích bez vrubu pro oba sledované materiály

Tab. 5 Transition temperatures T_{SP} and ratio $T_{SP}/FATT$ determined using discs without notch for bouth material under investigation

Materiál	Stav	T_{SP}	$FATT$	$T_{SP}/FATT$
		[K]	[K]	[1]
14MoV6-3	DS po TZ	94	263	0,36
14MoV6-3	po expozici	112	344	0,33
P92	DS	146	270	0,54
P92	DS po TZ	118	251	0,47

Tab. 6 Tranzitní teploty T_{SP} a poměry $T_{SP}/FATT$ stanovené na discích s vrubem pro oba sledované materiály

Tab. 6 Transition temperatures T_{SP} and ratio $T_{SP}/FATT$ determined using discs with notch for bouth material under investigation

Materiál	Stav	T_{SP}	$FATT$	$T_{SP}/FATT$
		[K]	[K]	[1]
14MoV6-3	DS po TZ	113	263	0,43
14MoV6-3	po expozici	146	344	0,42
P92	DS	124	270	0,46
P92	DS po TZ	114	251	0,45

Z tab. 5 a tab. 6 je zřejmé, že poměry $T_{SP}/FATT$ stanovené na discích bez vrubu se na rozdíl od těchto poměrů stanovených na discích s vrubem významně liší pro oba sledované materiály. Pro málo odlišné teploty $FATT$ (263 K pro ocel 14MoV6-3 v DS po TZ, 270 K pro materiál P92 v DS) se teploty T_{SP} stanovené na discích bez vrubu významně liší (94 K pro ocel 14MoV6-3, 146 K pro ocel P92).

Obě oceli se liší mikrostrukturou. Zatímco mikrostruktura oceli 14MoV6-3 je tvořena směsí feritu a bainitu, mikrostruktura oceli P92 je tvořena martenzitem.

U disků bez vrubu je energie do porušení tvořena energií do iniciace lomu a energií pro šíření lomu, zatímco energie do porušení u zkoušky rázem v ohybu Charpy V je závislá především na energii pro šíření lomu. Rozdíl v poměru $T_{SP}/FATT$ u obou materiálů je tedy možno přisoudit významně odlišným energiím pro iniciaci lomu u mikrostruktury feriticko-bainitické a martenzitické. U disků s vrubem je potlačen vliv rozdílné energie pro iniciaci lomu a poměry $T_{SP}/FATT$ jsou pro oba materiály přibližně stejné.

4. Závěr

Z výsledků standardizovaných zkoušek tahem při laboratorní teplotě, zkoušek rázem v ohybu na zkušebních tělesech Charpy V a z výsledků penetračních testů na zkušebních discích bez vrubu a s „U“ vrubem pro dva stavy materiálu neprovozované trubky z oceli P92 a pro materiál 14MoV6-3 lze shrnout takto:

1. Pro materiál neprovozované trubky z oceli P92 v dodaném stavu nevede přítomnost „U“ vrubu v tranzitní oblasti penetračních testů, na rozdíl od oceli 14MoV6-3, k rozpoznatelnému posunu lomové energie E^{SP} k vyšším teplotám.
2. Popuštění na teplotu 800 °C/2 hod/vzduch materiálu neprovozované trubky z oceli P92 vede k významnému poklesu meze kluzu, meze pevnosti, tranzitní teploty $FATT$ i tranzitní teploty penetračních testů T_{SP} .
3. Pro materiál trubky z oceli P92 po popuštění na teplotu 800 °C/2 hod/vzduch vede přítomnost „U“ vrubu k posunu lomové energie E^{SP} k vyšším teplotám.
4. U oceli P92 se použitím „U“ vrubu posun tranzitní teploty T_{SP} k vyšším hodnotám nepodařilo potvrdit ani po popuštění na teplotu 800 °C/2 hod/vzduch, přestože v tranzitní oblasti teplotní závislosti lomové energie jsou lomové energie E^{SP} posunuty k vyšším teplotám.
5. Pro zkušební disky opatřené vrubem je poměr $T_{SP}/FATT$ stejný pro oba sledované stavy oceli na rozdíl od výsledků získaných na vzorcích bez vrubu.
6. Poměry $T_{SP}/FATT$ získané na zkušebních tělesech s „U“ vrubem jsou pro oceli 14MoV6-3 (15 128) a P92 přibližně stejné, na rozdíl od poměrů $T_{SP}/FATT$ stanovených na zkušebních tělesech bez vrubu, které se významně liší. Tato skutečnost je zřejmě důsledkem potlačení vlivu rozdílné energie pro iniciaci lomu pro obě sledované oceli u disků s vrubem.
7. Závěry učiněné z výsledků penetračních testů prováděných na hladkých a vrubovaných discích z oceli 14MoV6-3 a P92 budou ověřovány u dalších typů feritických ocelí.

Poděkování

Výsledek výzkumu, vývoje a inovací byl dosažen s využitím institucionální podpory na rozvoj výzkumné organizace poskytované „Ministerstvem průmyslu a obchodu“.

Tato práce vznikla při řešení projektu č. LO1203 "Regionální materiálově technologické výzkumné centrum - program udržitelnosti" financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literatura

- [1] DORAZIL, O., MATOCHA, K., KANDER, L., GUAN, K., XU, Y. Vliv „U“ vrubu na tranzitní teplotu penetračních testů TSP. *Hutnické listy*, 67 (2014) 5, 33–36.
- [2] MATOCHA, K. *Hodnocení mechanických vlastností konstrukčních ocelí pomocí penetračních testů*. Monografie. Ostrava: VŠB-TU Ostrava & MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., 2010. ISBN 978-80-248-2223-5.
- [3] CEN WORKSHOP AGREEMENT “Small Punch Test Method for Metallic Materials” CWA 15627:2007 D/E/F, December 2007.
- [4] HURST, R.C., MATOCHA, K. Where are we now with the European Code of Practice for small punch testing? In. *2nd Int. Conf. SITT “Determination of Mechanical Properties by Small Punch and other Miniature Testing Techniques”*, October 2nd to 4th, 2012, Ostrava, Czech Republic, pp. 4–18. ISBN 978-80-260-0079-2.
- [5] HURST, R., MATOCHA, K. Experiences with the European Code of Practice for Small Punch Testing for Creep, Tensile and Fracture Behaviour. In. *3rd Int. Conf. SITT “Determination of Mechanical Properties by Small Punch and other Miniature Testing Techniques”*, Castle Seggau near Graz, Austria, September 23 to 25, 2014, pp. 1–26. ISBN 978-80-260-6722-1.
- [6] TURBA, K., GÜLCIMEN, B., LI, Y., BLAGOEVA, D., HÄHNER, P., HURST, R. Introduction of a New Notched Specimen Geometry to Determine Fracture Properties by Small Punch Testing. *Engineering Fracture Mechanics*, 78 (November 2011) 16, 2826–2833.
- [7] ADAMS, J., BACHE, M. R., HURST, R. C., BORRADAILE, J. B. Ductile-brittle Transition Characterization of Reactor Pressure Vessel Steels Using Notched Small Punch Specimens. In. *3rd Int. Conf. SITT “Determination of Mechanical Properties by Small Punch and other Miniature Testing Techniques”*, Castle Seggau near Graz, Austria, September 23 to 25, 2014, pp. 81–90. ISBN 978-80-260-6722-1.
- [8] MATOCHA, K. *Výsledky penetračních testů a standardizovaných zkoušek materiálu 14MoV6-3 po dlouhodobém provozu na teplotě 540 °C*. Návrh revize dokumentu CWA 5627 “Small Punch Test Method for Metallic Materials”. Závěrečná zpráva Z-12/2014, MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., prosinec 2014.
- [9] MATOCHA, K. *Porovnání korelačních závislostí pro stanovení mechanických vlastností z výsledků penetračních testů pro ocel 14MoV6-3 v dodaném stavu stanovených v laboratorních MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. a East China University of Science and Technology, Shanghai*. Dílčí zpráva D-13/2013, MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o., prosinec 2013.

Železnorudné cenové rallye pomalu dochází dech

Börsen-Zeitung

07.04.2016

Cena železné rudy, která byla v minulosti pokládána za indikátor pro vývoj světové konjunktury, se k překvapení mnoha účastníků trhu stala od začátku letošního roku velmi perspektivní záležitostí. Od nejnižší hodnoty v prosinci 2015 se cena železné rudy zvýšila o více než 40 %. Zotavení v lednu a únoru se dostavilo poté, co čínská vláda prohlásila, že chce novými investicemi posílit hospodářský růst. Podle agentury Bloomberg se ale ukazuje, že rallye bude pomalu končit. Zásoby rudy v čínských přístavech se zvedly opět na více než 100 milionů tun, protože někteří producenti – mezi nimi například koncerny BHP a Rio Tinto – znovu zvýšily produkci. Naproti tomu se výrazně staví na nohy ceny ropy. Termínové kontrakty na květen za barel ropy Brent kotovaly v Londýně na 39,80 dolaru a byly tak o 5,1 % vyšší než den předtím. V New Yorku stoupla cena termínového kontraktu na červen na ropu WTI o 5 % na 37,70 dolaru.