

MARTENZITICKÁ PŘEMĚNA U CHLADNOUCÍHO ODLITKU LITINY MONITOROVANÁ AKUSTICKOU EMISÍ

P. KOZELSKÝ¹; M. TVRDÝ²; J. CRHA³; F. HAVLÍČEK⁴

ÚVOD

Odlitek během chladnutí je namáhán napětím které vzniká v důsledku nerovnoměrného ochlazování nebo bržděného smršťování (formou). Dále je vzrůst napětí vyvolán fázovými transformacemi. Při studiu příčin vzniku trhlin u rozměrných litinových odlitků (např. válců) byla zjištěna přítomnost martenzitu v zkušebních vzorcích. Martenzit vzniká při teplotách pod 300°C a průběh této strukturní transformace je doprovázen výraznými indikacemi akustické emise (dále AE) [1]. Tuto experimentální techniku lze použít i na přímé monitorování procesu chladnutí masivních odlitků.

ZKUŠEBNÍ MATERIÁL

Měření AE se provádělo na tahových zkouškách o rozměru $\phi 6/4 \times 225$ mm, které byly upnuty v tažném zařízení zkušebního stroje a byly řízeně ochlazovány v peci. Napětí ve zkoušce bylo vyvoláváno smršťováním zkoušky při zabrzděném příčniku, nebo bylo udržováno na konstantní úrovni 200N a 1000N zkušebním strojem INOVA. Toto napětí bylo zdrojem emitovaných elastických vln. Složení testované litiny je uvedeno v Tab. I.

Tab. I

Litina B10								
Prvek	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
Obsah [%]	3,14	0,8	1,46	0,08	0,006	0,49	3,6	1,01

EXPERIMENTÁLNÍ SESTAVA A POSTUP MĚŘENÍ

Experimentální práce byly prováděny na elektronicky řízeném zkušebním stroji Inova (pracovní rozsah max. 20000N). Zkušební vzorek byl v peci zahřát na teplotu 860 °C a po výdrži následně ochlazován. Při dosažení zvolené teploty byl zablokovan posuv příčniku, případně byl vzorek zatížen konstantní silou a dále řízeně ochlazován. Ohřev i ochlazování zkoušky bylo realizováno v grafitové peci. Teplota povrchu zkoušky se měřila otvorem v peci přímo na jejím povrchu. Zkouška se prováděla v inertní argonové atmosféře. Snímače AE byly umístěny na upravených čepích v horním a spodním místě upevnění tahové zkoušky. Teplota během testů nepřesahuje na snímačích i za nejvyšších teplot zkoušení hodnotu 80 °C. Snímač 3, mechanicky připevněný k zajišťovacímu čepu zkoušky snímá uvolněné elastické vlny ve frekvenčním pásmu v rozsahu 50kHz až 400 kHz. Kvalita akustické vazby byla prověřována podle ASTM E976 pen testem. Výstup ze snímače

¹ Ing. Petr Kozelský, CSc. – Katedra slévárenství, FMMI, VŠB-TU Ostrava

² Prof. Ing. Miroslav Tvrđý, Dr.Sc. – Katedra materiálového inženýrství, FMMI, VŠB-TU Ostrava

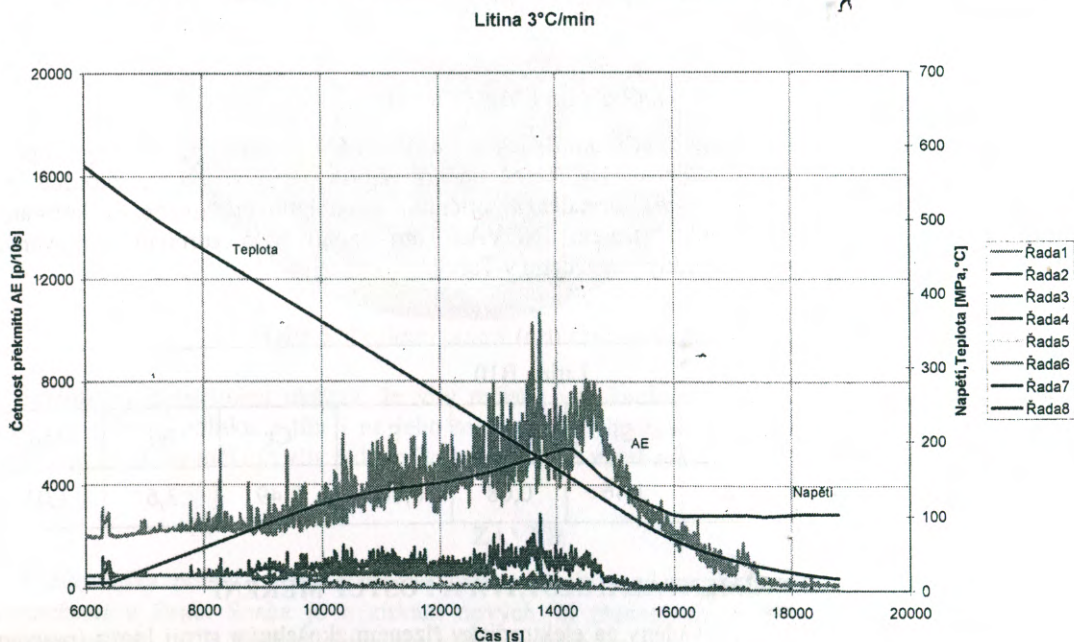
³ Ing. Jan Crha, CSc. – AE-konzultant, Dr. Martinka 13, 700 30 Ostrava 30

⁴ Prof. Ing. František Havlíček, CSc. – Katedra slévárenství, FMMI, VŠB-TU Ostrava

je přiveden do předzesilovače AE, kde je zesílen a impedančně upraven tak, že je možné jej přenášet na větší vzdálenosti (až 200 m) od místa měření. Z předzesilovače je signál přiveden do systému EMIS_01, který je zkonstruován jako čtyřkanálová jednotka. Kromě toho je možné zaznamenávat tímto systémem analogový signál. Jeden analogový vstup pro záznam zatěžující síly byl přiveden z trhacího stroje Inova do systému. Změřené údaje jsou přes RS 485 ukládány na HDD počítače a zde jsou k dispozici pro další zpracování po konverzi do textové formy v softwarovém prostředí Excel.

VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH DISKUZE

Při plynulém ochlazování zkušebního vzorku byl při teplotě asi 500°C zastaven posuv přičíníku. V závislosti na smršťování vzorku se zvyšovalo napětí v jeho průřezu a současně stoupala emisní aktivita (obr.1). Vysoké hodnoty četností emitovaných překmitů AE jsou registrovány až při nižších teplotách. Podstatný nárůst je zaznamenán od teploty asi 400°C a pokračuje až do teploty okolí. Zvláště vysoká emise akustického signálu byla zaznamenána v oblasti teplot pod 200°C; v oblasti teplot 140°C došlo k poklesu napětí ve vzorku a následně k poklesu signálu AE. K těmto změnám došlo v důsledku rozměrové změny podmíněné změnou strukturní (obr.1).



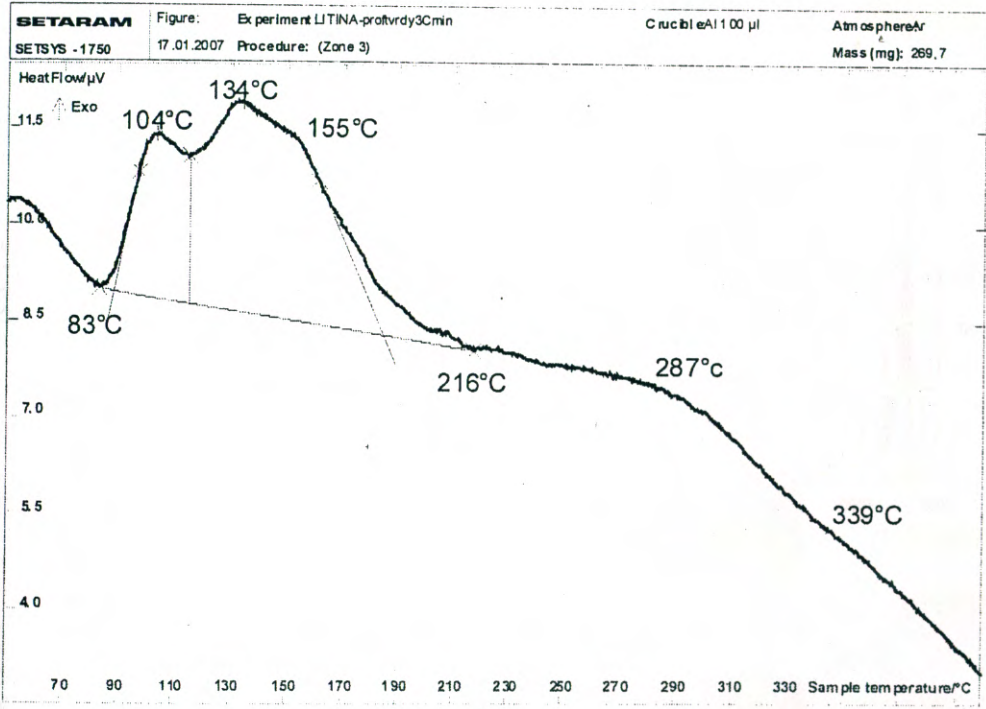
Obr.1

Změna průběhu napětí je v souladu s výsledky měření fázových přeměn pomocí metody DTA na obr.2. Zjištěné teplotní odchylky DTA a tahové zkoušky jsou v mezích možností experimentálních metod a mohou být způsobeny zatěžujícím napětím tahové zkoušky.

Vliv zatěžujícího napětí na úroveň emitovaného signálu AE byl potvrzen během ochlazování zkoušky namáhané konstantní silou 200N. Záznam této zkoušky je na následujícím obr.3. Signál AE se řádově snížil a oblasti zvýšené emisní aktivity označené A,B se zobrazily nad hladinou šumového pozadí. Oblasti ozn.A,B plně korespondují s údaji DTA, (obr.2).

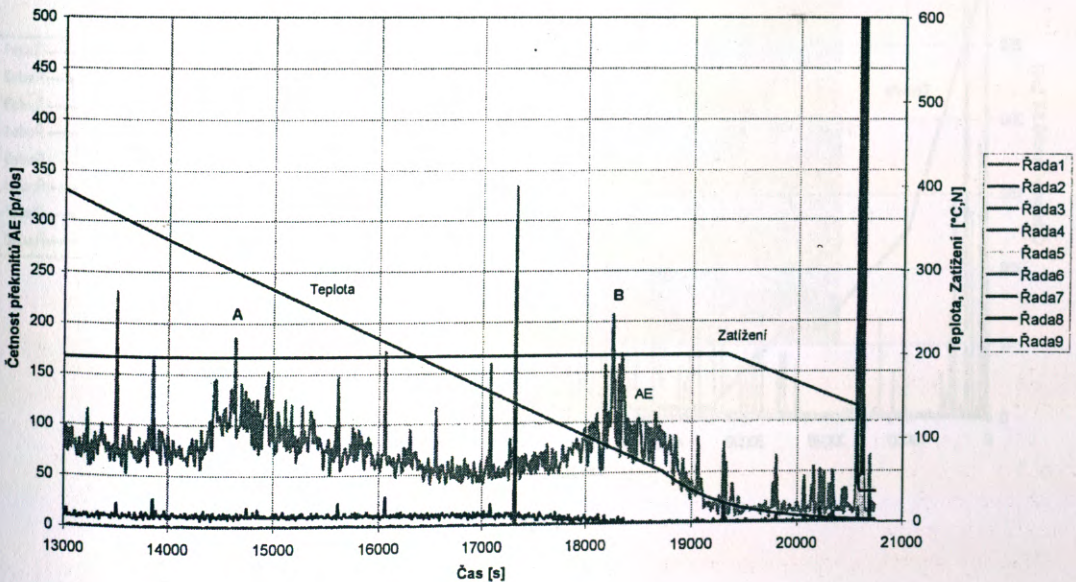
Vzestup signálu a výrazného zvýšení indikovatelnosti martenzitické transformace bylo dosaženo při aplikaci zatížení 1000N, které bylo po celou dobu zkoušky udržováno na konstantní hodnotě. Zvláště v oblasti nízkých teplot je při porovnání s obr.3 zaznamenáno výrazné zvýšení četnosti AE v oblasti pod 300°C.

Podobnému režimu namáhání byla podrobena zkouška z grafické oceli (ocel OG). Signál z této zkoušky signalizuje spojité uvolňování pnutí deformačními procesy. Nedochází zde k náhlému vzestupu signálu v oblasti nízkých teplot (pod 300° C).



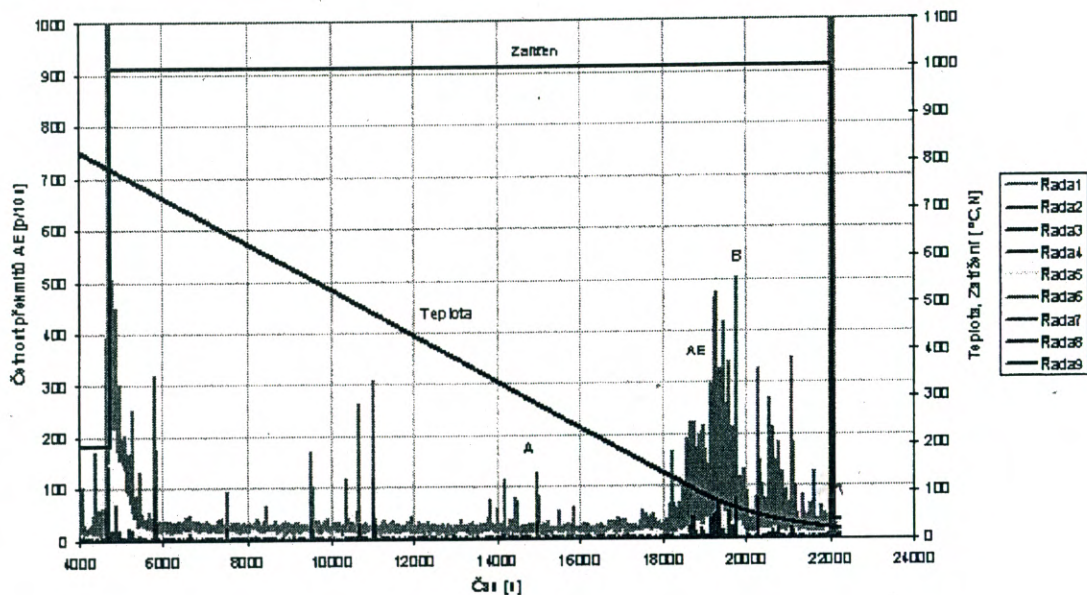
Obr.2

Litina B10 - chladiení 3°C/min, zatížení 200 N



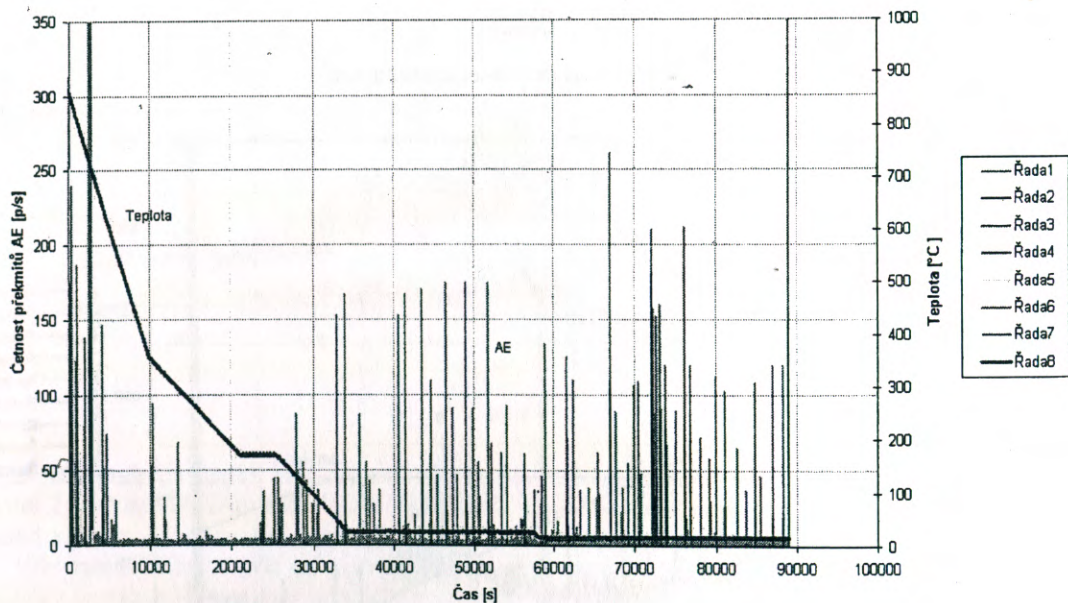
Obr. 3

Litina B10-chladnutí 3°C/min zatížení 1000N



Obr. 4

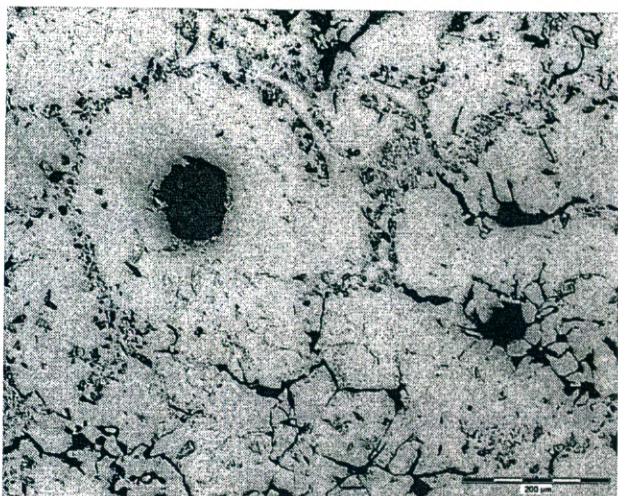
Litina ochlazování 1°C/min



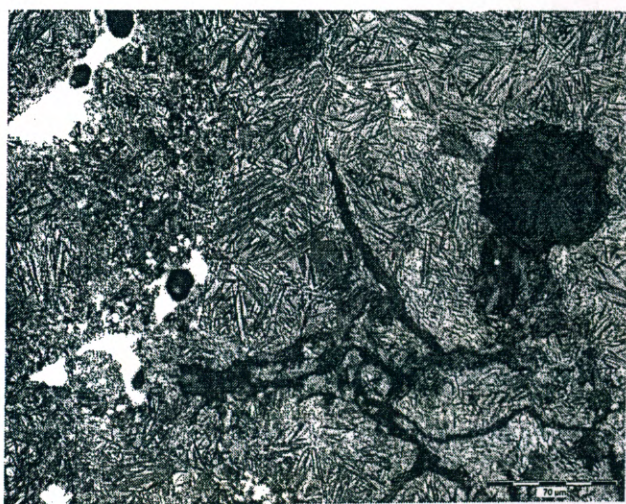
Obr. 5

Následná zkouška byla provedena rychlostí ochlazování 1°C/min. Průběh je uveden na obr.5. Četnosti indikací AE jsou výrazné od 100 °C a spojitě pokračují i při pokojové teplotě, tj. prakticky až do konce experimentu, tj. 90 000s od jeho začátku. Uvedené výsledky potvrzují, že u studovaného materiálu probíhají procesy stárnutí a uvolňování zřejmě strukturního napětí vlivem přítomnosti martenzitu i dlouhou dobu po úplném vychladnutí.

Metalograficky byla potvrzena přítomnost martenzitu ve studovaném vzorku obr.6.



Obr.6a: 523 -1 100x



Obr.6b: 523 -3 250x

ZÁVĚR

V rámci studia termomechanických vlastností litiny B10 byla zjištěna metalografickým rozbořem u daného tepelného zpracování laboratorních vzorků přítomnost martenzitu. K ověření podmínek vzniku této strukturní složky byla zvolena metoda AE u teplotních tahových zkoušek. Bylo zjištěno:

1. při ochlazování vzorku rychlostí 3°C/min předpokládáme, podle indikací AE, vznik martenzitu až v oblasti teplot pod 200 °C
2. při ochlazování vzorku rychlostí 1°C/min se prokázalo, že procesy stárnutí, uvolňování strukturního napětí a případná tvorba trhlin probíhá i dlouhou dobu po úplném vychladnutí
3. pomocí AE lze studovat dynamiku martenzitickej transformace, a to v daném uspořádání u tahových zkoušek i za okolních, pokojových teplot.
4. pro indikovatelnost strukturních přeměn pomocí AE je rozhodující stav napjatosti v sledovaném tělese.

Simulované experimenty se svým charakterem přibližují skutečnému stavu během tuhnutí velkých odlitků [2].

Tento příspěvek vznikl v rámci řešení projektu MSM 619891015.

LITERATURA

- [1] H.N.WADLEY, R.MEHRABIAN: Acoustic Emission for Materials Processing : a Review , Materials Science and Engineering, 65 (1984), pp 245-263
- [2] CRHA,J., HAVLÍČEK, F., MOLÍNEK, J., KOZELSKÝ, P.: Acoustic Emission Monitoring during Solidification Processes, in. Acoustic Emission Testing ISBN 0-87849-420-0,Cardiff EWGAE 2006, September 20-22. 2006, pp299