MĚŘENÍ ELASTICITRY OVLIVNĚNÝCH PÁSEM SVAROVÝCH SPOJŮ VYSOKOPEVNOSTNÍCH OCELÍ

Petr HANUS, Michal KONEČNÝ, Josef TOMANOVIČ

Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů, Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, Studentská 95, 532 10 Pardubice, CZ, e-mail: petr.hanus@atlas.cz, konecnymichal@volny.cz, j.tomanovic@seznam.cz

Abstrakt

Nízkolegované vysokopevnostní oceli jsou klíčovými materiály při navrhování bezpečnostních konstrukcí automobilových částí. Použití těchto ocelí umožňuje konstruovat součásti vozidla s menším průřezem prvků při současném zvýšení bezpečnosti, což vede k redukci hmotnosti a snižování spotřeby paliva při provozu automobilu.

Příspěvek je věnován bodovým svarům, které jsou složeny z oceli HCT 450X (DP 450), vytvářející feriticko - martenzitickou strukturu a oceli 22MnB5, která má plně martenzitickou strukturu, v porovnání s homogenními bodovými svary plně martenzitických ocelí 22MnB5.

U obou typů ocelí je pevnost spoje omezena hlavně v tepelně ovlivněné zóně, v oblasti temperovaného martenzitu.

1. Úvod

Dvoufázové feriticko - martenzitické oceli (FM oceli) tvoří skupinu vysoce pevných ocelí pro tváření za studena. Jedná se v podstatě o nízkouhlíkové materiály (max 0,13 %C) na bázi Mn – Si, případně obsahující molybden, chrom nebo vanad. Feritická matrice je zpevněna především substitučně manganem a křemíkem, výjimečně precipitačně. Dvoufázové FM oceli jsou charakteristické mikrostrukturou, tvořenou disperzí tvrdé fáze ve feritické matrici. Tvrdou, sekundární fází je obvykle martenzit, ale mohou být přítomné i jiné produkty nízkoteplotní transformace, popř. austenit. Struktura FM ocelí obsahuje 75 – 90 % polygonálního feritu a 10 – 25 % martenzitu homogenně dispergovaného ve formě ostrůvků ve feritické matrici. Ostrůvky martenzitu mohou obsahovat jistý podíl zbytkového austenitu, jenž se aktivně podílí na výhodné kombinaci pevnostně plastických charakteristik [1]. Nositelem plastických vlastností materiálu je „měkká“ feritická matrice. Rozhodujícím parametrem určujícím pevnostní hladinu materiálu je objemový podíl martenzitu.

Existují dvě základní metody výroby dvoufázových FM ocelí:

1) metoda interkritického žíhání za tepla nebo za studena válcovaných pásů v dvoufázové α + γ oblasti, které může být:
   - kontinuální (v kontinuálních žíhacích pecích),
   - stacionární (v poklopových pecích).

   Přičemž hlavní rozdíl v ocelích vyráběných těmito technologiemi spočívá v obsahu legujících prvků nutných k dosažení martenzitické transformace.
2) metoda „as rolled“ – přímá výroba pásů s FM strukturou v procesu válcování za tepla.

Vzhledem k tomu, že se dvoufázové FM oceli používají především v automobilovém průmyslu, jsou na ně s ohledem na jejich další zpracování a

použití při výrobě automobilů kladeny zvláštní požadavky týkající se vlastností, které by měly dvoufázové FM oceli vykazovat. Jedná se o [2, 3]:

- plynulou závislost napětí – deformace bez výrazné meze kluzu,
- vysokou hodnotu homogenního a celkového prodloužení,
- vysokou hodnotu koeficientu deformačního zpevnění n,
- odolnost proti stárnutí při pokojových teplotách,

Použití vysokopevnostních ocelí vede ke zvýšení pasivní bezpečnosti vozidla za současného snížení hmotnosti (provozních nákladů) automobilu.

V neposlední řadě je integrace těchto ocelí do karoserie automobilu výhodná i pro jeho výrobce, a to především snížením výrobních nákladů.

Použití vysokopevnostních ocelí má však několik úskalí, které spočívají v nárocích na jejich výrobu a svařování. Záměrem této práce je experimentální studium svařitelnosti těchto ocelí.

Prezentovány jsou výsledky vstupních analýz výzkumu vlivu svarového cyklu na deformační chování testovaných materiálů. Byly provedeny srovnávací analýzy důsledků procesu odpevnění v tepelně ovlivněné oblasti bodových odporových svarových spojů martenzitických vs. feriticko – martenzitických ocelí.

2. Hodnocení vlivu svařování

Pro analýzy byly vybrány reprezentativní vzorky ze série experimentálních odporových bodových svarů. Porovnáván je výběr homogenních bodových svarů materiálů 22MnB5 a heterogenních svarů 22MnB5 s HCT 450X (DP 450). Chemické složení testovaných materiálů uvádí Tab. 1.

Vyhodnocení vlivu svařování na elasticko-plastické chování obou materiálů bylo provedeno na základě intenzity odpevnění v tepelně ovlivněné oblasti a procentuálního podílu elastické práce z celkové práce nutné pro provedení vpichu.

Experiment se prováděl na univerzálním tvrdoměru od firmy Zwick/Roell. Pro zjištění procentuální míry elastické práce byla využita instrumentovaná vnikací zkouška podle Martense, s následným vyhodnocením mikrotvrdosti dle Vickerse.

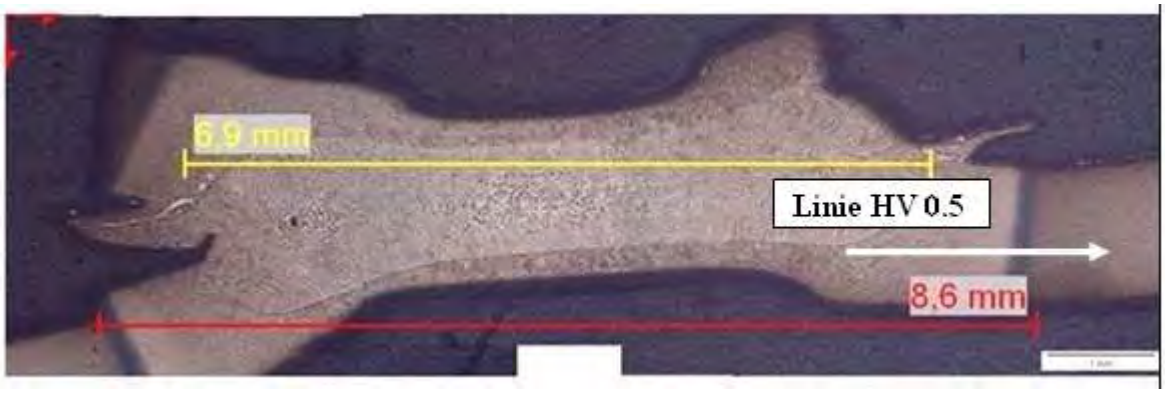
Vzorek A představuje svařenec z ocelí 22MnB5, vzorek B svařenec z oceli 22MnB5 s HCT 450X.

Tab. 1: Chemické složení svařenců [hm. %]

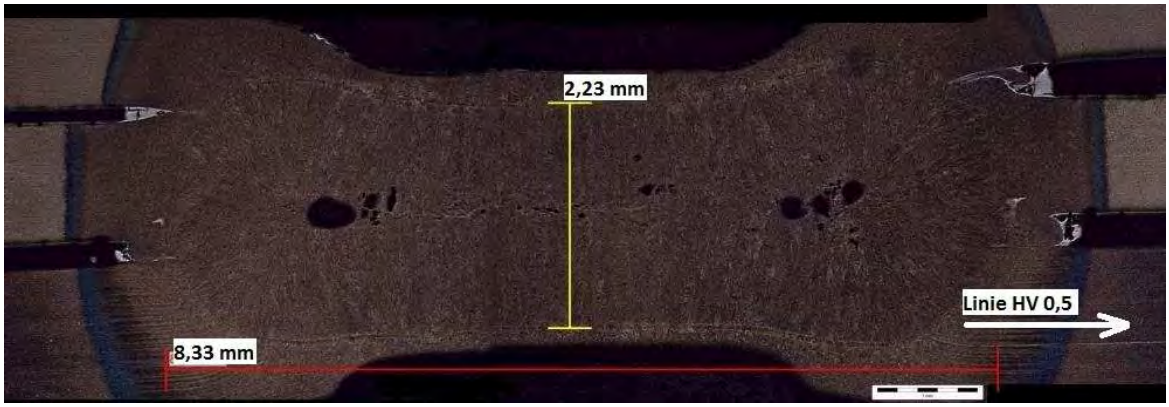
vzorek	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	B
22MnB5	0,25	1,25	0,25	0,02	0,002	0,19	0,01	0,02	0,043	0,04	0,0035
HCT 450X	0,16	1,98	0,21	0,02	0,02	0,21	0,01	0,01	0,01	0,02	

2.1 Vyhodnocení na základě mikrotvrdosti

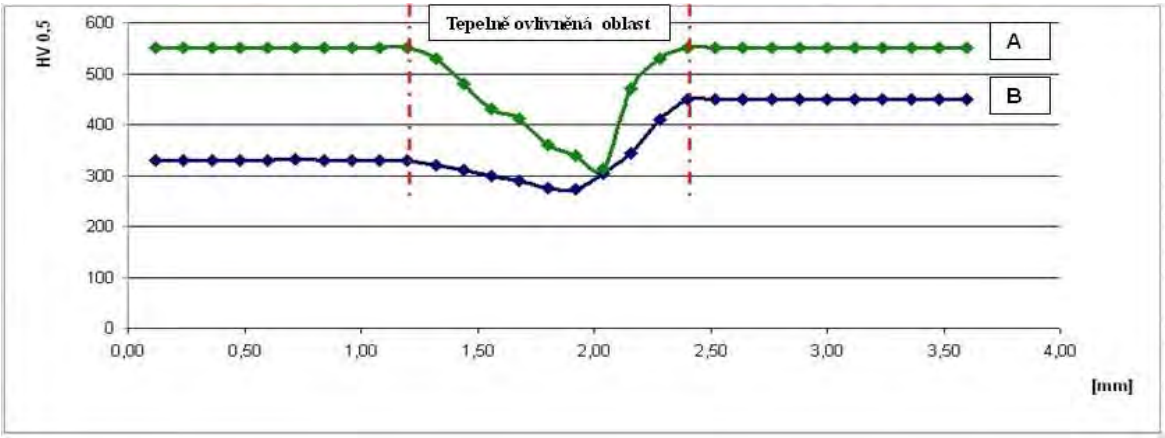
Intenzita odpevnění v tepelně ovlivněné oblasti byla zkoumána metodou měření mikrotvrdosti, kde vzhledem k heterogenitě dvoufázové oceli bylo zjištěno jako nejmenší možné závaží 0,5 kg. Intervaly mezi vtisky byly 0,12 mm. Linie měření tvrdosti byla provedena dle Obr. 2 a Obr. 3.



Obr. 1: *Linie měření mikrotvrdosti svaru z materiálů 22MnB5 (vzorek A)*

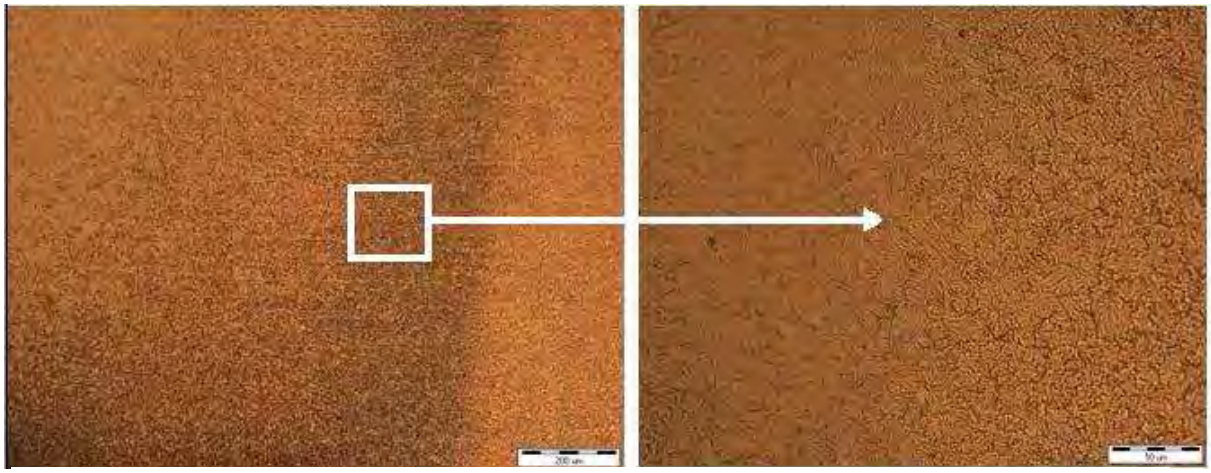


Obr. 2: *Linie měření mikrotvrdosti svaru z materiálu 22MnB5 a HCT 450X (vzorek* B)

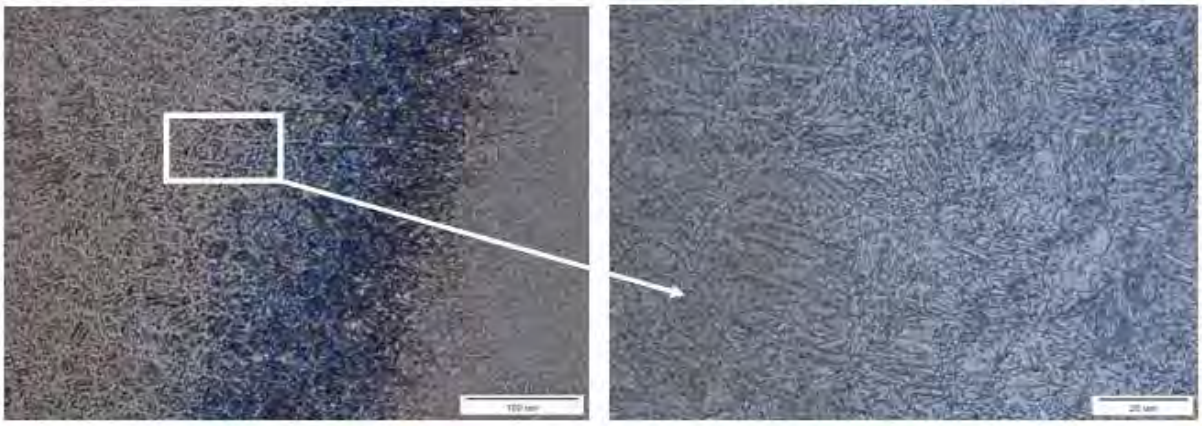


Obr. 4: *Linie mikrotvrdosti*

Z naměřených hodnot vyplývá, že svařovací teplotní cyklus u těchto obou typů ocelí způsobuje lokální pokles pevnosti základního materiálu v oblasti temperovaného martenzitu. Rozsah této kritické zóny a její vzdálenost od hranice natavené oblasti podstatně ovlivňuje lomové chování a pevnost spoje. Mikrostrukturu uvedeného pásma tepelně ovlivněné zóny u obou testovaných ocelí dokumentují obr. 5 a obr. 6. U svařence B dochází k promísení svařovaných základních matric ve svarovém kovu v důsledku toho vykazuje výslednou nižší tvrdost.



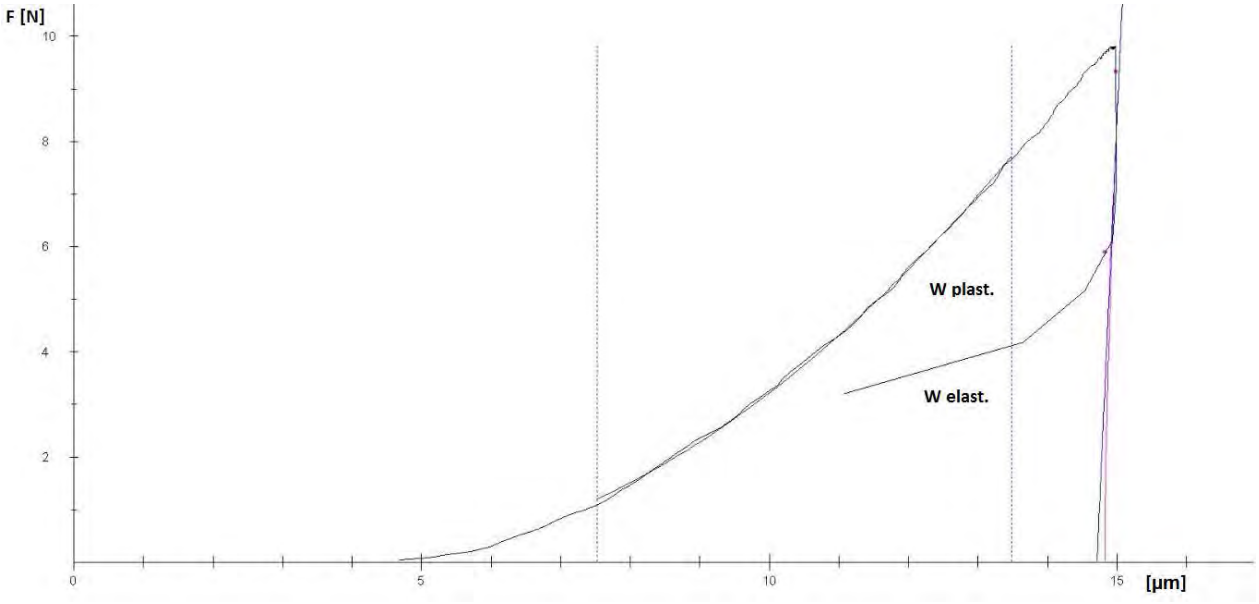
Obr. 5: *Oblast temperovaného martenzitu s nejnižší naměřenou tvrdostí u vzorku* B



Obr. 6: *Oblast temperovaného martenzitu s nejnižší naměřenou tvrdostí u vzorku* A

2.2 Vyhodnocení rozdílu elasticko-plastické odezvy při statickém zatížení

Velikost procentuálního podílu elastické práce z celkové práce vpichu byla zkoumána pomocí instrumentované zkoušky podle Martense. Získány byly hodnoty z oblasti základního materiálu a z oblastí s nejnižší naměřenou mikrotvrdostí.



Obr. 7: Graf průběhu elastické a plastické práce vpichu

Tab. 2: Procentuální podíl elastické práce z celkové práce vpichu

Vzorek	Zákl. mat.	Odpev. oblast
HCT 450X	6,3%	1,9%
22MnB5	8,3%	2,2%

Na základě porovnání naměřených hodnot, lze u těchto typu ocelí posoudit pokles elasticity v oblasti odpevnění.

5. Závěr

Prezentované výsledky představují vstupní experimentálních práce, které sloužily k ověření použité metodiky hodnocení elasticko-plastického chování vysokopevnostních materiálů směrem k hodnocení pevnostní heterogenity v oblasti tepelně ovlivněného pásma bodových odporových svarových spojů. Při porovnání dvou testovaných typů vysokopevnostních ocelí bylo zjištěno podobné chování. V pásmu temperovaného martenzitu dochází k lokálnímu změkčení základního materiálu a poklesu procentuálního podílu elastické práce. Pozice této zóny v tepelně ovlivněné oblasti a rozsah podstatně ovlivňuje lomové chování a pevnost bodových svarů.

Měření instrumentované tvrdosti představuje perspektivní metodu pro studium mechanických vlastností subvrstev pásma tepelného ovlivnění svarových spojů. Závislost hloubky vtisku na působící zatížení vytváří specifické indentační křivky, které nám umožňují s velkou přesností určovat mechanické vlastnosti pásem o intervalech několika set mikrometrů a spolehlivě určit elastickou a plastickou deformaci.

Poděkování:
Výzkum byl podporován Univerzitou Pardubice v rámci Studentské grantové soutěže, projekt č. 51030/20/SG530001.

LITERATURA

[1] Furukawa et al: Proc. Conf. „Structure and properties of dual phase steels“, TMS – AIME, New Orleans, La., February 1979, 281 – 303.

[2] J.M. Rigsbee et al: Proc. Conf. „Structure and properties of dual phase steels“, TMS–AIME, New Orleans, La., February 1979, 304 – 329.

[3] T. Kato et al: Proc. Conf. „Fundamentals of dual – phase steels“, TMS – AIME, Chicago, IL, February 1981, 199 – 220.

[4] T. Kato et al: Proc. Conf. „Fundamentals of dual – phase steels“, TMS – AIME, Chicago, IL, February 1981, 199 – 220.

[5] Eva Schmidová, Petr Hanus, Problems of Spot Welding of Al-Si Coated Martensitic Low Alloyed Steels, 30th International Colloquium on Advanced Manufacturing and Repairing Technologies in Vehicle Industry, Hungary Visegrád 22-24 May 2013, str. 71, ISBN 978-963-313-079-7