



## TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ DAMASCENSKÉ OCELI HEAT TREATMENT OF DAMASCUS STEEL

Jiří VOTAVA – Josef FILÍPEK – Martin FAJMAN  
Ústav techniky a automobilové dopravy, MZLU BRNO

**Summary:** Due to its outstanding mechanical characteristics and a beautiful structure is Damascus steel used most of all in cutlery. The production of Damascus steel is quite difficult and in most cases it is hand-made. The manufacturing technology consists in welding iron-carbon steel with highly alloyed one. The aim of this article is to observe and describe structural changes of weld Damascus steel depending on heat treatment. Low-carbon iron grade 11 and 19 222 tool steel were used as production materials of the samples. The first group of specimen was left in its natural form. The other part of specimen was heat treated for 20 minutes at the temperature of 850 °C: one group of specimen was quenched by thrusting into oil, whereas the other group was left inside the oven to be cooled down gradually. The result of this experiment was a metallographic analysis of the samples.

Keywords: heat treatment, damascus steel, microstructure

### ÚVOD

Počátek výroby damaškové oceli spadá již do rané doby železné. Ve své podstatě se jedná o kompozitní materiál, který je zpravidla tvořen ocelí s nižším a vyšším obsahem uhlíku. Toto ovšem není vždy pravidlem. Existuje také niklový damašek, kdy složka měkké oceli je nahrazena niklem. Vzniklý damašek je za běžných okolností nerezový. Kromě vysokých estetických hodnot (po vhodném naleptání vystoupí specifická kresba oceli) má damašková ocel i vynikající mechanické vlastnosti. Díky vnitřní struktuře bude torzní, ohybová i rázová houževnatost materiálu dokonce vyšší než u oceli s nízkým obsahem uhlíku.

### MATERIÁL A METODY

Damašková ocel, která byla podrobena rázové zkoušce houževnatosti na Charpyho kladivu, byla vyrobena metodou „kovářského svařování ve výhni“. Paket byl vyroben z oceli 14 260 a 19 222. Chemické složení je uvedeno v Tab. 1. Z tohoto paketu byly vyrobeny zkušební vzorky pro zkoušku houževnatosti o rozměru 10×10×55 mm a nadále tyto vzorky byly použity pro metalografický rozbor. Jednotlivé vzorky byly následně tepelně zpracovány kalením, normalizačním žiháním a poslední sada vzorků byla ponechána k volnému zchladnutí ve výhni. Pro srovnání byla rovněž vyrobena sada vzorků z původních materiálů, k porovnání houževnatosti.

**Tab. 1** Chemické složení ocelí

Ocel	C [%]	Mn [%]	Si [%]	Cr [%]
14 260	0,50	0,50	1,30	0,50
19 222	1,05	0,40	0,35	-



## VÝSLEDKY

### Měření tvrdosti

Měření tvrdosti bylo provedeno standardním způsobem dle Rockwella metodou HRC (diamant, [150 kp])

**Tab. 2** Hodnoty tvrdosti jednotlivých vzorků

Druh a tepelné zpracování oceli	Vzorek č. 1 [HRC]	Vzorek č. 2 [HRC]	Vzorek č. 3 [HRC]	Průměrná hodnota [HRC]
Normalizační žihání oceli 14 260	20	22	23	21,6
Kaleno ocel 14 260	57	58	58	57,6
Normalizační žihání oceli 19 222	25	24	24	24,3
Kaleno ocel 19 222	62	63	62	62,3
Damašková ocel Kaleno	55	54	55	54,6
Damašková ocel Normalizační žihání	25	27	25	25,6
Damašková ocel vzorek ponechaný v peci	15	16	15	15,3

### Rázová zkouška houževnatosti na Charpyho kladivu

Tato zkouška byla provedena u všech zkušebních vzorků. Jednalo se o sady 3 vzorků od každého tepelného zpracování, plus sady vzorků oceli 14 260 a oceli 19 222, které byly normalizačně žihány a kaleny. Výsledky této zkoušky jsou v Tab. 3–4.

**Tab. 3** Hodnoty rázové zkoušky houževnatosti

Druh a tepelné zpracování oceli	Vzorek č. 1 [J/cm <sup>2</sup> ]	Vzorek č. 2 [J/cm <sup>2</sup> ]	Vzorek č. 3 [J/cm <sup>2</sup> ]	Průměrná hodnota [J/cm <sup>2</sup> ]
Normalizační žihání oceli 14 260	nepřeraženo	nepřeraženo	nepřeraženo	nepřeraženo
Kaleno ocel 14 260	34	30	31	31,6
Normalizační žihání oceli 19 222	nepřeraženo	nepřeraženo	nepřeraženo	nepřeraženo
Kaleno ocel 19 222	23	22	23	22,6



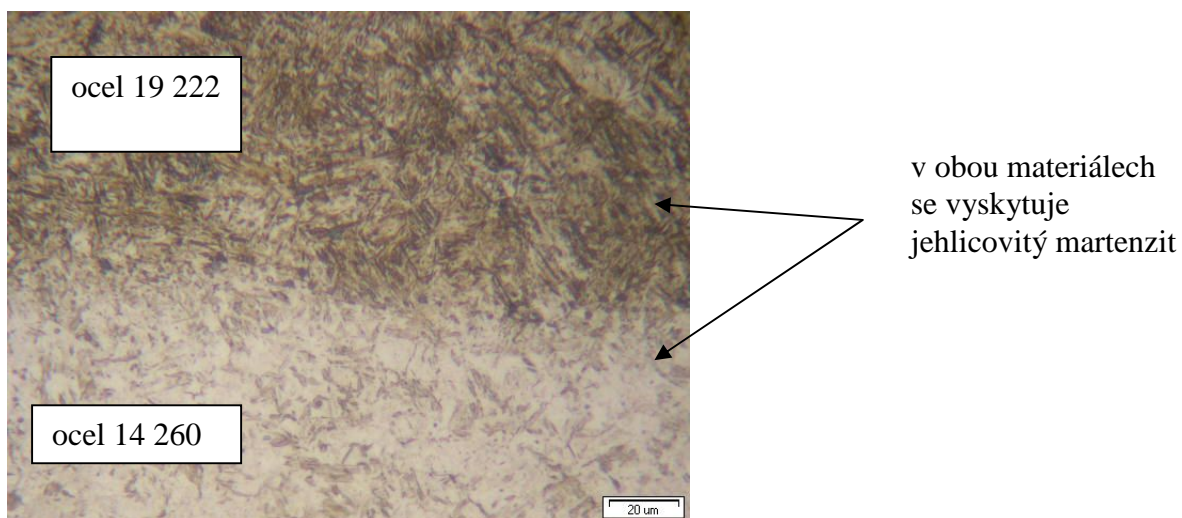
**Obr. 1** Křehký lom u damaškové oceli a oceli 14 260

**Tab. 4** Hodnoty rázové zkoušky houževnatosti u svářkové damaškové oceli

tepelné zpracování oceli	Vzorek č. 1 [J/cm <sup>2</sup> ]	Vzorek č. 2 [J/cm <sup>2</sup> ]	Vzorek č. 3 [J/cm <sup>2</sup> ]	Průměrná hodnota [J/cm <sup>2</sup> ]
Kaleno	56	60	52	56
Normalizační žhání	nepřeraženo	nepřeraženo	nepřeraženo	Nepřeraženo
Vzorek ponechaný v peci	nepřeraženo	nepřeraženo	nepřeraženo	nepřeraženo

### Metalografická analýza tepelného zpracování damaškové oceli

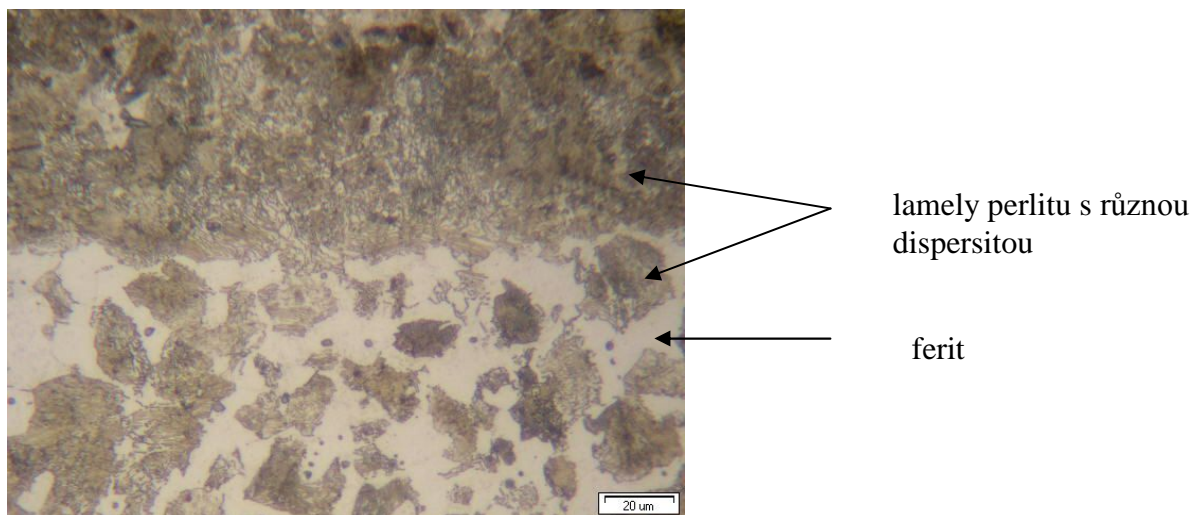
Rozbor vzorků byl proveden na světelném metalografickém mikroskopu Neophot 2 ve spojení s digitálním fotoaparátem Olympus Camedia 50-60.



**Obr. 2** Kalený vzorek (austenitizace 850 °C)

**Tab. 5** Mikrotvrdosti jednotlivých strukturních fází

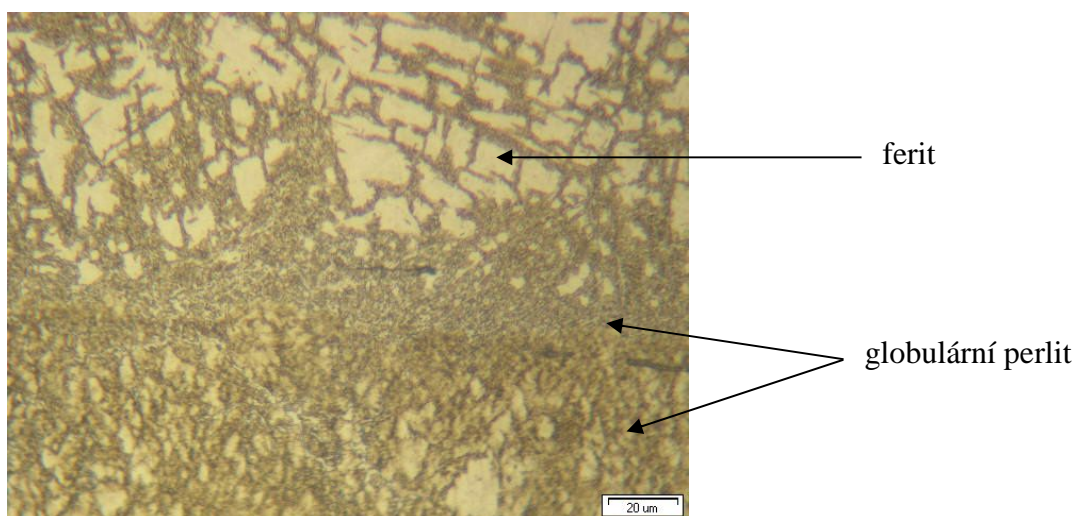
Struktury jednotlivých ocelí	Průměrná hodnota mikrotvrdosti z 5 míst [HV]
Martenzit ocel 19 222	981
Martenzit ocel 14 260	908
Přechodová oblast	734



**Obr. 3** Normalizační žíhání

**Tab. 6** Mikrotvrdosti jednotlivých strukturních fází

Struktury jednotlivých ocelí	Průměrná hodnota mikrotvrdosti z 5 míst [HV]
Perlit ocel 19 222	372
Perlit ocel 14 260	344
Ferit ocel 14 260	208



**Obr. 4** Vzorek ponechaný ve výhni

**Tab. 7** Mikrotvrdosti jednotlivých strukturních fází

Struktury jednotlivých ocelí	Průměrná hodnota mikrotvrdosti z 5 míst [HV]
Perlit ocel 19 222	339
Perlit ocel 14 260	305
Ferit ocel 14 260	222

## ZÁVĚR

V současné době je již z pohledu mechanických vlastností damašková ocel překonána, ale stále se řadí na špičku technických materiálů. Klasická ruční výroba se používá pouze v manufakturních dílnách, kde každý výrobek je originál.

Jak je patrné z Tab. 1 tvrdost damašku po kalení je o něco menší než u jednotlivých materiálů, z kterých je vyroben. Toto je zřejmě zapříčiněno difusí uhlíku mezi jednotlivými materiály. Samozřejmě klíčovou roli zde hraje místo vpichu pro měření.

Pro zkoušku houževnatosti bylo použito Charpyho kladivo, kde se velice zřetelně projevila výhoda skládaného materiálu. Houževnatost kalených materiálů je velice nízká, ale jestliže se jedná o tzv. sendvičový materiál, lze hovořit o poměrném zlepšení (viz Tab. 4). Tento fakt je velice zajímavý, protože v obou případech byla použita ocel s vyšším obsahem uhlíku a strukturu tvoří jehlice martenzitu (Obr. 2). Mikrostruktury jednotlivých tepelných zpracování Obr. 2–4 nám vždy ukazují přechodovou oblast mezi jednotlivými materiály. Naměřené hodnoty mikrotvrdostí Tab. 5–7 ukazují na vhodné a dobře provedené tepelné zpracování jednotlivých vzorků.

*Příspěvek byl zpracován s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“ uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.*

## LITERATURA

1. GOŇA, K.–VONDRUŠKA, Š.: Umělecké kovářství. 1. vyd. Praha 2005, 204 s., ISBN 80-247-0918-X
2. JECH, J.: Tepelné zpracování oceli, Praha, SNTL, 1977, 400 s. Bez ISBN.
3. FILÍPEK, J.: Nauka o materiálu. Brno, VŠZ, 1981, 106 s. Bez ISBN.
4. PLUHAR, J. a kol.: Nauka o materiálu. Praha, SNTL, 1989, 422 s. Bez ISBN.