

ANALÝZA OCELE S460MC SPRACOVANEJ PROCESOM NITROKARBONIZÁCIE

ANALYSIS OF NITROCARBURISED S460MC STEEL

Roman MORAVČÍK, Marián HAZLINGER

Autori: **Ing. Roman Moravčík, PhD., Doc. Ing. Marián Hazlinger, CSc.**
Pracovisko: **Ústav materiálov, Materiálovotechnologická fakulta STU**
Adresa: **ul. Jána Bottu 25, 917 24 Trnava**
Telefón: **+421 (33) 5521 002 kl. 37, +421 (33) 5521 002 kl. 57**
E-mail: **roman.moravcik@stuba.sk, marian.hazlinger@stuba.sk**

Abstract

Článok prezentuje metalografickú analýzu vzorky z mikrolegovanej, termomechanicky spracovanej ocele S460MC, ktorá bola chemicko-tepelne spracovaná procesom nitrokarbonizácie. Povrch ocele bol súčasne nasycovaný dusíkom a uhlíkom (prevládala obsah dusíka) pri teplote 580 °C. Bola použitá endotermická atmosféra s prídavkom amoniaku. Po procese nitrokarbonizácie bola na povrchu vzorky súvislá vrstva karbonitridu (ϵ -fázy) s hrúbkou $\sim 30 \mu\text{m}$. Smerom do prierezu vzorky sa nachádzala difúzna vrstva do hĺbky približne 0,5 mm. Tvrdosť povrchovej vrstvy bola v rozsahu 792 až 818 HV 0,1. Z röntgenovej difrakčnej analýzy sa preukázalo, že súvislá povrchová vrstva je tvorená nitridmi Fe_3N a Fe_4N .

The article deals with metallographic analysis of nitrocarburised samples of S460MC microalloyed thermomechanically treated steel. The steel surface was saturate at the same time with nitrogen and carbon (nitrogen has higher content) at temperature 580 °C. The endothermic atmosphere with ammonia addition was used for surface saturation. On the sample surface was determined breakfree carbonitride layer (ϵ -phase) with $\sim 30 \mu\text{m}$ thickness after nitrocarburising process. Diffusion layer (depth 0,5 mm) was observed bellow the carbonitride layer. Surface hardness was 792 ÷ 818 HV 0,1. The surface layer contains the Fe_3N and Fe_4N nitrides which were detect by using the X-ray diffraction analysis.

Key words

nitrokarbonizácia, RTG difrakčná analýza, fázové zloženie, mikrotvrdosť

nitrocarburising, X-ray diffraction analysis, phase composition, microhardness

Úvod

Nitrokarbonizácia je proces chemicko-tepelného spracovania materiálu. Povrch ocele sa súčasne nasycuje dusíkom a uhlíkom (prevláda obsah dusíka) pri teplotách ($\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$). Cieľom procesu je vytvoriť na povrchu súčiastok súvislú vrstvu (ϵ -fázy), najčastejšie s hrúbkou 5 až 15 μm s tvrdosťou až 1000 HV, ktorá je odolná proti opotrebeniu a zadieraniu [1, 2]. Výhoda nitrokarbonizácie v porovnaní s procesmi karbonitridácie [3] (prevláda obsah uhlíka) je v tom, že sú nižšie teploty procesu, menšie deformácie súčiastok, pretože nitrokarbonizácia je finálny proces a nenásleduje ďalšie tepelné spracovanie. Využitím difrakčných metód pri kontrole kvality tepelného a chemicko-tepelného spracovania sa zaoberá príspevok [4], kde je ako príklad uvedené aj vyhodnotenie nitridovanej vrstvy.

Príspevok sa zaoberá metalografickou analýzou a RTG difrakčnou analýzou ocele S460MC spracovanej procesom nitrokarbonizácie.

Charakteristika ocele S460MC a charakteristika procesu nitrokarbonizácie

Východiskový materiál bol valcovaný pás z ocele S460MC, hrúbky 4,0 mm. Uvedená oceľ je mikrolegovaná, určená pre výrobu výliskov tvárnením za studena [5]. Oceľ S460MC bola vyrobená termomechanickým spracovaním. Chemické zloženie ocele bolo analyzované prístrojom Spectrotest, a je uvedené v tab. 1. Mechanické vlastnosti východiskového stavu materiálu podľa normy DIN 10 149-2 sú uvedené v tab. 2.

CHEMICKÉ ZLOŽENIE OCELE S460MC [hm. %]

Tabuľka 1

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0,10	1,12	0,19	0,016	0,008	0,02	0,00	0,04
Cu	Nb	Ti	V	W	Sn	Fe	Al
0,04	< 0,00	0,01	0,12	< 0,00	0,011	98,30	0,014

MECHANICKÉ VLASTNOSTI OCELE S460MC [5]

Tauľka 2

R_e [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	
min. 460	520 – 670	menovitá hrúbka	
		< 3 mm	≥ 3 mm
		min. 14	min. 17

Vzorka z ocele S460MC bola chemicko-tepelne spracovaná procesom nitrokarbonizácie. Použitá bola šachtová pec s elektrickým odporovým ohrevom s využitím aktívnej plynnej atmosféry. Parametre procesu chemicko-tepelného spracovania boli nasledovné:

- teplota: $580\text{ }^{\circ}\text{C}$, čas výdrže na teplote karbonitridácie: 135 minút,
- endotermická atmosféra, prietok 1 m^3 za hodinu,
- amoniak (NH_3), prietok 2 m^3 za hodinu.

Metodika experimentu

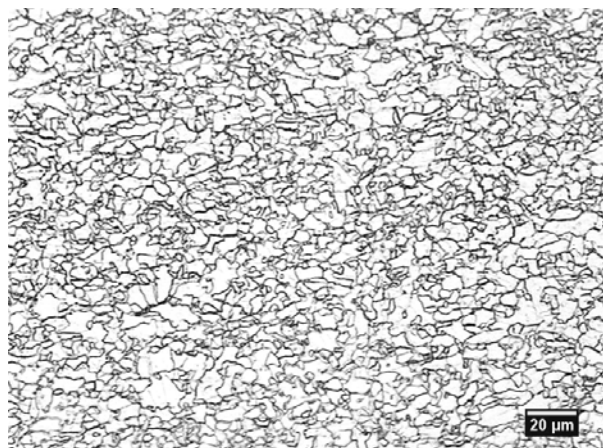
Nitrokarbonizovaná vzorka bola zalisovaná do živice PhenoCure black na prístroji SimpliMet 1000, brúsená za mokra na metalografických brúsnych papieroch a leštená s využitím diamantových suspenzií BUEHLER Metadi Supreme (6 a 3 μm). Mikroštruktúra sa pozorovala svetelným mikroskopom NEOPHOT 30 s pripojenou CCD kamerou s počítačovým programom ImporPro. Na spracovanie obrázkov a meranie hrúbky vrstvy sa využil program ImageJ [6].

Tvrdosť povrchovej vrstvy po procese nitrokarbonizácie bola vyhodnotená metódou Vickers na prístroji Zwick 3212 s mikrometrickým posuvom pracovného stola, použité zaťaženie 0,981 N. Priebeh tvrdosti v priereze vzorky bol meraný v súlade s normou DIN 50 190 s použitým zaťažením 4,905 N [7].

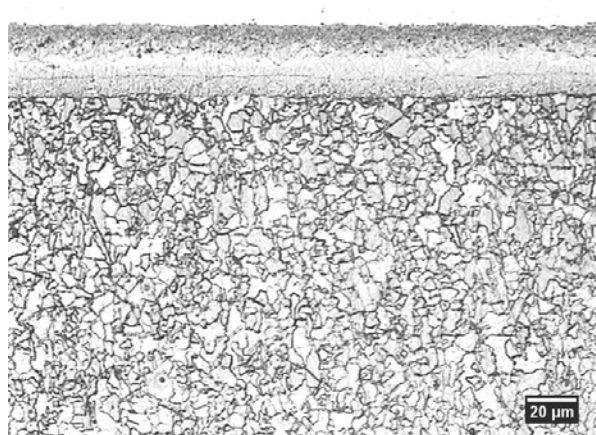
RTG difrakčná fázová analýza sa uskutočnila na vzorke, z ktorej sa postupne odbrusovala vrstva z povrchu vzorky. Na RTG analýzu bolo použité žiarenie kobaltovej anódy so strednou hodnotou vlnovej dĺžky $\lambda_{\text{CoK}\alpha} = 1,790201 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ [8] na RTG prístroji PHILIPS PW 1710 so sekundárnym monochromátorom. Urýchľovacie napätie na anóde bolo 40 kV, prúd 30 mA, veľkosť uhlového kroku detektora 2Θ bola $0,02^\circ$, čas zotrvania na jednom kroku bol 5 s a interval merania bol zvolený od 40° do 130° difrakčného uhla 2Θ . Difrakčný záznam bol spracovaný s využitím počítačového programu ZDS for Windows [8].

Analýza chemicko-tepelne spracovanej ocele

Na obr. 1 je uvedená jemnozrnná mikroštruktúra východiskového stavu ocele, tvorená je feritom a jemnými karbidmi. Mikroštruktúra ocele po procese nitrokarbonizácie je uvedená na obr. 2. Na povrchu je súvislá vrstva s hrúbkou $\sim 30 \mu\text{m}$.



Obr. 1. Mikroštruktúra východiskového stavu ocele S460MC



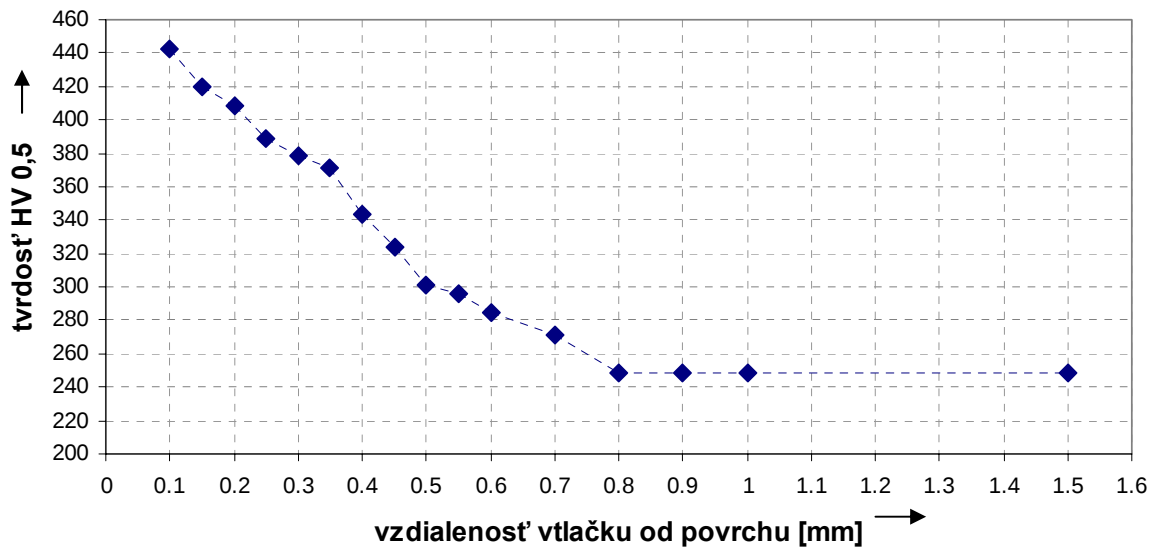
Obr. 2. Mikroštruktúra povrchu ocele S460MC po procese nitrokarbonizácie

Povrchová tvrdosť vzorky po procese chemicko-tepelného spracovania bola v rozsahu $792 \div 818 \text{ HV } 0,1$.

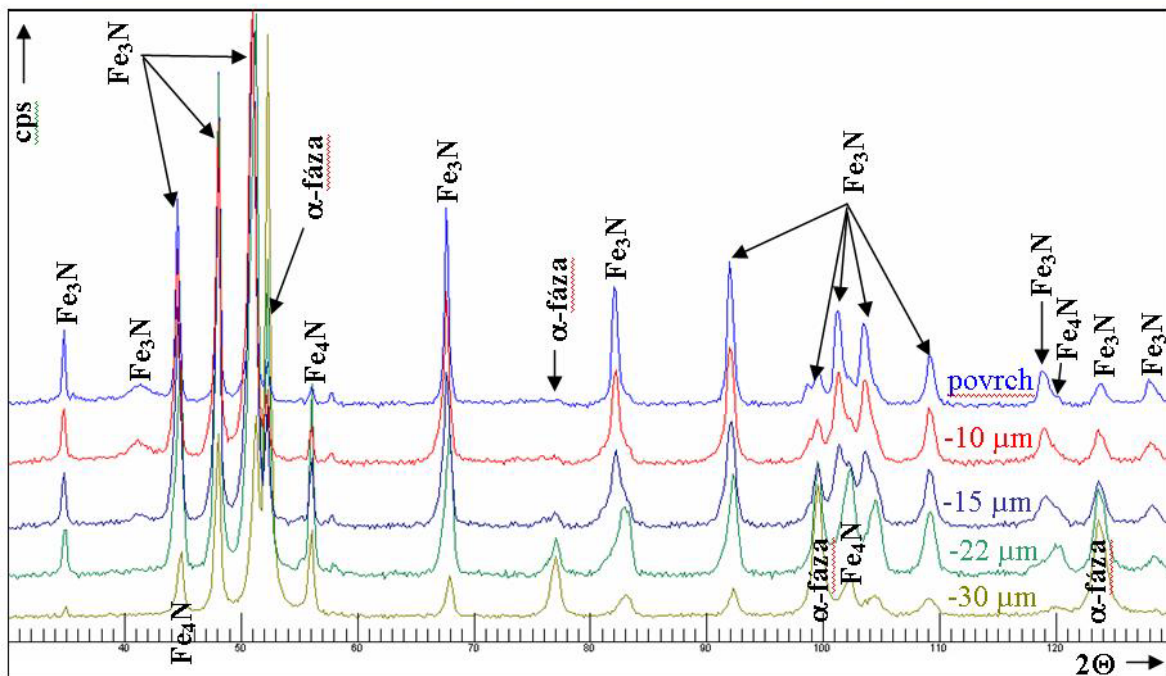
Ďalej sa meral priebeh tvrdosti v priereze vzorky po procese nitrokarbonizácie. Namerané hodnoty tvrdosti sú uvedené na obr. 3. Z priebehu hodnôt tvrdosti možno pozorovať, že difúzna vrstva zodpovedá približne hĺbke 0,5 mm (v súlade s DIN 50190).

Röntgenová difrakčná analýza vrstvy

RTG difrakčná analýza sa uskutočnila na povrchu vzorky a po postupnom odbrusovaní vytvorenej vrstvy. Na obr. 4 je uvedená zmena fázového zloženia vrstvy od povrchu a po postupnom odbrúsení 10, 15, 22 a 30 μm . Povrchová vrstva je tvorená ε -fázou (Fe_3N) s veľmi malým podielom γ' -fázy (Fe_4N). S postupným odbrusovaním sa podiel ε -fázy znižuje a zvyšuje sa podiel γ' -fázy a feritu (matrice).



Obr. 3. Pribeh tvrdosti v priereze materiálu po procese nitrokarbonizácie



Obr. 4. Zmena fázového zloženia vrstvy po odbrusovaní

Záver

Z experimentálnych analýz vzorky z ocele S460MC spracovanej procesom nitrokarbonizácie sa preukázalo, že uvedeným procesom vznikla na povrchu materiálu súvislá vrstva ε -fázy s malým podielom γ' -fázy. Postupným odbrusovaním sa podiel ε -fázy znižuje a zvyšuje sa podiel γ' -fázy a feritu. Hrúbka súvislej povrchovej vrstvy bola $\sim 30 \mu\text{m}$. Pod súvislou „bielou“ vrstvou, smerom do prierezu vzorky, sa nachádzala difúzna vrstva do hĺbky približne 0,5 mm. Tvrdosť povrchovej vrstvy v rozsahu 792 až 818 HV 0,1 zabezpečí výbornú odolnosť povrchu súčiastok proti opotrebeniu a zadieraniu.

Zoznam bibliografických odkazov:

- [1] STN EN 10052: *Názvoslovie tepelného spracovania zliatin železa*.
- [2] ZÁBAVNÍK, V., BURŠÁK, M. *Zošľachtovanie a kontrola kvality materiálov*. Košice: Emilena, 2004.
- [3] HAZLINGER, M. Karbonitridácia ocelí. In *TRANSFER 2007*. Trenčín, 2007, s. 187 - 190.
- [4] ČAPLOVIČ, Ľ. Využitie difrakčných metód pri kontrole kvality tepelného spracovania. In *20. dny tepelného zpracování. Medzinárodná konferencia*. Jihlava, 2004, s. 85 ÷ 90.
- [5] DIN 10149-2: Materiál S460MC.
- [6] ImageJ. PC program Image Processing and Analysis in Java [online]. [cit. 2008-03-14]. Dostupné na internete <<http://rsb.info.nih.gov/ij/>>
- [7] Norma DIN 50190: *Vyhodnotenie tvrdosti chemicko-tepelne spracovaných súčiastok*.
- [8] ONDRUŠ, P. *ZDS – System for Windows 95/98/NT*. PC program, Version 1.85, 1998.