

VPLYV ELEKTROLYTICKO – PLAZMOVÉHO PROCESU NA VLASTNOSTI POVRCHU

THE INFLUENCE OF PLASMA – ELECTROLYTIC PROCESS ON SURFACE PROPERTIES

Roman TÓTH - Jozef SOLÁR

Autori: Ing. Roman Tóth, Ing. Jozef Solár

Pracovisko: Katedra zlievarenstva, Materiálovotechnologická fakulta STU

Adresa: J. Bottu 23, 917 24 Trnava, Slovensko

Tel.: +421 (0)33 5521 007 E-mail: toth@mtf.stuba.sk

Abstract

This contribution shows the influence of the plasma – electrolytic technology on the hardened surface layer, and deals with existence or absence of the so-called Beilby layer during the ELP process, and characteristics surface.

Témou príspevku je poukázanie vplyvu elektrolyticko-plazmovej technológie na tvrdosť povrchových vrstiev, zistenie existencie alebo absencie tzv. Beilbyho vrstvy počas ELP procesu a charakter povrchu.

Key words

plasma, surface, polishing, electrolytic-plasma processes, electrolytes, Beilby layer, plasma discharge, surface treatment

plazma, povrch, leštenie, proces elektrolyticko-plazmový, elektrolyty, Beilbyho vrstva, výboj plazmový, úpravy povrchové

Stručná charakteristika procesu

Elektrolyticko-plazmová (ďalej ELP) technológia úpravy povrchu je založená na fyzikálnych javoch, ktoré prebiehajú na povrchu opracovávanej súčiastky ponorenej do elektrolytu pod vplyvom jednosmerného prúdu, pri napätiach prevyšujúcich 150 V. Následkom lokálneho varu elektrolytu sa vytvára nad povrchom opracovávaného predmetu paroplynová obálka. V dôsledku vysokej intenzity elektrického poľa v tenkej vrstve obálky v nej dochádza k ionizácii prostredia a ku vzniku výbojov s tvorbou plazmy. Počas ELP procesu je súčiastka vystavovaná malému silovému pôsobeniu. Ďalšie informácie o technológii sú uvedené v prácach [1, 2, 3].

Vplyv ELP procesu na povrchovo spevnenú vrstvu

Príspevok nadväzuje na prácu [4], kde boli publikované dosiahnuté výsledky metrologických parametrov povrchu počas leštenia povrchu elektrolyticko-plazmovou

technológiou. Charakteristickým sprievodným znakom mechanických spôsobov znižovania drsnosti je vytvorenie extrémne tenkých podpovrchových vrstiev so zvýšenou tvrdosťou, ktoré ako prvý podrobne opísal Beilby, podľa ktorého sú aj označované ako tzv. Beilbyho vrstvy. Podľa literatúry [5], akékoľvek mechanické leštenie spôsobuje na upravovanom povrchu komplex javov, z ktorých najväčší význam majú lokálny intenzívny ohrev a plastické pretvorenie. Ich dôsledkom dochádza k miestnemu intenzívnemu ohrevu na vrcholoch výstupkov s následným prudkým odvodom tepla okolitým materiálom, alebo vytvorením veľkého množstva mriežkových porúch v mikroobjektoch pod povrchom. Hrúbka Beilbyho vrstvy sa pohybuje do 10-20 μ m, podľa použitého spôsobu brúsenia. Beilbyho vrstva sa nevyskytuje pod povrchmi, ktoré boli leštené elektrochemicky.

ELP – technológia vylučuje silové pôsobenie na povrch, ale existujúce teórie mechanizmu znižovania drsnosti povrchu zhodne pripisujú veľký význam miestne zvýšenej koncentrácii prúdovej hustoty v mieste výstupkov. Pre tento názor poskytujú závažné argumenty aj mnohé poznatky z teórie a praxe povrchového kalenia a chemicko-tepelného spracovania ELP-technológiou, publikované napríklad v [6]. Vzhľadom na podobnosť procesu a malé rozdiely parametrov pri leštení a tepelnom spracovaní ELP-technológiou je pravdepodobné, že aj pri leštení bude dochádzať k určitému miestnemu tepelnému ovplyvneniu povrchovej vrstvy.

Pre experimenty boli zvolené vzorky z antikorošnej austenitickej ocele STN 17 246, rozmerov 50 x 30 x 2,4 mm, bez akejkoľvek úpravy, na ktorých sa najskôr v danom stave zmerala tvrdosť HV 30 a následne pripravené mokrým brúsením po papier zrnitosti č.800 boli leštené ELP procesom v rozsahu od 0,5 až do 40 minút. Takto pripravené vzorky sa podrobili metalografickým skúškam a skúške mikrotvrdosti. Zároveň sa na vybraných telieskach zmerala okrem hodnoty mikrotvrdosti aj hodnota HV 30. Všetky metalografické skúšky sa uskutočnili na povrchoch pripravených iba mokrým brúsením a ELP úpravou, teda bez aplikovania leptadla.

Prvé východiskové údaje poskytlo meranie tvrdosti štandardnou skúškou podľa Vickersa so zaťažujúcou silou 294,2N po dobu pôsobenia 10-15 sekúnd. Povrch základného materiálu - plechu dovoľoval merať tvrdosť v dodanom stave bez akejkoľvek povrchovej úpravy. Namerané stredné hodnoty sa nachádzali v rozmedzí od 174 HV30 do 185 HV30. Vzorky základného materiálu boli potom mokrou cestou obrúsené po zrnitosť papiera č.800 a následne podrobené meraniu tvrdosti HV30 v takto pripravenom stave a po ELP úprave po dobu 0,5-1,5-6 a 40minút. Namerané priemerné hodnoty tvrdosti sú uvedené v tabuľke 1. Po obrúsení tvrdosť materiálu čiastočne klesla oproti východiskovému stavu, čo sa dá pripísať odstráneniu vrstvy spevnenej valcováním.

NAMERANÉ PRIEM. HODNOTY TVRDOSTI PO LEŠTENÍ

ELP PROCESOM

Tabuľka 1

Čas leš. ELP tech. [min]	0	0,5	1,5	6	40
priemer HV 30	167,75	167,25	168,00	160,75	163,25

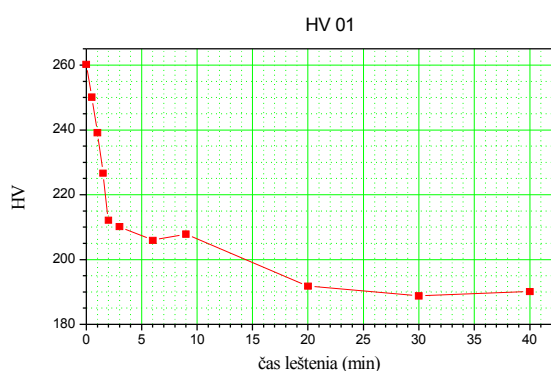
Je zrejmé, že vplyv dlhodobého ELP leštenia má veľmi malý vplyv na hodnotu tvrdosti HV30 - prakticky na úrovni presnosti merania danou metodikou. Pomerne malé rozdiely v hodnotách tvrdosti sa dajú dobre vysvetliť tým, že diamantový ihlan v danom prípade zaťažený silou 294,2N podstatnú časť deformácie uskutočnil pod spevnenu vrstvou.

Ďalšou skúškou bola skúška mikrotvrdosti, ktorá sa uskutočnila postupom podľa Hanemanna na zariadení „Neophot 21“. Zaťažujúca sila bola približne 1N (0,980665N) a pôsobila 10 sekúnd. Kvôli objektívnosti merania bola tvrdosť meraná na piatich rozličných

miestach na trojici vzoriek. Vzorky základného materiálu boli najprv pripravené obrúsením mokrou cestou brúsnyimi papiermi zrnitosti od 60 do 800 a následne leštené ELP technológiou po dobu od 0,5 do 40 minút. V tabuľke 2 sú uvedené stredné hodnoty mikrotvrdoosti zistené na vzorkách po mechanickom brúsení a leštení ELP procesom. Závislosť hodnôt mikrotvrdoosti od doby leštenia je zachytená na obr. 1. Pri pohľade na obrázok 1 - vplyvu doby leštenia ELP technológiou na mikrotvrdosť povrchových vrstiev môžeme konštatovať, že počas prvých 2 až 3 minút leštenia sa mikrotvrdosť strmo, takmer lineárne znižuje. Predlžovanie doby leštenia kovového povrchu ELP technológiou spôsobuje iba mierne znižujúcu sa hodnotu mikrotvrdoosti do doby leštenia 20 minút ELP technológiou. Po prekročení doby 20 minút leštenia sa hodnota mikrotvrdoosti prakticky nemení a dá sa pozorovať, že povrch vzorky pri vizuálnom hodnotení dosahuje subjektívne menej výrazný zrkadlový lesk. Priebeh hodnôt mikrotvrdoosti umožňujú vysloviť hypotézu, že po 20 minútach trvania procesu došlo k úplnému odstráneniu mechanicky spevnenej podpovrchovej vrstvy tzv. Beilbyho vrstvy a namerané hodnoty mikrotvrdoosti zodpovedajú mikrotvrdoosti jednotlivých nedeformovaných zrn.

PRIEM. HODNOTY MIKROTVRDOOSTI PO LEŠTENÍ ELP PROCESOM Tabuľka 2

Čas leš. ELP tech. [min]	0	0,5	1	1,5	2	3	6	9	20	30	40
priemer HV 30	260,27	250,13	239,13	226,67	212,13	210,13	205,93	207,87	191,8	188,8	190,13



Obr. 1 Závislosť mikrotvrdoosti povrchu vzorky od času leštenia ELP technológiou

Na dokumentovanie charakteru povrchu sa zvolila optická mikroskopia. Takáto dokumentácia sa pochopiteľne mohla uskutočniť na povrchu bez aplikácie akéhokoľvek leptadla a to v stave po predúprave mechanickým mokrým brúsením a následným leštením ELP procesom. Pre metalografické skúšky sa zvolila optická mikroskopia a hodnota zväčšenia 200x.

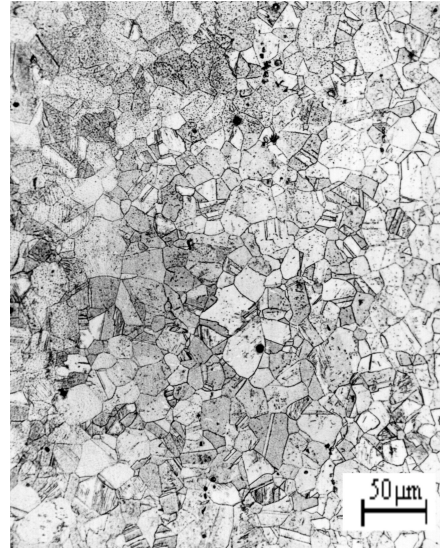
Na obrázku 2 je pohľad na povrch vzorky po mokrom brúsení papierom číslo 800. Na povrchu je možné pozorovať zreteľné ryhy po brúsnom médiu.

Predĺžením doby úpravy nad 20 minút spôsobuje výrazné zviditeľnenie hraníc zrn, ako to dokumentuje obr.3. I napriek zviditeľneniu hraníc zrn, vzorka si však zachováva dostatočne vysoký zrkadlový lesk.

Priebeh mikrotvrdoosti zachytený na obrázku 1 a známa hodnota úberu počas ELP úpravy povrchu cca $2\mu\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ [7] dovoľujú určiť, že hrúbka spevnenej vrstvy mechanickým brúsením je približne $4\mu\text{m}$ s ojedinelými stopami, ktoré miestne siahajú do hĺbky 20 až $40\mu\text{m}$ a zrejme sú dôsledkami prvých etáp brúsenia hrubšími brúsnyimi papiermi. Experimenty uskutočnené v rámci merania poukázali, že počas elektrolyticko-plazmového leštenia kovového povrchu nedochádza ku vzniku povrchovo spevnenej vrstvy.



Obr. 2 Povrch vzorky po mechanickom brúsení papierom zrnitosti číslo 800



Obr. 3 Mikroštruktúra povrchu vzorky po 40 min. ELP leštenia

Vedecký prínos k danej problematike

Výsledky experimentálnych prác ukázali, že pri úprave povrchu austenitickej chrómnikovej ocele ELP procesom nedochádza ku vzniku povrchovo spevnenej vrstvy, ale naopak pri dostatočne dlhej dobe sa mechanickým leštením vytvorená Beilbyho vrstva dá úplne odstrániť. Pri úprave povrchu ELP technológiou sa zviditeľnia hranice zŕn podobne ako pri naleptaní leptadlami používanými v metalografii s tým rozdielom, že i po dlhotrvajúcej ELP úprave napriek výrazne viditeľným hraniciam zŕn si povrch zachováva zrkadlový lesk. Zviditeľnenie hraníc zŕn a tvorba nového reliéfu spôsobená zmenou metrologických vlastností popísaných v literatúre [4] nasvedčuje, že pri úprave povrchu sa uplatňuje, okrem erózneho pôsobenia výbojov, aj elektrochemický proces.

Záver

Dôkaz o existencii alebo absencii Beilbyho vrstvy mohol poskytnúť iba povrch, z ktorého bola odobratá vrstva o hrúbke 10-20μm, čo pri veľkosti úberu 2μm.min⁻¹ zodpovedalo minimálnemu operačnému času leštenia 5-10 minút. Uskutočnené experimenty poukázali, že počas elektrolyticko-plazmového leštenia kovového povrchu nedochádza ku vzniku povrchovo spevnenej vrstvy a dochádza ku zviditeľneniu hraníc zŕn za súčasného zachovania si zrkadlového lesku.

Literatúra:

- [1] MURGAŠ, M., PODHORSKÝ, Š. Zváranie – Svařování, 1997, 4, 61, s. 28.
- [2] TÓTH,R., PODHORSKÝ, Š. Acta Metallurgica Slovaca, 1999, 5, 2, s. 192.
- [3] PODHORSKÝ,Š. Acta Metallurgica Slovaca, 1999, 3, 3, s. 143.
- [4] SOLÁR,J., PODHORSKÝ,Š., TÓTH,R., NOVOTNÝ,I. Vplyv elektrolyticko – plazmového procesu na metrologické vlastnosti povrchu. In COMMATECH 2000. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2000, s. 279.

- [5] PÍŠEK, F., JENÍČEK, L., RYŠ, P. *Náuka o materiálu I, 2. svazek*. Praha: AKADEMIA, 1968.
- [6] DURADŽI, V.N., PARSADANJAN, A.S. *Nagrev metalov v elektrolytnoj plazme*. ŠTIINCA, Kišinev: 1988.
- [7] MURGAŠ, M., PODHORSKÝ, Š., BERTA, I. Finálna operácia obrábania ELP postupom. In *Technológia 97. Medzinárodná konferencia. Zborník prednášok. 2. diel*. Bratislava: STU, 1997, s. 545 - 548.