FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVII.

Kolozsvár, 2012. március 22–23.

GÖMBGRAFITOS ÖNTÖTTVAS LÉZERES FELÜLETKEZELÉSE

RÉGER Mihály, FELDE Imre, RÉTI Tamás

Abstract

The paper deals with the effect of laser surface treatment of nodular cast iron on the structural changes of surface and subsurface layers of the specimens. The main aim of this research work was to identify the technical parameters of treatments resulting in local melting on the surface. The effects of the treatments were evaluated by scanning and optical microscopic investigations and by hardness measurements. The structural changes caused by the treatments can be analysed as a function of applied laser parameters.

Keywords:

nodular cast iron, laser treatment, local melting, mathematical modeling

Összefoglalás

A dolgozat a gömbgrafitos öntöttvas felületi és felületközei részében a lézeres hatására végbemenő mikroszerkezeti változásokat tárgyalja elsősorban a lokális felületi megolvadás jelensége szempontjából. A különböző paraméter-kombinációkban végrehajtott YAG lézeres kezelések hatásának megítélése optikai, scanning elektronmikroszkópos és keménységi vizsgálatok alapján történt. Az egyes paraméter kombinációk eredményeként kialakult jellemzők értékelését szerkezetváltozási térképek segítik.

Kulcsszavak:

gömbgrafitos öntöttvas, lézeres felületkezelés, lokális megolvadás, matematikai modellezés

1. Bevezetés

A kutatómunka alapvetően annak felderítésére irányult, hogy a gömbgrafitos öntöttvas lézeres felületi kezelése során a második fázisnak tekintett grafit megváltoztatja-e, és ha igen, milyen módon és mértékben a globális és lokális hőtani viszonyokat. A hőtani, hőelvonási viszonyok lokális – a grafit jelenléte miatt bekövetkező – megváltozása olyan helyzetet is eredményezhet, mely lokális felületi megolvadásban, illetve szublimációban nyilvánul meg [1]. Ez akkor fordulhat elő, ha a felületet el nem érő, de a felület közelében lévő gömbgrafit a mátrixhoz viszonyított kisebb hővezető képessége miatt „hőtorlódást” idéz elő a grafit és a felület közötti „fémhártyában”. Az elvégzett munka során meghatároztuk azt a lézeres felületkezelési paraméterhalmazt, mely a matematikai modell szerint a lokális megolvadás jelenségét előidéz. Végrehajtottuk a matematikai modell ellenőrzéséhez szükséges hőmérsékletmérési kísérleteket, valamint ennek alapján a modell korrekcióját. A kísérleti és számítási tapasztalatok alapján létrejött egy olyan validált hőtani-matematikai modell, melynek segítségével

további technológiai-paraméter kombinációk eseteire is nagy biztonsággal feltérképezhetők a várható jelenségek.

2. Kísérleti munka

A kísérleti felületkezelések céljára négy darab, egyenként mintegy 10 mm szélességű, polírozott felületű, valós tengelycsapból kimunkált próbatestet használtunk. Az előzetes vizsgálati és számítási eredményeket és tapasztalatokat hasznosítva összesen 20, előre definiált technológiai variációban került sor YAG lézeres felületkezelésre. A kezelések alapvető célja ebben az esetben a gömbgrafitos öntöttvas részleges megolvadásának előidézése, illetve a jelenség bekövetkezéséhez tartozó technológiai ablak meghatározása volt. A kezeléseket a tengelycsap szeletek alkotó irányában, azaz a mintegy 10 mm-nyi hosszon végeztük. Ezzel a módszerrel a kis mennyiségű minta szinte teljes felülete kihasználható volt a kísérletek céljára. A track-eket úgy helyeztük el a hengerpalást felületén egymás mellett, hogy azok hőhatásövezete ne érintkezzék egymással.

A kísérletek során alkalmazott lézerberendezés 2,7 kW-os Nd:YAG szilárdtestlézer, melynek hullámhossza 1064 nm. A sugárvezetés üvegszálal, robotos (7 tengelyes) megoldású. A lézer teljesítménye: 200 W -2700 W tartományban változtatható, üzemállapota lehet folyamatos vagy impulzus (0-250 Hz frekvenciatartomány).

A lézerfolt átmérőjét minden esetben 5 mm-re állítottuk be. A kezelés során a lézernyaláb indulása a darabon kívülre esett, ezzel a kezdeti tranziens jelenségek hatását igyekeztünk kiküszöbölni. A lézersugár tehát már az előre definiált sebességgel érte el a kezelendő felületet, áthaladt rajta, és a leállításra is csak akkor került sor, amikor a nyaláb túlhaladt a tengelycsap kezelendő részén. Az elmondottak gyakorlati megvalósítása érdekében a kezelendő darabot két alumínium pofa közé szorítottuk. A darab széleinél ennek ellenére erőteljesebb felmelegedés jött létre, így a vizsgálatokhoz a mintákat sugárirányban középen elvágtuk, és az így feltárt felületeken végeztük az elemzéseket.

3. Az eredmények értékelése

A vizsgálati eredmények alapján nem teljesen egyértelmű a növekvő lézerteljesítmény és a lézernyaláb növekvő sebességének együttes hatása a lokális megolvadás feltételrendszerére vonatkozóan. Az elemzéshez bevezettük az ún. súlyozott térfogati energiasűrűség fogalmát, melynek definíciója a következő [2]:

$$E^* = \frac{P}{d_f^{1,5} \cdot v_r^{0,5}} \quad (1)$$

ahol P a lézer teljesítménye [W], d a fókuszfolt átmérője [mm], v a lézersugár relatív sebesség [mm/s]. E^* mértékegysége J/(mm²s^{0,5})-nak adódik a fenti képlet alapján.

A súlyozott térfogati energiasűrűség egy-egy lézertípusra vonatkozóan a tapasztalatok szerint jól korrelál a felületkezelés során kialakuló keménységi értékekkel. Az E^* komplex mennyiség magában foglalja azt a két paramétert is, melyet a jelen munkában változónak tekintettünk (teljesítmény és sugár haladási sebesség, a fókuszolt átmérője konstans). A súlyozott térfogati energiasűrűség értéke a vizsgált 20 technológiai variációban a következőképpen alakult:

Sorszám	P teljesítmény W	Nyaláb sebessége mm/s	E^* paraméter $J/(mm^2 s^{0,5})$	Beolvadási mélység mm	HAZ mm
1	1000	3	51,6	0,62	1,72
2	1000	6	36,5	0,21	0,97
3	1000	10	28,3	0	0,55
4	1000	15	23,1	0	0,07
5	1000	20	20,0	0	0
6	1000	25	17,9	0	0
7	1500	20	30,0	0	0,44
8	1500	25	26,8	0	0,19
9	1500	30	24,5	0	0,075
10	1500	35	22,7	0	0
11	2000	30	32,7	0,08	0,5
12	2000	35	30,2	0	0,4
13	2000	40	28,3	0	0,36
14	2000	45	26,7	0	0,1
15	2500	40	35,4	0,02	0,46
16	2500	45	33,3	0	0,38
17	2500	50	31,6	0	0,37
18	2500	55	30,2	0	0,3
19	2500	60	28,9	0	0,26
20	2500	65	27,7	0	0,09

Az E^* paraméter értéke és a metallográfiai csiszolaton meghatározott allotróp átalakuláson átesett zóna vastagsága (HAZ – heat affected zone, vagyis hőhatásövezet) között igen szoros a kapcsolat (korreláció $R = 0,93$ -ra adódik).

Vizuális megítélés alapján a gömbgrafitos szerkezet megfelelő lokális felületi olvadására a YAG lézeres kezelés esetén akkor került sor, ha az E^* paraméter értéke 30 és 35 közötti volt. Ha a megítélés alapja a HAZ mélysége, akkor a vizuálisan megfelelő felületi megolvadás jelensége 0,3-0,4 mm-es HAZ mélység kialakulásához köthető. Példaként a 17-es sorszámú kezelés eredményeként kialakult felület jellegzetességeit mutatja az 1. ábra.

4. Összefoglalás

Az elvégzett kísérletek, vizsgálatok és számítások alapján megállapítható, hogy a 2,7 kW teljesítményű Nd:YAG szilárdtestlézer alkalmazásával megvalósítható a felület és a grafit részecskék közötti vékony fémhártya lokális megolvasztása, illetve szublimálása. A kialakult szerkezeti jellegzetességeket scanning elektronmikroszkópos, metallográfiai és keménységi vizsgálatokkal

minősítettük. Az így kialakított felületek gépipari alkalmazhatóságának feltárása még további, részletesebb vizsgálatokat igényel.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás részben az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg a TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 "Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások" című pályázat keretében.

a./ Scanning elektronmikroszkópos felvétel a felületről (200x)

b./ Scanning elektronmikroszkópos felvétel a felületről (1000x)

1. ábra A 17-es sorszámú kezelés eredményeképpen kialakult felület áttekintő képe
(2500 W, 50 mm/s sugársebesség, $E^* = 31,6 \text{ J}/(\text{mm}^2 \text{ s}^{0,5})$, HAZ = 0,37 mm)

Irodalom

- [1] Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Felületkezelés*. Műszaki Tudományos Füzetek 5., EME, Kolozsvár, 2009; <http://hdl.handle.net/10598/15436>
- [2] Bagyinszky Gyula – Bitay Enikő: *Lézeres anyagtechnológiák energiasűrűségi jellemzői*. X. FMTÜ, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár, 2005. 75–80 p.

dr. Réger Mihály, egyetemi tanár

Óbudai Egyetem, BGK Anyag- és Gyártástechnológiai Intézet

1081 Budapest, Népszínház u. 8.

Telefon / Fax: 36-16665430/36-16665423

E-mail: reger.mihaly@bgk-uni.obuda.hu