



Diódlézeres felületkezelés hatása különböző hőkezeltégi állapotú acélok szövetszerkezetére

Effect of diode laser surface treatment on the microstructure of distinctly heat-treated steels

¹Fábián Enikő Réka, ²Hangyás István Atanáz,

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag-Gyártástudományi Intézet, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék. Budapest, Magyarország, fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu

²Szerszám Technika Kft.. Budapest, Magyarország, atanaz.hangyas@outlook.com

Összefoglalás

A felületkezelési eljárások egyik egyre terjedő módja a lézeres felületkezelés. Jelen kísérleteinknél arra kerestük a választ, hogy hogyan változik az acélok szövetszerkezete, ha az előzetesen már hőkezelést kapott. Vizsgálatainkhoz normalizált, edzett, előnemesített és nemesített hőkezeltégi állapotú C45 és 41CrMo4 minőségű anyagokat felületedzettünk diódlézerrel az eredeti szálfutással párhuzamosan és arra merőlegesen.

Kulcs szavak: szövetszerkezet, lézeres felületkezelés, dióda lézer,

Abstract

One of the more common methods of surface treatment is laser surface treatment. This work focused on the basic material microstructure effect on laser surface hardened structure. For our experiments normalized, hardened, pretempered and tempered C45 and 41CrMo4 steels were surface-treated parallel and perpendicular to the original ferritic-perlitic bands with a diode laser

Keywords: microstructure, laser surface treatment, diode laser,

1 Bevezetés

Napjaink mérnöki kihívásai közé tartozik, a jó kopásálló, de ugyanakkor szívós fémszerkezetek és gépelemek kialakítása. Az ipari gyakorlatban használt alkatrészek jelentős részének a működő felületeket érő koptató igénybevételén kívül nagymértékű húzó és/vagy nyomó igénybevételnek és ellen kell állnia. Az ilyen változatos igénybevételnek kitett részek különböző anyagból, különböző gyártástechnológiával való elkészítése idő és pénzigényes folyamat, ezért a költségek csökkentésének érdekében felületmódosító eljárásokat alkalmazunk. A felületmódosító eljárások során a felülethez közeli rétegekben, intenzív energiabevitel segítségével anyagszerkezeti változásokat idézünk elő, melyek a magtól teljesen eltérő felületi tulajdonságok kialakulásához vezetnek. Napjainkban a nagy kopásállóságú, de ezzel egyidejűleg szívós szerkezetek kialakítására gazdasági és technológiai megfontolásokból általában felületkezelő eljárásokat alkalmazunk. Ezeknek közös tulajdonsága, hogy a munkadarab felületén megváltoztatják az anyag szövetszerkezetét, ezzel biztosítva a kívánt tulajdonságot. A felületkezelési eljárások egyik elterjedően levő módja a lézeres felületkezelés [1-4]. A lézeres felületkezelésnek több típusát ismerjük, ilyenek a:

- lézersugaras átolvasztás, melynek során a felület megolvasztása, majd gyors megszilárdulása során megváltozott szövetszerkezet eredetitől eltérő tulajdonságait használhatjuk ki.
- lézersugaras felületi ötvöztetés, melynek során vékony ötvözőpor réteget viszünk fel a munkadarab kívánt felületére, majd a port és a munkadarab felületi rétegét megolvasztva a kívánt tulajdonságoknak megfelelő réteget hozunk létre [5]
- lézersugaras edzés, amely vasalapú ötvözeteknél a felületi réteg ausztenitesítéséből, majd gyors hűtéséből áll martenzites szövetszerkezet kialakítását célozva

A lézersugaras eljárások közös tulajdonsága, hogy a hőbevitelt és a hőelvitelt az abszorpciós és geometriai viszonyok is befolyásolják, ezért technológiai paraméterek változtatásával széles körben állíthatók a kialakult szerkezetek tulajdonságai, valamint, hogy lézersugaras felületkezelés során a munkadarab hevítés utáni hűtését a munkadarab hőkapacitása biztosítja, a hagyományos technológiáknál alkalmazott hűtőközzel szemben. Lézersugaras felületi technológia alkalmazásakor a munkadarab egyik legfontosabb tulajdonsága az abszorpció, amely – mint az az optika tudományából ismeretes – az szilárd test fényelnyelő képességét jelenti. Szilárd testtel érintkezve a fény irányba terjedhet tovább, egy része visszaverődik (reflexió), egy része megfelelő hullámhosszúság esetén áthaladhat az anyagon (transzmisszió és szórás), egy része pedig elnyelődik az anyagban (abszorpció).

A félvezetőtechnológia fejlődésével a LEDek (Light-Emitting Diode), a rajtuk átfolyó áram közvetlenül fénné alakításával léptek be a lézertechnológiák színpadára. Ezen diódák viszonylag magas (akár 50%) hatásfok mellett, képesek a 1000nm-nél rövidebb hullámhosszúságú lézerrényt kibocsátani. Egyszerre több dióda alkalmazásával, illetve sugárcsatolással lézersugaras felületkezelésre is alkalmas sugárteljesítmény biztosítható.

Abszorpciós szempontból az anyag és a technológia több tulajdonsága is fontos, ezek a munkadarab anyagminősége és felületi minősége, a lézerrény beesési szöge, teljesítményeloszlása és hullámhossza. Ahogy azt az irodalmi adatok [6] mutatják egy közepes széntartalmú acélnál a CO₂ lézersugaras kezeléskor a lézersugár abszorpciója 10% körül, míg dióda lézer alkalmazásával ez 30%-ra nő. A felület minősége minden máig ismert lézersugaras kezeléskor szintén jelentősen befolyásolja annak abszorpciós tényezőjét, de míg a CO₂ lézersugaras kezeléseknél 4-80% között változik, addig a szilárdtest lézersugaras kezeléseknél még polírozott felületnél is eléri a 30%-ot [7].

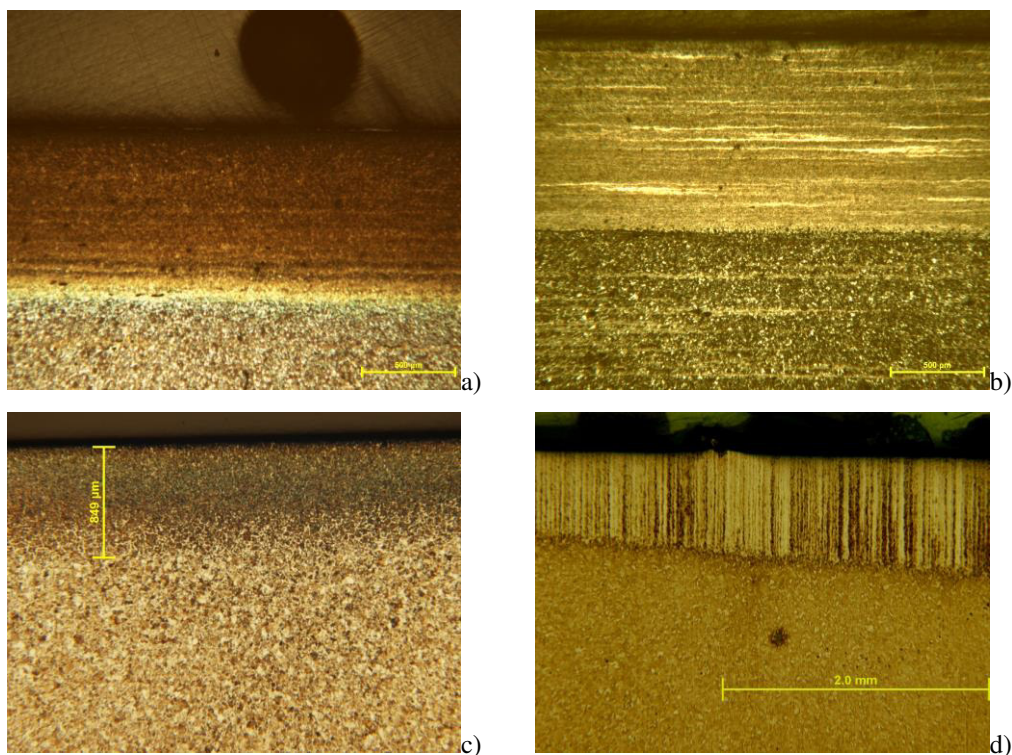
2 Kísérleti anyagok és technológiák

Kísérleteinkben, az iparban széles körben alkalmazott C45 és 41CrMo4 anyagminőségű 200 mm és 350 mm átmérőjű rúdanyagokból 7 mm-es szeleteket, illetve véglapedzett Jominy mintákat használtunk. Ezek az anyagok az abszorpció növelése érdekében CO₂ lézeres kezelés esetén felület grafitozásra szorulnak [8-9], diódalézeres kezelés esetén azonban jó abszorpcióra számíthatunk előkezelés nélkül is még küszörtlül felületen is. Az alapanyag szövetszerkezetének hatástanulmányozása érdekében vizsgáltunk előnemesített (forgalmazási állapotú), 850-fokos ausztenitesítési követő edzés utáni állapotú, normalizált, illetve nemesített (850°C -ról hűtve, majd 650-on 2 órát hőntartás követve vízben hűtött) mintákat. A hőkezeléseket védőgáz nélküli, elektromosfűtésű laboratóriumi kemencékben végeztük. A korong alakú előnemesített és nemesített állapotú mintáinkat az eredeti szálfutásra merőlegesen, a véglapedzett Jominy mintáknál a keménységmérésre előkészített felületét kezeltük lézersugaras hőkezeléssel 4 kW-os diódalézeren a Budai Benefit Kft. Lézer Technológiai Őzűemben. A metallográfiai vizsgálatokat és a keménységméréseket beágyazott mintákon, csiszolást és polírozást követően, 2%-os nitállal maratva végeztük.

3 Kísérleti eredmények

3.1 A szövetszerkezet változása hőkezelés hatására

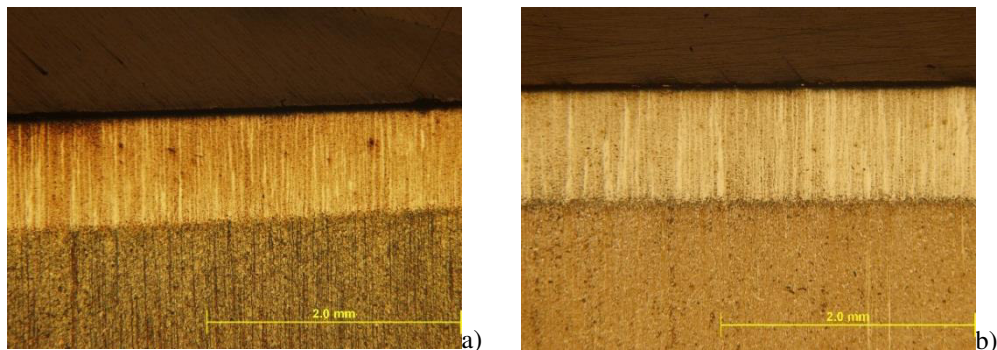
Fénymikroszkópos vizsgálatok azt mutatták, a 42CrMo4 anyag lézerezett tartományában, az eredeti rúd anyag szálirányában, csikosan edződött az anyag, míg az ötvözetlen anyagnál ez a jelenség nem, vagy csak alig volt megfigyelhető abban a zónában, ahol ugyan még beedződött a darab, de lassabban hűlt a kisebb hőelvonás következtében (1. ábra)



1. ábra - A lézersugaras felületedzés hatása különböző szálfutású mintákon

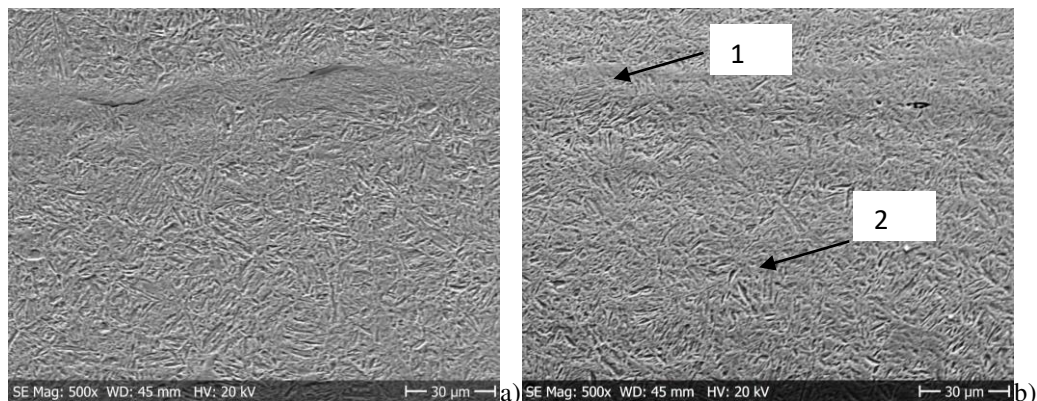
a) C45 anyag hőkezelése szálfutással párhuzamosan b) 42CrMo4 anyag hőkezelése szálfutással párhuzamosan c) C45 anyag hőkezelése szálfutásra merőlegesen d) 42CrMo4 acél anyag hőkezelése szálfutásra merőlegesen

A maratás után kis nagyításban csikosnak látszó szövetszerkezet megfigyelhető volt úgy előnemesített, mint nemsített állapotú 42CrMo4-es anyagon. A fénymikroszkópos vizsgálatok azt mutatták, hogy nemesítést követően az alapanyag homogén jellegű, míg az előnemesített mintánál minimális inhomogenitás is mutatkozott (2. ábra) az eredeti szálfutásnak megfelelően.



2. ábra - Diódalézeres felületkezelés eredménye előnemesített (a) illetve nemesített állapotú (b) 41CrMo4 anyagú korongon Marószers: 2% nitál

Edzett állapotú minták lézersugaras felületkezelésekor az újra kialakuló martenzites szövetszerkezet finomabb lesz, mint vízkezelés után volt (3. ábra). A lézersugaras kezelés során az eredeti (ferrit-perlites) szövetszerkezetnek megfelelően kialakult kevésbé maródó zónáknál (1-2 ábrák) az EDX-os elemzés króm és molibdén-dúsulást igazolt (1. táblázat). Ezen karbidképző elemek lokális dúsulásának köszönhetően keményebb, metallográfiai mintaelőkészítés során, polírozáskor kevésbé kopó, nagyobb keménységű keskeny zónák alakultak ki, ahogy az pásztázóelektronmikroszkópos vizsgálat során kimutatható volt (3. ábra).



3. ábra 42CrMo4 minőségű acél finomszerkezete edzést követően a) vízkezelés után SEM felvétele b) vízkezelés után majd lézersugaras felületkezelés után SEM felvétele

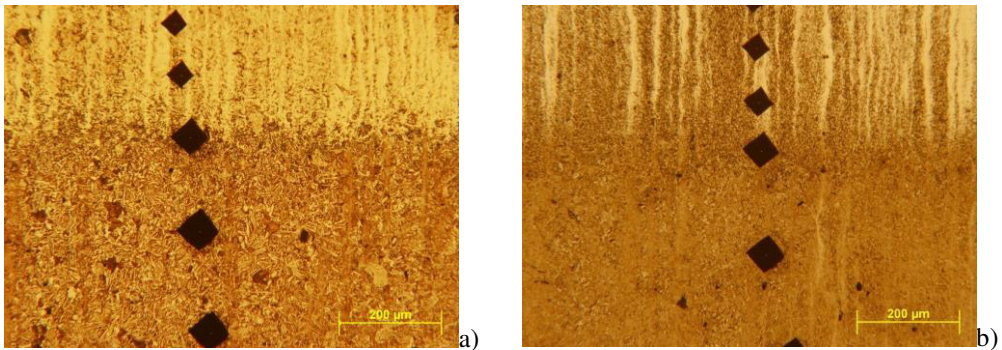
2. táblázat - A kémiai összetétel változása a lézerkezelés után
Meghatározás: SEM - EDX-szel

összetétel, tömeg%	Si%	Cr%	Mo%	Fe %
Kevésbé maródó sáv, 1 pont	0,19	1,34	0,17	98,30
Jobban maródó sáv, 2 pont	0,22	1,08	0,13	98,56
Teljes területre jellemző	0,21	1,26	0,12	98,33

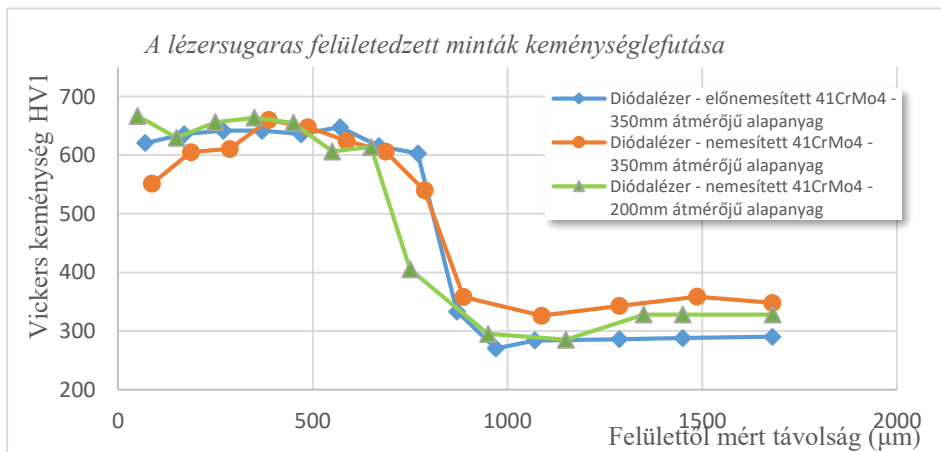
Megjegyzés A kis rendszámú szénttartalom meghatározására a SEM-EDX módszer nem ad megfelelő eredményt

3.2 Felületi keménység változása hőkezelés hatására

Annak ellenére, hogy az 42CrMo4 anyagminőségű mintáknál SEM módszerrel kimutatható a jobban és kevésbé jól kopó zónák, azok oly keskenyek, hogy a keménységben való különbséget csak 10 -os terheléssel lehetett kimutatni (a kevésbé kopó zónáknál, azaz a világos sávok több, mint 800 HV_{0,01} keménységűek, míg a sötét sávok nem érték el a 400 HV_{0,01}-t.). A makrokeménységhez közelebb álló 1kg-os terheléskor a lenyomatok minden esetben áthidalják a világos és sötét sávokat, vagyis a kialakult réteg átlagáról hordoznak információt (4-5. ábra.)



4. ábra - Előnemesített (a) és nemesített (b) 42CrMo4 anyagminőségű mintákról készült fénymikroszkópos felvételek keménységmérés után. Marószers: 2%-os nitál



5. ábra - A diódalézeres felületedzéssel kezelt ötvöztött acél minták keménységlefutása

Az 5. ábra diagramjában szemléltetett Vickers (HV₁) keménységmérések azt mutatják, hogy a felületedzés a kívánalmaknak megfelelően 0,8-1mm mélységben jelentős, 200-300HV₁ keménységnövekedés okozott nemesített, előnemesített acéloknál, így a lézersugarason létrehozott felületiréteg keménysége 600HV₁ fölötti, míg a magkeménység az eredeti hőkezeltségnek megfelelő. A nemesített alapanyag magkeménysége az elvárásnak megfelelően nagyobbak és egyenletesebbnek bizonyult az előnemesített mintákhoz viszonyítva. A nemesített minta lézerkezelésekor a felület közelében mért kisebb keménység minden bizonnyal a védőgáz nélkül végzett relatív hosszú emelt hőmérsékleten való hűntartás alatt bekövetkező dekarbonizációnak köszönhető.

4 Konklúzió

A lézeres felületkezelési folyamatok lényege a rendkívül nagy intenzitású és jól lokalizálható energia beviteli lehetőség, melynek köszönhetően nem áll fenn a kész munkadarab vetemedésének veszélye, ezáltal nincs szükség utólagos megmunkálásra. A lézeres felületedzéskor a közepes széntartalmú gyengén ötvözött illetve ötvözetlen acéloknál felületi rétegében kialakult a jó kopásállóságú martenzit. A krómmal és molibdénnel gyengén ötvözött acélminőségénél a lézersugaras kezelés során a lehűléskor lokális dúsulások alakulnak ki a karbidképző elemekben, az eredeti szálfutásnak megfelelően, de ezek eloszlása oly finom, hogy az a makrokeményiséget és ezáltal a makroszkópos kopást sem befolyásolja.

Köszönetnyilvánítás

A munka nem jöhetett volna létre a Budai Benefit Lézer Kft. segítségével. Szeretnénk köszönetet mondani munkánkhoz nyújtott anyagi támogatásért az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 számú projekt keretében a Magyar Államnak és az Európai Uniónak.

5 Hivatkozások

- [1] Bitay Enikő: Lézeresen kezelt felületek kopásállóvizsgálata. VI. FMTÜ, Műszaki Tudományos Füzetek, EME, Kolozsvár/Cluj,. 111–118, 2001.
- [2] Bitay Enikő, Lézeres felületkezelés és modellezés, Erdélyi Múzeum -Egyesület, Kolozsvár, 2007
- [3] H. Tanabe, K. Ogawa, -Y. Izumi, -T. Takamatsu-, H. Nakagawa,- T. Saraie, -M. Gotoh, -H. Hagino, - T. Yamaguchi Effects of laser heat treatment on mechanical properties of ceramic coated steelsPart 2 – Fracture strength of laser heat treated ceramic thin film, Materials Research Innovations, 18:sup1, S1-17-S1-21, 2014; DOI: 10.1179/1432891713Z.000000000348
- [4] Buza Gábor Lézersugaras technológiák I., Edutus Főiskola, Budapest, Digit. Tankönyvtár, TÁMOP, 2012
- [5] Fábián E. Réka, -Boross Péter-, Verő Balázs,- Fülöp Piroska: Metallographic Aspects of Surface-Treated Steels by using Laser Technology , Materials Science Forum, Vols. 414-415, pp. 201-206, 2003
- [6] <https://www.laserfocusworld.com/articles/2011/04/laser-marking-how-to-choose-the-best-laser-for-your-marking-application.html> (Hozzáférés: 2019.12.06)
- [7] Lyubomir Lazov, N Angelov Physical model about laser impact on metals and alloys, Contemporary Materials I, 2 124-128; 2010
- [8] Kádas Gergely, Fábián Enikő Réka:Komplex felületi hőkezelések hatása szerkezeti acélok tulajdonságaira
- [9] Kádas Gergely: Komplex felületkezelések hatásmechanizmusának vizsgálata szerkezeti acéloknál, BME – ATT, diplomaterv2017.