FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

ROBBANTÁSSAL TÖRTÉNŐ FELÜLETKEMÉNYÍTÉSI TECHNOLÓGIA OPTIMÁLÁSA

OPTIMIZATION OF EXPLOSIVE SURFACE HARDENING TECHNOLOGY

KOVÁCS-COSKUN Tünde⁽¹⁾, PINKE Péter⁽²⁾

(1) Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet, H-1081, Budapest, Népszínház utca 8; Telefon +36-1-6665327 / Fax: +36-1-6665423, kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

(2) Szlovák Műszaki Egyetem, Anyagtechnológiai Kar Nagyszombat, Paulínska 16, 917 24 Trnava, Szlovák Köztársaság, Telefon +421-903353667, peter.pinke@stuba.sk

Abstract

It is known that the hard working cause hardness increasing in case of metals. Specimens of austenitic stainless steel and Hadfield steel hardness changing were tested. The used hardening technology was a modified explosive treatment. During the hardening tests the explosive exploded different distance from surface [1]. Same setup was tested with different holder distance. The hardness improving and the plastic deformation were different as function of the holder size. The hardness was measured by Vickers hardness tester. The amount of strain induces martensite was detected magnetically and microscopy. It can suppose that the microstructure changed during high rate strain. Results showed that the strain rate and result hardness depend on the holder size. We found that the bigger holder size in case of the tested setup provoke higher hardening. To determine the hardness properties it's important to use optional technological parameters.

Keywords: hardness, explosive hardening, martensite

Összefoglalás

Ismert, hogy a fémek képlékeny hidegalakítás hatására keményednek. A keménység változás mérése ausztenites korrózióálló acél és Hadfield acél próbatesteken történt. A keménység növelésére módosított robbantásos technológiát alkalmaztunk. A keményítési kísérletek során a robbanóanyag a felülettől különböző távolságokra robbant [1], azonos elrendezés mellett, amit különböző méretű tartók biztosítottak. A keménység értékek mérése Vickers keménységméréssel történt. Az alakítás hatására létrejött martenzit mágnessel és mikroszkópos vizsgálattal mutatható ki. A létrejövő keménységváltozás függ a robbantáskor alkalmazott réstávolságtól. Vizsgálataink eredményeként megállapítottuk, hogy az alkalmazott réstávolságok esetén a nagyobb réstávolság nagyobb keménységnövekedést okoz. A keményítési technológia tervezése során fontos a technológiai paraméterek optimálása.

Kulcsszavak: keménység, robbantásos keményítés, martenzit

1. Bevezetés

A felületkeményítési technológiáknak igen különböző eljárásai ismertek és alkalmazottak az ipari gyakorlatban [2]. Mivel a keménység és a kopásállóság jó korrelációt mutat a

keményiségnövelést általában a kopásállóság növelése érdekében végzik. Hagyományos felületkeményítés hőkezeléssel és a bevonatolási technológiákkal érhető el. Keményítésre alkalmazhatók hidegalakítási technológiák is, mint pl. a görgőzés, sörétezés. Az ausztenites korrózióálló acélnak jó a szívóssága és az alakíthatósága, de kicsi a keménysége, amely hőkezeléssel nem növelhető. A robbantásos keményítési technológia egy viszonylag egyszerű, gyors és olcsó eljárás, mellyel ezen acéltípusok keménysége növelhető [3].

A keménység elvárt mértékben történő növeléséhez optimális technológiai paraméterek beállítása szükséges. A robbantásos keményítési technológia során számos kísérleti úton meghatározott tapasztalati paramétert használnak. Robbanás hatására egy rövid idejű nagy energiájú "ütés" éri a munkadarab felületét, melynek hatására képlékeny alakváltozás, mikroszerkezet változás és keménységnövekedés jön létre a robbanóanyag paramétereitől függően [4]. A robbantás során az ausztenites acélok felületen középpontos köbös rácsa deformálódik, egy torzult köbös rács jön létre ($\gamma \rightarrow \alpha'$), amely az alakítási martenzit.

Kísérleteinkben arra kerestük a választ, hogyan hat a robbantási technológia során alkalmazott elrendezés [6, 7] a vizsgált acélok keménységváltozására.

2. Kísérletek

2.1. Robbantásos keményítés

A felhasznált robbanóanyag porállagú Permon 10T jelölésű volt (1. táblázat), vastagsága átlagosan 30 mm volt. A robbanóanyag vastagságának meghatározása tapasztalati alapon történt. Ismert ugyanis, hogy van egy minimális mennyiség ($0,017 \text{ (g/mm}^2\text{)}$ Permon 10T [8]), amennyinél kevesebb nem alkalmazható eredményesen ennél a technológiánál. A keletkező nyomás értéke kiszámítható (1), a ρ robbanóanyag sűrűség és a v_D detonáció sebesség alapján (1. táblázat).

$$P = 0,25 \cdot \rho \cdot v_D^2 \quad (1)$$

1. táblázat. Permon 10T robbanóanyag jellemző paraméterei

Robbanóanyag	PERMON 10T (por)
Képződő gáz	928 dm ³ /kg
Detonáció sebesség (v_D)	3200 m/s
Sűrűség (ρ)	850 kg/m ³
Távolság a felülettől	0, 2, 3, 4 mm
Robbanóanyag vastagság	30 mm
Tömeg	319 g

A keményítés során direkt elrendezést, a robbanóanyag közvetlenül az alaplemezen robban fel (1. ábra) és indirekt elrendezést is alkalmaztunk, amikor a robbanóanyagot repülőlemezre helyeztük és a távolságot távtartóval biztosítottuk (2. ábra).

1. ábra. Direkt keményítés (1 alaplemez, 2 robbanóanyag, 3 detonátor)

2. ábra. Indirekt keményítés (1 alaplemez, 2 távtartó, 3 repülőlemez, 4 robbanóanyag, 5 detonátor, 6 felület bevonata)

2.2. Kísérleti anyagok

Kísérleteink során két anyagminőséget vizsgáltunk, egy ausztenites korrózióálló acélt (X5CrNi1810, EN 1.4301) átlagos keménysége 215 HV₃₀ és egy Hadfield acél (X120Mn12, EN 1.3401) öntött állapotban, amelynek átlagkeménysége 220 HB volt. A kémiai összetételeket a 2. táblázat mutatja. A robbantásos kísérletek előtt a Hadfield acélt hőkezeltük, oldó izzítást 1050°C / 2 óra, majd vízűtést alkalmaztunk (110 HV_{1,2}). A próbatestek felületét megtisztítottuk és polírozott finomságúra készítettük elő.

2. Táblázat. A felhasznált acélok kémiai összetétele (tömeg %)

Acél jele	C	Si	Mn	Cr	Ni	N _{max}	P _{max}	S _{max}
X5CrNi1810	0,07	1	2	18,25	9,25	0,11	0,045	0,015
X120Mn12	1,2	max. 1	12	-	-	-	0,1	0,04

2.3. Vizsgálatok

A robbantásos keményítést követően állandó mágnessel végeztünk tapasztalati vizsgálatot. Ezt követően a darabokat elmetstettük és a felülettől távolodva keménységet mértünk Vickers keménységmérővel. A metszeteket políroztuk és fémmikroszkópos szövetszerkezet vizsgálatot is végeztünk.

3. Kísérletek

3.1. Mágneses tulajdonságok

Az állandó mágnessel történő ellenőrzés eredményeként megállapítottuk, hogy a darabok felülete és a felülethez közeli rétegek a robbantásos kezelés hatására ferromágneses tulajdonságot mutatnak.

3.2. Mikroszkópos vizsgálatok

A fémmikroszkópos vizsgálatok során a Hadfield acél próbatesteken egyértelműen kimutatható volt az alakítási martenzites szerkezet, jól megfigyelhetőek voltak az eredeti ausztenites szerkezet ikerkristályai is.

3.3 Keménységmérés

A robbantásos kezelést követően keménységet mértünk a darabok felületén és a felülettől befelé távolodva. A korrózióálló acélon 30 kg a Hadfield acélon 1,2 kg terheléssel mértünk. A keménységértékeket a robbantási paraméter (résméret) és a felülettől való távolság függvényében a 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat. A vizsgált acélok keménységei

Acél	X120Mn12 (HV _{1,2})		X5CrNi1810 (HV ₃₀)		
Eredeti keménység	110		215		
Réstávolság	0 mm	2 mm	2 mm	3 mm	4 mm
Felülettől mért távolság					
0	238,4	472,348	322	330	334
2		499,058	311	321	330
3,5	214,8				
4		485,713	305	303	307
6		485,366			
7	201,9				
20			288	253	276

A két acéltípus esetén a keménységértékeket a 4. és 5. ábrák szemléltetik. A Hadfield acélnál direkt (0 mm rés) és indirekt (2 mm rés) keményítést végeztünk, míg a korrózióálló acélnál 2, 3 és 4 mm réstávolságokat alkalmaztunk.

4. ábra. Hadfield acél keménységváltozása

5. ábra. Ausztenites korrózióálló acél keménységváltozása

4. Összefoglalás

Vizsgálataink eredményeként a következő megállapításokat tehetjük:

- Indirekt elrendezésű keményítés esetén nagyobb keménység érhető el, mint direkt keményítéssel;
- Az elért keménység függ az indirekt keményítés elrendezésénél alkalmazott réstávolságtól;
- Ausztenites korrózióálló acélt és Hadfield acélt azonos elrendezéssel keményítve megállapítható, hogy a Hadfield acél keménysége lesz
- A robbantásos keményítés hatására a hőkezelésre át nem alakuló mikroszerkezet torzuláson megy át, alakítási martenzit keletkezik.

Irodalom

- [1] Kovacs-Coskun, T., Pinke, P: *Surface Hardening of Austenitic Stainless Steel by Explosive Treatment*, Országos Anyagtudományi és Anyaginformatikai Konferencia, Balatonkenese, 2013.
- [2] J.R. Davis: *Surface Hardening of Steels*, ASM International 2002, pp. 1-16.
- [3] T.Z. Blazynski: *Explosive welding forming and compaction*, Elsevier Science Publishing Co., Inc. 1983, pp. 94-103.
- [4] S. A. Meguid: *On the explosive hardening of one end of a metallic block*, Int. J. mech. Sci. Pergamon Press. Vol. 18, Printed in Great Britain 1976. pp. 351-355.
- [5] M. A. Meyers, L. E. Murr: *Shock Waves and High-Strain-Rate Phenomena in Metals*, International Conference on Metallurgical Effects of High-Strain-Rate Deformation and Fabrication, Albuquerque, N.M., 1980. pp. 91-111.
- [6] L. Fouilland-Paill, M. Gerland, P. Violan: *Cyclic behavior of a 3 16L stainless steel hardened by an explosive*, Materials Science and Engineering A201 1995, pp. 32-39.
- [7] K.P. Staudhammer, C.E. Frantz and S.S. Hecker, in M.A. Meyers and L.E. Murr (eds.), *Shock Waves and High Strain Rate Phenomena in Metals*, Plenum, New York, 1981, pp. 91-112
- [8] Kovacs-C.T., Volgyi B., Sikari-N.I.: *Investigation of aluminum-steel joint formed by explosion welding*, IC-RMM1 Conference, Lillafüred, Hungary 2013.