

FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Kerámiaszemcsék diszpergálása lézeres felületötvözésnél

Bitay Enikő

Abstract

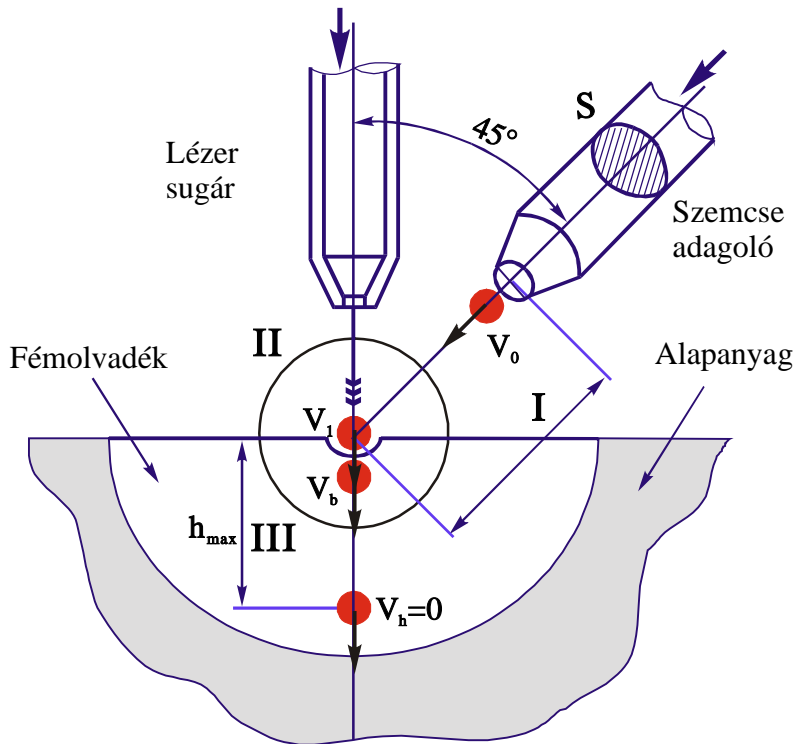
The surface treatments using laser had a very dynamic development in the last period, when high power lasers were used. These technologies tend to improve the hardness and the metals resistance to wear and to corrosion. By injecting solid alloying particles in the surface layer, one can obtain very hard layers, with a high resistance to wear. The present work aims to analyse the dispersion process of the solid particles, by moving a spherical particle, from the feeding-nozzle outlet, to the penetration of the melted surface (by the laser beam) and then its path in the metal bath.

Bevezetés

A nagy sugárteljesítményű lézerek megjelenése előidézte a különböző lézeres felületkezelések rohamos fejlődését. Ezek a technológiák a felület keménységének növelését, kopásállóságát valamint korozióállóságát eredményezik. Rendkívül kemény, kopásálló réteget lehet létrehozni kerámiaszemcsék diszpergálásával. A technológia lényege, hogy a lézerrel megolvasztott felületi rétegébe olyan anyagot (vegyületfázist, például: fénoxidot, karbidot, nitridet stb.) juttatunk, mely egyáltalán nem, vagy csak részben oldódik a fémolvadékban. E tanulmány célja eme szemcsék útjának vizsgálata (az adagoló fejtől az olvadékba merülésig).

A részecskék diszpergálásának folyamata

Az átolvasztott felületre került szemcsék le kell, hogy győzzék a felületi feszültséget, s behatolva az olvadékba, ennek teljes tömegében egyenletesen kell eloszlódnuk.



1. ábra A szemcse diszpergálásának fázisai

Elvileg a részecskék diszpergálásának folyamata három fázisra bontható (1. ábra):

- I. a részecskék útvonala az adagoló fejtől a lézerrel átolvasztott felületig;
- II. a részecske behatolásának lehetősége a fémolvadékba;
- III. a részecske merülése (haladása) a fémolvadékban.

A levezetés során gömb alakú, idealizált részecskét vizsgálunk.

I. Fázis

A részecskék diszpergálásának folyamata tulajdonképpen attól a pillanattól kezdődik, hogy kilép az adagoló fejből az Ar gázsugárral együtt. A fémolvadék felületéig megtett utat gyakorlatilag ugyanazzal a sebességgel teszi meg, mellyel az adagolócsőben is rendelkezett.

Ez a sebesség meghatározható ismervén az adagolócső keresztmetszetét, illetve az Ar gáz hozamát, mely a szemcséket magával hordozza. Ha eltekintünk az adagolócsőben fellépő súrlódástól, akkor a szemcsék sebessége azonosnak tekinthető a teljes keresztmetszetben, így az adagolócsőből kilépett szemcsé sebessége a következőképpen számítható ki:

$$v_0 = Q/S = v_1,$$

melyben

- v_0 – az adagolócsőből kilépő szemcsék sebessége [m/s],
- v_1 – a fémolvadék felületére érkező szemcsék sebessége [m/s],
- Q – a hordozó gáz hozama [m³/s];
- S – az adagolócső keresztmetszete [m²].

II. Fázis

A folyamat második fázisában megvizsgáljuk a fémolvadék felületére érkező szemcsék behatolásának lehetőségét. A részecskéknél szükségük van egy adott kinetikai energiára ahhoz hogy a bemerüléskor legyőzzék a határfelületi energiát. A szemcse bemerüléséhez szükséges energia [1]:

$$\Delta E_s = \sigma(T) * \Delta S ,$$

ahol: $\sigma(T)$ - a felületi feszültség a hőmérséklet függvényében,
 ΔS - a gömb felülete (behatolás esetén),
 $\Delta S = 4\pi r^2$,
 r - a gömbalakú részecske sugara.

A részecske fémolvadékba való behatolásának feltétele az, hogy ez az energia kisebb vagy egyenlő legyen, a szemcse saját kinetikai energiájánál, azaz [1]:

$$\Delta E_s < E_{kin} ,$$

ahol E_{kin} - a részecske kinetikai energiája, mely a következőképpen határozható meg:

$$E_{kin} = 1/2 * m * v_1^2 ,$$

melyben $m = \rho_s * V_{gömb} = \rho_s * 4/3 * \pi * r^3$,
 m - a részecske tömege;
 ρ_s - sűrűsége;
 $V_{gömb}$ - térfogata.

Végül:

$$r > (6 * \sigma(T)) / (\rho_s * v_1^2) .$$

Tehát a minimális sugarú szemcse, mely még behatolhat a fémolvadékba v_1 sebességnél:

$$r_{min} = (6 * \sigma(T)) / (\rho_s * v_1^2) .$$

Az ennél nagyobb sugarú szemcsék tehát könnyebben hatolnak a fémolvadékba.

Figyelemre méltó a szemcse sebessége v_1 is, melynek szintén nagy hatása van a behatolási feltételre. Ez a sebesség befolyásolható a szemcsét hordozó gáz hozamának változtatásával.

A fémolvadékba behatolt szemcse sebessége (v_b) meghatározható a behatolás során elveszített mozgási energia segítségével:

$$\Delta E_s = \sigma(T) * \Delta S ,$$

$$\Delta E_{kin} = m/2 (v_1^2 - v_b^2) ,$$

$$\Delta E_{kin} = \Delta E_s ;$$

$$m/2 (v_1^2 - v_b^2) = \sigma(T) * \Delta S ;$$

$$\rho_s * V_{gömb} / 2 (v_1^2 - v_b^2) = \sigma(T) * 4\pi r^2 ;$$

$$\rho_s * 4/3 * \pi * r^3 / 2 (v_1^2 - v_b^2) = \sigma(T) * 4\pi r^2 ;$$

Végül:

$$v_b = (v_1^2 - 6 * \sigma(T) / \rho_s * r)^{1/2} .$$

A felületi feszültség értékét ($\sigma(T)$) befolyásolja a lézersugár teljesítménye, geometriai alakja, mérete, intenzitás-eloszlása és pásztázó sebessége; mindezek a paraméterek nagy hatással vannak a fémolvadék felületi hőmérsékletére. Nyilvánvaló, hogy a fémolvadék magasabb hőmérséklete a szemcsék könnyebb behatolását eredményezi.

III. Fázis

Ebben a részben megvizsgáljuk a szemcse behatolási mélységét.

Az ellenállási erő egy folyékony közegben egy gömb alakú részecske relatív mozgásánál a következőképpen írható le (Stokes törvénye szerint) [2]:

$$F_r = 6 * \pi * r * \eta * v_r ,$$

ahol: r - a részecske sugara;
 η - a fémolvadék dinamikai viszkozitása (súrlódási együtthatója);
 v_r - a szemcse relatív sebessége a fémolvadékban.

Ahhoz hogy meghatározzuk egy szemcse behatolási mélységét a fémolvadékba, amely a behatolás után v_b sebességgel rendelkezett, feltételezzük, hogy ennél a mélységnél a sebessége nullára csökken ($v_h = 0$), azaz:

$$v_h^2 = v_b^2 - 2 * a * h_{\max} = 0 ,$$

ahol a gyorsulás:

$$a = F_r / m ,$$

$$a = (9 * \eta * v_p) / (2 * r^2 * \rho_p) .$$

Tehát

$$h_{\max} = (v_b * r^2 * \rho_p) / (9 * \eta) .$$

Elmondható, hogy egy szemcsének a behatolási mélysége függ a szemcse sebességétől, sugarától és a fémolvadék viszkozitásától is. Ugyanakkor a fémolvadékban keletkező konvektív áramlások is befolyásolják a szemcsék mozgását az olvadékban.

Következtetés

Az ismertett elmélet, gyakorlati alkalmazása esetén, lehetőséget nyújt lézeres felületötvözésnél (kerámiaszemcsék diszpergálásával) a megfelelő paraméter-kombinációk kiválasztására, különböző alapanyagok és kerámiaszemcsék esetén, mely a felületi réteg kívánt tulajdonságainak eléréséhez vezet.

Irodalom

- [1] *A. Gasser, E.W. Kreuz, W. Krönert, K. Lohmann, K. Wissenbach, C. Zografou*: Dispersion of hard particules in light alloys with CO₂ laser radiation, Surface Treatments of Aluminium, ECLAT'90, pg. 651-653.
 [2] *F. Oprea, D. Taloi, I. Constantin, R. Roman*: Teoria proceselor metalurgice, E.D.P., București, 1978, pg. 508.

Bitay Enikő, doktorandus a Kolozsvári Műszaki Egyetemen;
 Munkahely: Tehnofrig Rt, Kolozsvár; E-mail: bitay@usa.net.