

Effetto della temperatura di piastra sulla corrosione localizzata della lega AISi10Mg ottenuta per Laser Powder Bed Fusion

M.Cabrini, S.Lorenzi, T.Pastore

Sono state eseguite prove di polarizzazione potenziodinamica e potenziostatica in soluzione aerata di cloruri su provini stampati con diverse temperature della piastra. Le prove di polarizzazione potenziodinamica hanno evidenziato per i provini lucidati, due potenziali di break-down. Il primo è stato associato all'innesco della corrosione localizzata sul bordo del pozzetto di fusione, mentre il secondo alla rottura del film passivo della matrice. Sui provini con superficie tal quale questi due potenziali sono praticamente sovrapposti e decisamente inferiori rispetto ai rispettivi provini lucidati. Non sono state osservate differenze tra i potenziali di breakdown dei provini in funzione della temperatura della piastra, mentre i tempi di innesco dell'attacco nelle prove potenziostatiche crescono al diminuire della temperatura della piastra.

PAROLE CHIAVE: ALSI10MG, ADDITIVE MANUFACTURING, LPBF, CORROSIONE LOCALIZZATA, ATTACCO SELETTIVO BORDO POZZETTO

INTRODUZIONE

Le tecnologie additive presentano interessanti proprietà non solo per la possibilità di realizzare geometrie complesse a partire direttamente dalla polvere e dal disegno del pezzo, ma anche per la microstruttura delle leghe così ottenute completamente differente rispetto a quelle realizzate mediante getto o pressofusione, con proprietà meccaniche nettamente superiori a queste e paragonabili a quelle delle leghe ottenute per deformazione plastica [1].

Nel caso della Laser Powder Bed Fusion, queste diverse microstrutture sono dovute alla potenza del laser impiegato, alla larghezza della traccia ma anche alla temperatura di preriscaldamento della piastra [2] [3]. Quest'ultima regola la velocità di raffreddamento dei pozzetti di fusione e, in questo modo, di quanto la composizione delle singole fasi si allontana da quella di equilibrio. La traccia laser, infatti, lascia nel componente in corso di realizzazione un "pozzetto di fusione" che aderisce agli strati sottostanti per parziale fusione dello strato più superficiale. Si solidifica rapidamente, prima del successivo passaggio del laser che va a fondere un secondo strato di polvere. Nel caso della lega di alluminio AISi10Mg, il

M.Cabrini, S.Lorenzi, T.Pastore

Università di Bergamo, Dipartimento di Ingegneria
e Scienze applicate
INSTM Unità di ricerca di Bergamo

to impedisce al silicio di separarsi completamente dalla matrice di α -alluminio [4]. L'elevata velocità di raffreddamento porta alla formazione di microdendriti di α -Al, orientate lungo la direzione del flusso termico. Il silicio rimane in parte in soluzione sovrasatura nella matrice di alluminio e in parte precipita in forma di microcristalli sulle pareti delle microdendriti. Nei punti di intersezione delle dendriti con diverso orientamento, è possibile osservare la presenza di piccolissime zone di eutettico Al/Si. In corrispondenza del bordo del pozzetto di fusione, dove due tracce successive di sovrappongono, la zona adiacente a quella che viene portata a fusione è alterata termicamente, il riscaldamento provoca la coalescenza

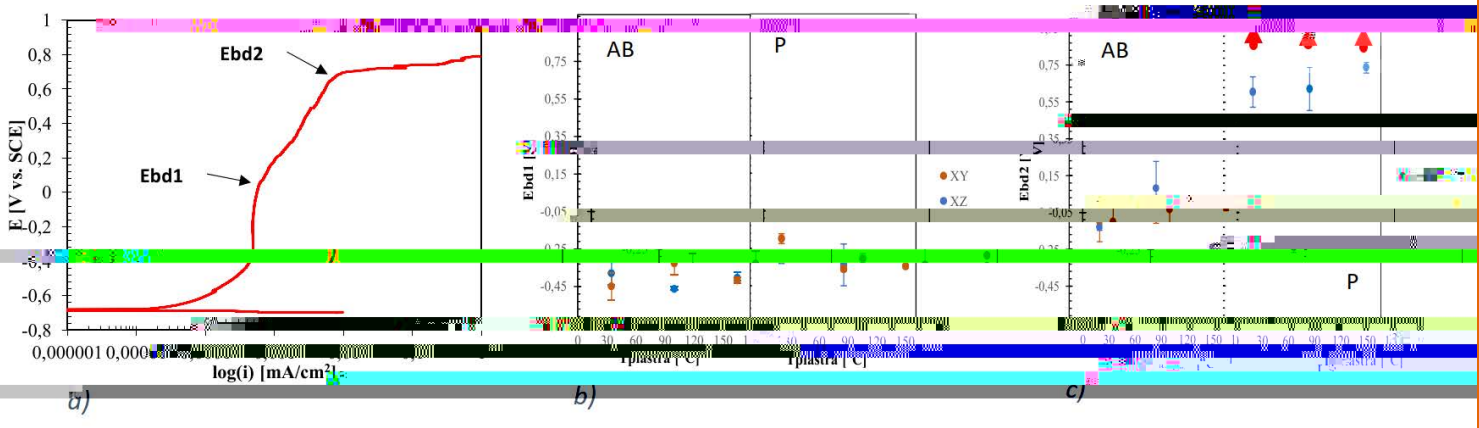


Fig.1 - a) esempio di curva di polarizzazione potenziodinamica con evidenziati i due potenziali di rottura E_{bd1} e E_{bd2} ; b) E_{bd1}

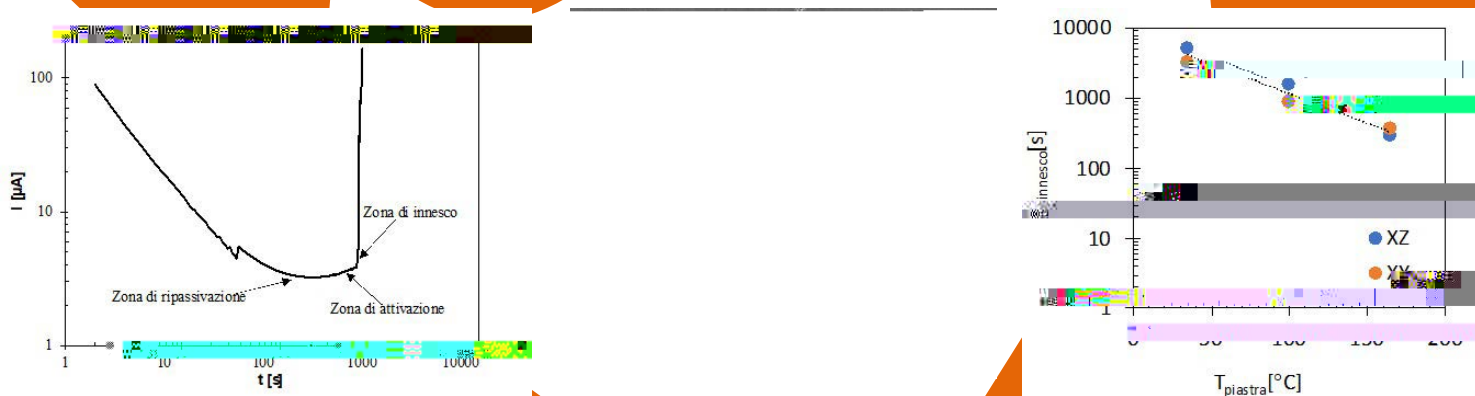


Fig.2 - a) esempio di curva potenziostatica; b) immagine di un provino al termine della prova (T_p 100 °C) e c) tempi di innesco in funzione della temperatura della piastrina di costruzione / a) example of potentiostatic test; b) specimen after the potentiostatic test; c) time to trigger of the selective attack as a function of the building platform temperature

L'esame al microscopio elettronico dei provini al termine di queste prove conferma l'innesco della corrosione in corrispondenza del bordo del pozzetto di fusione, in particolare nelle zone di intersezione di due o più tracce (figura 2b). L'attacco prosegue in profondità lungo il bordo del pozzetto, scalzandolo in alcuni casi dalla superficie. La superficie parallela alla direzione di crescita ha una densità di bordo dei pozzetti maggiore rispetto alla superficie perpendicolare (la struttura a ventaglio a squama di pesce, rispetto alle tracce cilindriche) per questo motivo risulta maggiormente corrosa. La figura 2c confronta i tempi di innesco dell'attacco sul bordo del pozzetto di fusione nelle prove potenziostatiche in funzione della temperatura della piastra. Si osserva come i logaritmi dei tempi di innesco diminuiscano linearmente al crescere della temperatura della piastra. Il fatto che il potenziale al quale si innesca la corrosione selettiva del bordo del pozzetto di fusione è indipendente dalla temperatura della piastra sembrerebbe indicare che la diversa distribuzione dei cristalli di silicio nella zona termicamente alterata influenzi solo la cinetica dell'attacco, ma non il potenziale al quale si produce. Una volta che il film passivo della matrice di alluminio adiacente ai cristalli idiomorfi di silicio ha ceduto, la velocità di propagazione dell'attacco è influenzata dall'effetto galvanico delle particelle catodiche di silicio, che aumenta al crescere delle dimensioni delle stesse. L'attacco selettivo avanza in questo caso rapidamente, impedendo alla matrice di alluminio di ripassivarsi.

CONCLUSIONI

Le prove potenziostatiche hanno confermato la maggiore resistenza alla corrosione dei provini LPBF con superficie lucidata rispetto alle superfici tal quali. In queste prove sono stati determinati due potenziali di rottura, uno attribuito all'innesco della corrosione sul bordo del poz-

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Frazier W. Metal Additive Manufacturing: A Review. *J. of Materi Eng and Perform*, 2014; 23: 1917–1928.
- [2] Manfredi D, Calignano F, Krishnan, et al., From Powders to Dense Metal Parts: Characterization of a Commercial AISiMg Alloy Processed through Direct Metal Laser Sintering. *Materials*. 2013; 6: 856-869.
- [3] Rao H, Giet S, Yang K, Wu X, Davies C. The influence of processing parameters on aluminium alloy A357 manufactured by Selective Laser Melting. *Materials Design*. 2016; 109: 334–346.
- [4] Aboulkhair N, Everitt N, Ashcroft I, Tuck C. Reducing porosity in AISi10Mg parts processed by selective laser melting. *Additive Manufacturing*. 2014; 1:77-86.
- [5] Thijs L, Kempen K, Kruth J-P, Van Humbeeck J. Fine-structured aluminium products with controllable texture by selective laser melting of pre-alloyed AISi10Mg powder. *Acta Materialia*. 2013; 61: 1809-1819.
- [6] Biffi C, Fiocchi J, Tuissi A. Laser Weldability of AISi10Mg Alloy Produced by Selective Laser Melting: Microstructure and Mechanical Behavior. *J. Mater. Eng. Perf.* 2019; 28: 6714–6719.
- [7] Sander G, Tan J, Balan et al. Corrosion of Additively Manufactured Alloys: A Review. *Corrosion* 2018; 74: 1318-1350.
- [8] Cabrini M, Lorenzi S, Pastore T, et al. Analysis of corrosion resistance of the AISi10Mg alloy obtained by additive manufacturing in chloride solution. *Metallurgia Italiana*. 2016; 108: 137-146.
- [9] Revilla R, Verkens D, Rubben T, De Graeve I. Corrosion and Corrosion Protection of Additively Manufactured Aluminium Alloys—A Critical Review. *Materials*. 2020; 13: doi:10.3390/ma13214804.
- [10] Chen H, Zhang C, Jia D, Wellmann D, Liu W. Corrosion Behaviors of Selective Laser Melted Aluminum Alloys: A Review. *Metals*. 2020; 10: doi:10.3390/met10010102.
- [11] Cabrini M, Lorenzi S, Pastore T, et al. Corrosion behavior of AISi10Mg alloy produced by laser powder bed fusion under chloride exposure. *Corr. Sci.* 2019; 152: 101–108.
- [12] Cabrini M, Lorenzi S. et al. Statistical approach for electrochemical evaluation of the effect of heat treatments on the corrosion resistance of AISi10Mg alloy by laser powder bed fusion. *Electrochim. Acta*, 2019; 305: 459–466.
- [13] Galvele J, De Micheli S. Mechanism of intergranular corrosion of Al-Cu alloys. *Corr. Sci.* 1970; 10: 795-807.
- [14] Ramgopal T, Gouma P, Frankel G. Role of Grain-Boundary Precipitates and Solute- Depleted Zone on the Intergranular Corrosion of Aluminum Alloy 7150. *Corrosion*. 2002; 58: 687-697.
- [15] Huang T-S, Frankel G. Influence of grain structure on anisotropic localized corrosion kinetics of AA7xxx-T6 alloys. *Corr. Eng. Sci. Tech.* 2006; 41: 192-199.

Effect of the building platform temperature on localized corrosion of the Laser Powder Bed Fusion AISi10Mg alloy

Potentiodynamic and potentiostatic polarization tests were performed in an aerated chloride solution on specimens laser powder bed fusion printed with different building platform temperatures. Potentiodynamic polarization tests showed two break-down potentials for the polished specimens. The first was associated with the initiation of corrosion localized on the edge of the melting pool, while the second with the breakage of the passive film of the matrix. On the specimens with the surface as built, these two potentials are practically superimposed and lower than the respective polished specimens. No differences were observed between the breakdown potentials of the specimens as a function of the temperature of the building platform. The time to trigger the selective attack in the potentiostatic tests increases as the plate temperature decreases.

KEYWORDS: