

Väitöstiedote

Väitös 28.01.2022

Korkea-entrooppisten seosten 3D-tulostus

Väitöskirjan nimi	Control of microstructure and properties of Cr-Fe-Ni based multicomponent alloys
Väitöskirjan sisältö	<p>Perinteisiä metalliseoksia on kehitetty hyvin jo vuosia, mutta yhä vähemmän on jäänyt tutkimatta. Tässä yhteydessä monikomponenttiseokset tarjoavat innovatiivisen seossuunnittelustrategian, joka rikkoo perinteisen suunnittelukehityksen rajoitukset ja jonka on osoitettu johtavan erinomaisiin fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin. Tässä tutkielmassa keskitytään kahdenlaisiin monikomponenttiseoksiin, eli ekvatomiseen CrMnFeNi-seokseen ja ei-ekvatomiseen AlCoCr_{0,75}Cu_{0,5}FeNi-seokseen. Laserjauhepeti-fuusio (LPBF) käytetään irtotavaraseosten valmistukseen kaasuatomisoidusta jauheesta. Prosessiparametrien vaikutus mikrorakenteeseen on määritetty, ja mikrorakenteen muutoksiin liittyvät ominaisuudet on arvioitu. Mahdollisten kohdesovellusten osalta on tutkittu erityisesti vetyvaikutuksia ja magneettista käyttäytymistä LPBF:llä valmistetuissa CrMnFeNi- ja AlCoCr_{0,75}Cu_{0,5}FeNi-seoksissa. LPBF:llä tuotetussa CrMnFeNi-seoksessa on hierarkkinen mikrorakenne, joka koostuu sulalammikoista, rakeista, solurakenteista, mukaan lukien dendriittiset, pitkänomaiset ja tasakärkiset solut, sekä ultrapienistä osasoluista. Sula-altaiden, rakeiden ja solurakenteiden rajoilla on havaittu suuri dislokaatiotiheys yhdessä Mn:n ja Ni:n erottumisen kanssa. Vetyä sisältävässä TEM-näytteessä absorboituneen vedyn pitoisuus on lähes 20 kertaa suurempi kuin tavanomaisessa austeniittisessä ruostumattomassa teräksessä, mikä johtuu sekä monikomponenttiseoksen suunnittelustrategiasta että LPBF-prosessista. LPBF-menetelmällä valmistettu AlCoCr_{0,75}Cu_{0,5}FeNi-seos paljastaa spinodaalisen hajoamisen kahdeksi erityyppiseksi BCC-faasirakenteeksi, A2- ja B2-faasiksi, ja A2-faasin muodostumista edistetään nopean jäähmetyksen aikana suhteellisen hitaammalla nopeudella. Kun käytetään hitainta skannausnopeutta samalla laserteholla, saavutetaan suurin kyllästysmagnetointi. Magneettisten ominaisuuksien hallinta ja parantaminen voidaan helposti suorittaa spinodaalisen hajoamisen avulla optimoimalla prosessiparametrit LPBF-prosessissa. Tämän tutkielman havainnot osoittavat monikomponenttiseosten valmistuksen toteutettavuuden ja potentiaalin LPBF-prosessilla, mikä tarjoaa etuja uusien seosten kehittämiseksi kehittyneisiin sovelluksiin tulevaisuudessa.</p>
Väitöskirjan ala	Materiaalitiede
Väittelijä ja väittelijän yhteystiedot	M.Sc. Xuan Yang xuan.yang@aalto.fi
Väitöksen ajankohta	28.01.2022 klo 13
Etäväitöksen osoite	https://aalto.zoom.us/j/62981179732
Paikka	Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu, Komppa-sali, Kemistintie 1, (sisäänkäynti Biologinkujan puolelta pääovesta), Espoo
Vastaväittäjä(t)	Professori Sheng Guo, Chalmersin teknillinen yliopisto, Ruotsi
Valvoja	Professori Jari Koskinen, Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu
Väitöskirjan verkko-osoite	https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/112190
Avainsanat	high entropy alloys; laser powder bed fusion; selective laser melting; solidification microstructure; hydrogen charging; magnetic propertie

Press release

Defence on 28 January 2022

3D Printing of High-entropy Alloys

Title of the doctoral thesis	Control of microstructure and properties of Cr-Fe-Ni based multicomponent alloys
Content of the doctoral thesis	<p>Traditional metal alloys have been well developed for years, while less and less are left to be explored. In this context multicomponent alloys present an innovative alloy design strategy that breaks through the limitations of traditional design framework and is shown to result in excellent physical and chemical properties. This thesis focuses on two kinds of multicomponent alloys, i.e., equiatomic CrMnFeNi alloy and non-equiatomic AlCoCr_{0.75}Cu_{0.5}FeNi alloy. Laser powder bed fusion (LPBF) is employed to carry out the fabrication of bulk alloys from gas-atomized powder. The influence of process parameters on the microstructure has been determined, and properties in relation to microstructural changes have been evaluated. Particularly, concerning possible target applications, hydrogen effects and magnetic behavior have been investigated on LPBF-built CrMnFeNi and AlCoCr_{0.75}Cu_{0.5}FeNi alloy, respectively. CrMnFeNi alloy produced by LPBF shows a hierarchical microstructure constituting of melt pools, grains, cellular structures including dendritic, elongated and equiaxed cells, as well as ultrafine sub-cells. A large density of dislocations in association with segregation of Mn and Ni has been detected in the boundaries of melt pools, grains and cellular structures. In hydrogen-charged TEM sample, absorbed hydrogen concentration is nearly 20 times higher than conventional austenitic stainless steel, which is attributed to both multicomponent alloy design strategy and LPBF process. AlCoCr_{0.75}Cu_{0.5}FeNi alloy fabricated by LPBF reveals a spinodal decomposition into two types of body-centered cubic (BCC) phase structures, A2 and B2 phase, and A2 phase formation is promoted under a relatively slower rate during rapid solidification. As the slowest scanning speed is employed under the same laser power, the largest saturation magnetization is reached. The control and enhancement of magnetic properties can be easily conducted via spinodal decomposition by optimizing process parameters in LPBF process. Findings of this thesis demonstrate the feasibility and potentiality of manufacturing multicomponent alloys by LPBF process, which provides benefits for the development of new alloys for advanced applications in the future.</p>
Field of the doctoral thesis	Materials Science
Doctoral candidate and contact information	M.Sc. Xuan Yang xuan.yang@aalto.fi
Defence date and time	28 January 2022 at 13 o'clock Finnish time
Remote defence	https://aalto.zoom.us/j/62981179732
Place of defence	Aalto University School of Chemical Engineering, Lecture hall Ke2 (Komppa-Sali), Kemistintie 1, (main door at Biologinkuja) Espoo
Opponent(s)	Professor Sheng Guo, Chalmers University of Technology, Sweden
Custos	Professor Jari Koskinen, Aalto University School of Chemical Engineering
Link to electronic thesis	https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/112190
Keywords	high entropy alloys; laser powder bed fusion; selective laser melting; solidification microstructure; hydrogen charging; magnetic properties