Simulaties als basis voor de toepassing van laserharden

17 februari 2017, 01:00

Olivier Malek

Geïntegreerd laserharden kent vele voordelen voor de aanmaak van werktuigkundige componenten, maar de ontwikkeling van de correcte laserparameters voor nieuwe materialen en oppervlaktegesteldheid is vaak een experimenteel proces. Simulatie biedt een oplossing om dit proces sneller en gemakkelijker te maken.

Geïntegreerd laserharden als technologie kent heel wat voordelen voor de aanmaak van werktuigkundige componenten, zoals snijgereedschappen, geleidingslatten, aanspuitopeningen, matrijzen en tandwielen. De doorlooptijd wordt fors verkort door frezen en lokaal harden te combineren in één stap en ook kostelijke logistieke bewegingen worden vermeden. Omdat laserharden enkel lokaal hardt en dit met hogere afkoelsnelheden dan conventioneel mogelijk wordt, zijn er geen nabewerkingen zoals slijpen meer noodzakelijk en kan de hardheid gemaximaliseerd worden. Dit laatste komt de levensduur ten goede. Het proces is ook tot 40 procent goedkoper in vergelijking met klassiek harden en hard nabewerken.

Echter, het ontwikkelen van de correcte laserparameters voor nieuwe materialen en oppervlaktegesteldheden is vaak een experimenteel proces. Het vormen van een smelt op het oppervlak moet te allen tijde vermeden worden. Gestolde oppervlaktelagen zijn weliswaar ook bijzonder hard, maar ze hebben een hogere ruwheid en vertonen trekspanningen, waar normale laserhardprocessen geen veranderingen in de ruwheid teweegbrengen en zware drukspanningen (> 500 MPa) veroorzaken. Gesmolten oppervlakken verlagen dus de levensduur van een stuk in vergelijking met goed geharde lagen en vereisen nabewerking zoals slijpen of hardfrezen.

Simulatie

Om dit proces van parameteronderzoek sneller en gemakkelijker te maken, kan Sirris nu het laserhardproces simuleren. Op basis van een 3D-CAD-model, de thermische eigenschappen van het materiaal en de oppervlaktegesteldheid (geslepen, gefreesd of gestraald) kan de temperatuurverdeling in het materiaal voor verschillende snelheden, spotgroottes en laservermogens bepaald worden. Op basis van het fasediagram van het materiaal, en dus de gekende smelttemperatuur, kan dan bepaald worden welke laserparameters geschikt zijn om correct te harden. Ook kan de hardingsdiepte worden bepaald, wat zeker voor unieke stukken een voordeel is: het doorsnijden van een stuk voor een metallurgische analyse is niet altijd gewenst.

Om dit te illustreren hebben we het snijmes dat werd besproken in Techniline nu gemodelleerd binnen het softwarepakket COMSOL.



(Kik op figuur voor groter (bewegend) beeld))
Temperatuurverdeling onder invloed van een bewegende laserspot op het snijvlak



Mesh van het snijmes (links) en de warmtecontouren van een bewegende laserspot op de snijkant (rechts)

Door gebruik te maken van temperatuurafhankelijke thermische geleidbaarheden, expansies, dichtheden en specifieke warmtecoëfficiënten is het mogelijk om de temperatuurverdeling onder invloed van een bewegende spot te modelleren. Op basis van de smelttemperatuur en de temperatuur in het binair fasediagram van staal waarop zich austeniet begint te vormen (wat noodzakelijk is voor de vorming van het harde martensiet) kan dan de hardingsdiepte bepaald worden. Aan de hand van de maximumtemperatuur kan ook bepaald worden of het stuk smeltzones vertoont of niet. De combinatie van vermogen en feed die net geen smelt veroorzaken in de simulatie, is de combinatie die de hoogste hardheid en hardingsdiepte kunnen halen.



Gesimuleerde smelttemperatuur (blauw) en gemeten hardheid (oranje) voor C45-staal en 250 W vermogen

Indien we de simulaties vergelijken met de experimentele data, zien we dat op 600 mm/min en 250 W de snijkant gesmolten was en dat er een goede overeenkomst was tussen realiteit en simulatie. Op 800 mm/min lag de temperatuur volgens de simulaties net onder smelttemperatuur, en bijgevolg zien we experimenteel dus ook geen smelt en maximale hardheid optreden. Het verder verhogen van de snelheid verlaagt de temperatuur en dus ook de haalbare hardheid. Als we kijken naar de temperatuurverdeling in het mes zelf (doorsnede), zien we ook dat de temperatuur waarop austeniet zich vormt, wordt behaald tot op ongeveer 1 mm diepte. Dit komt overeen met de gemeten hardingsdiepte en lengte.



Doorsnede van de temperatuurverdeling van het snijmes, temperaturen in Kelvin

De mogelijkheid tot nauwkeurig en betrouwbaar simuleren van het laserhardproces laat toe om complexe en dure stukken te laserharden, zonder uitvoerig experimenteel proces, op voorwaarde dat de thermische eigenschappen van het materiaal bekend zijn. Hierdoor is het mogelijk om in veel gevallen first-time-right te werken.

Auteurs



Olivier Malek