

Experimentelle und simulative Untersuchungen zur Eigenspannungsausbildung beim Laserstrahlrandschichthärten

Experimental and simulative studies on residual-stress formation for laser-beam surface hardening

Im Zuge der Entwicklung von Hochleistungsdiodenlasern ist das Laserstrahlrandschichthärten ein etabliertes, industrielles Verfahren zur Steigerung der Ermüdungs- und Verschleißfestigkeit von schwer zugänglichen Bauteilbereichen. Im Anschluss an eine Kurzzeitaustenitisierung kommt es durch die Selbstabschreckung infolge der Wärmeabfuhr über das umliegende Werkstückmaterial lokal zu einer verzugsarmen, martensitischen Härtung in der Randschicht. Aus Anwendungssicht wird den durch den Prozess lokal eingebrachten Eigenspannungszuständen neben der deutlichen lokalen Härtesteigerung ein besonderes Augenmerk beigemessen.

Die Kenntnis der lokalen Eigenspannungsverteilung im Bereich der Prozesszone und dessen Entstehung beim Laserstrahlrandschichthärten ist essentiell für die Wahl geeigneter Prozessparameter. Weiterhin ist die genaue Kenntnis zur lokalen Ausbildung des Gefüges und der Eigenspannungsverteilungen wichtig für die Verbesserung von Prozessvorhersagen durch numerische Simulationen. Der Einfluss verschiedener Prozessparameter auf die Gefüge- und Eigenspannungsausbildung wird anhand von Proben aus dem Vergütungsstahl 42CrMo4 erörtert, die mittels eines fasergekoppelten Hochleistungsdiodenlasers unter Variation des Laserstrahlvorschubs und der maximalen Kontrolltemperatur gehärtet wurden. Die Daten hoch aufgelöster röntgenographischer Spannungsanalyse und metallographischer Untersuchungen bilden eine sehr gute Basis zur Validierung und Optimierung von Prozesssimulationen, auf deren Basis optimale Parameter zum Laserstrahlrandschichthärten für eine spezifische Anwendung vorhergesagt werden können.

In the course of the development of high-power diode lasers laser-beam surface hardening is an established, industrial process to improve the fatigue and wear resistance of not easy accessible component regions. Subsequent to a short-term austenitization, self-quenching, as a result of the heat conduction in the surrounding workpiece material, locally leads to low-distortion martensitic hardening in the surface layer. From the application perspective, next to the significant increase in hardness, particular attention is paid to the locally process-induced residual stress distributions.

Knowledge of the local residual stress distribution in the area of the process zone and its formation during laser beam surface hardening is essential for the choice of suitable process parameters. Furthermore, the exact analysis of the local formation of microstructure and residual stress distributions is important for the improvement of process predictions by numerical simulations. The influence of various process parameters on microstructure and stress evolution is discussed at samples made of the tempering steel SAE 4140, which were hardened using a fiber-coupled high-power diode laser, varying the laser beam feed and the maximum control temperature. The data of high-resolution X-ray stress analysis and metallographic investigations provides an excellent basis for the validation and optimization of process simulations. Based on these simulations optimal parameters for laser-beam surface hardening can be predicted for a specific application.



Vortragender / Speaker

Dominik Kiefer

Institut für Angewandte Materialien –
Werkstoffkunde (IAM-WK), Karlsruher Institut
für Technologie

Philipp Schüssler, Jens Gibmeier
Institut für Angewandte Materialien –
Werkstoffkunde (IAM-WK), Karlsruher Institut
für Technologie

