

Simulation und Prozessregelung des Carbonitrierens

Simulation and process control of carbonitriding

Das Carbonitrieren dient der Steigerung der Eigenschaften von Stahlbauteilen. Dabei finden insbesondere niedriglegierte Einsatz- und Wälzlagerstähle Anwendung. Die Kohlenstoff- und Stickstoffkonzentration sowie deren Tiefenverteilung bedingen maßgeblich die erzielten Eigenschaften, wie Dauerfestigkeit und Verschleißbeständigkeit. Optimale Profile bewirken eine ideale Mikrostruktur aus Martensit, Restaustenit, fein verteilten Nitriden, Carbonitriden und Druckeigenspannungen am Rand. Der prozesssichere Einsatz des Verfahrens hängt stark von den Regelmöglichkeiten ab. Gegenstand aktueller Untersuchungen ist die Messung des Stickstoffpotenzials der Atmosphäre mittels eines Ammoniaksensors im Abgas, um anstelle fester Begasungsraten eine unabhängige Regelgröße zu etablieren. Die Regelung des Kohlenstoffpotenzials erfolgt konventionell mittels Sauerstoffsonde. Um die Prozesssicherheit des Carbonitrierens weiter zu verbessern, sind die Simulation der Kohlenstoff- und Stickstoffprofile sowie die Bildung von Carbiden und Nitriden notwendig. Zur Beschreibung der Mechanismen, die zur Einstellung definierter Behandlungsergebnisse führen, werden die Aktivitäten der Atmosphäre und des Stahls unter Berücksichtigung der Legierungszusammensetzung im Gleichgewicht betrachtet. Neben dem sich einstellenden Gleichgewichtsgehalt werden ebenso die Diffusion und die Lage der Phasengrenzen des Austenits gegenüber Carbiden und Nitriden berücksichtigt. Die Berechnung der Ausscheidungsbildung unter gegenseitiger Beeinflussung von Kohlenstoff und Stickstoff sowie Wechselwirkungen mit anderen Legierungselementen stellt einen weiteren Schritt dieser Arbeit dar. Durch diese Betrachtungen wird das geregelte Carbonitrieren in Richtung eines prozesssicheren Wärmebehandlungsverfahrens weiterentwickelt.

Carbonitriding serves to enhance the properties of steel components. It is particularly applied to low-alloyed case hardening and bearing steels. The carbon and nitrogen concentration and the depth distribution decisively determine the resulting properties, such as fatigue strength and wear resistance. Optimal profiles create an ideal microstructure of martensite, residual austenite, finely distributed nitrides, carbonitrides, and inherent compressive stress in the surface zone. The reliability of carbonitriding heat treatment process is strongly dependent on the possibilities of process control. Current investigations aim at measuring the nitrogen potential of the atmosphere by means of an ammonia sensor in the exhaust gas, to establish an independent process-control variable instead of fixed ammonia flow. Carbon potential is conventionally controlled using an oxygen probe. In order to further increase the process reliability of carbonitriding, simulation of the carbon and nitrogen profiles and of any precipitation of carbides and nitrides are necessary. To characterize the mechanisms which lead to defined heat treatment results, activities of the atmosphere and the alloyed steel are taken into account. In addition to the reached equilibrium content, the diffusion and the position of phase boundaries in the austenite phase to carbide and nitride phases is considered. Calculating the formation of precipitation with interdependent influence of carbon and nitrogen as well as interactions with other alloying elements represent another step of this work. These investigations improve process control and turn controlled carbonitriding to a more accurate heat treatment.

Vortragender / Speaker



Marian G. Skalecki
Leibniz-Institut für Werkstofforientierte
Technologien, Bremen

Heinrich Klümper-Westkamp, Matthias Steinbacher,
Hans-Werner Zoch, Leibniz-Institut für Werkstoff-
orientierte Technologien, Bremen