

Thermomechanisch behandeltes Vormaterial für die Massivumformung

Bei der HDQT-Technologie wird ein Intensivumformschritt mit einer flexibel steuerbaren thermomechanischen Behandlungsanlage kombiniert. Dies ermöglicht die Herstellung ultrafeinkörniger Stabstahlerzeugnisse für ein breites Werkstoffspektrum durch die Erschließung vorhandener Werkstoffreserven hinsichtlich des Festigkeits-/Zähigkeitsverhältnisses. Die mit besonderen Eigenschaften versehenen HDQT-Stabstahlprodukte eignen sich für eine Weiterverarbeitung in der Kalt- oder Halbwarmmassivumformung.

AUTOREN



Dr.-Ing. Alexander Borowikow

ist Gründer und Geschäftsführer der Gesellschaft für metallurgische Software- und Technologieentwicklung (GMT) mbH in Berlin



Dr.-Ing. Kristin Helas

ist Leiterin der Entwicklung bei der Gesellschaft für metallurgische Software- und Technologieentwicklung (GMT) mbH in Berlin

Erhöhte Anforderungen an Produkte und Werkstoffe erfordern die Entwicklung innovativer Anlagen- und Technologiekonzepte. So müssen Produkte heute neben hohen Ansprüchen an die geometrischen Toleranzen und den Oberflächenzustand weitere wesentliche Qualitätskriterien erfüllen. Dazu gehören vor allem ein gleichmäßig verteiltes feinkörniges Gefüge sowie die damit verbundenen Kombinationen aus hohen Festigkeits- und Zähigkeitskennwerten.

Erreichen lassen sich diese Produkteigenschaften mit dem HDQT-Verfahren. HDQT steht für High Deformation Quenching and Tempering. Das innovative Technologie- und Anlagenkonzept eröffnet neue Eigenschaftskategorien für ein breit gefächertes Spektrum an Stabstahl unterschiedlicher Legierungssysteme, beginnend beim einfachen Baustahl über ausscheidungshärtende ferritisch-peritische Stähle (AFP-Stähle) und martensitische Güten bis hin zu austenitischen Stählen und komplexen Sonderlegierungen. Da die HDQT-Anlage in Bezug auf die Abmessungsbereiche und das Gütespektrum sehr variabel ausgerichtet ist, kann sie Stabstahlerzeugnisse in einer neuen Qualitätsstufe mit individuell ausgerichteten Gefügezusammensetzungen und Werkstoffkennwerten herstellen

und eignet sich damit für einen breiten Kundenkreis – von der mechanischen Blankstahlverarbeitung über die Kaltmassivumformung bis zur Warmmassivumformung.

DAS KONZEPT DER HDQT-TECHNOLOGIE

Das HDQT-Verfahren kombiniert eine Intensivumformung mit der thermomechanischen Behandlung (Bild 1). Die äußerst flexible Temperaturregelung ermöglicht ein breites Spektrum an Wärmebehandlungszyklen. So durchläuft der Stab auf dem Weg zur Umformung nach der induktiven Erwärmung eine Vorrichtung zur Einlauf-Temperaturführung. In diesem Abschnitt wird über den Stabquerschnitt die geforderte Umformtemperatur eingestellt, entweder über ein Halten, ein Verringern oder ein Erhöhen der Temperatur.

Im Anschluss erfolgt die Intensivumformung für die gezielte Einstellung von Mikrostrukturen mit Hilfe des ausgewählten Umformgrads, der Temperatur und weiterer Prozessparameter. Je nach technologischem Konzept kann die Umformung mit dem HDCR-Gerüst im austenitischen, ferritisch-perlitischen Gebiet oder auch im unterkühlten Austenit erfolgen (Bild 2). HDCR steht für High Deformation Cross Rolling.

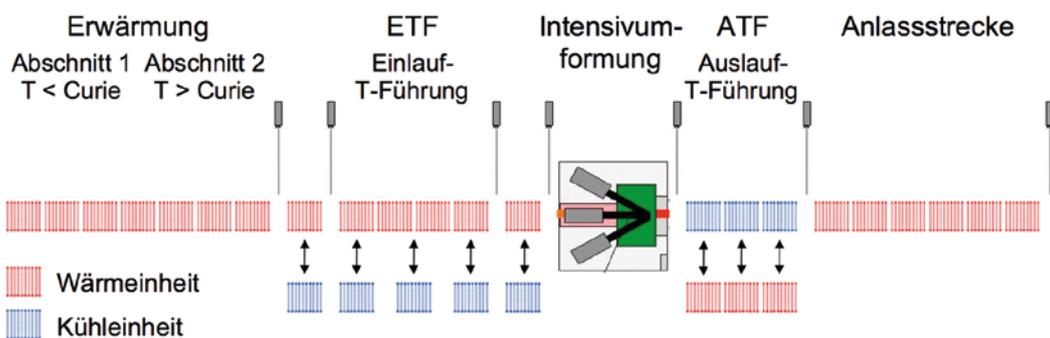


Bild 1: Schematischer Überblick über eine HDQT-Anlage

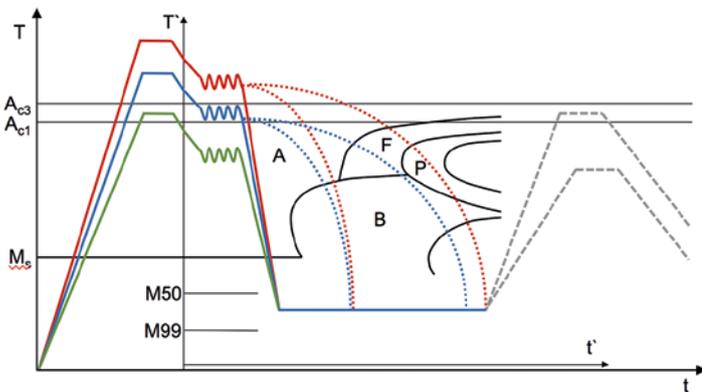


Bild 2: Das Temperaturmanagement in Kombination mit der Intensivumformung (schematisch) mit unterschiedlichen Austenitisierungs- und Umformtemperaturen sowie variablen Kühl- und Anlassbedingungen

Unmittelbar nach der Umformung tritt der Stab in die Auslauf-temperaturführungsvorrichtung ein. Hier erfolgen eine thermische Nachbehandlung oder eine gesteuerte Abkühlung des Stabmaterials mit Hilfe von alternativ einsetzbaren Abkühl-beziehungsweise Erwärmungssegmenten. In der nachfolgenden Anlassstrecke wird in Analogie zur konventionellen Vergütungs-technologie das Gefüge des durchlaufenden Stabs bei Bedarf in einer induktiven Erwärmungsanlage angelassen und an Luft abgekühlt.

Das technologische Konzept wurde an drei industriellen Anlagen für den Fertigstab-Durchmesserbereich 12 bis 45 Millimeter realisiert. Eine Umsetzung im Bereich größerer Durchmesser ist möglich.

DER INTENSIVUMFORMSCHRITT

Im Zentrum der HDQT-Technologien steht das speziell für diese Technologie optimierte HDCR-Gerüst. Bei diesem Intensivumformschritt wird in einer Vielzahl aufeinander folgender lokaler Umformzyklen über begrenzte Kontaktflächen der Querschnitt des Walzguts über die Stablänge inkrementell reduziert. Diese inkrementelle Umformung gewährleistet eine hohe Oberflächengüte und Toleranzgenauigkeiten über den Durchmesser sowie Ovalitäten kleiner 0,5 Prozent am Walzgut (Anstreben der h9-Toleranz am auslaufenden Stab) bei gleichzeitig sehr hohen Umformgraden von bis zu 70 Prozent und entsprechenden Streckgraden λ des Walzguts von bis zu 2,5 in einem Durchlauf.

Für die Realisierung der Umformung bei stark abgesenkten Umformtemperaturen von 500 bis 700 °C und den dabei auf-

tretenden hohen Umformfestigkeiten der Werkstoffe ist das Gerüst sehr steif konstruiert und für hohe Walzkraft- und Momentenbelastungen ausgelegt. So bewegen wir uns bei der Auslegung des Umformaggregats im Spannungsfeld zwischen prozessbedingten geometrischen Restriktionen, der Einhaltung enger Prozessfenster, hohen Belastungen der Walzensysteme sowie einem äußerst ehrgeizigen Anspruch an die Geometrie des Walzprodukts.

Eine industrielle HDQT-Anlage wurde in Kooperation mit weiteren Partnern bei der Steeltec AG realisiert, deren Werkstoffe unter dem Markenzeichen XTP® angeboten werden [1]. An dieser Anlage wurde mit Hilfe der HDQT-Technologie bereits für mehr als 20 Stähle das Eigenschaftsspektrum deutlich ausgebaut. Mit dem umfangreichen Wissen zu den jeweiligen Prozessbedingungen lässt sich für ein und dieselbe Stahlsorte ein breites Spektrum an mechanischen Eigenschaften einstellen und damit das Materialverhalten auf einen gewünschten Lieferzustand zuschneiden. Bild 3 fasst die erzielbaren Eigenschaften für bekannte Stahlgruppen zusammen, die durch die HDQT-Technologie im Vergleich zu konventionell verarbeiteten Stählen erreicht werden.

DER EINSTIEG IN GÄNZLICH NEUE PRODUKTGRUPPEN

Die mit der HDQT-Technologie erzeugten Stähle eröffnen neue Anwendungsbereiche auch für gängige Stahlsorten (Bild 4). Der konventionell gewalzte 7MnB8 wird üblicherweise für Kaltstauchanwendungen eingesetzt. Darüber hinaus wurde

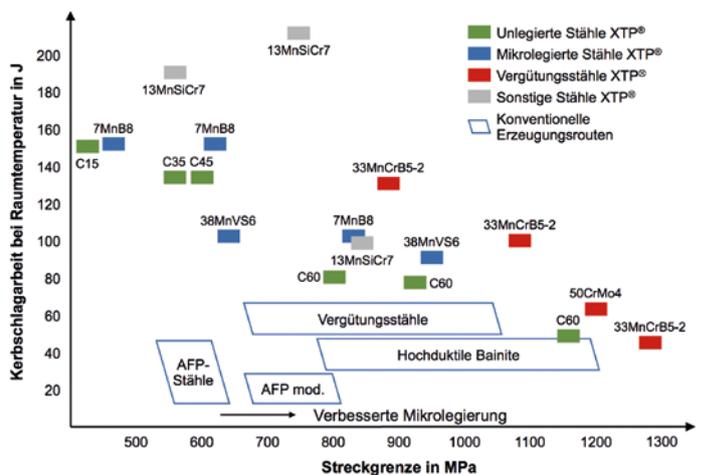


Bild 3: Ausbau der mechanischen Eigenschaften durch die HDQT-Technologie (in Anlehnung an [2])

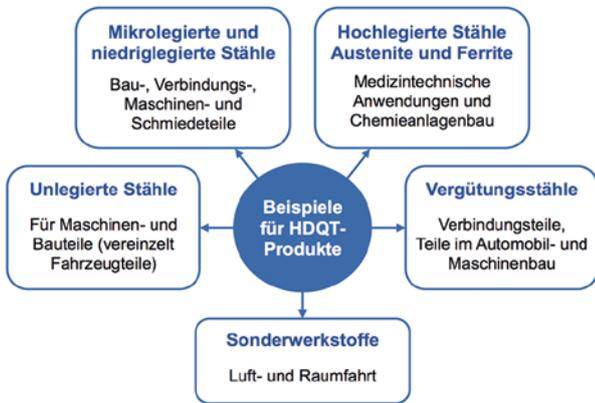


Bild 4: Auswahl des Produktportfolios für HDQT-Stähle

Bilder 1 bis 4: Autoren

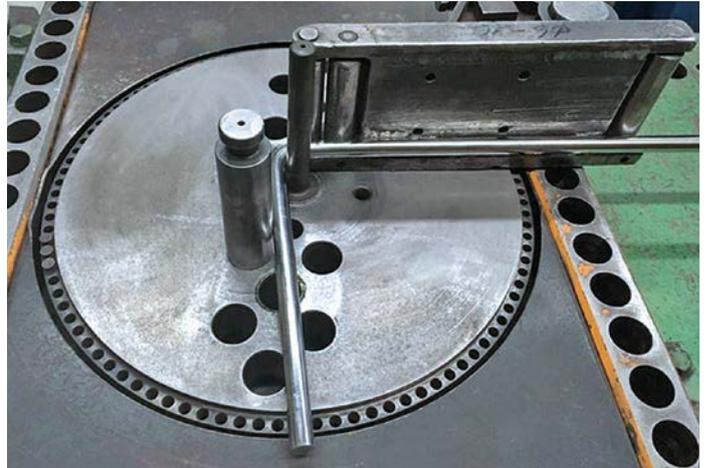


Bild 5: Ergebnis eines Biegetests mit 7MnB8 ($d = 18 \text{ mm}$; $R_m = 1100 \text{ MPa}$; $R_{p0,2} = 990 \text{ MPa}$; $A_5 = 13 \%$) [3]

Bild: Steeltec AG, Emmenbrücke

die Möglichkeit der Weiterverformung nach der HDQT-Verarbeitung getestet (Bild 5). Auf die HDQT-behandelten Stäbe mit einer Zugfestigkeit von 1.100 MPa – einer Festigkeit ähnlich der eines vergüteten 42CrMo4-Stahls – und einer Bruchdehnung von 13 Prozent wurde beim Kaltbiegen ein Biegeradius von 10 Millimetern angewandt. Selbst bei einer Biegung von zirka 150° konnten bei der Gefügeuntersuchung keine Risse festgestellt werden [3].

Titan- und Nickelbasislegierungen sind die nächste Herausforderung für die HDQT-Technologie. Aufgrund der geringen Abnahmen bei Titan- und Nickelbasislegierungen wurde speziell für diese Werkstoffgruppe ein neues Verarbeitungsschema einschließlich eines reversierenden Intensivumformschritts entwickelt. Dadurch kann das Material nach jedem Umformschritt wieder erwärmt werden, sodass sich höhere Querschnittsreduktionen realisieren lassen. Erste Versuche mit vielversprechenden Ergebnissen wurden bereits durchgeführt.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Durch die HDQT-Technologie werden neue Eigenschaftskategorien für herkömmliche Stahlsorten erreicht. Der entscheidende Vorteil gegenüber konventionell thermisch behandelten Erzeugnissen besteht in der Erzielung ultrafeinkörniger Gefüge in Verbindung mit einer neuen Qualität an Festigkeits-/Zähigkeitskombinationen und anspruchsvollen geometrischen Eigenschaften. Diese Technologie bietet überdies die Möglichkeit, sowohl das Gefüge als auch die mechanischen Eigenschaften produktspezifisch anzupassen und so einer bestimmten Anwendung bestmöglich gerecht zu werden.

Die künftigen Arbeiten werden sich auf die Nutzung der HDQT-Technologie zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften sowohl bestehender als auch neuer Stahlgüten konzentrieren, um deren Anwendungsgebiete zu erweitern. Darüber hinaus wird die HDQT-Technologie für die erfolgreiche Verarbeitung von hochfesten Materialien wie Titan- und Nickelbasislegierungen weiterentwickelt.



[1] Weitere Informationen zur XTP®-Technologie unter: www.xtp-technology.com

[2] Keul, C. et al.: New Developments in the Material and Process Design of Forged Components in the Automobile Industry. 3rd International SCT Conference Steels for Cars and Trucks, June 5 – 9, 2011, Salzburg, Austria (2011).

[3] Lembke, M. I.; Oberli, L.; Olschewski, G.; Dotti, R.: Surpassing steel performance by creating a very fine grained structure. Metallurgia Italiana 6 (2018), pp. 31 – 36.



GMT Gesellschaft für metallurgische Technologie- und Softwareentwicklung mbH
Börnicker Chaussee 1 – 2
16321 Bernau
Telefon: +49 3338 334218-0
E-Mail: info@gmt-berlin.com
Internet: www.gmt-berlin.com