

# Prozess- und Material- optimierung durch Wärme- behandlung im Walzprozess

von **Matthias Schwarz, Daniel Kipp**

Die Kaltmassivumformung ist ein bewährtes Verfahren bei der Herstellung rotationssymmetrischer Komponenten für die Automobilindustrie. Um eine gute Umformbarkeit zu ermöglichen, werden Einsatzstähle Ferrit-Perlit-(FP) oder auf kugeligem Zementit (GKZ) gegläht. Diese Art der Wärmebehandlung ist jedoch sehr energie- und zeitintensiv. Zudem sind die Nachbehandlungen für eine anforderungsgerechte Geradheit und Oberflächenqualität aufwendig. Für die Weiterverarbeitung zu einsatzgehärteten Präzisionsteilen sind diese Verfahren wichtige Voraussetzungen. Daher haben die Deutschen Edelstahlwerke (DEW) gemeinsam mit Kaltfließpresswerken ein alternatives Verfahren zur klassischen Wärmebehandlung entwickelt. Das Ergebnis: Deutlich schlankere Prozessketten und verbesserte Materialeigenschaften.

## Optimization of properties through heat treatment in the rolling process

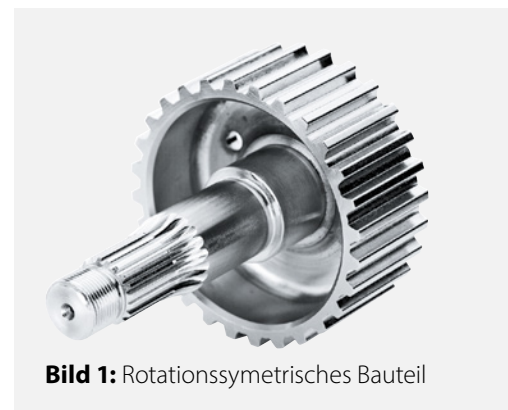
Cold forging is a proven process for production of rotationally symmetrical components for the automotive industry. To achieve good formability, case-hardened steels are isothermally annealed or spheroidizing annealed. In addition, post-treatments are energy and time-consuming in order to assure the straightness and surface quality requirements. These processes are important prerequisites for the further processing of case-hardened precision parts. Together with the cold forming industry Deutsche Edelstahlwerke (DEW) has developed an alternative to the classic heat treatment processes. The result: leaner process chains and improved material properties.

**H**arte Schale, weicher Kern: Diese Eigenschaft sollte auf einsatzgehärtete Bauteile, wie etwa Antriebswellen, zutreffen. Der Schlüssel für eine lange Lebensdauer und Prozesssicherheit ist eine Kombination aus Verschleißfestigkeit der Oberfläche und Duktilität des Produktkerns unter dynamischer Belastung. Je homogener und feinkörniger das Stahlgefüge ist, desto präziser gelingt es, die mechanisch-technologischen Produkteigenschaften einzustellen. Wettbewerbsentscheidend ist weiterhin eine möglichst effiziente Wertschöpfungskette.

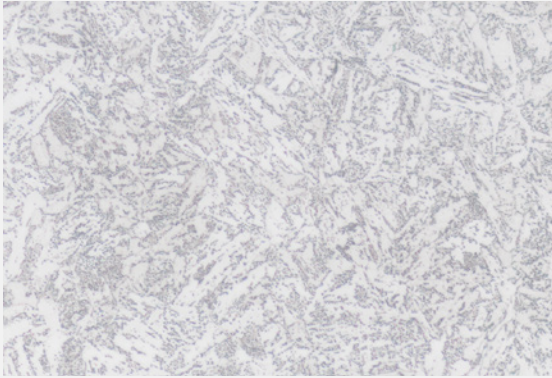
### Ressourcen schonen dank Kaltmassivumformung

Die Kaltumformung spielt als ressourcenschonendes Herstellungsverfahren eine wichtige Rolle auf der Prozess-

route vom Stabstahl zum einsatzgehärteten Bauteil. Der Werkstoffzustand, in dem das Vormaterial produziert wird, erfüllt jedoch nicht alle Anforderungen der Verarbeitungsprozesse und des Endprodukts in gleichem Maße. Daher sind zunächst mehrere Wärme- und Nachbehandlungen notwendig. Die Endprodukte kommen vor allem in der Automobilindustrie zum Einsatz (**Bild 1**). Um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden, haben die Deutschen Edelstahlwerke (DEW) gemeinsam mit Kunden



**Bild 1:** Rotationssymmetrisches Bauteil



**Bild 2:** Gefüge des RC+T behandelten Einsatzstahls

eine technologische Alternative zur klassischen Wärmebehandlung mit signifikantem Mehrwert über die gesamte Prozesskette entwickelt. Mit einem temperaturgeregelten Walzverfahren und anschließendem Anlassen ersetzt der Stahlhersteller die klassische FP- bzw. GKZ-Glühung. Dieses Verfahren nennen die Deutschen Edelstahlwerke DEW RC+T (Rapid Cooling + Tempering). Es spart Kaltumformern zeitintensive Prozessschritte und optimiert gleichzeitig die Stahleigenschaften.

### Herausforderungen der klassischen Prozessroute

Für einen hohen Umformgrad des Einsatzstahls erfolgt bereits beim Stabmaterial standardmäßig eine GKZ- oder FP-Glühung. Ziel ist ein weiches, spannungsarmes Gefüge. GKZ-geglühter Stahl lässt sich aufgrund seiner Mikrostruktur wesentlich besser kaltfließpressen als FP-geglühter Stahl. Die GKZ-Glühzeiten sind jedoch mit bis zu 24 Stunden sehr zeit- und energieintensiv. Eine lange Wärmebehandlung begünstigt die Randentkohlung, wodurch eine Behandlung der Oberfläche bspw. durch Schälen notwendig werden kann. Mittels Kaltfließpressen wird der Stabstahl zur gewünschten Bauteilgeometrie umgeformt. Im Anschluss folgt eine erneute Wärmebehandlung, da die Mikrostruktur und die Härte des Stahls für die Anforderungen des Endprodukts eingestellt werden müssen. Der daraus resultierende Verzug der Komponente wird durch Richten korrigiert. Für eine gleichmäßige Oberflächenbeschaffenheit und die Vervollständigung der Bauteilgeometrie wird das Bauteil zerspanend bearbeitet. Erst dann erfolgt das Einsatzhärten. Abschließend wird die gehärtete Komponente gerichtet – ein Moment, das das Risiko von Härterissen und damit von Ausschuss birgt. Zuletzt wird die Komponente spannungsarmgeglüht und geschliffen.

### Neues Verfahren steigert Effizienz

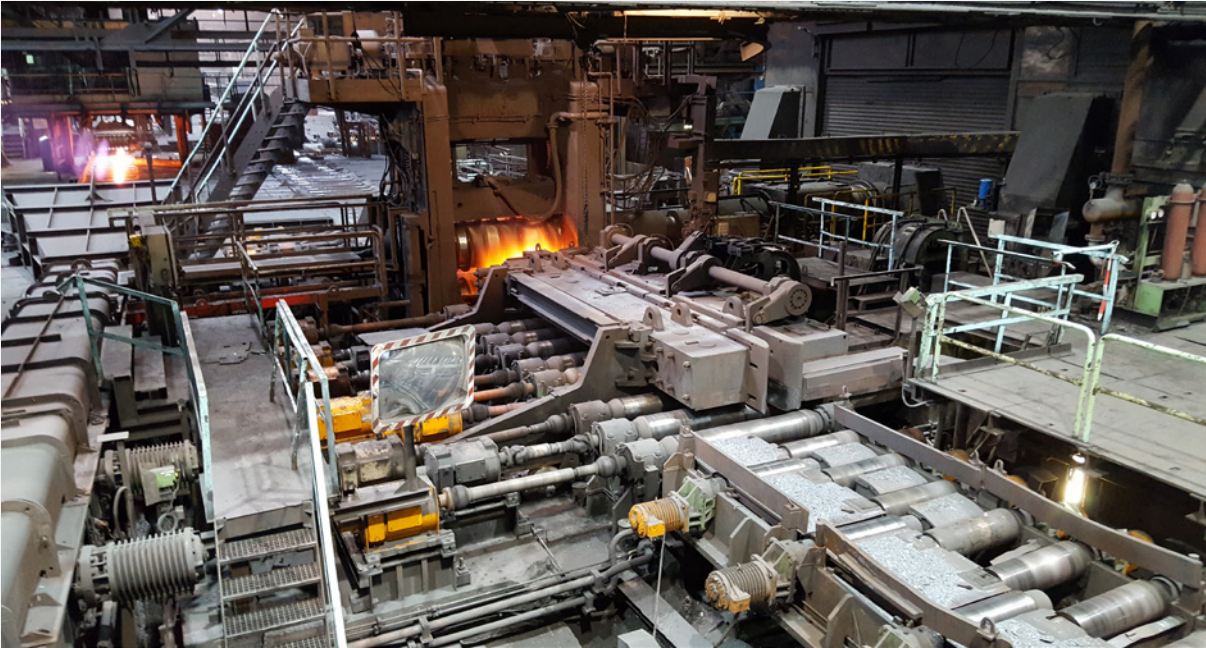
Die grundlegende Frage lautete: Wie kann ein Gefüge für die Kaltumformung inklusive nachfolgender Oberflächen- und Bauteilbehandlung ohne zeitintensive Glühungen

eingestellt werden? Die Antwort liefern die Deutschen Edelstahlwerke in ihrem Walzwerk in Siegen mit dem Verfahren DEW RC+T. Durch die Integration der Wärmebehandlung in den Walzprozess erschafft das Unternehmen die Materialeigenschaften, die sich durch das klassische Glühverfahren allein nicht erzielen lassen. Die Gefügestruktur wird im Vergleich zum FP- und GKZ-geglühten Stahl deutlich verfeinert. Die Oberflächenbeschaffenheit und Maßstreuung des RC+T-Materials kann im Vergleich zum klassisch geglühten Stabstahl verbessert werden. So kann das Material nach dem temperaturgeregelten Walzen, Anlassen und Richten ohne ein Schälen der Oberfläche direkt vom Kaltumformer weiterverarbeitet werden. Durch die homogene Mikrostruktur lässt sich der Einsatzstahl gleichmäßiger und leichter umformen. Die Härte von mit DEW RC+T behandeltem Einsatzstahl liegt mit durchschnittlich 200 HB über dem Standardwert von 170 HB für FP-geglühtes Material. Durch die Feinkörnigkeit des Gefüges ergeben sich für Kaltumformer daraus jedoch keinerlei Nachteile. Laut den Untersuchungen der Deutschen Edelstahlwerke sind die Werkzeugstandzeiten unverändert. Zudem ist das Gefüge (**Bild 2**) homogener und dadurch verzugsärmer. Die feinkörnige Mikrostruktur ist beständig und bietet damit optimale Voraussetzungen für das Einsatzhärten – je feiner das Gefüge, desto besser und gleichmäßiger diffundiert der Kohlenstoff in den Randbereich des Stahls. Anwender erhalten im Ergebnis mehr Handlungsspielraum bei der präzisen Einstellung der Härtetiefe und einer homogenen Verteilung der Stahleigenschaften bis in den Kern. Zudem profitieren Kunden von signifikanten Einsparungen bei Energie und CO<sub>2</sub>.

Umfangreiche Werkstoffprüfungen und Versuche mit Kunden gingen der Serienproduktion mit DEW RC+T voraus. So verglichen die Deutschen Edelstahlwerke die Mikrostruktur, das Umformverhalten sowie die Feinkornstabilität der umgeformten Bauteile aus klassisch geglühtem und aus DEW RC+T behandeltem Stahl. Als klassischer Einsatzstahl kam u. a. 20CrMo5 zum Einsatz, der standardmäßig FP-geglüht wird. Das zeilige Gefüge erfordert dennoch einen hohen Kraftaufwand beim Umformen. Im Vergleich zeichnet sich die temperaturgeregelte gewalzte und angelassene Variante durch ein feineres Korn sowie gleichmäßig verteilte, kugelige Karbide aus. Der Kaltstauchversuch zur Simulation der Umformbarkeit beweist die Feinkornbeständigkeit: Nach dem Erwärmen auf 1.160 °C sowie dem 30 min dauernden Halten und Abkühlen an der Luft verfügen über 60 % der Körner über eine Größe zwischen 8 und 10 gemäß ISO 643.

### Technologische Voraussetzungen und Verfahren im Walzwerk

Der Erfolg des alternativen Herstellungsverfahrens DEW RC+T ist nicht zuletzt auf den hohen technologischen Standard im Walzwerk Siegen zurückzuführen (**Bild 3**).



**Bild 3:** Walzwerk der Deutschen Edelstahlwerke am Standort Siegen

Rund € 15 Mio. investierten die Deutschen Edelstahlwerke seit 2015 in die Modernisierung des Walzwerks. Als nachgeschalteter Prozessschritt wird eine gleichmäßige und kontrollierte Abkühlung jedes einzelnen Stabes über die ganze Breite ermöglicht: Die Stäbe liegen auf einem Rechenbett in einem definierten Abstand nebeneinander und werden beim Abkühlen gedreht. Dadurch erreichen die Deutschen Edelstahlwerke eine gleichbleibend gute Reproduzierbarkeit und eine höherwertige Staboberfläche. Diese bleibt dank der eingesparten, klassischen Glühungen über die gesamte Prozessroute zur Herstellung einsatzgehärteter Bauteile erhalten.

Einer kontrollierten Temperaturführung über die gesamte Walzader – von der Walzstarttemperatur bis hin zur Kühlbettzieltemperatur – ist der Schlüssel von DEW RC+T. Werkstoffspezifisch können die Parameter variiert werden, wodurch sich das entsprechende Gefüge inklusive aller mechanisch-technologischen Eigenschaften gemäß kundenspezifischer Forderung einstellen lassen. Hierzu können die Kühlstreckenabschnitte jeweils hinter den Walzgerüsten entsprechend der geplanten Temperaturführung hinzugeschaltet werden.

Durch die geregelte Temperaturführung mittels Kühlstrecken und induktiver Erwärmung können gleichmäßige Eigenschaften sowie ein gleichmäßiger Härteverlauf über den gesamten Querschnitt eingestellt werden. Die Temperaturführung wird dabei gemäß den vorhandenen Kühlstrecken in drei Bereiche eingeteilt. Ähnlich wie beim thermomechanischen Walzen, jedoch bei Temperaturbereichen oberhalb von  $A_{c3}$ , wird mit der Kühlstrecke 1 die

Ausscheidungsbildung besonders für AFP-Stähle gefördert. Hierdurch wird ein feineres Gefüge erreicht und die Endfestigkeit eingestellt.

Des Weiteren führt das Abkühlen zu einer verzögerten dynamischen Rekristallisation während des Walzprozesses. Durch die Behandlung mittels Kühlstrecke 1 kann der potentielle Ferritanteil bei Einsatzstählen gesteigert und damit deren Festigkeit gesenkt werden. Die Abkühlung auf Temperaturen nahe  $A_{c3}$  begünstigt diesen Vorgang nochmals. Zusammen mit der Kornfeinung und dem Keimzustand während der Umformung kann so die Umwandlung in ein Ferrit-Perlit-Gefüge beschleunigt und auf dem nachgeschalteten Kühlbett abgeschlossen werden. Im Hinblick auf die Härbarkeit spielt dabei die chemische Zusammensetzung eine besondere Rolle. Denn aufgrund der beschleunigten Umwandlung liegt keine ausgeprägte Gefügezeitigkeit vor, wie es bei der gängigen Wärmebehandlung häufig der Fall ist. Durch die weitere Abkühlung nach den Walzgerüsten werden Diffusionvorgänge verlangsamt bzw. unterbunden. Der Kohlenstoff im Stahl bleibt in Lösung. Das abschließende Abschrecken aus der Walzhitze mittels Kühlstrecke 3 führt im Randbereich des DEW RC+T Materials zu einer tendenziell höheren Feinkörnigkeit im Vergleich zum FP- oder GKZ-geglühten Zustand. Die Walzader wird dabei derart abgekühlt, dass sich der Randbereich banitisch oder martensitisch umwandelt. Neben der eingeschränkten Diffusion hemmt diese Maßnahme auch das Kornwachstum. Dabei können Temperaturen von unter 550 °C erreicht werden, wodurch weitere Umwandlungen gehemmt, bzw. unterdrückt werden.



**Bild 4:** Kontrollierte und gleichmäßige Abkühlung im Kühlbett

Der Temperaturführungsprozess endet mit der Materialaufgabe auf das Kühlbett (**Bild 4**). In diesem Prozessschritt wird eine gleichmäßige und kontrollierte Abkühlung jedes einzelnen Stabes über die ganze Breite ermöglicht - die Stäbe liegen auf einem Rechenbett in einem definierten Abstand nebeneinander und werden beim Abkühlen gedreht. Eine gleichbleibend gute Reproduzierbarkeit und eine höherwertige Staboberfläche sind das Ergebnis. Diese Parameter bleiben dank der eingesparten klassischen Wärmebehandlung über die gesamte Prozessroute zur Herstellung einsatzgehärteter Bauteile erhalten. Der Zustand DEW RC+T wird aufgrund des Anwendungsbereiches mit den für die Kaltumformung gängigen Lieferzuständen FP- oder GKZ-geglüht verglichen, stellt jedoch einen eigenständigen Lieferzustand dar. Mittels DEW RC+T behandeltem Material bedarf es auch im Anschluss der Kaltumformung keiner weiteren Wärmebehandlung. Eine zusätzliche FP-Glühung beispielsweise würde sich negativ auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften sowie die Oberflächenbeschaffenheit im Vergleich zum ursprünglichen DEW RC+T-Zustand auswirken. Zum einen wäre die Feinkornstabilität nicht mehr gegeben, zum anderen würde es zur Entkohlung des Randbereiches sowie zur Verzunderung der Oberfläche kommen. Aufgrund der nicht vorhandenen ausgeprägten Zeiligkeit des Gefügeszustands DEW RC+T kann vor dem Kaltfließpressen der Richtaufwand minimiert und ein ggfs. notwendiges Glühen eingespart werden. Durch die Kornfeinung und die mit der geregelten Temperaturführung einhergehenden Reproduzierbarkeit, können die Parameter der Einsatzhärtung durch gleichbleibende Materialeigenschaften optimiert werden. Gleichzeitig kann die Zerspanbarkeit durch ein Anlassen bei höherer Temperatur gewährleistet werden. Weitere Wärmebehandlungen sind nicht erforder-

lich. Das Feinkorn fördert zudem einen besseren Spanbruch.

Das Verfahren DEW RC+T ist anwendbar für alle Einsatzstähle. Bei Kohlenstoffgehalten  $> 0,30\%$ , bei gleichzeitiger Anwesenheit von  $> 0,2\%$  Molybdän, sind eingeschränkte Umformgrade möglich. Die durchschnittliche Festigkeitssteigerung um 15 - 25 HB im Vergleich zu FP-geglühtem Material hat dabei keine Auswirkungen auf das Kaltumformverhalten. Ein Praxisbeispiel für den erfolgreichen Einsatz von RC+T ist die Partnerschaft der DEW mit einem Komponentenzulieferer für die Automobilindustrie. Als einer der ersten Kunden stellte dieser Zulieferer konsequent auf temperaturgeregelt gewalzten Einsatzstahl um. Durch die Umstellung von der GKZ-Glühung auf DEW RC+T profitiert der Anwender von optimierten Kaltumform- und Härteprozessen. Ergebnisse sind ein deutlich geringerer Ausschuss und eine höhere Produktivität.

### Virtuelle Betriebsbesichtigung

Im Internet können sich unsere Leser einen Film über das Walzwerk Siegen ansehen. Das Video verfügt über erweiterte Virtual Reality (VR) - Funktionen, die das Erlebnis noch realitätsnaher machen. Für das optimale Erlebnis empfehlen wir die Installation der Youtube-App auf Ihrem Smartphone und die Verwendung von Kopfhörern. Sie finden die Youtube-App im Google Play Store (Android)/ im Apple-App-Store (IOS). Wählen Sie die maximale Qualität zum Abspielen der Videos. Beachten Sie aber bitte, dass dies ein hohes Datenvolumen erfordert und sich somit die Verwendung im WLAN empfiehlt. Sollten Sie über eine Google Cardboard oder eine ähnliche VR-Brille verfügen, aktivieren Sie die entsprechende Funktion innerhalb der Youtube-App. Zum Aufruf der Videos scannen Sie einfach den QR-Code ein. Viel Spaß bei der Tour.

Weitere Informationen über das Verfahren DEW RC+T finden Sie im Internet unter: [www.dew-stahl.com/RCplusT](http://www.dew-stahl.com/RCplusT)



### AUTOREN



**Matthias Schwarz**  
Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel  
GmbH & Co. KG  
Siegen  
Tel.: 0271 / 8082347  
[matthias.schwarz@dew-stahl.com](mailto:matthias.schwarz@dew-stahl.com)



**Daniel Kipp**  
Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel  
GmbH & Co. KG  
Witten  
Tel.: 02302 / 292514  
[daniel.kipp@dew-stahl.com](mailto:daniel.kipp@dew-stahl.com)