

Stahl, ganz leicht

Wie wird aus einem vielversprechenden Werkstoff ein erfolgreicher Werkstoff – einer, der Leichtbau auch in den Motor bringt?

Indem sich Branchenführer zusammentun und der Bund die Entwicklung von geeigneten Hochleistungsfertigungsverfahren fördert. Am Ende des Projekts wird am PZH eine komplette neue Prozesskette stehen.



„Hier beginnt die Magie“ –
Walzstraße im Siegener Werk der Deutschen Edelstahlwerke GmbH.
Quelle: DEW

Leichtbaustähle oder, wie es im Patent heißt, „Dichtereduzierte UHC-Stähle“: Um sie geht es. Ihr großer Vorteil ist ihr Gewicht. Bei vergleichbarer Festigkeit sind sie etwa zehn Prozent leichter als herkömmliche Stahlwerkstoffe. Das liegt an ihrem vergleichsweise hohen Kohlenstoffanteil – daher der Name UHC, Ultra High Carbon – und am Legieren mit Aluminium. Sein Potenzial zeigt der Werkstoff im höchst anspruchsvollen Einsatz im Motor – wo jedes Gramm, das an den ständig bewegten Teilen eingespart wird, zählt. Dass er jetzt in industriellen Mengen hergestellt werden kann, ist dem hohen Forschungsaufwand der Deutschen Edelstahlwerke GmbH und der Daimler AG zu verdanken.

Aber: Ein neuer Werkstoff ist immer erst die halbe Miete. Unterm Strich muss er auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten in Produkte gebracht werden können. Marc-André Dittrich, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW), erklärt, warum das meist nicht ganz einfach ist: „Die besonderen Eigenschaften eines neuen, leistungsfähigen Werkstoffs sind meistens auch die Eigenschaften, die seine Bearbeitung schwierig machen. Hochfest heißt eben auch: schwer in Form zu bringen.“ In diesem Fall machen der ungewöhnlich feinkörnige Gefügebau und die geringe Wärmeleitfähigkeit die Bearbeitung zur Herausforderung. Bevor der Werkstoff daher seine Erfolgsgeschichte antreten kann und in Form von leichteren Kolbenbolzen oder Pleueln in den Autos der Zukunft verbaut wird, müssen fürs Richten, Trennen, Umformen, Wärmebehandeln, Zerspanen und Schleifen neue, entsprechend angepasste Fertigungsverfahren entwickelt werden.

Ein neuer Werkstoff ist immer erst die halbe Miete.

Diese Aufgabe haben ein halbes Dutzend Wissenschaftliche Mitarbeiter aus dem Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) und dem Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) übernommen. Alle neuen Verfahren sollen in einer optimal aufeinander abgestimmten Prozesskette simuliert und auch realisiert werden. Am Ende des dreijährigen Forschungsprojekts, das seit Anfang 2015 unter dem Namen IPROM vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, stehen zwei Prozessketten. Eine Prozesskette für Pleuel wird bei den Industriepartnern aufgebaut, eine zweite für Kolbenbolzen wird im PZH selbst entstehen. „Wir werden hier 500 Kolbenbolzen als Charge produzieren, so Dittrich, „um zu prüfen, ob der Prozess stabil und die Qualität in Ordnung ist.“

Im Januar 2015 hat sich das gesamte Team in Siegen bei den Deutschen Edelstahlwerken getroffen – ganz am Anfang der Prozesskette, sozusagen. Neben den PZH-Wissenschaftlern, der Daimler AG als Koordinator des Projekts und den Deutschen Edelstahlwerken als Gastgeber waren Vertreter des Werkzeugherstellers Walter, des Bearbeitungsspezialisten Mapal, der Hermes Schleifkörper GmbH und

Die Stationen des Kolbenbolzens

Gießen, Walzen, Umformen

Im Siegener Werk der Deutschen Edelstahlwerke wird UHC-Stahl im Stranggussverfahren in lange Vierkantblöcke – Knüppel – gegossen. Im Walzwerk werden die Knüppel auf über 1000° Celsius aufgeheizt und in mehreren Schritten bei angepassten Temperaturen auf 42 Millimeter Durchmesser umgeformt.

In Stücke trennen

Mit Beteiligung des IFUM entsteht ein neues Werkzeugsystem zum Scheren der langen Stränge in kurze Stücke.

Materialprüfung

Die Deutschen Edelstahlwerke prüfen die Qualität der Zylinder und strahlen sie, um die Walzhaut zu entfernen.

Erwärmen, Fließpressen und Wärmebehandeln

Das IFUM verantwortet diese drei Schritte am PZH und bereitet die Halbzeuge damit auch für die spanende Bearbeitung vor.

Anfasen, schleifen

Im IFW findet die spanende Weichbearbeitung statt. Der Kolbenbolzen erhält hier seine Endkontur.

Härten

Gehärtet wird anschließend voraussichtlich bei der Daimler AG.

Hartfeinbearbeitung

Das Finale am IFW: Schleifen und Verzüge ausgleichen.



... demnächst aus Leichtbaustahl. Foto: Helge Bauer

des Projektträgers Karlsruhe dabei. Im Stahlwerk wird der neue Stahl hergestellt, gewalzt und zu Halbzeugen gemacht. „Da beginnt die Magie“, beschreibt Dittrich, der das Projektteam am PZH leitet, die Atmosphäre: Im Stahlwerk treffen in Hallen, die mehrere hundert Meter lang sind, große Hitze, enorme Kräfte und alte Kulturtechniken auf modernste Technik, Experten-Know-how, zukunftsweisende Ideen und vorbildliches Recycling. Denn der neue Stahlwerkstoff, das am Rande, wird weitgehend aus Metallschrott hergestellt – und als solcher ist er nach seiner Nutzungsphase selbst wieder verwertbar. Ein Vorteil gegenüber neuen Verbundwerkstoffen oder hochlegierten Stählen.

Bevor am IFW und am IFUM nun einzelne Verfahren entwickelt werden, heißt die erste Aufgabe, den Stahl zu verstehen. Im Team ist Mohammad Kazhai dafür zuständig. Er schätzt die Herausforderung, mit dem Material „komplett von vorne“ anfangen zu müssen. Das heißt, Fragen zu beantworten wie diese: Wie verändert die Temperatur das Gefüge und das Verhalten des Stahls beim Umformen? Welche Parameter sind entscheidend? Wie wirkt sich die anschließende spanende Bearbeitung auf die Oberfläche und die Spannungen im Bauteil aus? Welche Prozessgrenzen gibt es?

„Wir optimieren die Schritte im Sinne des Gesamtprozesses.“

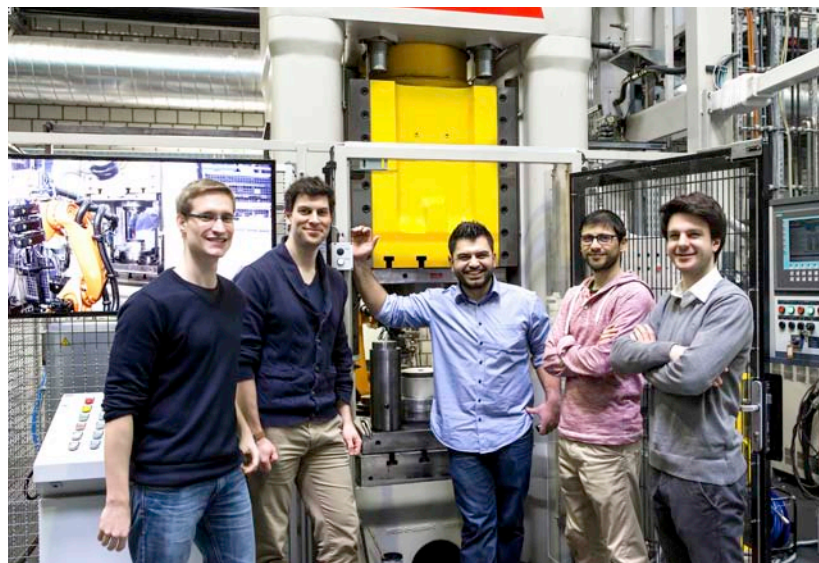
Der erste „richtige“ Prozessschritt, der am PZH realisiert wird, ist das Erwärmen und Fließpressen des gelieferten Halbzeugs zu etwas, das dann fast schon den Namen Kolbenbolzen verdient. „Das wurde für diesen Werkstoff natürlich noch nie gemacht“, sagt Delil Yarcu, der im Bereich „Umformen“ beim

neuen Material die Forschungsschritte federführend betreut. Das Kritische ist die Wärmebehandlung, denn wenn Temperaturänderungen nicht homogen verlaufen, gibt es sehr schnell Risse.

Und auch, wenn nach dem Umformen bereits etwas Kolbenbolzenartiges auf dem Tisch liegt: Es ist noch einiges zu tun, wie Dittrich aufzählt: „Bei der anschließenden Wärmebehandlung wird beim Abkühlen ein Gefügestand eingestellt, der für die Folgeschritte möglichst gut passt“. Das heißt: Für das sich anschließende Drehen der Fasen und Schleifen der Kolbenbolzenflächen wird eine möglichst gute Ausgangslage geschaffen. „Das ist das, was uns als PZH für dieses Projekt wirklich auszeichnet: Wir haben hier unter einem Dach die Kompetenzen für die gesamte Prozesskette, und wir arbeiten im Team, legen also keinen Schritt egoistisch aus, sondern optimieren ihn im Sinne des Gesamtprozesses.“

Für die Auslegung der spanenden Verfahren – das Drehen und Schleifen und später die Hartbehandlung – sind neben Marc-André Dittrich noch Tim Götsching und Andreas Weidle zuständig. Andreas Weidle ist seit Oktober Mitarbeiter bei Daimler in Ulm – sein zweiter Schreibtisch aber steht im PZH. Ähnlich ist es bei Patrick Lippmann, der bei Daimler in Ulm und Stuttgart ein Büro hat. Zurzeit arbeiten beide am Projekt IPROM mit, und zwar als Stipendiaten am PZH.

Das ist eine weitere Besonderheit des Projekts: Die Projektzusammenarbeit insbesondere mit Daimler als Projektkoordinator ist sehr intensiv und produktiv. „Wir bearbeiten die Arbeitspakete für Daimler, aber mit dem Wissen und dem wissenschaftlichem Rüstzeug aus den Instituten“, sagt Weidle, der sich vor allem um die Fräsbearbeitung kümmert.



Das Leichtbau-Team am PZH: von links Marc-André Dittrich und Tim Götsching vom IFW, Delil Yarcu und Mohammad Kazhai vom IFUM sowie Andreas Weidle von Daimler. Fotos (2): Helge Bauer

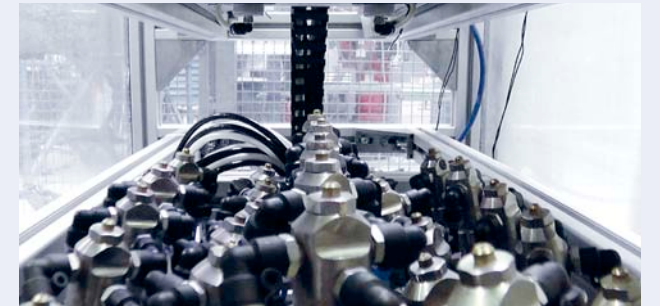
B-Säule: anders leicht

Eine Sprayfeld-Kühlung macht das Presshärten schneller

Für sicherheitsrelevante Komponenten im Karosseriebau stehen schon seit einiger Zeit Leichtbaulösungen zur Verfügung. Die Anforderungen, denen Bauteile dort gerecht werden müssen, sind andere als etwa in der Außenhaut: In stabilisierenden Strukturen wie in der B-Säule müssen Stahlblechprofile möglichst fest sein, sollen dennoch viel Energie aufnehmen können – und leicht sein.

Gewicht lässt sich reduzieren, indem man die Festigkeit des Werkstoffs beispielsweise durch Wärmebehandlung erhöht. Damit lässt sich die erforderliche Materialstärke reduzieren und das Bauteil somit leichter machen. Beim Presshärten geschieht genau das: In der Presse wird eine Warmumformung mit der Wärmebehandlung kombiniert, um Gefügeänderungen im Werkstoff herbeizuführen, die den Stahl härter machen. Der Nachteil: Das heiße Bauteil bleibt dabei fünf, sechs oder gar zehn Sekunden im geschlossenen Umformwerkzeug liegen, bis diese Umwandlung stattgefunden hat. Die Maschine ist in dieser Zeit blockiert.

Einblick ins Sprayfeld. Hier wird zum Härten sehr gezielt ein Wasser-Luft-Gemisch auf das heiße Bauteil gesprüht. Foto: IW



Ein Team aus Wissenschaftlern vom Institut für Werkstoffkunde (IW) und vom Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) hat untersucht, wie weit sich die Aushärtezeit im Werkzeug ohne Qualitätsverlust verkürzen lässt, wenn das noch heiße Bauteil anschließend in einem vom IW entwickelten Sprayfeld aus Wasser und Luft homogen abgekühlt wird. Der Einsatz dieser Spraykühlung führte bei der untersuchten Prozesskette durch die Verkürzung der Haltezeit zu einer Produktionssteigerung von 20 Prozent. Betreut wurde das Projekt am IW von Max Diekamp, gefördert von der AiF über die Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung. Sein Kollege Lars Wolf

hat in einem weiteren Forschungsprojekt, das aus dem Sonderforschungsbereich „Präzisionsschmieden“ entstanden ist, untersucht, wie sich hochfeste Bereiche maßgeschneidert einstellen lassen: „Die B-Säule etwa muss im oberen und mittleren Bereich größere Kräfte aufnehmen und braucht dort ein besonders hochfestes Gefüge, um Crashenergie aufnehmen zu können.“ Um die bei dem konventionellen Presshärten erforderlichen langen Prozesszeiten zu verkürzen, entnimmt man die Bauteile sehr heiß aus der Presse und kühlt sie im Sprayfeld nun nicht homogen, sondern gezielt lokal so ab, wie es der spätere Einsatz erforderlich macht.

Der vorletzte Schritt auf dem Weg zum UHC-Kolbenbolzen ist das Härten. Zurzeit sieht der Projektplan vor, dass dieser Schritt bei Daimler stattfindet. „Aber vielleicht können wir den noch hierherholen“, sagt Dittrich.

„Das Material ist eine Herausforderung. Eine Garantie kann da niemand geben.“

Der finale Schritt findet auf jeden Fall wieder im Produktionstechnischen Zentrum statt: die Hartfeinbehandlung, um entstandene Verzüge auszugleichen. Wenn all diese Schritte ideal zueinander passen, ist die Prozesskette rund – und wird komplett aufgebaut. Sie wird zeigen, dass sich UHC-Stahl in einem stabilen Prozess sicher und wirtschaftlich nutzen lässt. Wird sie das zeigen? Dittrich beschäftigt sich seit langem mit der Notwendigkeit

von Ressourceneffizienz. Er ist zuversichtlich, aber nicht blauäugig: „Es ist Forschung, und das Material ist eine Herausforderung. Eine Garantie kann da niemand geben. Aber in diesem Projekt arbeiten die Größten der Branche zusammen: wenn wir das nicht schaffen, dann ist es heute eben noch nicht möglich.“

Die Erwartungen sind hoch. Man könnte sagen: Auf diesen Werkstoff wartet die Automobilindustrie seit Jahren. Auch wenn ein Kolbenbolzen optisch etwas schlicht daherkommt: Auf ihm lastet die ganze Kraft des Motors. Wenn er oder auch das Pleuel, das beim Partner Daimler realisiert wird, aus UHC-Stahl funktioniert, öffnen sie die beweglichen Teile des Motors für den Leichtbau. Was das für die Wissenschaftler bedeutet, fasst Delil Yarcu zusammen: „Wenn sich so ein Material durchsetzt, dann ist es natürlich schon toll, wenn man sagen kann: Wir waren bei den Anfängen dabei.“