

Hochfeste Stähle mit verbesserter Zähigkeit

Zwei Forscher, zwei Fachleute aus dem Fahrzeugbau und ein Moderator aus der Stahlindustrie: Den Teilnehmern des Stahldialogs über hochfeste Stähle im automobilen Leichtbau war ein spannender Nachmittag sicher.

Um einen Stahl mit den richtigen Eigenschaften herzustellen, bedarf es der richtigen Zutaten, des richtigen Rezepts und der Kreativität der Metallurgen“, verriet einleitend Moderator Dr. Hans Fischer, Chief Technical Officer bei der Tata Steel Europe Limited aus IJmuiden, nahe Amsterdam, das Geheimnis der idealen Stahlientwicklung. Einer der unbestritten kreativsten Metallurgen ist zweifellos Prof. Dr.-Ing. habil. Dierk Raabe, Direktor und Vorsitzender des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung (MPIE) in Düsseldorf.

Das MPIE beschäftigt sich intensiv mit der Entwicklung von hoch- bis ultrahochfesten Stahlwerkstoffen. Dabei kommen Hightechwerkzeuge wie die Atomsondentomografie zum Einsatz. Dabei entdeckte der Forscher Erstaunliches, wie er in seinem Vortrag „Entwicklung hochfester gewichtsreduzierter Stähle“ ausführte: „Es heißt ja immer im Lehrbuch, dass der Kohlenstoff im Martensit eingefroren ist. Aber während die Probe abkühlt, kann der Kohlenstoff immer noch zwei, drei Gitterplätze weiterspringen.“ Daher sei der Umgang mit martensitischen Werkstoffen „eine verteuft komplizierte Sache“. Das Verständnis dieser atomaren Mechanismen sei etwa wichtig, um das Versagen einer Probe mit einer Festigkeit von mehr als 1 000 MPa zu analysieren. Doch die dabei entstehenden „bunten Bilder“ würden noch nicht helfen, den Stahl zu verstehen. „Wir müssen die Untersuchungen in die mikroskopische Mechanik des Gefüges übertragen“, erklärte der Forscher. „Dazu werden

die mechanischen Eigenschaften in digitalisierte Mikrostrukturen transferiert.“

Statt der früheren finiten Elemente verwenden die Forscher heute sogenannte „Rapid Volume Elements“ (RVE), um damit per schnellerer Fourier-Transformation die Fließkurve zu berechnen. Professor Raabe: „Sie können die gesamte lokale Dehnungsverteilung betrachten. Für mich war dabei sehr überraschend, dass der Martensit bei den kleinen Dehnungen im Gegensatz zu den Computerberechnungen tatsächlich weicher ist.“ Daher ließen sich diese Methoden nutzen, um zu besseren Dualphasenstählen zu kommen.

Etwas Revolutionäres gehen die MPIE-Forscher mit einem austenitischen Stahl (FeMnAlC) mit einer bis zu 18 % reduzierten Dichte an. „Wenn sie den Mangananteil auf 30% und den Kohlenstoffanteil auf 1,2 % hochfahren, dann ist das Gitter so stabil, dass es sehr viel Aluminium

aufnehmen kann“, berichtete der Forscher.

Für sehr viel Interesse sorgte in diesem Werkstoffdialog das sogenannte „Rapid Alloy Prototyping“ (RAP), das beschleunigte Entwickeln von neuen Legierungen im „steel plant in the box“. Stahlforscher Raabe: „Wir können mit Versuchen viele 1 000 Datenpunkte über das Verhalten der Legierungen erzeugen, um für unterschiedlichste Anwendungen die richtige zu identifizieren.“ Mit RAP entstanden beispielsweise innerhalb von 35 Stunden fünf verschiedene nanostrukturierte Legierungen, die mit neun unterschiedlichen Alterungsprozessen modifiziert wurden.

Stahlientwicklung für das Schmieden

Von der RWTH Aachen, mit der Forscher Raabe eng durch Gemeinschaftsforschungen und einen Lehr-

Nikolaus Fecht



Stahlleichtbau beim VW Golf: Warmumgeformter und höchstfester Stahl senkt die Masse der Karosserie des Golf 7 um rd. 23 kg



Moderator Dr. Hans Fischer, CTO Tata Steel Europe: Kreativität der Metallurgen bleibt gefragt



Prof. Dr. Dierk Raabe, Vorsitzender der Geschäftsführung, Direktor MPI für Eisenforschung: Entwicklung von hoch- bis ultrahochfesten Stahlwerkstoffen



Prof. Dr. Wolfgang Bleck, Leiter Institut für Eisenhüttenkunde, RWTH Aachen: Stahlentwicklung für das Schmieden

auftrag verbunden ist, trat ein ebenso renommierter Stahlforscher auf: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Bleck, Leiter des Instituts für Eisenhüttenkunde, beleuchtete unter der Überschrift „Stahlentwicklung für das Schmieden – vom AFP-Stahl zum bainitischen Stahl“ aktuelle Entwicklungen. Dabei lernte er beim Beschreiben von Bauteileigenschaften, dass das reine Betrachten von Gefügen im μm -Bereich oft nicht mehr ausreicht, sondern oft auch schon Analysen im nm-Bereich erforderlich sind. „Es befinden sich nanostrukturierte Stähle in der Planung“, meinte Professor Bleck: „Dazu müssen wir die Prozesse und Phänomene verstehen, die auf der Nanoebene ablaufen. Wenn wir das können, dann bekommen wir auch neue Stahlsorten.“ Dazu bedarf es aber neuer Messtechnik – also zum Beispiel Atomsonden oder höchstauflösende Elektronenmikroskope.

Außer Nanostrukturen macht im Schmiedebereich ein anderer Begriff die Runde: Die Rede ist vom Werkstoff ADI (Austempered Ductile Iron: bainitisches Gusseisen mit Kugelgrafit), „der sich durchaus mit einem Vergütungsstahl vergleichen lässt“, wie der Stahlprofessor hervorhob. Zwar sei die Dehnung und Zähigkeit deutlich schlechter. Doch wer genauer hinsehe, entdecke, dass sich ADI in bestimmten Anwendungen etwa mit Blick auf die Betriebsfestigkeit bei einzelnen Lastspitzen wesentlich besser und schädigungstoleranter als ein Vergütungsstahl verhalte. „Wir müssen daher Stähle entwickeln, die mit ADI auf einem hohen Festigkeitsniveau konkurrieren können“, sagte der Forscher. Die Aachener optimierten dazu die Zusammensetzung der Mikrolegierung der AFP-Stähle und verbesserten ebenso die bainitischen Stähle durch Erhöhen des Mangan- und Siliziumgehaltes. Vielversprechend seien aber vor allem Weiterentwicklungen des Instituts bei den TRIP-Stählen.

Ein Oldtimer liegt dem Institutsleiter besonders am Herzen: Es handelt sich um die Stahlsorte 100Cr6, einen seit über 100 Jahren existierenden Stahl. Die Aachener

entdeckten mit neuen messtechnischen Methoden, dass die Ausscheidungen viel komplizierter sind „als das, was wir uns bisher vorgestellt haben“. So könne es sein, dass sich der Werkstoff in seinem Kern ganz anders verhalte, als bisher angenommen. Diese Erkenntnis könnte helfen, auch altbekannte und neue stählerne Weggefährten neu zu bewerten.

Leichtbaustrategien bei VW

Überdenken von Werkstoffen und ihren Folgen für den Automobilbau gehört zum Alltag von Dr. Armin Plath, dem Leiter Werkstoffe und Fertigungsverfahren bei der Volkswagen AG in Wolfsburg. Eine wichtige Rolle spielt bei den Leicht-

„Wenn sie den Mangananteil auf 30% und den Kohlenstoffanteil auf 1,2% hochfahren, dann ist das Gitter so stabil, dass es sehr viel Aluminium aufnehmen kann“

MPIE-Stahlforscher Dierk Raabe

baustrategien der Wolfsburger der Golf 7, dessen Karosserie VW im Vergleich zum Vorgängermodell um 37 kg abgespeckt hat. Dazu wurden vor allem Verfahren aus dem Stahlleichtbau weiterentwickelt, auf die der VW-Mann in seinem Vortrag über „Leichtbauwerkstoffe in automobilen strukturellen Anwendungen – welchen Platz wird Stahl einnehmen?“ einging. Plath: „Intensiv zum Einsatz kommen warmumgeformte Stähle, tailored-rolled blanks, geometrischer Leichtbau sowie thermoplastischer Schaumspritzguss. Diese Technologien rollen wir jetzt über alle Modelle des Volkswagen-Konzerns aus.“

Die Leichtbauziele von VW für die nächsten Jahre stehen fest:

Das Karosseriegewicht jedes neuen Fahrzeuges soll im Vergleich zum Vorgänger um 50 kg sinken. Stahlleichtbau senkte die Masse der Karosserie des Golf 7 um rd. 23 kg. Dabei spielen die Stähle eine wichtige Rolle: Jeder fünfte ein warmumgeformter und jeder Zehnte ein höchstfester Stahl. Werkstoffexperte Plath: „Wir werden künftig mehr Hochleistungsstähle und -werkstoffe in der Karosserie einsetzen. Steigen wird unter anderem der Anteil an warmumgeformten Stählen, Dualphasenstählen und neu zu entwickelnden Stählen.“

Doch die Stahlindustrie sollte sich nicht zurücklehnen, auch Volkswagen nimmt für die Großserie intensiv alternative Werkstoffe unter die Lupe: In Düsseldorf demonstrierte der Werkstoffexperte das Engagement anhand von drei Videos zum Einsatz von GFK, CFK und Organoblechen im VW-Karosseriebau, ohne die sich – so die klare Botschaft aus Wolfsburg – die Leichtbauziele nicht umsetzen lassen.

„Das sind ernsthafte Wettbewerber für den Werkstoff Stahl“, kommentierte Plath die Videos. Wie erfolgreich sie sich durchsetzen, hänge davon ab, wie die Stahlhersteller auf die Anforderungen von Automobilherstellern wie VW reagierten, die ja wegen des ab 2020 geforderten mittleren Flottenverbrauchs von 95 g CO₂/km unter Zugzwang stehen. Dazu müssten neue Leichtbauwerkstoffe spätestens 2016 bis 2017 großserienreif sein. Der Werkstoffexperte wünscht sich warmumgeformte Stähle mit deutlich höheren Festigkeiten, „bei denen wir auch schon Stähle mit Festigkeiten von 1900 MPa untersuchen“. Allerdings müsse auch der konventionelle Tiefziehstahl verbessert werden – etwa bei der Dehnrate, die mindestens 60 % betragen sollte.

„Wir brauchen außerdem für unsere Berechnungen und Simulationen genauere Daten“, erklärte Plath. „Uns interessiert, wie sich der Werkstoff im Umformprozess verfestigt. Lassen sich diese Erkenntnisse gleich für die Crashaus-

legung nutzen?“ Daher benötige VW frühzeitig Grundlagendaten, ohne die bei dem Automobilhersteller kein Interesse an neuen Werkstoffen bestehe. Als weiteres K.O.-Kriterium nannte er die globale Verfügbarkeit. „Wir müssen mit jeder Stahlentwicklung sicherstellen, dass die Produkte weltweit zur Verfügung stehen. Wir können nämlich nicht für jedes Land eine eigene Auslegung machen.“

Höherfeste Stähle im Kranbau

Ganz andere Stahlsorten kommen im Mobil- und Raupenkranbau zum Einsatz, in dem auch der Leichtbau eine wichtige Rolle spielt. „Wir starten bei 4 mm Bleckdicke und gehen hoch bis 100 mm“, berichtete Markus Kirschbaum, Schweißfachingenieur beim Liebherr-Werk Ehingen GmbH. „Bei der Festigkeit erreichen wir maximal 1300 MPa.“ Bei den 100 mm dicken Blechen kommt standardgemäß ein Feinkornbaustahl S960 zum Einsatz. Leichtbau lässt sich beispielsweise durch Einsatz von höherfesten Sorten wie dem S1300 erreichen, der mit einer Blechdicke von 30 mm auskommt und so das Gewicht um 26 % im Vergleich zum S960 senken kann. Für die Feinkornbaustähle spreche außerdem ihre gute Schweißbarkeit.

Doch es gibt auch Grenzen für den Einsatz höherfester Stähle. „Wir verwenden etwa bei Schmiede- und Gussteilen viele Werkstoffe, die von Stahlherstellern stammen und nicht genormt sind“, sagte der Schweißfachingenieur. „Die Standardwerkstoffe sind in der DIN EN 10025-6 geregelt, die allerdings nur Blechdicken bis 50 mm berücksichtigt. Nicht geregelt sind in der Norm S1100 und S1300.“ Daher gebe es auch Werkstoffe, deren Festigkeit je nach Stahlhersteller teilweise unterschiedlich ausfalle. Um aber bei der Kranonstruktion zu wissen, mit welchem Wert die Liebherr-Entwickler rechnen müssten, sei Kreativität gefragt. Kirschbaum: „Wir lösen das Problem mit haus-

„Wir werden künftig mehr Hochleistungsstähle und -werkstoffe in der Karosserie einsetzen“

VW-Werkstoffexperte Armin Plath

eigenen Spezifikationen, die eine entsprechende Abminderung der Dicke vorschreiben und definieren.“ Manchmal bedarf es halt nicht nur eines kreativen Metalurgen, sondern auch eines ideenreichen Stahlanwenders.

Nikolaus Fecht, Fachjournalist, Gelsenkirchen



Dr. Armin Plath, Leiter Werkstoffe und Fertigungsverfahren, Volkswagen AG: Neue Leichtbauwerkstoffe müssen spätestens 2016 bis 2017 großserienreif sein



Markus Kirschbaum, Liebherr-Werk Ehingen: Einsatz hochfester Feinkornbaustähle im Mobilkranbau