

Bild 1. Prüfeindrücke werden automatisiert und hochgenau dreidimensional vermessen. Im Anschluss werden mechanische Eigenschaften wie Zugfestigkeit R_m , Dehngrenze $R_{p0,2}$ und das Verfestigungsverhalten mithilfe von FEM (Finite-Elemente-Methode)-Lösungen identifiziert. Spannungs-Dehnungs-Kurven liegen nach circa einer Minute vor.



Prüfung nach DIN SPEC 4864 als wirtschaftliche alternative Methode nutzen – Teil 1

Schnelle und zerstörungsarme Alternative zum Zugversuch

Benjamin Schmaling, Bochum

Der Zugversuch ist ein zeit- und kostenintensives Prüfverfahren zur Ermittlung mechanischer Eigenschaften. Aufgrund der aufwendigen Probenherstellung und der geringen Flexibilität des Verfahrens, beispielsweise bei kleinen Proben, werden in der betrieblichen Praxis häufig Härteprüfungen durchgeführt, um die gewünschten mechanischen Eigenschaften zumindest näherungsweise zu bestimmen. Die Umwertung von Härtewerten in Zugfestigkeiten nach DIN EN ISO 18265 wird in diesem Zusammenhang häufig angewendet – was allerdings nur für wenige Werkstoffgruppen, mit eingeschränkter Genauigkeit und nur für den Kennwert der Zugfestigkeit, möglich ist.

Ein neues Prüfverfahren nach DIN SPEC 4864 bietet entscheidende Verbesserungen auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung, sodass eine Vielzahl an Stahl-, Aluminium-, Nickel-, Titan- und Kupferwerkstoffen nunmehr genau und umfangreicher auf mechanische Eigenschaften vergleichbar zum Zugversuch geprüft werden können. Vielfältige Anwendungen und Nutzen sind hierdurch unter anderem für die Qualitätssicherung und Produktionsoptimierung möglich.

Die „DIN SPEC 4864“ (Veröffentlichung im Mai 2019, Beuth Verlag) wurde in

Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) Berlin, dem Materialprüfungsamt NRW, der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig und Industriepartnern erstellt. Das der Norm zugrunde liegende Verfahren (Eindruckverfahren) basiert auf hochgenauen 3D-Messungen von Prüfeindrücken und Finite-Elemente Simulationen, **Bild 1**.

Die Geometrien von Simulation und realem Prüfeindruck werden automatisiert in präzise Übereinstimmung gebracht, worauf die Werkstoffeigenschaften aus der Simulation entnommen werden können. Trotz umfangreicher Theorie vollzieht sich das sekundenschnelle Verfahren vollautomatisch, ohne notwendige Fachkenntnisse für den Anwender. Es sind lediglich Grundkenntnisse in der Werkstoffprüfung vergleichbar zur Härteprüfung erforderlich.

Im Vergleich: Zugversuch, Härteprüfung und Eindruckverfahren

Ein deutlicher Nutzen des Eindruckverfahrens nach DIN SPEC 4864 liegt in der schnellen und kostengünstigen Bestimmung mechanischer Eigenschaften. Das

Eindruckverfahren kann in diesem Zusammenhang mit den gängigen Härteprüfverfahren und dem Zugversuch verglichen werden. Gegenüber der Umwertung von Härte- in Zugfestigkeitswerte für ausgewählte Werkstoffe (DIN EN ISO 18265) können neben der Zugfestigkeit auch die Dehngrenze und das Verfestigungsverhalten als Vergleichskennwerte ermittelt werden, wodurch eine höhere Aussagekraft entsteht. Weiterhin ist die Bestimmung für eine höhere Anzahl an Werkstoffgruppen und mit höherer Präzision gegenüber dem bisherigen Normenwerk möglich. Im Vergleich mit dem Zugversuch ergibt sich der Vorteil, dass mechanische Eigenschaften punktgenau und zerstörungsarm bestimmt werden können.

Bei betriebsinterner Anwendung der DIN SPEC 4864 kann im Vergleich zur Durchführung von Zugversuchen ein ausgeprägter Material-, Maschinen- und Personalaufwand vermieden werden. Gegenüber der externen Durchführung durch ein Prüflabor können lange Wartezeiten entfallen. Das Eindruckverfahren lässt sich auch auf kleine und dünne Bauteile bis hin zu Schichten anwenden. Ein ausführlicher Vergleich aller Verfahren ist in der **Tabelle 1** dargestellt.

Mechanische Eigenschaften im Automobilbau an einem Beispiel

Typische Anwendungen des Verfahrens liegen in der Qualitätssicherung, der Warenein- und -ausgangsprüfung sowie bei Zwischenprüfungen. Die Tests werden prozessnah als echte Bauteilprüfungen, 100 %

Autor

Dr.-Ing. **Benjamin Schmaling**, Jahrgang 1980, studierte Maschinenbau an der TU Dortmund, der San Diego State University und der Ruhr-Universität Bochum (RUB). Er promovierte 2012 auf dem Gebiet der Ermittlung von Werkstoffeigenschaften durch Eindringversuche am Institut ICAMS (Interdisciplinary Centre For Advanced Materials Simulation) der RUB. Im Anschluss daran war er am Fachgebiet Werkstoffprüftechnik der TU Dortmund tätig. Seit 2014 ist er Gründer und Inhaber der Firma Imprintec – Material Testing Solutions.

Tabelle 1. Vergleich von Härteprüfung, Zugversuch und Eindruckverfahren (DIN SPEC 4864).

Verfahren	Härteprüfung (u. a. DIN 6506-1) mit Umrechnung Härte in Zugfestigkeit (DIN EN ISO 18265)	Eindruckverfahren (DIN SPEC 4864)	Zugversuch (u.a. DIN EN ISO 6892-1)
Ergebnisse des Verfahrens	Härtewert und Zugfestigkeit R_m durch Umwertung (für ausgewählte Werkstoffe)	Härtewert, $R'_{p0,2}$, R'_m , Fließkurve, Duktilität (qualitativ), Anisotropie	$R_{p0,2}$, R_m , Fließkurve, E-Modul, Bruchdehnung
Probenvorbereitung	Keine oder geringe (z.B. Schleifen) notwendig (je nach bestehender Oberflächengüte)	Keine oder geringe (z.B. Schleifen) notwendig (je nach bestehender Oberflächengüte)	Genau spezifizierte Zugprobe ist mehrschrittig zu fertigen
Automatisierbarkeit	Probenvorbereitung und Durchführung gut automatisierbar	Probenvorbereitung und Durchführung gut automatisierbar	Probenvorbereitung schwierig und Durchführung ausreichend automatisierbar
Punktgenaue Prüfung	Möglich	Möglich	Nicht möglich
Bauteil- und 100-Prüfung	Möglich	Möglich	Nicht oder eingeschränkt möglich
Zerstörung des Bauteils/ der Probe	Zerstörungsarm	Zerstörungsarm	Zerstörend
Integrale Aussage über die Probe	Teilweise möglich	Teilweise möglich	Möglich
Digitalisierung und Möglichkeit zur Datennutzung (z.B. Big-Data-Analysen)	Gut	Gut	Schwieriger, da Datenpunkte aufwendig zu erzeugen sind



Bild 2. Rollenherdofen mit „Thermischem Printer“ zur Wärmebehandlung von Karosserieteilen.

Bild: Werkstattbild schwartz

Prüfungen sowie auch als In-Prozess-Prüfungen (Inline) durchgeführt.

Verschiedene Härten durch Thermisches Printen

Mit der von der Firma schwartz aus Simmerath* umgesetzten und eingeführten Technologie des „Thermischen Printens“, **Bild 2**, können auf einem Stahlblech zwei oder mehr unterschiedliche Temperaturbereiche erzeugt werden. Diese verschiedenen Bereiche erfahren eine gezielte, lokal begrenzte Wärmebehandlung und damit einen lokal geänderten Zeit-Temperatur-Verlauf. Dadurch lassen sich neben den harten martensitischen Bereichen, die über das konventionelle Presshärten abgedeckt werden, auch weiche Bereiche einstellen. Die innovative Technologie gestattet so extrem schmale Übergänge zwischen den verschiedenen Härten, je nach individueller Anforderung. Die beim anschließenden Verpressen der Platinen entstehenden

unterschiedlichen Härtebereiche eröffnen somit der Automobil- und Zulieferindustrie neue Möglichkeiten der Fertigung sicherheitsrelevanter Karosserieteile.

Mithilfe des thermischen Printersystems lassen sich deutlich leichtere Karosserien herstellen, sodass Fahrzeuge kraftstoffsparender und umweltschonender gestaltet werden können. „Mit dem Verfahren nach DIN SPEC 4864 konnten die erreichten unterschiedlichen Härtewerte in den warmumgeformten Bauteilen nachgewiesen werden. Somit hat sich das Verfahren im Bereich der Warmumformung von sicherheitsrelevanten Karosserieteilen bewährt“ – so lautet ein Statement eines Kunden der Firma schwartz.

Weitere Anwendungen

Neben der Prüfung gradiertter Bauteile liegen weitere Anwendungen beispielsweise in der Ermittlung von Fließkurven für die FEM-Berechnung oder der Bestimmung



Bild 3. Die Prüfmaschine „I3dTest“ eignet sich zur Durchführung des Eindruckverfahrens nach DIN SPEC 4864.

Bild (2): Imprintec

lokaler (punktgenauer) Eigenschaften von kleinen und großen Bauteilen sowie dünnen Schichten ab wenigen 10 μm . Im Labor kann das Verfahren zur Bestimmung von lokalen Bauteileigenschaften genutzt werden. Dies dient beispielsweise zur Optimierung von Fertigungs- und Wärmebehandlungsprozessen.

Bild 3 zeigt die Prüfmaschine der Firma Imprintec, welche individuell nach Kundenwunsch konfiguriert werden kann. Neben dem Eindruckverfahren lassen sich auch konventionelle und normgerechte Härteprüfungen nach Vickers, Brinell und Rockwell in die gleiche Maschine integrieren. Weiterhin können bestehende Härteprüfsysteme und Inline-Prüfsysteme oftmals durch ein Upgrade aufgerüstet werden.

* schwartz GmbH, 52152 Simmerath (<https://schwartz-wba.com/>)

Teil 2 des Aufsatzes erscheint voraussichtlich in VDI-Z 161 (2019), Nr. 6.