

NORMGERECHTE PRÜFUNG VON HOCHFESTEN STÄHLEN

# Den Charakter des Materials bestimmen

Hochfeste Stähle sind unter anderem nach ISO 12004 zu prüfen. Notwendig sind dafür Prüfmaschinen mit ausreichenden Blechhaltekräften sowie ein optisch und berührungslos messendes Auswertesystem. Die Systeme mit integrierten Funktionen wie Niederhalten, Stanzen, Ziehen und Auswerfen erlauben eine hohe Reproduzierbarkeit sowie ein schnelles und einfaches Austauschen von Werkzeugen.

Die steigende Nachfrage der Industrie nach Materialien mit erhöhter Zugfestigkeit und Dehnung hat zur Entwicklung hoch- und höchstfester Stahlwerkstoffe geführt. Das daraus resultierende niedrige Formänderungsvermögen hochfester, unlegierter AHS-Stähle (Advanced High-Strength Steel) stellt Umformtechnik und Prozessführung vor neue Herausforderungen. Das gilt auch für die Materialcharakterisierung durch Prüfmaschinen in der Qualitätssicherung.

Bei diesen Messungen kommt der Bestimmung der Grenzformänderungskurve FLC (Forming Limit Curve) eine besondere Bedeutung zu. Sie wird benötigt, um Verformungen, von der Einschnürung bis zum Bruch, mit vorliegenden Struktur- und Formänderungen an realen Bauteilen vergleichen und bewerten zu können. Grundlage der Messdaten für die FLC sind sowohl mechanische Prüfungen als auch optische Auswertungen. Welche Anforderungen muss eine Umform-Prüfmaschine erfüllen?

### Hohe Verfestigungsrate

Tiefziehen zählt zu den bedeutendsten Blechumformverfahren. Klassisches Beispiel sind Karosserieteile. Beim Tiefziehen mit starren Werkzeugen wird die Kraft einer Presse genutzt, um ein rundes, zugeschnittenes Blech (Ronde) über einen Stempel in den eigentlichen Umformbereich zu leiten. Dabei führen unterschied-

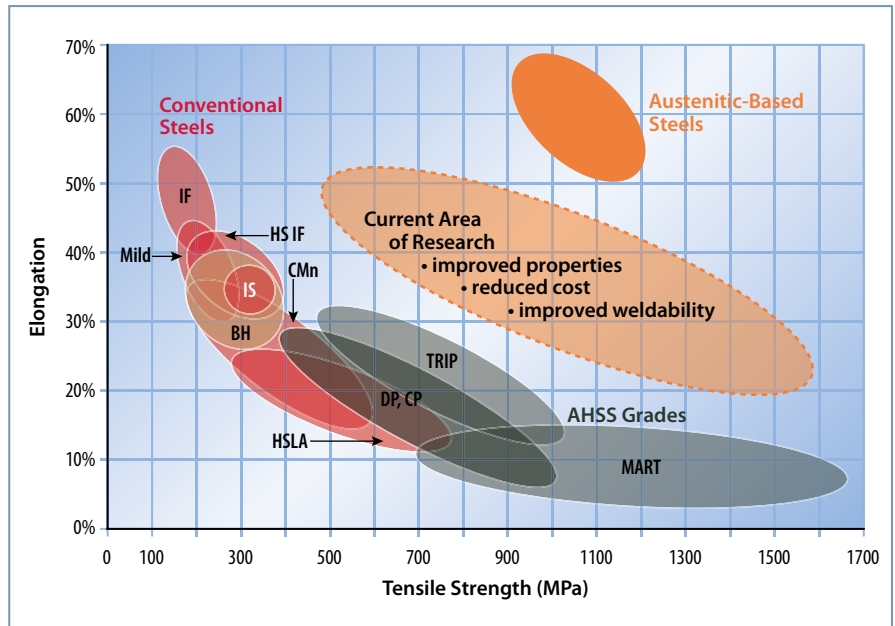


Bild 1. Die Umformbarkeit unterschiedlicher Stahlqualitäten basiert auf Stärke und Dehnung. (Quelle: WorldAutoSteel)

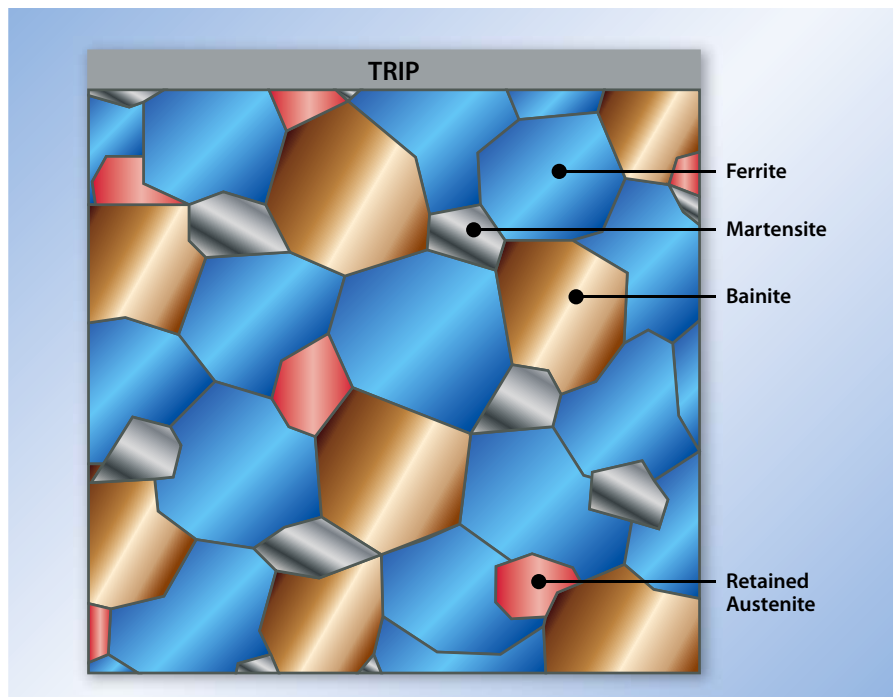


Bild 2. Mikrostruktur von Transformation-Induced-Plasticity (TRIP)-Stahl. (Quelle: WorldAutoSteel, www.worldautosteel.org)

© 2015 Carl Hanser Verlag, München www.qz-online.de Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern

© QZ – Qualität und Zuverlässigkeit

© QZ – Qualität und Zuverlässigkeit

liche Effekte zu Änderungen in der Festigkeit. Eine Grafik der Automotive-Gruppe der World Steel Association, in der die Zugfestigkeit gegen die Dehnung aufgetragen ist, zeigt, dass TRIP-Stähle (TRansformation Induced Plasticity) sehr gute und zugleich ausgewogene Eigenschaften aufweisen.

Während der Verformung führt laut WorldAutoSteel die Verteilung in der zweiten Phase in weichem Ferrit zu einer hohen Verfestigungsrate, die auch bei Dualphasenstählen (DP-Stähle) festzustellen ist. Bei den TRIP-Stählen wandelt sich aber der erhaltene Austenit (eine duktile Hochtemperaturphase des Eisens) bei zunehmender Dehnung auch schrittweise in Martensit (eine zähe Ungleichgewichtsphase). Das führt bei steigenden Dehnungen zu einer verbesserten Verfestigungsrate. Diese einzigartige Eigenschaft liefert eine höhere Umformbarkeit, die beispielsweise in der Automobilindustrie die Fertigung von Teilen aus TRIP-Stählen mit einer komplexeren Geometrie als bisher erlaubt.

Eine typische Kenngröße für die Tiefziehbarkeit einer bestimmten Blechsorte ist der LDR-Parameter (Limiting Drawing Ratio). Er gibt das maximale Verhältnis von Rondend- zu Stempeldurchmesser an, bei dem sich eine Ronde tiefziehen lässt, ohne zu reißen. Ein Bruch folgt meist durch eine zu geringe Wandstärke infolge der Zugspannung in Längsrichtung. Der Zusammenhang zwischen dem plastischen Dehnungsverhältnis des Materials von Breiten- zu Dickenrichtung in einem uniaxialen Zugversuch wird als  $r$ -Wert bezeichnet. Er ist daher ein Maß für die Anisotropie (Richtungsabhängigkeit) bei der plastischen Verformung und somit eine wesentliche Vorgabe zur Ermittlung der Tiefziehbarkeit. Prüfverfahren in der Blechumformung bei hochfesten Stahlwerkstoffen sind unter anderem Tiefungsversuche nach Erichsen (DIN EN ISO 20482), Näpfcchenziehversuche (DIN EN 1669) und Lochaufweitungversuche (ISO 16630).

Der Tiefungsversuch nach Erichsen ist eine Verformbarkeitsprüfung zum Auswerten der plastischen Verformbarkeit von Blech und Bändern beim Streckformen. Hierzu wird eine Kalotte in einen zwischen einem Blechhalter und einem Stempel eingespannten Blechzuschnitt gedrückt, bis ein Durchgangsriss entsteht. Anschließend erfolgt die Messung der Eindringtiefe.

Der Näpfcchenziehversuch ist ein mechanisches Prüfverfahren zur Charakterisierung der beschriebenen Tiefziehbarkeit und Dehnungsverhältnisse eines Materials. Hierbei werden Blechrunde unter Verwendung einer klassischen Werkzeuggeometrie zu Näpfcchen tiefgezogen.

Eine dritte Prüfung ist der Lochaufweitungversuch. Er wird zur Charakterisierung des Kantenrissbildungswiderstands von Stählen und zunehmend auch zur Quantifizierung des Widerstands eingesetzt. Zu den Herausforderungen einer objektiven Auswertung des Kantenrisswiderstands von AHS-Stählen gehören nicht nur Schwankungen der Materialeigenschaften, sondern auch Variationen in den Prüfprozessen. Diese werden durch unterschiedliche Prüfverfahren, die Einrichtungsbedingungen, die Prüfgeräte selbst oder durch Bedienerinflüsse verursacht.

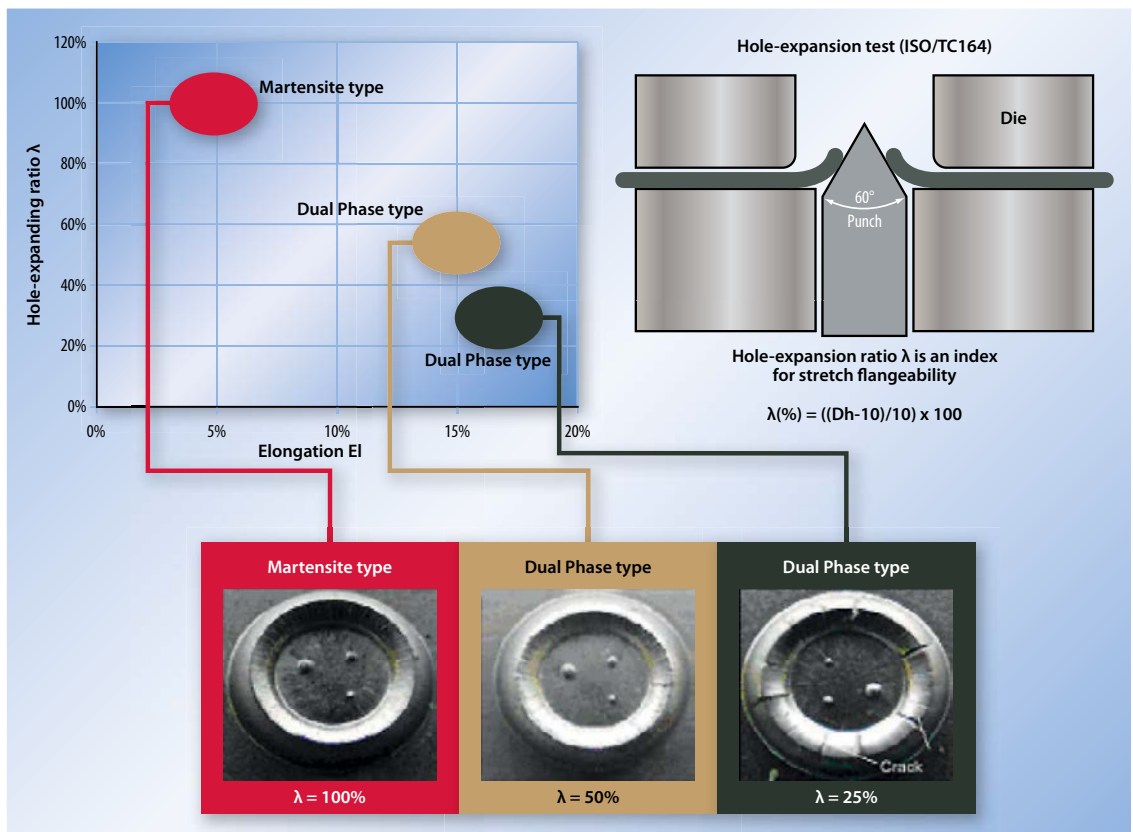
### Hohe Reproduzierbarkeit

Hoch- und höchstfeste Stahlwerkstoffe haben bereits dazu geführt, dass der Kraftbereich der Prüfmaschinen zum Tiefziehen nach oben erweitert werden musste. Die Forderungen der Blechhersteller betreffen aber auch ein einfaches und schnelles Austauschen von Werkzeugen für verschiedene Versuche sowie integrierte Funktionen wie Niederhalten, Stanzen, Ziehen und Auswerfen.

Wie eine effiziente Prüflösung aussehen kann, die sowohl hohe Kräfte bis 1000 kN als auch integrierte Funktionen sowie ein Höchstmaß an Flexibilität beinhaltet, zeigt Zwick mit der Blechumformmaschine BUP 1000. Sie wird unter anderem bei Audi in Ingolstadt eingesetzt, um die Qualität der Bleche vor einer weiteren Verarbeitung zu prüfen. Die Blechumformmaschine genügt den Anforderungen der ISO 12004, das heißt, sie charakterisiert Tiefzugkräfte bis 1000 kN mit einem Durchmesser des Tiefziehstempels von 100 mm.

Bei der Entwicklung wurde zusätzlich auf eine geringe Reibung zwischen Kolben und Zylinder geachtet, um eine hohe Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Der maximale Verfahrweg des Tiefungskolbens dieser Prüfmaschine beträgt 150 mm, der maximale Durchmesser des Ziehstempels 120 mm. Kräfte und Stempelweg werden nicht nur gemessen, sondern die Daten bei Bedarf auch von der bei Zwick entwickelten Prüfsoftware testXpert II dargestellt und verwaltet. »

**Bild 3. Lochaufweitungsversuche werden häufig zur Auswertung des Kantenrisswiderstands eingesetzt. (Quelle: WorldAutoSteel)**



© QZ – Qualität und Zuverlässigkeit

Die Messwerte dienen auf Maschinenebene und darüber hinaus der Versuchsteuerung, zum Anfahren bestimmter Kraft- und Wegwerte, oder auch der Detektierung eines einsetzenden Versagens der Probe und dem gezielten Abbruch des Versuchs. Für den Näpfchenziehversuch ist beispielsweise ein hydraulischer Auswerfer in den Ziehstößel integriert. Das erleichtert die Handhabung und erhöht den Durchsatz im Routinebetrieb.

Zur optimalen Kraftbestimmung kann eine Messung in Verbindung mit einem

Kraftaufnehmer (Kraftmesszelle) auch als Funktion der Zeit oder des Stempelwegs direkt am Stempel erfolgen. Zur späteren Analyse durch die testXpert-Prüfsoftware von Zwick werden auch ausführliche Untersuchungen des Umformprozesses durch schnelle Datenerfassung der Tiefziehkraft, der Haltekraft und den Verfahrweg des Tiefziehstempels über die testControl-Elektronik unterstützt.

Vorteile für Blechhersteller und -verarbeiter bietet auch die neue Masterprüfvorschrift ‚Auswertesoftware für BUP‘.

Dazu gehören neben frei definierbaren Kurvendarstellungen die Berechnung der Tiefungsgeschwindigkeit aus der Kolbenwegänderung sowie die Steuerung von Dehnrate und Haltekraft. Hinzu kommen eine exzellente grafische Darstellung und Vergleiche mit bestehenden Einzelversuchen und Prüfserien. Für optische Prüfungen nach ISO 12004 ist neben einer Prüfmaschine zur Blechumformung ein entsprechendes Auswertesystem notwendig. Eine Möglichkeit zeigt das System Aramis von Gom, das speziell für die optische 3D-Verformungsanalyse entwickelt wurde – es misst berührungslos und materialunabhängig. Aramis eignet sich dank hoher Zeit- und Ortsauflösung hervorragend für die Bestimmung von Materialeigenschaften, die Bauteilanalyse, für die Verifizierung von Finite-Elemente-Berechnungen und für die Echtzeitsteuerung von Prüfmaschinen. □

**Dr. Peter Stipp, awikom gmbh**

► **Zwick GmbH & Co. KG**  
 T 07305 10-0  
 info@zwick.de  
 www.zwick.de

**QZ-Archiv**

Diesen Beitrag finden Sie online:  
[www.qz-online.de/970472](http://www.qz-online.de/970472)



**Bild 4. Blechumformprüfmaschine mit installiertem 3D-Verformungsanalysensystem (Foto: Zwick)**