

Fest, hart, präzise

DER TREND VOM VOLLMATERIAL HIN ZU HALBZEUGEN AUF PRÄZISIONSROHRBASIS IST UNGEBROCHEN. IMMER FESTEREN, AN LUFT AUSHÄRTENDEN WERKSTOFFEN GEHÖRT DIE ZUKUNFT. BBR STELLT HIERZU INTERESSANTE MATERIALVARIANTEN VOR.

KONTAKT

SALZGITTER
MANNESMANN
PRÄZISROHR

Wiesenstraße 36
45473 Mülheim/Ruhr
TEL _ 0208/458-1256
E-MAIL _ info@
smp-tubes.com
www.smp-tubes.com

Der Trend in der Automobil- und Werkzeugmaschinenindustrie von Vollmaterial hin zu Halbzeugen auf Präzisionsrohrbasis ist aufgrund verschärfter Umweltgesetzgebungen und erhöhter Sensibilität sowie gesteigerter Leistungserwartungen beim Verbraucher ungebrochen. Zur weiteren Reduzierung des Bauteilgewichtes werden die Präzisionsrohre aus immer höherfesten Werkstoffen hergestellt, die vor Jahren als Werkstoff für Kaltziehprozesse undenkbar waren. Gleichzeitig wird versucht, die Prozesskette beim Verarbeiter des Rohres zu verkürzen, indem bei ver-

schiedenen Einsatzgütern die Wärmebehandlung bereits in den Rohrherstellungsprozess integriert wird und der Kunde ein bereits vergütetes Rohr erhält. Besondere Potenziale bieten für solche Anwendungen lufthärtende Werkstoffe, die aufgrund ihrer Legierungszusammensetzung bereits bei der Abkühlung an Raumluft aushärten. Nachdem der MW700L als Lufthärterwerkstoff bei der Salzgitter Mannesmann Präzisionsrohr GmbH bereits lange etabliert ist und eine große Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten gefunden hat, ist es nun gelungen, das Werk-

stoffspektrum mit dem MW1000L um eine noch härteste Güte zu erweitern.

DIE POTENZIALE

Bei Härteprozessen ist die Temperaturführung ein wesentliches für das Prozessergebnis ausschlaggebendes Kriterium, da die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs durch die Aufheizung, Haltezeit und -dauer sowie die Abkühlkurve beeinflusst werden, wobei der Verlauf der Abkühlkurve eine wesentliche Einflussgröße für die Eigenschaften des Werkstoffes ist.

Das ist auch der Grund, warum Vergütungs- und Einsatzstähle im Allgemeinen nur in dafür vorgesehenen Vergütungsanlagen sinnvoll vergütet werden können.

Lufthärtende Werkstoffe dagegen können auch in normalen Wärmebehandlungsöfen wie z.B. Durchlauföfen vergütet werden, die üblicherweise für langsame Aufheiz- und Abkühlkurven zum Normalisieren oder Anlassen genutzt werden. Somit erhält der Weiterverarbeiter ein Präzisionsrohr mit einem Vergütungsgefüge und hoher mechanischer Festigkeit, während er bei Einsatz- oder Vergütungsstählen lediglich ein normalisiertes Rohr erhalten würde (Bild 1).

Ein weiterer wesentlicher positiver Aspekt der Eigenschaften von Lufthärterwerkstoffen ist ihre Unempfindlichkeit gegenüber einer mechanischen Entfestigung infolge von Wärmebeeinflussung. Dies kann im Wesentlichen durch Schweißprozesse hervorgerufen werden, um z.B. an dreiteiligen Antriebswellen Zapfen oder an Kardanwellen Wuchtbleche anzuschweißen. Vergütungsstähle würden in diesen Bereichen durch Anlasseeffekte entfestigt und es würde sich eine Schwachstelle im Bauteil ausbilden. Lufthärterwerkstoffe härten in den Schweißbereichen direkt mit der Abkühlung an Luft wieder aus und erfahren somit keinen Festigkeitsverlust.

Der MW700L wird bereits in vielen Anwendungen der Automobiltechnik eingesetzt. Dies sind zum Beispiel Antriebswellen oder Airbagbehälter (Bild 1). Dabei bringen neben dem Vergütungsgefüge und der Unempfindlichkeit gegenüber Wärmebeeinflussung das günstige Verhältnis von mechanischer Festigkeit und Dehnfähigkeit dem Werkstoff große Vorteile. Darüber hinaus ist das Legierungskonzept des Werkstoffes so gewählt, dass teure Legierungselemente wie z.B. Molybdän, Nickel oder

Vanadium nur in geringen Mengen zulegiert werden, um so das Rohr auch preislich attraktiv zu gestalten.

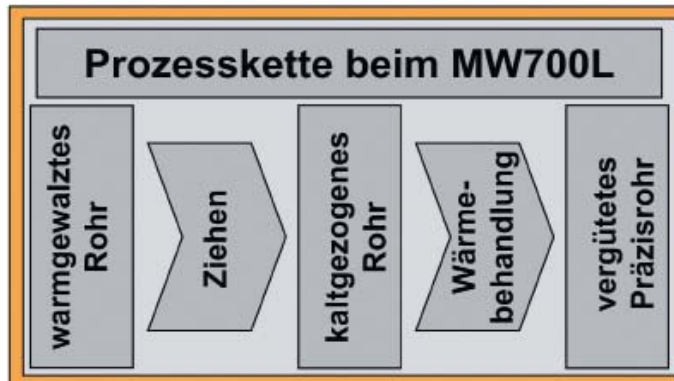
LEICHTBAUWERKSTOFFE

Die Nachfrage nach noch höheren mechanischen Festigkeitswerten zur Umsetzung zusätzlicher Leichtbaukonzepte führte zu der Entwicklung des MW1000L. Auch hier wurden teure Legierungselemente so sparsam wie möglich eingesetzt. Durch das große Erfahrungswissen und eine kontinuierliche Prozessentwicklung ist es gelungen, diesen Werkstoff auch als kaltgezogenes nahtloses Rohr darzustellen. Dies ist aufgrund der hohen mechanischen Grundfestigkeit und der reduzierten Zähigkeit des Werkstoffes ein sehr sensibler Prozess, da es durch die hohen Zugkräfte bei der Umformung und das verringerte Zähigkeitsverhalten des Werkstoffes schnell zu einem Abreißen der Ziehangel und so zu einem Abbruch des Prozesses kommen kann.

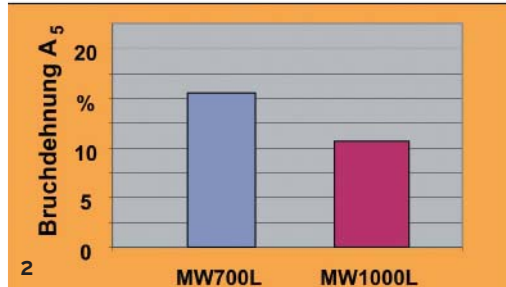
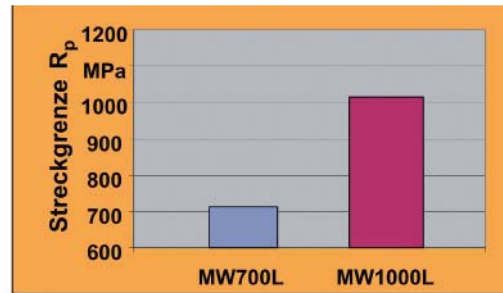
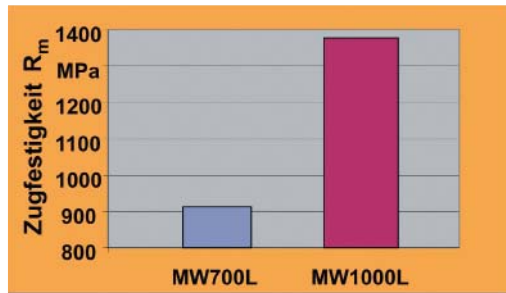
In seinen mechanischen Eigenschaften liegt der MW1000L in Festigkeitsbereichen, die noch einmal rund 50% höher sind als beim MW700L. Die Einbußen im Bereich der Bruchdehnung halten sich dabei in Grenzen. Trotz sehr hoher Festigkeit bewegt sich die Bruchdehnung noch immer im zweistelligen Prozentbereich (Bild 2). Durch die Wahl verschiedener Anlasstemperaturen ist dabei noch eine Feineinstellung der mechanischen Eigenschaften möglich.

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

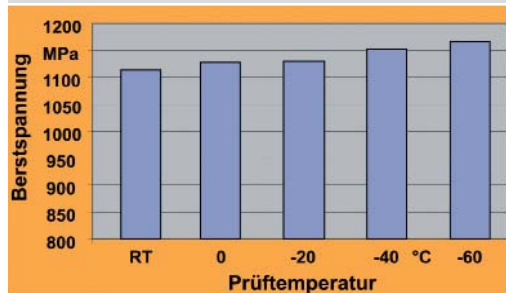
Zur Überprüfung der Eigenschaften von Rohren aus neuartigen Werkstoffen werden üblicherweise Verfahren eingesetzt, welche die wesentlichen Eigenschaften von Rohren repräsentieren. Für das statische Verhalten von →



1_ Prozesskette und Anwendungsbeispiele des MW700L



2 _ Mechanische Eigenschaften lufthärtender Werkstoffe 3 _ Berstverhalten des MW1000L



3

Rohren wird der einachsige Zugversuch eingesetzt, dessen Ergebnis bereits in Bild 2 dargestellt wurde.

GEOMETRISCHE EIGENSCHAFTEN

Eine weitere Gruppe von Anwendungsfällen von Rohren stellt die geometrischen Eigenschaften des Rohres in den Vordergrund und beinhaltet alle Funktionen, die sich mit dem Leiten und Aufnehmen von Gasen oder Flüssigkeiten befassen. Dies können sowohl

Einspritzleitungen für Verbrennungsmotoren sein, aber auch Behälterrohre für Stoßdämpfer oder Airbags.

Zur Überprüfung der Eignung auf eine Druckbeaufschlagung werden in der Regel Berstversuche durchgeführt. Diese finden auf unterschiedlichen Temperaturniveaus statt, um festzustellen, bei welchen Temperaturen der Werkstoff seine duktilen Eigenschaften im Rissbereich verliert und zum Spröbruch übergeht. Dies ist insbesondere für Airbagbehälter interessant, da ein

sprödes Bruchverhalten des Airbags im Einsatzfall zu einer erheblichen Gefährdung der Insassen eines Autos führen kann.

BERSTVERHALTEN

Bild 3 zeigt den Berstdruck und das Rissverhalten des MW1000L. Aufgrund der höheren mechanischen Eigenschaften platzt das Rohr aus dem MW1000L erwartungsgemäß erst bei einem höheren Innendruck als das Rohr aus MW700L. Der Berstdruck

nimmt mit abnehmender Temperatur zu, was eine Folge der Festigkeitsabhängigkeit des Materials von der Temperatur ist. Steigende Temperaturen führen zu mechanischer Entfestigung und so zu geringeren Festigkeitswerten und analog dazu hier zu geringeren Berstdrücken.

BEI MINUS 60 GRAD CELSIUS

Erstaunlich ist aber gleichzeitig, dass trotz höherer Festigkeit das Berstverhalten des Werkstoffes bis hin zu einer Temperatur von $T = -60^\circ\text{C}$ duktil bleibt. Hierbei ist zu erkennen, dass der Riss duktil als Scherbruch beginnt, jedoch zum Ende des Spaltes schließlich spröde ausläuft. Dies zeigt, dass der MW1000L als Werkstoff für Airbags geeignet erscheint. Darüber hinaus bietet die höhere Festigkeit des Materials das Potenzial, den Airbagbehälter dünnwandiger und damit leichter auszuführen. Zusätzlich führt eine solche Verringerung der Wanddicke zu einer weiteren Verbesserung des Berstverhaltens des Bauteils.

DYNAMISCH BELASTBAR?

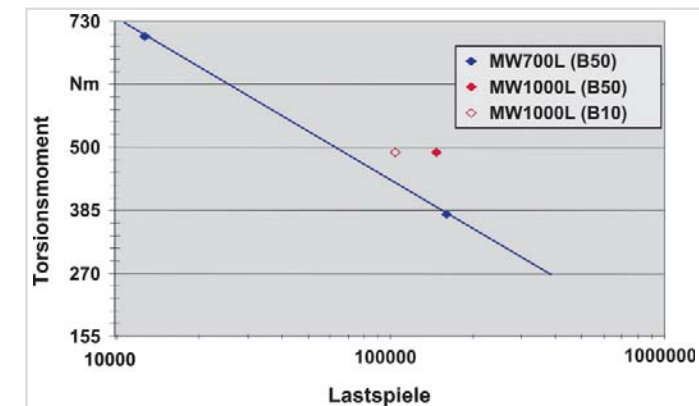
Der dritte wesentliche Anwendungsfall derartiger Produkte stellt die Übertragung von Drehmomenten durch Rohrwellen dar. Dies sind im Wesentlichen Antriebswellen, wie Kardanwellen oder Halbwellen, aber auch Rohre für Lenkgestänge. Insbesondere die Antriebswellen sind einer hohen dynamischen Belastung durch den Fahrbetrieb unterworfen. In diesem Zusammenhang gilt grundsätzlich, dass eine Erhöhung der mechanischen Festigkeit des Werkstoffes auch eine Erhöhung in der Wechsellastfestigkeit bedeutet. Jedoch nimmt zum einen die Kerbempfindlichkeit des Materials mit zunehmender Festig-

keit zu und zum anderen kann ein Teil des Festigkeitszuwachses durch das Einbringen von Eigenspannungen beim Richten wieder aufgezehrt werden. Um demnach Gewicht durch Festigkeitserhöhung zu sparen, sind sensible Prozesse notwendig, um den Zugewinn an günstigen mechanischen Eigenschaften nicht gleich wieder zu verlieren. Daher ist ein vertieftes Prozess-Know-How notwendig, um diese Prozesse robust zu beherrschen. Beim Vergleich der beiden lufthärtenden Werkstoffe wird deutlich, dass bei gleicher Prozesskette der MW1000L aufgrund seiner höheren mechanischen Eigenschaften eine höhere Lebensdauer als der MW700L erzielt (Bild 4). Dies

entwicklung der Fertigungsprozesse entlang der Prozesskette zur Herstellung von Präzisionsrohren ist es gelungen, einen Werkstoff als nahtloses kaltgezogenes Rohr darzustellen in Festigkeitsbereichen, wie sie für Präzisionsrohre bisher als nicht erreichbar galten.

ZUSAMMENFASSUNG

Der hier vorgestellte lufthärtende Werkstoff MW1000L erreicht Streckgrenzen von mehr als 1.000 MPa bei geometrischen Toleranzen, wie diese für gezogene Rohre üblich sind. Erste Untersuchungen in der Anwendung des Werkstoffes zeigen das Potenzial, Leichtbaubestrebungen in der Automobil- und Werkzeugmaschi-



4 _ Lebensdauerverhalten lufthärtender Werkstoffe im Torsionswechsellasttest

gilt sowohl für die mittlere Lebensdauer B50 als auch für eine 10-%ige Ausfallwahrscheinlichkeit (B10). Das bedeutet, dass es durch geschickte Prozessführung gelungen ist, die Festigkeitssteigerung des Materials auch in eine Erhöhung der Lebensdauer umzusetzen. Dadurch steht dem Markt ein eng tolertes, kaltgezogenes Präzisionsrohr zur Verfügung, das aus einem höchstfesten, luftvergüteten Werkstoff für Leichtbauanwendungen hergestellt ist. Durch systematische Weiter-

nenindustrie zu begleiten und zu unterstützen. Dabei zeigte der Werkstoff sowohl unter statischer als auch unter dynamischer Belastung ein außerordentlich günstiges Eigenschaftsprofil.

Durch Weiterentwicklungen des Fertigungsprozesses und der Wärmebehandlung sind diese Eigenschaften noch speziell auf den jeweiligen Anwendungsfall individuell einstellbar. —

**DR.-ING. MICHAEL HAGEDORN
UND DIPL.-ING. HEIKO DODT**