

# Versprödete Sichtfenster gefährden den Bediener



TIMO WÜRZ UND HEINRICH MÖDDEN

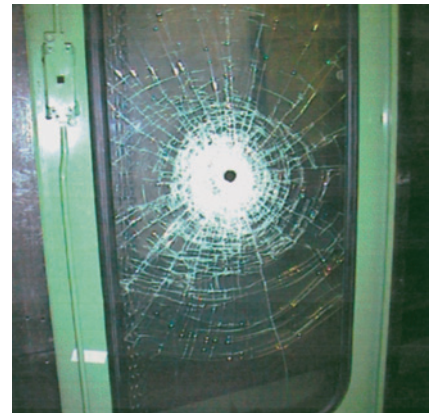
Auch wenn die Fertigung durch sicherheitstechnische Vorgaben mehr und mehr hinter geschlossenen Maschinentüren stattfindet, so bleibt die Prozessbeobachtung trotz zunehmender Automatisierung dennoch notwendig. Dabei hängt die Sicherheit des Bedieners entscheidend davon ab, dass die Sichtschutzfenster in den trennenden Schutzeinrichtungen nicht durch alterungsbedingte Versprödung geschädigt sind.

oder Reinigungsmitteln enthalten sind, zu berücksichtigen ist (Bilder 2, 3 und 4).

## Polycarbonat-Sichtscheiben stuft der VDW als Verschleißteile ein

Die Erkenntnisse fanden Eingang in die Ausgestaltung maschinenspezifischer C-Normen. Dabei werden beidseitig geschützte PC-Scheiben als sinnvollste technische Lösung für den Einsatz von Polycarbonat in Werkzeugmaschinen erachtet, um ein häufiges Austauschen von versprödeten Scheiben zu vermeiden (Bild 5). Denn es ließ sich nachweisen, dass rundum geschützte Polycarbonat-Scheiben über einen Zeitraum von wenigstens zehn Jahren ohne Verlust an Rückhaltefähigkeit eingesetzt werden können (Bild 6).

Da Polycarbonat-Sichtscheiben durch Umgebungseinflüsse ihre Rückhaltefähigkeit verlieren können, stuft sie der VDW als Verschleißteile ein. Von den Herstellern der PC-Sichtscheiben wird deshalb er-



■ **Projektilwirkung:** Durchdringen von Verbundsicherheitsglas durch wegfliegende Teile; Bild: IWF

wartet, dass sie auf Basis der vorliegenden Erkenntnisse sicherheitsgerechte Einsatzdauern für ihre Produkte angeben.

## Hartbeschichtetes PC ist bei WKZM nicht alterungsbeständig

Untersuchungen des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitssicherheit (BIA) in St. Augustin ergaben, dass die bisher vorgestellten Beschichtungen keinen ausreichenden Schutz für die raue Einsatzumgebung an Werkzeugmaschinen bieten. Vielmehr legen gezielte Versuchsergebnisse eine Einstufung in das vormalig vorgeschlagene zweijährige Austauschinter- ►►

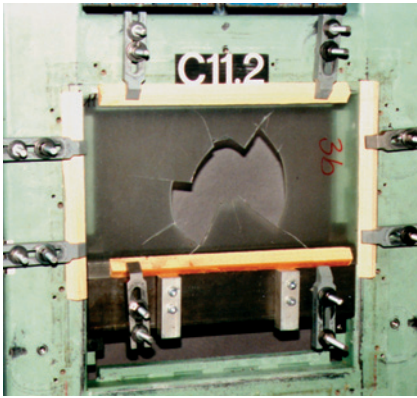
■ **Prozessbeobachtung ist trotz zunehmend automatisierter Fertigung nach wie vor unverzichtbar; Bild: Chiron**

■ Immer weiter steigende Bearbeitungsgeschwindigkeiten erhöhen das Gefährdungspotenzial bei der Prozessbeobachtung (Bild 1) infolge wegfliegender Teile. Daher hat der Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e. V. (VDW) bereits im Jahre 1997 ein Projekt »Gestaltung und Dimensionierung von trennenden Schutzeinrichtungen« gestartet, um den Stand der Technik übersichtlich zusammenzustellen und Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen und anschließend die Thematik im Normungsprozess zu vertreten [1].

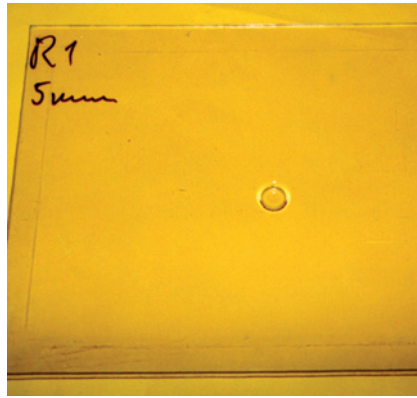
Sichtschutzfenster nehmen in den trennenden Schutzeinrichtungen eine zentrale Bedeutung für die Sicherheit des Bedieners ein. Polycarbonat hat sich als besonders geeignet im Vergleich zu anderen Scheibenwerkstoffen herausgestellt. Allerdings stellte man auch fest, dass die Alterung des Polycarbonats infolge aggressiver Medien, wie sie in Kühlschmierstoffen

### i VERBAND

Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e. V. (VDW),  
60325 Frankfurt,  
Tel. 0 69/7 56 08 10,  
Fax 0 69/75 60 81 11,  
www.vdw.de



3 Versprödete Polycarbonat-Scheibe nach einem Beschuss; Bild: BIA



4 Neuwertige Polycarbonat-Scheibe mit der gleichen Aufprallenergie getestet; Bild: BIA

»völlig nahe. Der Ergebnisbericht fasst die Versuche folgendermaßen zusammen [2]:

»Die Rückhaltefähigkeit neuwertiger und über mehrere Jahre hinweg in Bearbeitungszentren eingesetzter Polycarbonat-Scheiben wurde durch Beschussversuche mit einem 100-g-Projektile gemäß der Norm DIN EN 12417 ermittelt. Mit zunehmender betrieblicher Einsatzzeit verringerte sich die Rückhaltefähigkeit. Die Festigkeitsverluste betragen dabei für unbeschichtetes wie auch für hartbeschichtetes Polycarbonat rund 30 Prozent innerhalb von drei Jahren Verwendungsdauer.«

**Überwachung verringert die mechanischen Gefährdungen**

Die Durchschlagsicherheit der Polycarbonat-Scheiben kann durch eine sinnvolle Kombination aus mechanischer Rückhaltefähigkeit einerseits und elektronischer Werkzeugüberwachung (das heißt Auswertung der betreffenden Steuerungsdaten) andererseits verbessert werden. In Bild 7 ist die Situation für Bearbeitungszentren gezeigt. Verschiedenen Stahl- und Polycarbonat-Dicken sind die maximal zulässigen »fiktiven« Schnittgeschwindigkeiten für das 100-g-Normprojektile gegenübergestellt. Zum Vergleich sind die Beschussergebnisse für das 50-g-Projektile aus einem Projekt für die Arbeitssicherheit bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (»Argus«, [3]) mit angeführt.

Bei schnell laufenden Werkzeugspindeln wird der Versagensfall befürchtet, dass ein großes Werkzeug auf eine kritische Überdrehzahl beschleunigt wird und Bersten eintritt. So kann zum Beispiel bei »fiktiven« Schnittgeschwindigkeiten von mehr als 8000 m/min der Fall eintreten, dass selbst 12 mm starkes Polycarbonat nicht mehr genügend Rückhaltefähigkeit bietet, (reale Schnittgeschwindigkeiten erreichen 2000 bis 5500 m/min, etwa beim Fräsen von Aluminium oder Kupfer).

Statt noch größere Polycarbonat-Dicken vorzusehen, wie es die Norm DIN EN 12417 (BAZ) zunächst fordert, erscheint hier eine Werkzeugüberwachung wünschenswert, um die Dicke der PC-Scheiben sinnvoll zu begrenzen und trotzdem Durchschlagsicherheit zu erreichen. Die BAZ-Norm macht dazu eine bemerkenswerte Einschränkung, wie ein Auszug (Abschnitt 17.2) zur Dimensionierung der trennenden Schutzeinrichtungen und zur Werkzeugüberwachung aus [4] zeigt:

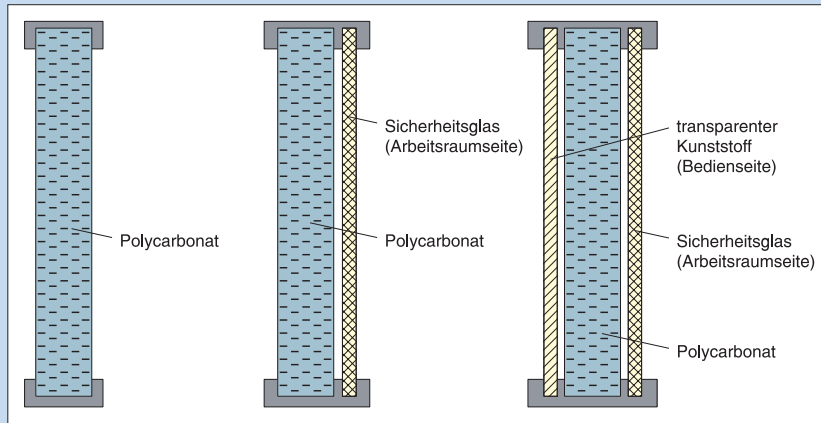
»Trennende Schutzeinrichtungen müssen die Energien von Teilen der Maschine

und/oder von Werkstücken, die vorhersehbar herausgeschleudert werden können, aufnehmen oder Personen vor diesen Teilen schützen (siehe Anhang A und EN 953:1997, 5.5 und 5.6). Die nach Anhang A berechnete Dicke der Werkstoffe für die trennende Schutzeinrichtung darf vermindert werden, wenn die größten Auswurfenergien durch Einsatz von Systemen, die das Werkzeug für die numerische Steuerung erkennbar machen und die Begrenzung der verwendeten Spindeldrehzahl ermöglichen, begrenzt sind.«

Ein Beispiel soll eine praktisch wichtige Grenze bei 3 mm Stahlblech, entsprechend circa 8 mm PC, aufzeigen (das heißt ein weit verbreiteter Stand der Technik für Bearbeitungszentren); aus Bild 7 ist dazu eine maximal zulässige Schnittgeschwindigkeit von  $V_c = 7000$  m/min ablesbar.

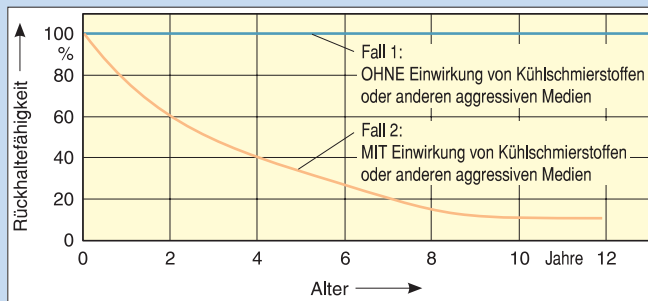
In einem Universal-BAZ befindet sich eine gängige Motorspindel mit  $12\,000\text{ min}^{-1}$  Maximaldrehzahl. Der maximal zulässige Werkzeugdurchmesser  $D_{max}$  errechnet sich nach Norm zu  $D_{max} = V_c / (\pi n_{max})$ ,  $D_{max} \approx 0,186$  m. Dementsprechend sollten hier alle Werkzeuge mit Normdurchmessern größer 160 mm überwacht werden, um Durchschlagsicherheit bei großen Werkzeugen zu gewährleisten, die irrtüm-

**AUFBAU VON POLYCARBONAT-SICHTSCHEIBEN**



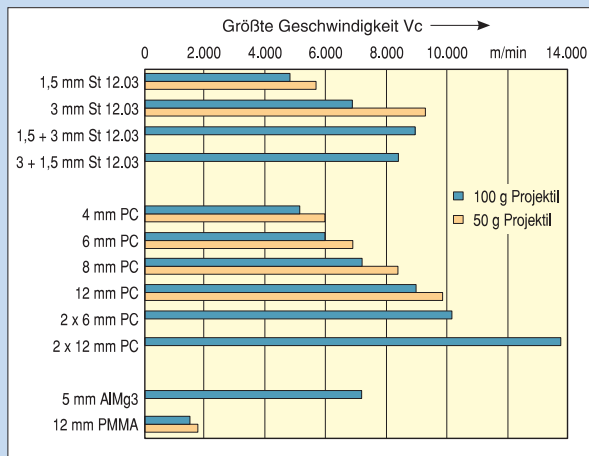
5 Drei Varianten von Sichtscheibenkonstruktionen bilden unterschiedlichen Schutz vor Einwirkung; Bild: BIA

**RUNDUMSCHUTZ ERHÖHT DIE ALTERUNGSBESTÄNDIGKEIT**



6 Rundum geschützte Polycarbonat-Scheiben weisen über einen Zeitraum von wenigstens zehn Jahren keinen Verlust an Rückhaltefähigkeit auf

SICHTSCHEIBEN UNTER BESCHUSS



7 Rückhaltefähigkeit trennender Schutzeinrichtungen für das 100-g-Normprojektil und das 50-g-Vergleichsprojektil

lich mit zu hohen Drehzahlen betrieben werden könnten. Werkzeuge mit geringeren Durchmessern brauchen in diesem Beispiel nicht überwacht zu werden, weil die mechanische Rückhaltefähigkeit auch bei Maximaldrehzahl ausreicht.

Mit sinnvoll gestaffelten Drehzahlintervallen und sicher ausgelegten Grenzwerten für die Überwachungsparameter ließe sich auf Basis einer sicheren Steuerung eine Werkzeugüberwachung erreichen, die das Versagen infolge Überdrehzahl ausschließt.

Der VDW und die deutsche Berufsgenossenschaft (BG) gehen gemeinsam vor, um alle Betroffenen von der Sicherheitslücke durch versprödete Sichtfenster zu informieren. Entsprechende Merkblätter sind von beiden Seiten verteilt worden, und in Deutschland dürften nahezu alle interessierten Kreise mittlerweile über das Alterungsproblem informiert sein.

VDW und BG haben von 1999 bis 2001 gemeinsam daran gearbeitet, auch in den europäischen Arbeitsgruppen des CEN/TC 143 ›Werkzeugmaschinen-sicherheit‹ ein Bewusstsein für die Versprödungsproblematik von Polycarbonat zu wecken. Entsprechende Vorgaben sind in die maschinenspezifischen C-Normen für Werkzeugmaschinen eingeflossen. Allerdings besteht bei ausländischen Werkzeugmaschinenbauern, die nach Deutschland importieren, immer noch großer Informationsbedarf. Wichtige internationale Gesprächspartner sind England, Frankreich und die USA. Keine Reaktionen liegen bisher aus Italien und Spanien vor.

LITERATUR

- 1 M. Ising: Gestaltung und Dimensionierung von trennenden Schutzeinrichtungen (Stand der Technik). VDW-Bericht 0209; Frankfurt, VDW, 1997
- 2 J. Bold: Gestaltung und Dimensionierung von trennenden Schutzeinrichtungen (Experimentelle Untersuchungen). VDW-Bericht 0209-1; Frankfurt, VDW, 1999
- 3 Dr. Mewes: Rückhaltefähigkeit von Polycarbonatscheiben nach betrieblichem Einsatz. Versuchsbericht BIA Nr.:1999 23452; Frankfurt, VDW, 1999
- 4 Günther Spur, Jörg Bold: Maschinenkapselungen für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung. Kassel, Institut für Arbeitswissenschaft, 1999
- 5 N.N.: Sicherheit von Werkzeugmaschinen – Bearbeitungszentren. DIN EN 12417; Berlin, Beuth-Verlag; 2001

**Dr.-Ing. Timo Würz ist Leiter des Bereiches Forschung und Technik im Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW);  
Dipl.-Ing. Heinrich Mödden ist zuständig für Richtlinien und Normung im Bereich Maschinensicherheit im VDW; h.moedden@vdw.de**