Trovidur: Festigkeit von Rohren und Platten, 1968
In: Trovidur Informationen, September 1968

Dynamit Nobel
September 1968
1
Trovidur®
Informationen

Über die Festigkeit von Trovidur Rohren und Platten bei Langzeit- und Wärmebeanspruchung

von Ing. Hans Pischke

Die Eigenschaften aller Werkstoffe sind mehr oder weniger von den Einflüssen ihrer Umwelt abhängig. Das Bruchverhalten eines Stahles bei arktischen Temperaturen, etwa bei − 50 °C, ist sehr verschieden von dem unter tropischen Bedingungen, etwa bei + 50 °C. Bei den Kunststoffen treten aber solche Unterschiede besonders deutlich hervor, und man kann sagen, daß die Eigenschaftsänderungen, die ein thermoplastischer Kunststoff — etwa PVC — zwischen 0 °C und 50 °C durchmacht, die gleichen sind, die ein Metall zwischen 0 °C und 500 °C erfährt. Es liegt im Wesen eines thermoplastischen, also wärmebildsamen Werkstoffes, daß seine Eigenschaften besonders abhängig sind von der Temperatur.

Die Wärme ist aber nur einer von vielen Umwelteinflüssen, die man kennen muß, wenn man einen Kunststoff sinnvoll und mit Nutzen verwenden will. Auch die Zeit, während der eine Belastung wirkt, ist beim Kunststoff von entscheidender Bedeutung. Bei Kurzzeit-Einwirkung von Kräften bzw. Spannungen kann der Thermoplast wesentlich mehr tragen als über lange Zeiträume.

Auch einen dritten Einfluß wollen wir hier erwähnen, der sich festigkeitsmindernd auf den Kunststoff auswirkt: die chemische Beanspruchung. Man muß dabei keineswegs nur an solche chemischen Agenzien denken, gegen die der Kunststoff unbeständig oder doch nur bedingt beständig ist. Selbst dann, wenn durch Lagerungsversuche eindeutig geklärt ist, daß der Werkstoff gegen ein bestimmtes Medium als „beständig" bezeichnet werden kann, wird nicht selten ein Festigkeitsabfall beobachtet, wenn chemische und mechanische Banspruchungen gleichzeitig wirken.

Dem Konstrukteur kann es also nicht genügen, wenn ihm der Material-Hersteller einen bestimmten Wert für die Zugfestigkeit eines thermoplastischen Halbzeuges nennt oder auch einen für die Biegefestigkeit oder einen für die anderen Festigkeitsarten. Nur die genaue Beschreibung, wie sich die Festigkeit mit der Temperatur u n d mit der Zeit — noch dazu bei Gegenwart eines bestimmten Mediums (sei es Luft, Wasser oder irgendein aggressiver Stoff) — ändert, gibt sichere Anhalte für die Berechnung und Dimensionierung einer Konstruktion aus thermoplastischem Halbzeug.

Diese Beschreibung muß bei den heute üblichen Thermoplasten einen Temperaturbereich zwischen etwa − 50 °C und + 120 °C umfassen. Sie sollte zeitlich auf mindestens 10 Jahre ausgedehnt werden, und sie müßte eine schier endlose Zahl von Agenzien berücksichtigen, gegen die der Werkstoff als beständig oder doch wenigstens bedingt beständig bekannt ist. Schon hier wird sichtbar, daß der für eine solche Charakterisierung des Werkstoffes erforderliche Prüfaufwand außerordentlich groß ist, und es nimmt nicht wunder, daß bis heute eine lükkenlose Beschreibung des Festigkeitsverhaltens der Werkstoffe und speziell der thermoplastischen Halbzeuge fehlt. Dabei muß man sich darüber klar sein, daß dieser Prüfaufwand für jeden einzelnen PVC-Typ gesondert getrieben werden muß, da selbst schon kleine Rezeptänderungen — sagen wir z. B. in Richtung auf Schlagzähigkeit — das Temperatur- und Zeitverhalten wesentlich beeinflussen können. Da es einen genormten PVC-Rohstoff, der nach genormten Verfahren unter Verwendung genormter Zuschläge zu genormten Halbzeugen verarbeitet wird, nicht gibt — und wohl auch nicht geben wird —, müßte also auch jeder einzelne Hersteller von Halbzeugen diesen Prüfaufwand für seine Produkte treiben, eine Forderung, die aus wirtschaftlichen Gründen sehr oft nicht erfüllbar sein dürfte.

Bis vor kurzem hat man sich damit begnügt, Festigkeitswerte, sog. Kennzahlen, zu ermitteln, die auf eine bestimmte, meist genormte Zeit und eine bestimmte Temperatur abgestellt waren. Sie haben große Bedeutung für den Vergleich verschiedener Chargen einer PVC-Type und damit für die innerbetriebliche Kontrolle der Qualität des Halbzeuges. Sie reichen aber nicht im geringsten aus, dem Konstrukteur Berechnungsgrundlage zu sein bei der Dimensionierung beanspruchter oder tragender Apparate, Rohrleitungen und Maschinen. Zwar hat er auch damit gerechnet; das Ergebnis seiner Berechnungen aber war doch kaum mehr als ein grobes Abschätzen der im Bauteil herrschenden Beanspruchung, ohne wirklich zu wissen, wie hoch man mit der Belastung gehen durfte, damit der Werkstoff optimal ausgenutzt würde. Es wurden die gleichen Berechnungsmethoden angewandt, die man vom Metall her kennt, und die Besonderheiten des Kunststoffes blieben unberücksichtigt. Im wesentlichen war man also auf eigene Erfahrungen angewiesen, die im Laufe der Jahre in der Praxis gesammelt werden mußten. Daß unter solchen Umständen unser Trovidur Platten- und Rohrmaterial vor allem im Bereich der chemischen und verwandten Industrie einen so weitgehenden Einsatz finden konnte, ist nur dadurch zu erklären, daß Dynamit Nobel sich von allem Anfang an bemüht hat, durch laufende Überwachung der Fertigung und intensive

Herausgegeben vom Trovidur Beratungsdienst der Dynamit Nobel Aktiengesellschaft · 521 Troisdorf Bez. Köln

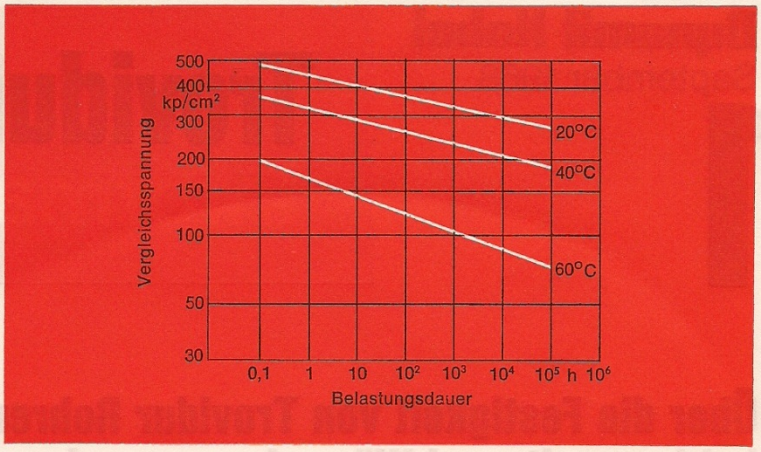

Bild 1 Zeitstandschaubild für Trovidur-Rohre

Prüfung bei Trovidur zu einer Qualität zu kommen, die in Höhe und Gleichmäßigkeit kaum sonst erreicht worden ist. Nur für Produkte mit einer solchen Konstanz der Qualität ist es sinnvoll, den Prüfaufwand zu treiben, der für die weitergehende Beschreibung des Werkstoffverhaltens bei langen Belastungszeiten und unterschiedlichen Temperaturen erforderlich ist.

Wir beginnen heute darüber zu berichten, was über das Temperatur- und Langzeitverhalten unseres Trovidur Platten- und Rohmaterials in jahrelanger Arbeit in Instituten und in unseren eigenen Laboratorien erarbeitet worden ist in der Absicht, damit unseren Kunden wichtige Hilfsmittel an die Hand zu geben für eine bessere Berechnung von Konstruktionen aus Trovidur und damit für optimale Ausnutzung seiner vielen guten Eigenschaften.

Die Untersuchung unserer Trovidur Rohre ist verständlicherweise als erstes eingeleitet worden, weshalb wir bei ihnen über das umfangreichste Material verfügen. Seit mehr als 14 Jahren stehen in unseren Laboratorien Rohre bei verschiedenen Temperaturen unter verschiedenen Drücken. Als Ergebnis dieser Untersuchungen, die noch über viele Jahre weitergeführt werden sollen, stellt Bild 1 die Zeitbruchlinien unserer Trovidur Rohre für Temperaturen von 20, 40 und 60 °C dar. Diese Temperaturen haben während der ganzen Prüfzeit im Rohrinnern und außen gewirkt. Die Rohrwände hatten also durch und durch die angegebene Temperatur. Dies muß bei evtl. Vergleichen mit ähnlichen Diagrammen für PVC oder andere Thermoplaste sehr wohl beachtet werden. Vielfach werden Temperaturangaben gemacht, ohne daß sich der Beschauer eines solchen Diagramms klar wird, daß die Temperatur nur im Innern des Rohres geherrscht hat, während außen das Rohr von Luft mit Raumtemperatur, also 20 °C oder unter Umständen sogar weniger, umgeben war. Das Prüfergebnis zeigt dann günstigere Zahlenwerte. Ein echter Vergleich ist also nicht möglich.

Bei den Prüfungen standen die Rohre unter konstantem Innendruck; sie unterlagen also einem mehrachsigen Spannungszustand. Ein solcher stellt sich bei den meisten Beanspruchungen im praktischen Einsatz ein, so daß die Ergebnisse der Innendruckversuche an Rohren für die Praxis besonders bedeutsam sind. Andere Prüfungen, z. B. Zugversuche in der Zerreißmaschine, erzeugen im Prüfkörper nur einen einachsigen Spannungszustand, und man kennt heute noch keinen Weg, wie man vom Werkstoffverhalten bei diesem Zustand auf mathematischem Wege auf das Verhalten unter mehrachsigem Spannungszustand schließen kann.

Die Rohre sind zugelassen für eine Wandspannung von 100 kp/cm² bei 20 °C. Es ist also, wie der Vergleich mit Bild 1 ergibt, nach einer Betriebsdauer von etwa 50 Jahren (5 mal 10^5 Stunden) bei ihnen gegenüber Bruch noch eine Sicherheit von ca. 2,5 vorhanden. Damit sind alle in der Berechnung nicht erfaßbaren Beanspruchungen berücksichtigt, soweit die Rohre unter Innendruck durch Wasser, Luft oder andere, nicht festigkeitsmindernde Medien stehen. Bei gefährlichen Stoffen, gegen die Trovidur beständig ist, sollte der Sicherheitsfaktor auf 4 erhöht werden. Auch bei höheren Temperaturen sind höhere Sicherheitsfaktoren vorgeschrieben; für 40 °C wird 3fache Sicherheit gegenüber der Zeitbruchlinie und für 60 °C 6fache Sicherheit verlangt.

(Diese Serie wird in loser Folge in den Trovidur Informationen fortgesetzt.)

Bearbeitet: Dr. Volker Hofmann, Troisdorf, 15. Februar 2012