

Diss. ETH Nr. 6817

# **Mikrostruktur und mechanisches Verhalten des Schaumglases**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines  
Doktors der Technischen Wissenschaften

DER  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von  
RUDOLF TRINKNER  
dipl. Bau-Ing. ETH  
geboren am 1. Januar 1941  
von Zürich

Angenommen auf Antrag von  
PROF. H. H. HAURI, REFERENT  
PROF. DR. G. BAYER, KORREFERENT

ZÜRICH  
1981

## ZUSAMMENFASSUNG

Diese Abhandlung entstand im Rahmen eines Forschungsprojektes, das zum Ziele hatte, tragfähige Schaumglasziegel von hohem Wärmedämmungsvermögen aus Altglas zu gewinnen. Es wurde ein Verfahren gefunden, das gestattet, Schaumglas aus einer Mischung von zerpulvertem Altglas und einem Blähstoff bei hoher Temperatur zu schäumen. Je nach Führung des Blähprozesses entstanden dabei verschiedene Schaumglastypen.

Anhand von Dünnschliffen und volumetrischen Messungen wurde die Mikrostruktur dieser Schaumgläser untersucht. Morphologisch kann zwischen Kugelschaumglas und Polyederschaumglas unterschieden werden! Insbesondere verdienen die gefundenen Zusammenhänge (Regressionen) zwischen Dichte ( $\rho$ ) und Porengrösse ( $\bar{L}_3$ ) sowie zwischen Dichte und innerer Gasverteilung ( $n, n^*$ ) beim Polyederschaumglas Erwähnung.

Trotz dem Formenreichtum der Polyederzellblasen gelang es, ein Modell zu finden, das die innere Tragstruktur des Polyederschaumglases zufriedenstellend beschreibt. Dieses Modell steht angenähernd im Einklang mit den Prinzipien von J. Plateau für Flüssigkeitsschäume.

Am so gefundenen Modellschaumglas (TOP) wurde mittels numerischer Spannungsanalysen ein Zusammenhang zwischen seinen äusseren Belastungen und den Spannungszuständen auf seinen Polyederblasenoberflächen gefunden.

Auf Grund der soeben erwähnten Relation konnten mittels einer Bruchhypothese (Oberflächenhypothese) die mechanischen Eigenschaften des Polyederschaumglases in Abhängigkeit von seiner Dichte befriedigend vorausgesagt werden.

Die so gefundenen Bruchfestigkeiten ( $\sigma_{dB}, \sigma_B, \tau_B$ ) sowie elastischen Eigenschaften ( $E, \nu$ ) wurden mit den an Schaumglasprüfkörpern gemessenen Werten verglichen. Es zeigte sich dabei eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen den theoretisch vorausgesagten und an wirklichen Prüflingen gemessenen Werten.

## S U M M A R Y

This dissertation was compiled in conjunction with a research project, the aim of which was to produce from old glass, structural foam glass blocks with excellent thermal insulation properties. We found a method which enables us to produce foam glass from a mixture of pulverised old glass and a bloating substance at high temperature. Depending on the various methods of bloating different types of foam glass were obtained.

Using thin transparent slices and volumetric measurements, the microstructure of these foam glasses was examined. Morphologically, we can differentiate between spherical foam glass and polyhedral foam glass! Special mention must be made of relationships (regressions) found between the density ( $\rho$ ) and the size of pores ( $\bar{L}_3$ ), as well as between the density and internal gas distribution ( $n, n^*$ ) in polyhedral foam glass.

In spite of the many different shapes of polyhedron cell bubbles, it was possible to find a model which illustrates satisfactorily the internal load bearing structure of the polyhedral foam glass. This model corresponds quite closely to J. Plateau's principles of fluid foams.

In the model foam glass (TOP) discovered in this way, a relationship between its external loads and the stress conditions on its polyhedral bubble surfaces was found by using numerical stress analysis.

Based on the foregoing relation, the mechanical properties of polyhedral foam glass in relation to its density could be predicted satisfactorily by means of a hypothesis of fracture on the surface.

The fracture resistances ( $\sigma_{dB}, \sigma_B, \tau_B$ ) and elastic properties ( $E, \nu$ ) found were compared with the values measured with foam glass test specimens. It was found that there is a satisfactory correspondence between the predicted values and those measured with the actual test specimens.