



Doctoral Thesis

Biegewellen in dünnen transversalisotropen Platten

Author(s):

Kreis, Andreas Stephan

Publication Date:

1984

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000342898> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Dissertation ETH Nr. 7636

BIEGEWELLEN IN
DÜNNEN TRANSVERSALISOTROPEN PLATTEN

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
ANDREAS STEPHAN KREIS
Dipl. Bauing. ETH
geboren am 3. Juni 1956
von Ermatingen TG

Angenommen auf Antrag von
Prof.Dr.M.Sayir, Referent
Prof.Dr.H.Kolsky, Korreferent

Zürich 1984

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit behandelt das Problem der Ausbreitung von Biegewellen in dünnen transversalisotropen Platten (z. B. in faserverstärkten Kunststoffplatten), die durch eine oszillierende Einzellast senkrecht zur Oberfläche ange regt werden. Das Verhältnis von Plattendicke und charakteristischer Wellenlänge (ϵ_q) wird dabei als klein vorausgesetzt und sei von der gleichen Grössenordnung wie das Verhältnis der Elastizitätsmoduli (ϵ_M) in der isotropen Ebene und in der anisotropen Richtung (parallel zur Faserrichtung).

Nach Darstellung der Grundlagen und der später verwendeten Methoden (Kap. 2 und 3), werden in Kapitel 4 durch asymptotische Entwicklung der Grundbeziehungen eines linearelastischen, transversalisotropen und homogenen Kontinuums Plattengleichungen hergeleitet, die als gute Approximationen für Werkstoffe mit ausgeprägter Anisotropie ($\epsilon_M \ll 1$) betrachtet werden können. Lösungen dieser Gleichungen werden in Kapitel 5 unter Verwendung von Fouriertransformationen ausgearbeitet. Es werden analytische und numerische Lösungen präsentiert, die teilweise auch den zweiten Term der asymptotischen Entwicklung enthalten. Als wichtiges Resultat ergibt sich, dass die Wellenausbreitung hauptsächlich in Richtung der materiellen Symmetrieachsen stattfindet (d. h. in die Richtung der Faserverstärkung und senkrecht dazu). Diese Tatsache kann durch Berechnung des Energieflusses, ausgehend von der Punktquelle, plausibel gemacht werden (Kapitel 6). Die Energie wird nicht nur radial transportiert (wie im isotropen Fall), sondern auch azimuthal in die Bereiche mit grossen Amplituden.

Die Theorie wurde durch Experimente mit dünnen unidirektionell kohlefaserverstärkten Kunststoffplatten überprüft (Kap. 7). Verschiebungsmessungen mit einem Laser-Interferometriesystem in verschiedenen Punkten der Platte ermöglichten die Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit und der Amplitudenverteilung einer Welle mit einer bestimmten Frequenz. Es wurde eine qualitativ gute Übereinstimmung mit der Theorie gefunden und die experimentellen Resultate erlaubten zudem die Bestimmung der drei wesentlichen Elastizitätskonstanten des Verbundwerkstoffes.

Summary

This thesis presents a theory describing the radiation of flexural waves in thin transversely isotropic plates (for example in unidirectionally reinforced materials), which are excited by an oscillating point load perpendicular to the plate surface. The ratio of the plate thickness to a characteristic wavelength (ξ_0) is assumed to be small and shall be of the same order as the ratio of the Young's moduli (ξ_M) in the isotropic plane and in the anisotropic direction (parallel to the reinforcement).

After the explanation of the basic assumptions and methods in chapter 2 and 3, plate equations are derived (chapter 4) by means of asymptotic expansions of the equations of a linear elastic, transversely isotropic and homogeneous continuum. These plate equations are assumed to be a good approximation for significantly anisotropic materials ($\xi_M \ll 1$). In chapter 5, solutions are worked out with the aid of Fourier transforms. There are analytical and numerical solutions presented. The latter include the second term of the asymptotic expansion too. It is interesting, that the wave propagates mainly in the direction of the two axis of material symmetry (in direction of the reinforcement and perpendicular to it). This fact may be interpreted from a more physical point of view with the calculation of the energy flux emanating from the point source (chapter 6). Energy is not only transported in radial directions (like in the isotropic case), but also towards regions with large amplitudes.

To check the theory, experiments were performed with thin plates which are unidirectionally reinforced with carbon fibers (chapter 7). With a laser interferometry system, displacement measurements were performed at different points of the plate. This allowed to calculate the distribution of the amplitudes and the phase velocities of waves with different frequencies. Good agreement with the theory was found and moreover, three material constants of the composite could be determined from the experimental results.