

Gut zu wissen...

Arbeitskreis Normung informiert

Das interessiert mich

Warum ist der Kantenstauchwiderstand (ECT) von der Wellpappendicke abhängig?

Ach so ist das

Der ECT ist eine wichtige Kenngröße. Mit dem ECT-Wert können Rückschlüsse auf Eigenschaften wie z.B. die Stapelfähigkeit von Wellpappe-Verpackungen getroffen werden.

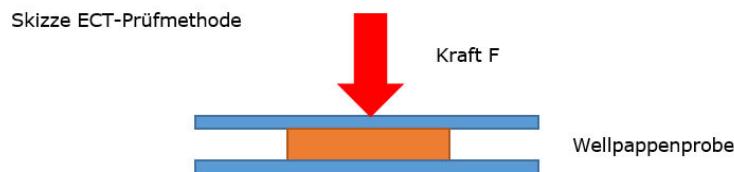
Wer sich in der täglichen Praxis mit der Messung des ECT-Werts befasst, wird bald mit einem Paradox konfrontiert: Bei gleicher Zusammensetzung einer Wellpappe, hat die Wellpappe mit geringerer Dicke den größeren ECT-Wert als die dickere Wellpappe. Zum Beispiel hat eine B-Welle in der Stoffzusammensetzung 100 Testliner / 100 Wellenstoff / 100 Testliner einen höheren ECT-Wert als eine C-Welle mit gleichem Aufbau.

„Das dürfte ja nicht sein, ist doch die C-Welle biegesteifer“ ist der spontane Widerspruch. Warum ist das so?

Das will ich genauer wissen

Beschreibung der ECT-Prüfmethode

Eine gleichmäßig ansteigende Kraft wird senkrecht in die zu prüfende Wellpappenprobe eingeleitet. Die Probe steht dabei frei zwischen den Prüfplatten. Der Wellenlauf ist „senkrecht“, deshalb wirkt die eingeleitete Kraft auf die Kantenfläche des „Fachwerks“ bestehend aus Decken und Welle.



Die Wirkung einer flächenverteilten Kraft, die auf einen Körper wirkt, wird in der Physik als „Druck“ definiert. Im Grunde genommen handelt es sich damit bei der ECT-Prüfung um eine „Druckprüfung“ (Kraft / Fläche). Die physikalische Einheit ist N/m^2 .

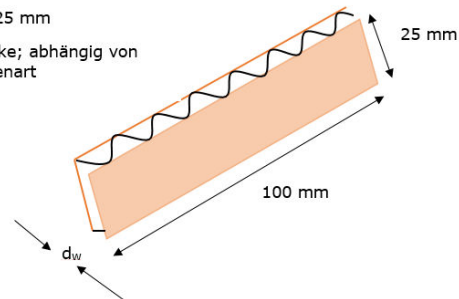
Deshalb ist auch in der älteren Literatur der Begriff „Kantenstauchdruck“ zu finden. Heute hat sich der moderne Begriff Kantenstauchwiderstand allgemein etabliert, vor allem weil die bei der Prüfung gemessene Kraft auf die Probenlänge von „einem Meter“ bezogen und damit das Prüfergebnis in kN/m ausgedrückt wird.

Skizze einer Probe für die ECT-Prüfung:

Länge = 100 mm

Höhe = 25 mm

d_w = Dicke; abhängig von der Wellenart



Zu den Grundlagen der Mechanik

Wie schon berichtet ist in der Physik die Wirkung einer flächenverteilten Kraft, die auf einen Körper wirkt, als Druck definiert.

Formel: Druck = Kraft / Fläche

kurz: $P = F / A$ mit der Einheit Newton / Quadratmeter [N/m^2]

Wir können die Verhältnisse gedanklich auf die ECT-Prüfung übertragen. Allerdings werden in der Mechanik andere Begriffe verwendet die in folgendem kurz erläutert werden:

Allgemein ist die mechanische Spannung σ (gr. „Sigma“) ein Maß für die innere Beanspruchung eines Körpers infolge dessen Belastung von außen.

Die mechanische Normal-Spannung σ auf einer gedachten Schnittfläche A (engl. area) durch einen Körper ist die auf sie bezogene senkrecht auf sie wirkende Komponente einer äußeren Kraft F (engl. force):

Formel mechanische Normalspannung:
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Beachte die Analogie der Formel zum physikalischen Druck. Druck = „außen“/Spannung = „innen“.

Verhältnisse bei der ECT-Prüfung

Die Kraft wird senkrecht in die Wellpappenprobe eingeleitet und wirkt auf die Kantenfläche des „Fachwerks“ bestehend aus Decken und Welle. Im mechanischen Sinn wirken nun in der Probe Spannungen. Die Fläche, auf die die Kraft einwirkt und Spannungen erzeugt, ist bestimmt durch die Dicke (a bzw. d_w) x Länge (b) der Probe (siehe Skizze oben). Die Länge der Probe ist konstant = 100 mm.

Die Dicke der Probe variiert abhängig von der Wellenart!

Da bei der Berechnung des Drucks die Fläche im Nenner des Bruchs steht, wird bei einer dünneren Probe der Nenner unseres Bruchs „kleiner“ und folglich das Rechenergebnis „größer“:

Bsp.: $A_{B\text{-Welle}} = 3 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} = 300 \text{ mm}^2$
 $A_{C\text{-Welle}} = 4 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} = 400 \text{ mm}^2$

Setzt man nun die gleiche (Bruch-) Kraft voraus, errechnet sich eine höhere Spannung (ausgedrückt als ECT-Wert) für die dünnere Probe!

Bsp.: $ECT_{B\text{-Welle}} = 5000 \text{ N} / 300 \text{ mm}^2 = 16,7 \text{ N/mm}^2$
 $ECT_{C\text{-Welle}} = 5000 \text{ N} / 400 \text{ mm}^2 = 12,5 \text{ N/mm}^2$

Biegesteifigkeit, Elastizitätsmodul, Flächenträgheitsmoment

In der Realität ist der Zusammenhang nicht so einfach wie oben dargestellt. Besonders die Biegesteifigkeit beeinflusst den ECT-Wert maßgeblich, so dass nicht einfach über die Dicke der Probe „hochgerechnet“ werden kann oder anders ausgedrückt – es besteht kein „linearer Zusammenhang“.

Außerdem können bei Bauteilen die auf Druck beansprucht werden, bereits vor dem Erreichen der Quetsch- oder Stauchgrenze, selbst bei mittig angreifender Druckkraft, seitliche (Aus-)Biegungen auftreten. Man spricht dann von Knicken. Diejenige Kraft F , die zum Knicken führt, wird als Knickkraft F_K bezeichnet. Das Knicken ist wesentlich abhängig von der Schlankheit der Probe, d. h. in unserem Fall ebenfalls von der Dicke der Wellpappe.

Die Steifigkeit von einem Bauteil wird durch das verwendete Material, die Verarbeitung und die geometrische Gestaltung bestimmt. Bei einem Zugstab ist die Steifigkeit das Produkt von Elastizitätsmodul und der Querschnittsfläche geteilt durch die Bauteillänge. Die Steifigkeit eines „Biegebalkens“ hängt sowohl vom Elastizitätsmodul, der Länge und dem Flächenträgheitsmoment ab.

Unterschied zwischen Steifigkeit & Festigkeit

Man beachte, dass es einen Unterschied zwischen Steifigkeit und Festigkeit gibt. Beides darf nicht miteinander verwechselt werden.

Festigkeit

So ist die Festigkeit ein Maß dafür, wie hoch die maximale Beanspruchung eines Werkstoffs ist und stellt somit einen Wert dar, den man i.d.R. aus dem Datenblatt des entsprechenden Materials herauslesen kann (z.B. die Zugfestigkeit für Papier).

Steifigkeit

Dagegen ist die Steifigkeit, sowohl von der Elastizität des Werkstoffs als auch von der Geometrie der Konstruktion abhängig – wie in unserem Beispiel „Wellpappe“ von der Form und der Größe der Querschnittsfläche eines Profils. Das bedeutet folglich, dass die Steifigkeit keine Abhängigkeit von der Festigkeit hat.

Zusammenfassung:

Der ECT-Wert ist ein Maß für die Steifigkeit eines Materials und ist damit von der Geometrie abhängig. Trotz gleicher Probengröße (25 x 100 mm) variiert deshalb von Wellenart zu Wellenart die Steifigkeit des Materials, auch bei gleicher Rohstofffestigkeit.

Des Weiteren beeinflusst die „Schlankheit“ der Probe, ob eine Stauchung oder Biegung bei der ECT-Prüfung erfolgt.

Deshalb dürfen die Prüfergebnisse nur in der jeweiligen Gruppe miteinander verglichen werden - das bedeutet z.B. B-Welle mit B-Welle aber nicht B-Welle mit C-Welle usw.

Dieser „Gut zu wissen...“- Beitrag bezieht sich auf die DIN EN ISO 3037: „Wellpappe - Bestimmung des Kantenstauchwiderstandes (Verfahren für ungewachste Kanten)“.

Veröffentlicht: Mai 2023

Herausgeber:

Verband der Wellpappen-Industrie e.V.

Goebelstr. 1-3, 64293 Darmstadt

Tel.: +49 6151 92940; E-Mail: info@wellpappen-industrie.de

Hinweise zur Verarbeitung Ihrer Daten finden Sie unter: www.wellpappen-industrie.de/datenschutz