

Hvor STIVE er MYKE kontaktlinser?

Diplomingeniør (FH) Sebastian Marx, JENVIS Research, Jena.

Publisert i DOZ januar 2008.

Oversatt fra svensk av Hermod Nielsen

DEL 1. Modulus

Tilpassere som følger med utviklingen, stiller iblant spørsmålet. Ofte finner du i litteraturen ord som mykhet, rigiditet, stivhet eller modulus hos myke kontaktlinser. En del av disse uttrykkene benyttes imidlertid ikke på riktig måte. Den her artikkelen belyser hva som gjemmer seg bak begrep som modulus, og hvordan man skal beskrive det mer eksakt.

Hva er egentlig modulus?

I engelskspråklige land brukes ofte uttrykket ”modulus” og oftest i forbindelse med myke kontaktlinser. Du har kanskje allerede undret deg over hva begrepet betyr, og hvilken relevans det har for tilpasning av kontaktlinser. Siden ordet modulus ikke finnes i alle språk, erstattes det ofte med substitutt som materialets stivhet. Modulus kommer opprinnelig fra latin og betyr mål.

Med ordet modulus menes elastisitetsmodul. Oppkalt etter den engelske legen og fysikeren *Thomas Young* som *Youngs modul*. Navnet fasthetsmodul brukes også ofte. Betegnelsen elastisitetsmodul kommer fra området materialteknikk og beskriver sammenhengen mellom spenning og utvidelse når man strekker et fast legeme i en lineær, elastisk reaksjon.

Elastisitetsmodul forkortes til E-modul eller til symbolet E. Elastisitetsmodul måles i enheten spenning ($\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$). Det betyr at en Newton per kvadratmillimeter er lik med en megapascal.

Tekst på bildet:

Testkurve ved strekk:

1. område for elastisk deformasjon
2. område for Lüders strekk
3. område for varig forlengelse (plastisk)
4. bruddområde

Tekst i figuren:

Stress = spenning (MPa)

Engage effect = påvirkningen begynner

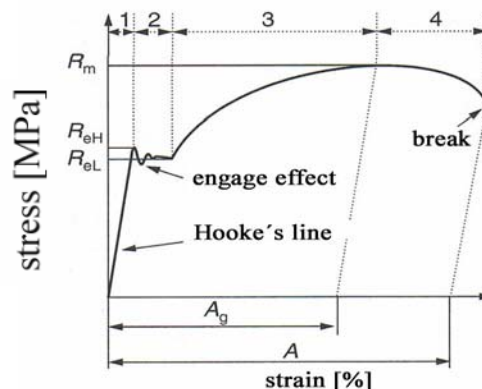
Hooke's line = Hookes linje

Break = brudd

Strain = forlengelse

Tensile test curve

- 1) area of elastic strain
- 2) arey of Lüder's strain
- 3) area of steady strain
- 4) area of breaking

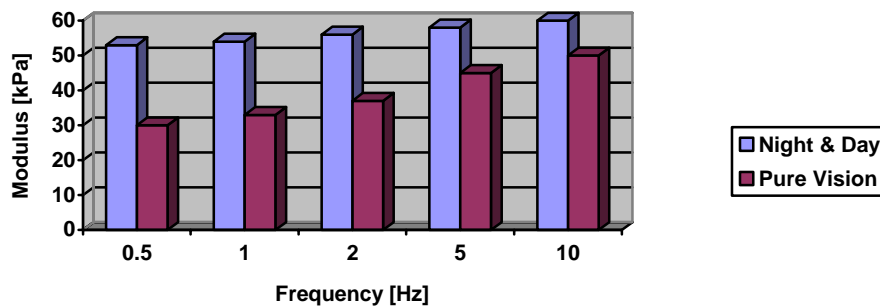


Figur 1: Strekkdiagram¹: Hookes linje med stigning E.

Elastisitetsmodulen defineres som en stigende kurve i strekkdiagrammet innen det lineære området av elastisitetskurven. Det lineære området kalles også Hookes linje (se område 1 i figur 1).

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \text{konst}$$

σ beskriver den mekaniske spenningen og ε forlengelsen. Forlengelsen er forholdet mellom lengdeforandring og opprinnelig lengde. Elastisitetsmodulen er en materialkonstant. Elastisitetsmodulen sammen med tverrkontraksjonstallet (forholdet mellom relativ diameterendring og relativ lengdeendring) gir loven om elastisitet. Elastisitetsmodulen er imidlertid ikke konstant for alle fysiske forhold. Den er avhengig av forskjellige miljøbetingelser som temperatur, fuktighet, deformasjonshastighet eller frekvens (figur 2).



Figur 2: Svingningsavhengighet hos den viskøse komponenten i kontaktlinsematerialet²

Materiale	Elastisitetsmodul [MPa]
Glass	40000 til 90000
Pleksiglass (PMMA)	3000
Gummi	1 til 10
Myke kontaktlinser	0,4 til 1,2

Tabell 1: Elastisitetsmodul for ulike materialer

Modulus er lik med stivhet?

Man ser ofte i litteraturen at stivhet benyttes som synonym for modulus for kunne forklare saksforholdet enklere. Dette er imidlertid ikke fysisk korrekt. Stivheten i et legeme, et materiale, er per definisjon avhengig av hvilket materiale som brukes men også av dets geometri. For et legeme er stivheten et produkt av E-modul og treghetsmoment. Stivheten er altså en egenskap hos et legeme med et tverrsnitt som kan endre seg over lengden. Som en følge av dette kan stivheten være forskjellig på forskjellige punkter på legemet. På like lange lengder spiller tykkelsen en viktig rolle. Tykkelsen bidrar ikke proporsjonalt til stivheten, noe som vises grafisk i figur 3.

Generell formel for stivhet

$$c = E \times A / L^3$$

c = stivhet (kN/mm)

E = E-modul (N / mm²)

A = geometrisk moment for treghet (m⁴)

L = legemets lengde (m)

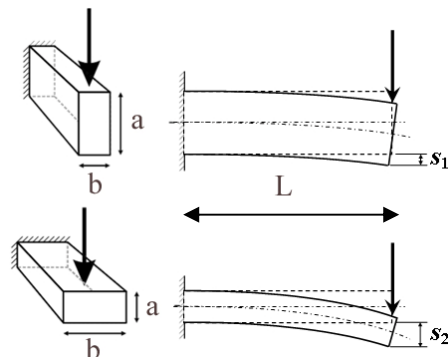
Geometrisk moment for tregheten hos et heksaederformet legeme

$$A = b \times a^3 / 12$$

A = Geometrisk moment for treghet (m⁴)

b = bredde (m)

a = høyde (m)



Figur 3: Rigiditet avhengig av profil

Hos en kontaktlinse er bøyning og torsjon produktet av elastisitetsmodul og treghetsmomentet. For komplekse geometrier kan man ikke formulere et enkelt uttrykk for ”stivhet”. Kontaktlinser har ikke den enkle tverrsnittsprofilen som en heksaederformet legeme har (figur 3). I stedet må man bruke integralregning. Stivheten består alltid av en materiale- og en geometrikomponent.

Modulus er altså liksom Dk-verdi en materialkonstant mens derimot stivhet akkurat som Dk/t-verdi er en verdi hos et bestemt legeme (for eksempel en kontaktlinse).

Mykhet

Bak begrepet mykhet som brukes i daglig tale ligger egenskapen føyelighet. Dette er det motsatte av stivhet og betegner et legemes evne til å gi etter for en kraft (trykk eller trekk). Dermed endrer legemet form, og det oppstår en bøyning.

$$\epsilon = \frac{l}{L} = E \times A$$

L = lengdeendring/nedbøyning, E = elastisitetsmodul, A = tverrsnittsareal

Hardhet

Hardhet er den mekaniske motstanden hos et legeme for å motvirke at et annet legeme trenger inn, for eksempel en kontaktlinses motstandskraft mot en fingernegl. Hardheten kan prinsipielt kun formidles ved å sammenligne flere materialer. Hardhet er ikke kun motstandskraften mot hardere legemer, men også mot mykere og like harde legemer. Hardhetsmåling av materialer kan utføres på forskjellige måter der forskjellige metoder er vanlige for forskjellige materialegrupper. For kontaktlinsemateriale måles hardheten i Shore. En liknende måleteknisk metode er IRHD = ”International Rubber Hardness Degree” og den kalles i en del land mikro-hardhet. Hardheten hos et materiale har kun i visse sammenhenger noe å gjøre med fastheten, selv om fastheten påvirker tester for hardhet som er basert på hvor dypt ulike testlegemer kan trenge inn.

Fasthet

Fasthet er en materialegenskap som beskriver den mekaniske motstanden som et materiale yter mot å endre form eller deles.

I del 2 kan du lese om hvilken betydning modulus, stivhet eller også hardhet har for kontaktlinser.

Denne artikkelen er modifisert etter en utgivelse av diplomingeniør (FH) Sebastian Marx fra JENVIS Research, c/o University of Applied Science, Jena i det tyske tidsskriftet DOZ i september 2007.

Kilder

1. Seidel W. Werkstofftechnik, Carl-Hanser-Verlag München Wien 2006, 6th edition.
2. Sweeney, D.F. Silicone Hydrogels, Edinburgh, Butterworth-Heinemann 2004