

Hur STELA är MJUKA kontaktlinser?

Diplom ingenjör (FH) Sebastian Marx, JENVIS Research Jena.

Publicerad i DOZ januari 2008.

Översatt av Anita Robertson

DEL 1. Modulus

Tillpassare som följer med utvecklingen ställer ibland frågan. Ofta hittar du i litteraturen ord som mjukhet, stelhet, styvhet eller modulus hos mjuka kontaktlinser. En del av dessa uttryck används dock inte på rätt sätt. Den här artikeln belyser vad som döljer sig bakom begrepp som modulus och hur man ska beskriva det mer exakt.

Vad är egentligen modulus?

I engelsk-språkiga länder används ofta uttrycket ”modulus” och allt oftare i samband med mjuka kontaktlinser. Du kanske redan har undrat för dig själv vad begreppet betyder och vilken relevans det har för tillpassningen av kontaktlinser. Då ordet modulus inte förekommer i alla språk ersätts det frekvent med substitut som materialets styvhet. Modulus kommer ursprungligen från latin och betyder mått.

Med ordet modulus menas elasticitetsmodul. Uppkallat efter den engelske läkaren och fysikern *Thomas Young* som *Young's modul*. Namnet hållfasthets-modul används också ofta. Beteckningen elasticitetsmodul kommer från området materialteknik och beskriver sammanhanget mellan spänning och töjning när man omformar en fast kropp i en linjär, elastisk reaktion. Elasticitetsmodul förkortas till E-modul eller till symbolen E.

Elasticitetsmodul mäts i enheten spänning ($\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$). Det betyder att en Newton per kvadratmillimeter är lika med en Mega-Pascal.

Text i bilden:

Testkurva vid töjning:

1. område för elastisk formförändring
2. område för Lüder's töjning
3. område för jämn töjning
4. brottområde

Text i figuren:

Stress = spänning (MPa)

Engage effect = påverkan börjar

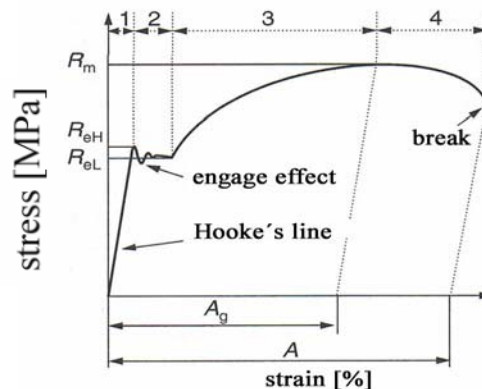
Hooke's line = Hooke's linje

Break = brott

Strain = töjning

Tensile test curve

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

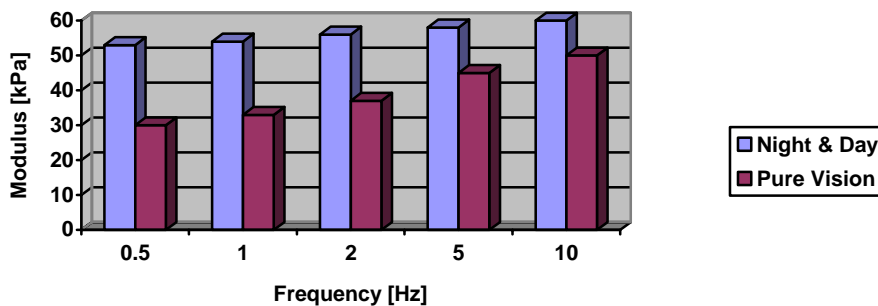


Figur 1: Schematisk spänning-töjnings-kurva¹ : Hooke's linje med stigning E.

Elasticitetsmodulen definieras som en stigande kurva i spänning-töjnings-diagrammet inom det linjära området av elasticitetskurvan. Det linjära området kallas även Hooke's linje. (se område 1 i figur 1).

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

σ beskriver den mekaniska spänningen och ε töjningen. Töjningen är förhållandet längdförändring jämfört med det ursprungliga läget. Elasticitetsmodulen betecknas som en materialkonstant. Elasticitetsmodulen tillsammans med genomsnittet av kontraktionstalen (förhållandet mellan relativ tjockleksförändring och relativ längdförändring) ger lagen om elasticitet. Elasticitetsmodulen är dock inte konstant för alla fysikaliska dimensioner. Den beror på ett antal omgivande betingelser såsom temperatur, fuktighet, deformationshastighet eller frekvens (figur 2).



Figur 2: Svängningsavhängighet hos den viskösa komponenten i kontaktlinsmaterial²

Material	Elasticitetsmodul [MPa]
Glas	40000 till 90000
Plexiglas (PMMA)	3000
Gummi	1 till 10
Mjuka kontaktlinser	0,4 till 1,2

Tabell 1: Elasticitetsmodul beroende på olika material

Modulus är lika med styvhet?

Man ser ofta i litteraturen att styvhet används som synonym för modulus för att enklare förklara ett sakförhållande. Detta är dock inte fysikaliskt korrekt. Styvheten i en kropp, ett ämne, beror per definition på vilket material som används men också på dess geometri. För en kropp är dess styvhet en produkt av E-modulus och tröghet. Styvheten är alltså en egenskap hos en kropp vars tvärsnitt kan ändra sig över dess längd. Till följd av detta kan styvheten vara olika på olika punkter av kroppen. På lika långa längder spelar tjockleken en betydande roll. Tjockleken bidrar oproportionerligt till styvheten vilket visas grafiskt i figur 3.

Generell formel för styvheten

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

c = styvhet (kN/mm)

E = E-modul (N / mm²)

A = geometriskt moment av tröghet (m⁴)

L = kroppens längd (m)

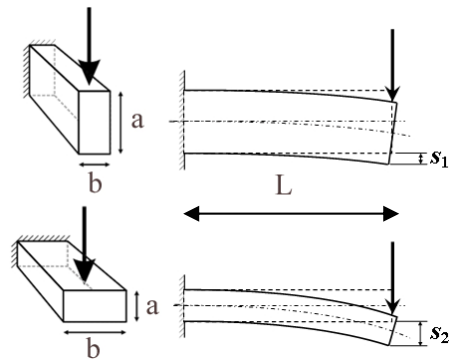
Geometriskt moment för trögheten hos en kubformig kropp

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

A = Geometriskt moment for tröghet (m⁴)

b = bredd (m)

a = höjd (m)



Figur 3: Rigiditet beroende på profil

Hos en kontaktlins är böjning och torsion produkten av elasticitetsmodulus och tröghetsmomentet. För komplexa geometrier kan man inte formulera ett enkelt uttryck för ”styvhet”. Kontaktlinser har inte den enkla genomsnittsprofilen som en kubformad kropp har (Figur 3). Istället måste man göra en integral beräkning. Styvheten består alltid av en material- och en geometri-term.

Modulus är alltså liksom D_k -värde en materialkonstant medan däremot styvhet precis som D_k/t -värde är ett värde hos en bestämt kropp (till exempel en kontaktlins).

Mjukhet

Bakom begreppet mjukhet som används i dagligt tal döljer sig eftergivlighet. Detta är motsvarigheten till styvhet och betecknar en kropps förmåga att ge efter för en kraft (tryck eller drag). Därvid ändrar kroppen form och det uppstår en böjning.

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

L = längdförändring/ tryckdjup, E = elasticitetsmodul, A = genomsnittsyta

Hårdhet

Hårdhet är det mekaniska motståndet hos en kropp för att motverka att en annan kropp tränger in, till exempel en kontaktlins' motståndskraft mot en fingernagel. Hårdheten kan principiellt endast förmedlas genom att jämföra flera material. Hårdhet är inte endast motståndskraften mot hårdare kroppar utan även mot mjukare och lika hårda kroppar. Hårdhetsmätning av material kan göras på olika sätt varvid olika metoder är vanliga för olika materialgrupper. För kontaktlinsmaterial testas hårdheten enligt Shore. En mättekniskt liknande metod är IRHD = "International Rubber Hardness Degree" och den kallas i en del länder mikro-hårdhet. Hårdheten hos ett material har endast i vissa sammanhang något att göra med dess fasthet även om fastheten påverkar testerna för hårdhet som är baserade på hur djupt olika testkroppar kan tränga in.

Fasthet

Fasthet är en materialegenskap som beskriver det mekaniska motståndet ett material uppvisar mot att ändra form eller delas.

I del 2 kan du läsa om vilken betydelse modulus, styvhet eller också hårdhet har för kontaktlinser.

Denna artikel är modifierad efter en publicering av diplom ingenjör (FH) Sebastian Marx från JENVIS Research c/o University of Applied Science Jena i den tyska tidskriften DOZ i september 2007.

Källor

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