

Effektivare maskindesign genom enkla modeller för komplex vikning av bigad kartong

Kristján Tómasson

För att effektivt designa en maskin som tillverkar tusentals förpackningar varje timme är det avgörande att kunna förutse hur förpackningsmaterialet deformeras till en slutprodukt genom en sekvens av mekaniska operationer. De problem som präglat förpackningsindustrin är både ett kunskapsgap gällande beteendet av kartong som utsätts för komplicerade vikningar, samt behovet av enkla men någorlunda träffsäkra fysikaliska modeller av kartong som viks. Detta examensarbete ämnar att undersöka dessa problem och därmed bidra till att effektivisera designen av tillverkningsmaskinerna.

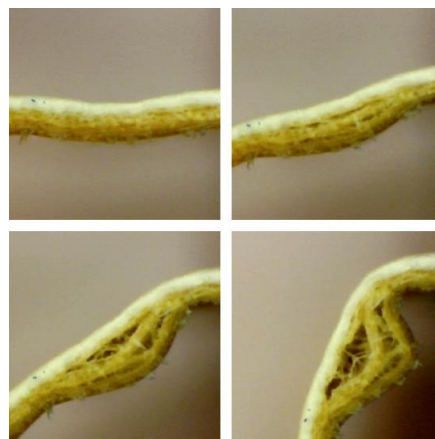
En virtuell balkmodell har skapats, vars geometri och materialegenskaper kan modifieras för att återskapa genererad syntetisk data av vikning och följande bakåtvikning av kartongmaterial. Balkmodellen är relativt enkel att kalibrera och beräkningsmässigt tidseffektiv. Ett fortsatt arbete med att förbättra modellen kan göra den lämplig för användning i storskaliga simuleringar, vilket möjliggör virtuell utvärdering av designen för [fyllningsmaskiner](#), som viker ihop förpackningsmaterial till exempelvis mjölkförpackningar.



Tetra Brik, från ark till förpackning.

Att forma en mjölkförpackning från ett plant ark av förpackningsmaterial innebär bland annat att vika arket kring förbestämda linjer. Kartong som viks brukar i regel *bigas*. Genom att pressa kartongen mellan två bigverktyg fördefinierar man biglinjer, vilket förbättrar vikegenskaperna då vecket håller sig exakt till denna linje. Dessvärre påverkas kartongmaterialets fysikaliska egenskaper av denna operation på ett sådant sätt att beteendet är ännu svårare att förutspå.

För att bättre förstå ett materials beteende kan fysiska experiment utföras. När det gäller kartong kan man enkelt mäta dess dragstyrka, men eftersom materialet är mycket tunnt (i regel en tjocklek på 0,4 millimeter) är det inte lika självklart i praktiken hur man utför experiment som undersöker kartongs beteende då den utsätts för komplexa vikserier.



Big som viks 0 till 90 grader

Lyckligtvis har forskare utvecklat virtuella modeller som med framgång kan återskapa kartongs respons både i bigning och följande vikning. Den modell som nyttjats i examensarbetet är en länk i ett forskningsarbete som pågått i mer än 20 år och är menad att nyttjas i simuleringar som resulterar i högupplöst information gällande hela responsen, från bigning till vikning. Om man väljer att tro på modellens förmåga att prediktera, så kan den nyttjas för att skapa virtuell data från virtuella experiment, relaterat till de vikningar av kartong som vi i dagsläget inte har en aning om vad som sker.

Den avancerade modellen olämplig att använda i simuleringar av större omfattning, då dess höga upplösning hade resulterat i simuleringstider på flera veckor. Formningssimuleringar av förpackningsmaterial kräver förenklade approximationer som resulterar i kortare simuleringstider, vilket möjliggör en iterativ designprocess av fyllningssmaskinen. Detta innebär att den detaljrika information som fås av den virtuella modellen behöver fångas av en enklare modell. Likt viset som kompression eller drag av en fjäder kan modelleras med Hooke's lag, så har makroskopisk data i form av krafter vid motsvarande vinkel av vikning extraherats och lagt grunden till att kalibrera en modell bestående av en balk. Genom att approximera vikning av en bigad kartong som balkböjning kunde relevanta samband och parametrar identifieras för att kalibrera balkmodellen.

Populärvetenskaplig sammanfattning av:

”Macroscopic crease models calibrated to synthetic crease experiments”

Ett examensarbete utfört vid Lunds Tekniska Högskola