

Sammanfattning

Vid tillverkning av strukturella komponenter är mängden och typen av tillgängligt material ofta begränsat i den mån att komponenten inte får vara för tung och dyr. Samtidigt skall komponenten uppfylla sitt ändamål, som exempelvis att kunna bära en viss last utan att deformeras för mycket, eller att inte uppnå resonans när den utsätts för vibrationer inom specifika frekvensspann. Traditionellt utgörs en designprocess utav iterativ utvärdering av inkrementellt förbättrade designar som tas fram baserat på mänsklig intuition och erfarenhet. Förutom att den här typen av designprocess är tidskrävande och dyr, så garanterar den ej att den slutgiltiga designen är optimal.

Med hjälp av matematiska optimeringsmetoder förenklas sökandet efter optimal design, samtidigt som designprocessen effektiviseras. En tidig typ av optimering var formoptimering, där strukturens ränder förflyttas för att uppnå en förbättring av dess egenskaper. För att möjliggöra större förändringar av strukturens geometri utvecklades senare topologioptimering, där ändringar gällande form, tjocklek samt sammankopplingar mellan olika beståndsdelar tillåts. Lösningen till ett matematiskt optimeringsproblem utgör en konceptuell design som är optimerad i förhållande till uttryckta önskemål.

För att lösa ett visst optimeringsproblem, måste strukturens hållfasthet utvärderas. I vissa fall kan även andra egenskaper såsom egenfrekvenser och stabilitet behöva utredas. För att beskriva det fysikaliska systemet införs vissa antaganden, som exempelvis små tøjningar och linjärelastisk materialrespons, vilka avsevärt förenklar lösningen av de styrande differentialekvationerna. Tyvärr begränsar även dessa antaganden användningen av optimeringsmetoderna, då många strukturer och material i verkligheten beter sig högst olinjärt.

I den här avhandlingen modelleras både struktur och material med hjälp av avancerade olinjära teorier och metoder. Avhandlingen behandlar optimering av strukturella problem där egenvärdesproblem uppstår, såsom är fallet då hänsyn tas till egenfrekvenser, stabilitet eller vågutbredning. De numeriska metoder som krävs för att lösa egenvärdesproblem i topologioptimering utvecklas och analyseras. Här utreds även hur egenvärden påverkas av yttre last, det vill säga spänningar i strukturen. Resultaten visar på en tydlig inverkan av pålagda krafter, vilket leder till stora förändringar av den optimerade designen jämfört med om antaganden om linjäritet antas.

En annan del av avhandlingen behandlar det ytterst olinjära fenomenet kontakt i kombination med topologioptimering. Så kallade metamaterial, det vill säga material med egenskaper som inte existerar i naturligt förekommande material, designas vilka utnyttjar kontakt som en olinjär mekanism. Här genomförs även rigorösa post-processeringsanalyser, där designen extraheras och dess egenskaper utvärderas.

Slutligen presenteras en optimeringsmetod som utför form- och topologioptimering samtidigt. Metoden visar sig vara mycket användbar i fall då randrepresentation är av stor betydelse, som till exempel vid optimering av tryckdrivna robotar. Den här typen av robotar, som ofta benämns mjuka robotar, har nyligen fått stor uppmärksamhet på grund av deras låga tillverkningskostnad och stora mångsidighet. Olinjär antaganden krävs för att korrekt modellera robotarnas rörelse, då ofta stora tøjningar och hyperelastiska material såsom gummi är involverade.