

On Shaping Mechanical Properties of Lignocellulosic Materials by Benign Chemical Processing

Abstract

In this licentiate thesis some different benign chemical approaches to change and shape mechanical properties of lignocellulosic materials were studied. Selective removal of lignin from lignocellulosic pulp by a switchable ionic liquid was investigated in order to determine the role of lignin for the strength properties of hand sheets and fibres in the first paper. In the second paper, lightweight polysaccharide-based foams were synthesized, characterised and tested for their water absorption capacity. Lastly, the effect of green-solvent plasticisation on lignocellulosic mechanical material properties was studied.

To selectively remove lignin from high-temperature chemithermomechanical pulp (HT-CTMP), we were using switchable ionic liquid (SIL) prepared from an organic superbase (1,8-diazabicyclo-[5.4.0]-undec-7-ene (DBU)), monoethanol amine (MEA), and SO₂. The relation between lignin content and tensile stress-displacement properties for the lab sheets made from the treated HT-CTMP was studied with zero and short span tester. The tensile strength of the fibres that was measured indirectly revealed that the SIL treatment had a small influence on the strength properties.

Lightweight polysaccharide-based foams with bulk densities in the range of 10–25 kg/m³ and water absorption capacities between 30 to 80 times were synthesized in a two-step process. Esterification of cellulose was first made with citric anhydride followed by chemical crosslinking with chitosan through amide bond formation. Different low-cost and non-toxic organic acids were utilized as catalysts in the first step and the effects of the different reaction conditions on water absorbency and weight loss of the freeze-casted polysaccharide-citrate-chitosan foams were determined. Physical properties, such as pore-size distributions, compressive stress-strain curves of the foams were also determined.

Kraftliner sheets were plasticised by partial dissolution with sodium hydroxide and urea at -10°C . Several layers of kraftliner were successfully “welded” together after regenerating the cellulose by hot pressing or anti-solvent infusion. The mechanical properties were evaluated by short span compression strength and 2-point bending stiffness. By using NaOH/urea for both single and laminated kraftliner sheets, the treated samples had around 50% higher short span compression strength compared with the sheets treated with water. The plasticised single layer sheet also showed a 30% higher 2-point bending stiffness than the sample treated with water.

Svensk sammanfattning

I denna licentiatavhandling har några olika miljöskonsamma kemiska metoder för att påverka mekaniska egenskaper hos lignocellulosamaterial studerats. I det första arbetet studerades selektivt avlägsnande av lignin från en kemitermomekanisk massa med hjälp av en jonisk vätska (switchable ionic solvent) för att försöka bestämma ligninets betydelse för de mekaniska egenskaperna hos handpappersark och fibrer. I den andra artikeln framställdes lätta polysackarid-baserade skum som sedan karakteriserades mekaniskt och testades för sin vattenupptagningsförmåga. I det tredje arbetet undersöktes förändringarna i mekaniska egenskaper hos lignocellulosa som plasticerats med ett miljövänligt lösningsmedel.

För att selektivt ta bort lignin från kemitermomekanisk massa (HT-CTMP) användes en jonisk vätska (SIL) framställd från en organisk superbaser; (1,8-diazabicyklo- [5.4.0] undek-7-en (DBU)), monoetanolamin (MEA), och SO_2 . Relationen mellan ligninhalt och dragstyrkeegenskaper för handpappersark tillverkade från HT-CTMP studerades i en zero och short span tester. Draghållfastheten hos fibrerna, som bestämdes indirekt, visade att SIL behandlingen/delignifieringen hade relativt liten påverkan på styrkeegenskaperna.

Polysackaridbaserade lättviktsskum med bulkdensiteter i området 10-25 kg/m^3 och med en vattenupptagningsförmåga mellan 30 till 80 gånger sin egen vikt syntetiserades genom ett två-stegsförfarande. Förestring av cellulosa gjordes först med citronsyraanhydrid följt av kemisk tvärbinding med kitosan genom bildande av amidbindningar. För att katalysera föresteringsreaktionen testades några olika enkla och ogiftiga organiska syror. Effekterna av de olika reaktionsbetingelser på bland annat vattenabsorptionsförmåga och materialförluster av skummen bestämdes. Fysikaliska egenskaper, såsom porstorleksfördelning och kompressiva spännings-töjningskurvor bestämdes också.

Kraftliner plasticerades genom partiell upplösning med natriumhydroxid och urea vid $-10\text{ }^\circ\text{C}$. Flera ark av kraftliner kunde framgångsrikt "svetsas" samman under regenerering med hjälp av varmpressning eller antisolvent behandling. De mekaniska egenskaperna utvärderades med kompressionsstyrka med kort inspänningslängd och tvåpunkts böjstyvhet. Genom att använda NaOH/urea för att både plasticera och laminera kraftliner ark fick de behandlade proven ungefär 50 % högre kompressionsstyrka med kort inspänningslängd jämfört med kraftlinerark som behandlats med vatten. Behandlade enskikts kraftlinerark visade också 30 % högre tvåpunkts böjstyvhet än det prov som behandlats med vatten.