

Fascinationen af tandhjul

Af Lise Andersen



Zbigniew Maczan stikker kamme på Havnø Møllens hathjul

Siden min tidligste barndom, hvor jeg fik lov at skille et gammelt vækkeur ad, har jeg været fascineret af tandhjul! Det mekaniske værks sindrige system af tænder, der griber ind i hinanden, er en genial konstruktion, som i den førindustrielle periode tilhørte en verden, som kun sejmagere (urmagere) og møllebyggere havde indblik i.

Da jeg senere kom til at beskæftige mig med møllebyggeriets historie, lærte jeg, at når man taler om de gamle træhjul i vind- og vandmøller, taler man ikke om tandhjul men om kam- og stokkehjul.

I ugen op til Dansk Mølledag den 15. juni 2008 havde Havnø Mølle besøg af møllebyggerne Thomas Petersen og Zbigniew Maczan fra firmaet Møllebygger John Jensen Aps. De to svende skulle kamme møllens hathjul om, og jeg havde god mulighed for at følge arbejdet.

Hathjulet er det store kamhjul, der sidder fastkilet på vingeakse-

len oppe i toppen af møllen. Det har indgreb i krøndrevet på den stående aksel, og danner sammen med dette et vinkelgear, der er en del af "gangtøjet". Gangtøjet er den serie af hjul, drev og aksler, der dels transmitterer kraften fra vingerne ned til maskineriet, dels sørger for at opgeare hastigheden.

I september 2007 knækkede en kam i Havnø Møllens hathjul. Hjulet kammede over og tog 3-4 kamme mere med. Kammenes alder var ukendt, men de var i hvert fald mere end 80 år gamle, så de havde holdt deres tid ud, og det til trods for at de ikke var lavet af hvidbøg/avnbøg (*Carpinus betulus*), som er det optimale, men bare af almindeligt bøgetræ (*Fagus sylvatica*) sandsynligvis fra Havnøs egen bøgeskov, Lunden, der ligger lige bag møllen.

I Havnø Møllens sidste funktionsperiode blev den udelukkende brugt til foderformaling, og blev betjent af en karl fra gården, som også forestod en del huggehus-

arbejde. De gamle kamme så ud, som om de var lavet som kopier af endnu ældre kamme uden hensyntagen til de regler for kammenes konstruktion, som møllebyggere benytter sig af. Sandsynligvis har karlen selv lavet kammene i sit huggehus.

Allerede i efteråret havde jeg aftalt med møllebygger John Jensen, at hjulet skulle kammes helt om, og at arbejdet nu skulle laves håndværksmæssigt korrekt.

At kunne konstruere et kamhjul med det rette indgreb kræver både mekanisk indsigt og kendskab til matematik og geometri. Udgangspunktet for konstruktionen af et hjul er kammenes antal og deres deleradius.

Kammenes antal vil på store kamhjul som hathjul, stjernehjul og vandmøllernes gravhjul altid være et primtal (tal, hvor kun 1 og tallet selv "går op"). Forestiller vi os et øjeblik, at det ikke var sådan, men at kamhjulet havde f.eks. 75 kamme og drevet 25 stokke, så ville én stok for hver tredje omdrejning møde den samme kam. Hvis nu stokken er lidt slidt eller skæv, vil den slide på kammen og omvendt. Ved at vælge et antal kamme, der er et primtal, sikrer man, at den samme stok møder den samme kam så sjældent som matematisk muligt. Herved fordeles sliddet optimalt. På Havnø Mølle er antallet af kamme i hhv. hat- og stjernehjul 61 (primtal) og 131 (primtal), mens krøndrevet har 29 (primtal) stokke og kværndrevene hhv. 38 og 25 stokke.

På den cirkel, der angiver kammenes placering på hjulet, afsættes med en stikpasser de enkelte kammes placering, før hullerne til fastgørelse udstemmes. Hullerne er firkantede men koniske,

således at de er mindre på hjulets bagside end på forsiden, svarende til at kammen smaller lidt ind bagtil. Afstanden fra spidsen af en kam til den næste kaldes stigningen. Stigningen inddeles i 13 dele. Kammens bredde udgør de 6/13, mens mellemrummet er 7/13. Spillerummet mellem kammene er altså lidt større end kammene, for at kammene i det indgribende hjul kan bevæge sig mere frit. På Havnø Mølles hathjul er stigningen 11 cm. Ideelt set skulle kammen så være 5,07 cm og mellemrummet 5,92 cm. I praksis er kammen 5,0 cm og mellemrummet 6,0 cm, hvilket må siges at være uhyre tæt på det ideelle.

Så langt var hathjulet på Havnø Mølle altså i orden, - den møllebygger, der i 1842 konstruerede hjulet, kunne sit håndværk! Men træ arbejder, og der vil naturligvis også altid være en vis slitage på et hjul, der som vores er 166 år gammelt. Derfor kræves der altid en vis tilpasning, når nye kamme skal sættes i et gammelt hjul.

Kammenes tildannelse.

Med de gamle kamme havde vi kunnet konstatere, at indgrebet ikke var helt optimalt. Ved restaureringen i 1990'erne havde vi fået ny vindbjørn og sølesten, og det betød at vingekslen nu ligger en anelse højere end før. Derved blev vinklen mellem hathjul og det cylindriske krondrev ændret en smule. Når det gælder hjulenes indgreb, er selv små forandringer ofte af betydning, og kammene var i virkeligheden lidt for korte og havde en lidt forkert hældning, så stokkene trykkede relativt meget på selve spidsen af kammen, hvilket sammen med det ikke optimale materialevalg sikkert var årsag til at kammene begyndte

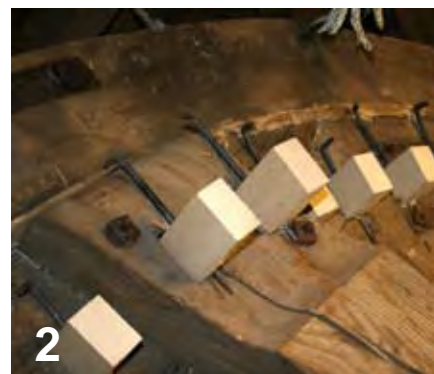
at flække. Kammene var nemlig hverken ormædte eller rådne.

De nye kamme blev derfor lavet 10 mm højere end de gamle. Råkammene var fremstillet på værkstedet, og blev som det første tilpasset hver enkelt hul og banket på plads i hjulet. På bagsiden af hjulet bores et hul i kammen (fig.1), hvorigennem en "besætter" placeres. Besætterne havde smedenes efterlønsklub på Dania lavet for os efter møllebygger John Jensens anvisninger. De er lavet af rundjern, der er tilspidset i den ene ende og ombukket i den anden. Det er vigtigt, at de i ombukket lige får et slag på hver side for at øge styrken og forhindre, at de knækker i bøjningen, når man slår på dem (fig.2). Besættere skal være til at tage ud og sætte i igen. Hvis træet svinder, og det bliver nødvendigt at sætte lidt sejldug eller papir i klemme mellem kam og hul, skal det være til at løsne kammen uden at forvolde skader.

Højden på råkammens hoved inddeles nu i 7.-dele. 4/7 ude på kammen afsættes et delepunkt. De inderste 4/7 udgør kammens lige del, mens de yderste 3/7 udgør den del af kammen, der skal afrundes (fig.3).

Afrundingen af kammen bestemmes ved at man i stikpasseren tager kammens tykkelse, der som nævnt ovenfor er 6/13 af stigningen. Med dette mål som radius afsættes rundingen fra delelinjen og til kammens spids (kammen er i virkeligheden ikke spids men stumpt afskåret fortil i en bredde af ca. 2/7 af kammens fulde bredde).

Den del af processen er relativt enkel. Det er det til gengæld ikke at lave inddelingen på et gammelt hjul. Inddelingen vil sige at bestemme, hvor spidsen af hver



enkelt kam skal være. Afstanden fra en spids til den næste skal være ens på millimeter, og det er ikke spor nemt at lave på et hjul, der med tiden har slået sig lidt. Problemet er særlig stort på et hathjul, hvor kammene ikke sidder radialt ud fra centrum, som på stjernehjulet, men vinkelret på hjulkransen. Det vil ofte kræve flere forsøg, før man får inddelingen til at ”gå op”, og med stikpasseren kan afsætte afstanden fra spids til spids hele vejen rundt.

Når inddelingen er på plads, laves først en grov tildannelse af kammen ved hjælp af en sav. Herefter stikkes kammen, hvilket vil sige at den tildannes ved hjælp af stemmejern. Endelig pudses kammen og alle kanter affases. Det skete i gamle dage med håndværktøj, men i dag bruges en båndpudser (fig.4).

Til sidst tjekkes indgrebet en sidste gang (fig.5). Kammene må ikke ”knibe” på stokkene, men skal slippe pænt, og kammens yderste kant skal være parallel med stokken. På Havnø Mølle er det - som på så mange andre gamle møller - lidt af en umulighed at ramme det 100% korrekte indgreb, idet krondrevet med tiden er blevet en lille smule ovalt. Vi var dog vildt begejstrede over det flotte resultat som Thomas og Zbigniew opnåede! Vi skal nu køre med møllen i en periode uden at give kammene fedt, så de kan pudse sig selv lidt til. Kammene skal også have et par gange med gori 22/7 – moderne hvidbøg angribes ofte af borebiller, så det gælder om at forebygge – og det skal gøres før kammene får fedt, for når først de er fedtet ind, vil gorien ikke trænge ind i træet. Selv nu, hvor kammene ikke er

smurt, kører møllen som en drøm, og vi fik malet 75 kg spelt og 250 kg hvede på mølledagen med et total lydløst gangtøj.

Jeg er stadig vildt fascineret af både tandhjul og den enorme viden, som gennem generationer er opsamlet i møllebyggerfaget!