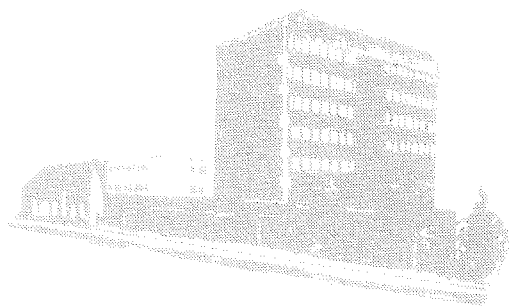


Skjærforhold i sagblad

Håkon Toverød



Norsk Treteknisk Institutt

Boks 113 Blindern, 0314 Oslo 3

Telefon (02) 46 98 80

Telefax (02) 60 42 91

FORORD

Det har skjedd mye omkring stabilitet og skjærforhold i sagblad siden ingeniør Gullik Hvams Tekniske småskrift "Tannluker, matning og skjærhastighet" ble utgitt av NTI i 1953. Sagbrukene stiller nå større krav og forskningen har også kommet noen skritt videre. Alt som her skal gjengis er hentet fra tidligere utgitte rapporter, dels i Norge, dels i andre land. Dette skrift er et forsøk på å gjøre noe av den viten som er kjent mer tilgjengelig for praktikere.

Vi har i det følgende forsøkt å sette sammen noe av den kunnskap som eksisterer på området til et mer sammenhengende bilde enn det en kan skaffe seg gjennom å lese enkelt-rapporter. En god del detaljer vil forsvinne i prosessen, forhåpentligvis med det resultat at helheten trer klarere fram. Dette fører naturligvis til at man fra tid til annen overforenkler problemene en del, men det er hva en må betale for å få til et helhetlig bilde av teorien. Dette er ikke et forsøk på å skrive en kokebok for praktikere, det er teorien som skal beskrives.

Det er gjort forsøk på å dekke emnet sirkelsagblader så bredt som mulig. For å få en viss struktur i det hele er framstillingen delt i tre hoveddeler. Den først delen består av kapitlene 1 til og med 5 og behandler tannsettet. Denne delen burde være like velegnet for bånd- og sirkelsager, og til dels for rammesager. Andre del består av kapitlene 6 og 7 og tar for seg stabiliteten i sirkelsagblader. Siste del er kapittel 8 og 9 som er et forsøk på å binde det hele sammen ved hjelp av et feilsøkingsskjema for sirkelsager.

Lesernes reaksjoner og kommentarer vil bli mottatt med takk. Er framstillingen for enkel eller for vanskelig? Er den for overfladisk eller finnes det uklare punkter, eller er det ting som rett og slett er feil? Spesielt ville det være interessant å få hjelp til å komplettere og utbedre feilsøkingsskjemaet i kapittel 8.

Oslo, desember 1988
NORSK TRETEKNISK INSTITUTT

Håkon Toverød

Innholdsfortegnelse

Kapittel	Side
1. Innledning	1
2. Sagbladets arbeidsprinsipp	2
3. Sponfraskillende bearbeiding	4
3.1 Tanngemetri	4
3.1.1 Frivinkel	5
3.1.2 Frigang	5
3.1.3 Sponvinkel	6
3.1.4 Framfas- og bakfasvinkel	6
3.2 Sponluke	7
4. Tannen i arbeid	7
4.1 Kutting av fibere.....	7
4.2 Bruddsoner	8
4.3 Spondannelse og energiforbruk	10
5. Spontransport	11
5.1 Sponfyllingsgrad	12
5.2 Fastfrysing av spon på skurflatene	13
5.3 Sponlukens utforming	14
5.4 Fotografering av spontransporten	16
6. Stabilitet og svingninger	18
6.1 Hva er svingninger ?	18
6.2 Kontroll med svingninger	20
6.3 Svingninger i sagblader	22
6.3.1 Radielle svingninger, nodale sirkler	22
6.3.2 Tangentielle svingninger, nodale diametere ...	23
6.3.3 Svingemodi	24
6.3.4 Kritisk turtall, ustabilitet	25
7. Sagbladstyringer	27
7.1 Hydrodynamiske styringer	27
7.2 Hydrostatiske styringer	32
7.3 Magnetisk styringer	33
7.4 Praktiske bladstyringer	33
7.5 Den stivende effekt	33
7.6 Den dempende effekt	33
7.7 Innspenninger av styrte blad	34
7.8 Optimale bladstyringer	34
8. Feilsøking i sirkelsager	35
8.1 Feilsøkingsskjema	36
8.2 Feilbeskrivelser	37
9. Bladkapasitet, nomogram	43
Bibliografi	45

1. Innledning

Bedre utnyttelse av råstoffet ved å bedre skurutbyttet, samt høyere kapasitetsutnyttelse på anleggene for å senke faste kostnader, vil være vanlige strategier for bedre lønnsomhet. En må dog være klar over at disse strategiene til en viss grad er innbyrdes motstridende. Økt produksjonstakt vil gi høyere belastning på sagbladene og dermed senket skurutbytte. Det er derfor av stor betydning at bladene er best mulig tilpasset bedriftens forhold. I dette skriftet skal vi prøve å gi et bilde av hvordan sagbladene vil oppføre seg under varierende belastning. Vi prøver ikke å gi noe fysisk korrekt bilde, bare et bilde som kan forklare endel av de problemer som fra tid til annen oppstår.

Framstillingen er delt i tre hoveddeler, hvor vi først har beskrevet tennene, hvordan de arbeider, og hvordan de påvirker skurresultatet. Deretter omtales vibrasjoner og ustabilitet i sagblader, hvorfor bladene blir ustabile, og hvordan vi kan bedre stabilitetsegenskapene. Til slutt er de to deler forøkt sydd sammen til et hele, ved å peke på hvordan forskjellige faktorer gjensidig påvirker hverandre.

Primært behandles sirkelsagblader, men bortsett fra det som er sagt om stabilitet er det meste like aktuelt for band- og rammesager.

2. Sagbladets arbeidsprinsipp

Når en betrakter tannsettet i et sagblad er det i prinsippet uinteressant om bladet sitter i en sirkel-, bånd- eller rammesag. Tennenes oppgave er uansett å avvirke tre og å transportere spon bort fra snittet. Det finnes store likheter spesielt mellom sirkel- og båndsagblader. I begge arbeider enkelttenner i en kontinuerlig bevegelse, de avvirker like mye spon pr. tidsenhet og de arbeider med konstant skjærehastighet.

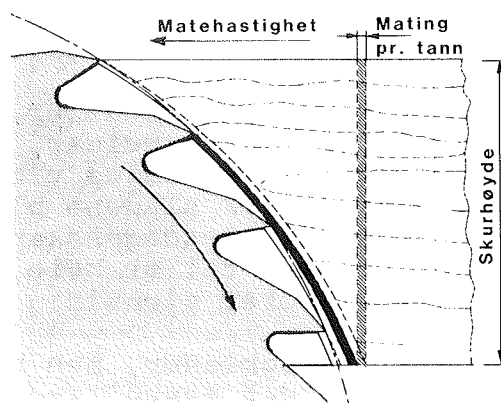


Fig. 1. Sirkelsagens arbeidsprinsipp.

Ulikheten består vesentlig i at sirkelsagbladet angriper fibrene i en vinkel som endres under skjæreforløpet. Dette fører til at matingen pr. tann øker under skjæreforløpet. Samtidig synker den relative hastigheten mellom virke og tann slik at avvirket volum over skurhøyden blir konstant. For båndsager derimot er angrepsvinkelen og den relative hastigheten hele tiden konstant. Dette er illustrert i figur 1 og 2.

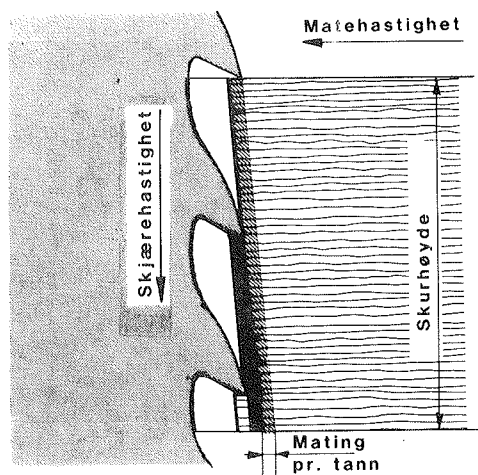


Fig. 2. Båndsagens arbeidsprinsipp

Belastningen på blad kan til en viss grad beskrives ved parameterne mating pr. tann, skjærehastighet og tanndeling. Disse faktorene beregnes ved hjelp av følgende formelverk.

Parameter	Sirkelsager	Båndasger
V: Skjærehastighet (m/s)	$V = \frac{Dn}{60}$	$v = \frac{Dn}{60}$
n: Turtall (o/min)	(spindel)	(hjul)
D: Diameter (m)	(sagblad)	(hjul)
d: Tanndeling (mm)	$d = \frac{D}{z}$	
z: Tanntall		
m: Mating pr. tann (mm)	$m = \frac{M}{nz}$	$m = \frac{Md}{60V}$
M: Matehastighet (m/min)		

Skjærehastigheten bestemmer hvor raskt verktøyet sløves. Høyere hastighet gir raskere sløving, men til gjengjeld kan mer arbeid gjøres pr. tidsenhet. Optimal hastighet oppnås ved den hastighet som gir mest mulig arbeid utført mellom omslipinger. Den optimale hastigheten er forskjellig for de forskjellige eggmaterialer. For vanlig karbonstål ligger denne hastigheten omkring 45-50 m/s og 60-70 m/s for hardmetall.

Tanndelingen er med på å bestemme matingen pr. tann, men den bestemmer også tannens sponlukevolum. En økning av tanndelingen gir økt mating pr. tann, men fører til at sponluka økes med kvadratet av denne størrelsen, slik at sponfyllingsgraden synker.

Matingen pr. tann er av vesentlig betydning for spontransport og friksjonen under skur. Dersom matingen blir for liten, vil det oppstå friksjon og varmgang i tannkranen. Dette kan lett føre til ustabilitet. En for stor mating pr. tann fører på den annen side til at sponluka overfylles slik at bladet blir ustabil av den grunn.

Disse forholdene blir diskutert nærmere i de følgende kapitler, men først litt om de grunnleggende begreper for all sponfraskillende bearbeiding.

3. Sponfraskillende bearbeiding

Sponfraskillende bearbeiding er en av de mest benyttede formingsprosesser i industrien. Prosessene preges av at det dannes et biprodukt, sponet, som fjernes fra arbeidsstykket for å oppnå riktig form. Eksempel på denne type bearbeiding er skjæring, fresing, dreining og sliping. Spondannende bearbeiding skjer alltid ved hjelp av en egg som har en karakteristisk form. (figur 3) Legg merke til eggen som dannes av de to tilstøtende plan sponflate og hovedfriflate. Felles for alle eggverktøy er at frivinkelen, eggvinkelen og sponvinklene tilsammen danner en rett vinkel. I sagbrukssammenheng er høvling og skjæring de mest utbredte prosessene.

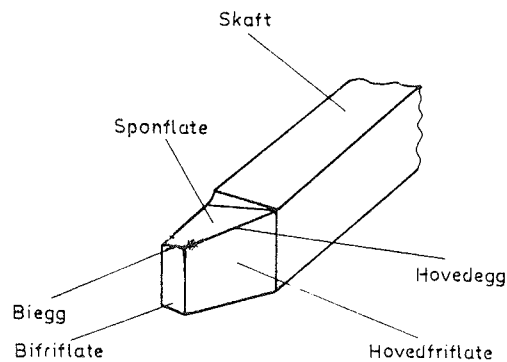


Fig. 3. Eggverktøy for metallbearbeiding

3.1 Tanngeometri

Alle eggverktøy, deriblandt sagtenner, har en felles geometri som gjenspeiler deres felles arbeidsområde. Figur 4 viser et bilde av den typiske tann. Eggen er skjæringslinjen mellom tannens friflate og tannbrystet. Vinkelen mellom dem er eggvinkelen. Frivinkelen dannes mellom friflaten og skjæreplanet som er den flaten som eggen sveiper over når verktøyet arbeider. Sponvinkelen finnes mellom tannbrystet og en linje normalt på skjæreplanet. De tre vinklene danner altså tilsammen en rett vinkel.

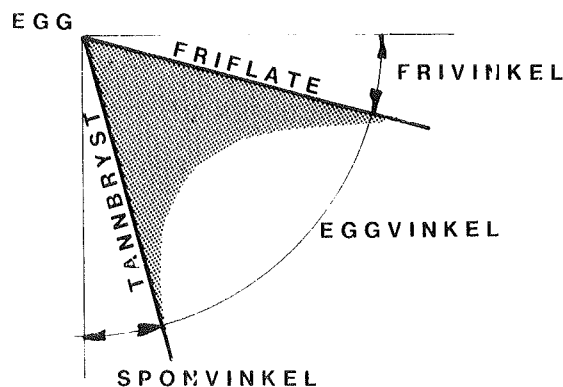


Fig. 4.

Sagtannen

3.1.1 Frivinkel

Frivinkelen er innlagt for å hindre friksjon mellom arbeidsstykket og tannen. Dens størrelse bestemmes vesentlig av hvor mye trevirket komprimeres under skjæringen. Treets kompressibilitet er avhengig av virkets tetthet, fuktighet og om det er frosset eller ikke. Tørt virke er mindre kompressibelt enn ferskt og frosset virke mindre kompressibelt enn ikke-frosset. Frivinkelen kan derfor være mindre når en skjærer frosset virke enn u-frosset. Dette kan utnyttes på vinterstid dersom man ønsker å styrke tennene mot den høye belastningen de utsettes for. Ved tørrskur og ved skjæring av harde treslag utnyttes den samme effekten.

Dersom frivinkelen er stor nok til at en unngår friksjon mellom friflaten og arbeidsstykket, vil en ytterligere økning ikke gi noen fordeler. Faktisk vil en økning da bare gi en svekket tann. Frivinkelen skal derfor være minst mulig, men stor nok til at friksjon unngås. For liten frivinkel vil avsløre seg ved at det oppstår gnidning mellom friflate og virke. Dette fører til varmgang i tannkransen, og kan gi ustabilitet og bølgeskur.

3.1.2 Frigang

Tannspissene er alltid bredere en bladkroppen. Dette oppnås ved å vige bladet, ved å stuke tannspissen eller ved å lodde eller sveise på slitemateriale som har større bredde enn bladkroppens tykkelse. Klaringen som oppstår kalles frigang. Hensikten er å unngå friksjon mellom bladkropp og skurflater, og mye av det som er sagt om frivinkel gjelder også for frigang.

Variasjonen i kompressibilitet kan utnyttes til å knipe inn på frigangen på samme måte som for frivinkelen. Dette kan utnyttes til å gi en noe mindre snittykkelse, men det kan også utnyttes til å hindre at spon unnslipper tannluka på vinterstid. Dette skjer ved at åpningen mellom bladside og skurflate blir mindre slik at sponet ikke så lett slipper ut.

Også for frigangen gjelder at den må være over en viss kritisk størrelse avhengig av materialet som skjæres. Økes frigangen mye utover denne størrelsen, oppnås ingen annen virkning enn at snittykkelsen og skjærekraftene øker. For liten frigang avslører seg ved brente merker på bladet. For stor frigang vil føre til at mye spon slipper ut av tannluka, og også dette kan gi varmgang ved friksjon.

3.1.3 Sponvinkel

Sponvinkelen bør være så stor som mulig for å gi de laveste skjærekrefter. Begrensene her er eggens mekaniske styrke uttrykt ved eggvinkelen. Når tannen blir så svak at den bøyes under skur, vil de vibrasjoner som oppstår gi en sterkt utmattende belastning på tennene. Typisk symptom er at bladet mister tenner ved en sprekk som går fra tannbryst til tannens bakkant. Under skur går en vesentlig del av energien med til å bryte sponet løs fra virket. Da er det fordelaktig om tannen har mest mulig kileform. (Sponvinkel så stor som mulig.) For liten sponvinkel vil føre til at kreftene tannen utsettes for blir vesentlig høyere enn nødvendig, noe som også kan føre til sprekkdannelser. Sponvinkelen må altså være størst mulig, men ikke større enn at tannen tåler belastningene under skur.

3.1.4 Framfas- og bakfasvinkel

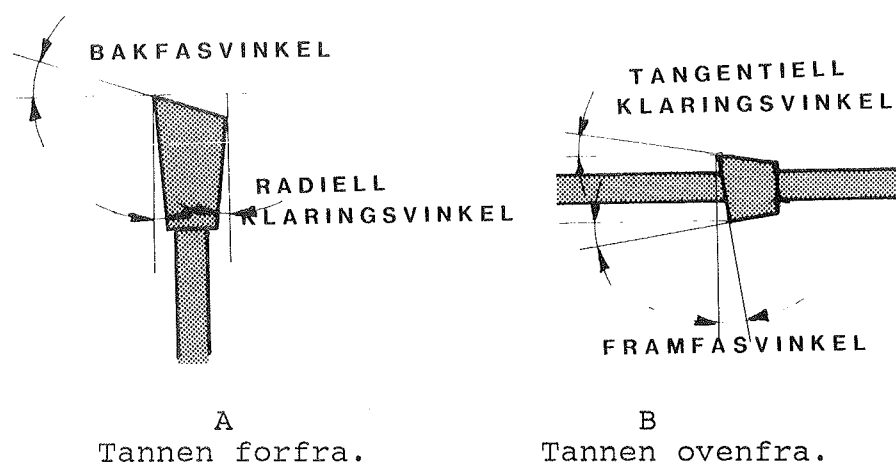


Fig. 5.

Ser en tannen ovenfra oppdages framfasvinkel og tangentiell eller klaringsvinkel. (Figur 5a) Tangentiell klaringsvinkel er innlagt for å redusere friksjonen, men det er ingenting som tyder på at denne effekten er særlig markert. Figur 5b viser tannen sett forfra, og da blir radiell klaringsvinkel og bakfasvinkel synlig. For klaringsvinkelen gjelder fortsatt at den neppe er bryet verd å legge inn, med mindre man ønsker å presse bladet helt opp mot toppen av sin yteevne.

Bakfasvinkel legges inn for å regulere selve skurforløpet. Ved en tilstrekkelig stor bakfasvinkel, og ved å plassere tennene med bakfasvinkelen alternerende til hver side, kan en oppnå et tannsett som deler sponet i to under selve skurprosessen. Dette gir lavere belastning ved at spondannelsen krever mindre energi. Tilsvarende kan en manipulere med formen på tannryggen for å oppnå at tannen deler opp sponet. Ved å lage en tann smalere enn den etterfølgende kan en f.eks. oppnå at sponet deles i tre. Vi kommer tilbake til bakgrunnen for dette i neste kapittel.

3.2 Sponluke

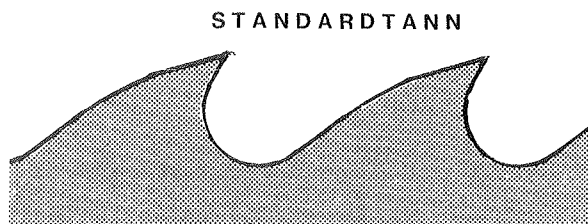


Fig. 6. Sponluke

Figur 6 viser den karakteristiske form på tennene. Rommet mellom tennene kalles sponluke. Utformingen av denne påvirker hvordan sponet pakkes og dermed hvor mye spon som kan transporteres. Sponluke er en begrensende faktor for sagbladets kapasitet. Generelt må en passe på at sponluke har et volum som er større enn det volum av spon som avvirkes av en tann. Dersom ikke dette er tilfellet, oppstår problemet tannlukefylling som vi skal se på i detalj senere.

4. Tannen i arbeid

La oss følge en tann gjennom en arbeidssyklus. Det vil si fra tannen trenger inn i virket til den har skåret gjennom det. Vi skal se på hva som skjer når tenner skjærer, hvordan trefibrene påvirkes av tannen, hvordan de brister slik at spon dannes og hvordan sponet brytes ut og transporteres bort fra snittet. Vi skal også se litt på hvordan skjærekraftene oppstår, og hvordan energien utnyttes under skurforløpet. Dette er beskrevet av McKenzie (19 og 20).

4.1 Kutting av fibere

Dersom vi kunne betrakte en egg som skjærer, ville vi se at treet deformeres kraftig under belastningen fra eggen. Det er ikke riktig, som en lett kunne tro, at eggen skjærer fibrene rett av. I praksis ville dette kreve en meget skarp polert egg. Det som virkelig skjer er at fibrene legger seg foran eggen som følge av belastningen fra denne. Samtidig skades fibrene som er nærmest eggen. Dette svekker fibrene lokalt og er med på å bestemme hvor bruddet skal inntreffe (Se figur 7). Når fibrene legger seg unna eggen vil kraftkomponenten av skjærekraften langs fibrene øke.

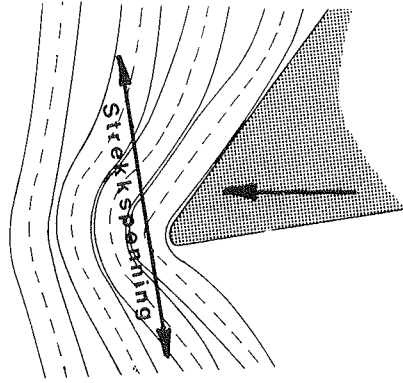


Fig. 7. Basishypotese for skjæremekanismen

Når strekkraftene i fibrene blir større enn fibrenes strekkstyrke, trekkes fibrene av. Som nevnt vil eggen skade fibrene. En slik skade vil konsentrere spenningene rundt seg slik at fibrene mister en del av sin styrke. Eggens skarphet bestemmer hvor mye fibrene skades, og dermed hvor store krefter som skal til for å trekke dem av. Denne skaden vil også være med på å bestemme hvor bruddet skal inntreffe. En skarp egg kan derfor sies å ha to funksjoner, den ene er å senke kreftene som skal til for å kutte fibrene, den andre er å gi en god overflate ved å bestemme hvor i fibrene bruddet skal inntreffe.

4.2 Bruddsoner

McKinsey (ref. 20) viste at treet kan sprekke i fem forskjellige soner rundt en verktøyegg. Figur 8 viser hvordan disse er orientert. Sonene 1 og 4 er de to sonene der brudd på tvers av fiberretningen kan oppstå. Dersom brudd oppstår bare i sone 1, vil vi få et brudd av type 1 (figur 9).

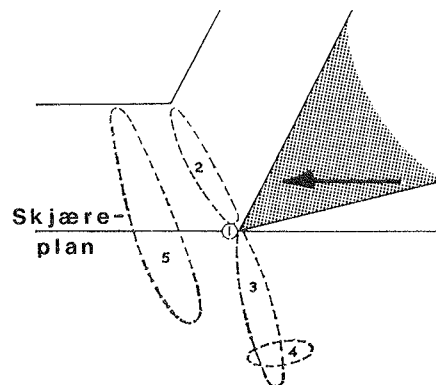
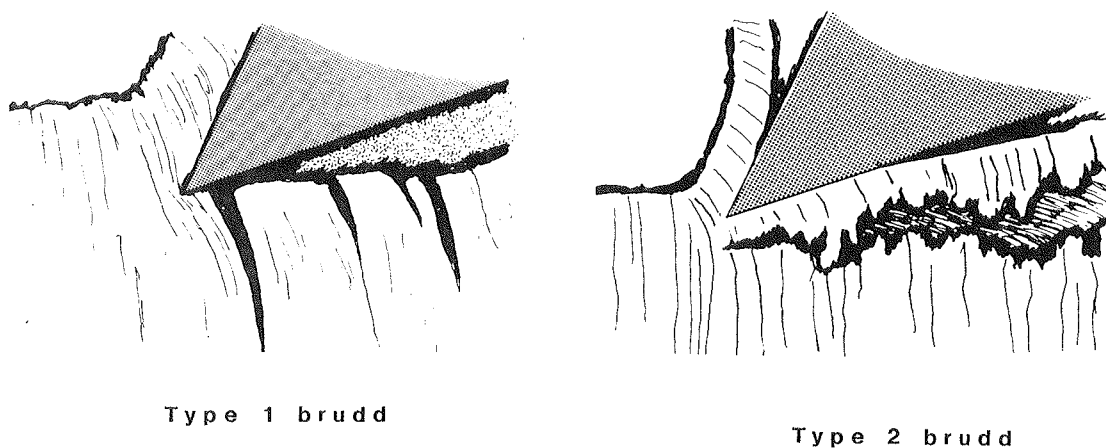


Fig. 8. Bruddsoner i tre.

Det er denne typen brudd som ble beskrevet over, og som som anses for den mest ønskede typen. Type 2 brudd oppstår når bruddet i fibrene inntreffer i en sone et stykke under eggen. (Sone 4) Et slikt brudd vil alltid måtte følges av et brudd i sone 1. Det oppstår derved et typisk dobbelt spon som vist i figur 9 b. Type 2 brudd oppstår når de totale bøye- og strekkbelastninger i fibrene blir større i sone 4 enn i sone 1. Denne typen brudd skjer i bløte treslag eller ved spesielt sløv egg.



Type 1 brudd

Type 2 brudd

Fig. 9.

Bruddtyper

Sonene 2, 3 og 5 beskriver brudd på langs av fibrene, altså separasjon av fibre. Disse bruddene oppstår som følge av skjærkrefter fra bøying i fibrene, og har stor betydning for spondannelsen. Denne typen brudd frigjør sponet i et plan normalt på skjæreplanet. Brudd i sone 2 skyldes en ren bøying av sponet. Sponets "lengde" bestemmes av hvor ofte dette bruddet inntreffer. Dette er forutsatt at brudd i sone 3 eller 5 ikke har skjedd. Brudd i disse sonene vil skje stadig oftere med sløving av eggen fordi deformasjonen av fibrene før brudd i sone 1 og 4 øker. Dette kan være grunnen til at en sløv egg lager finere spon enn en skarp egg.

Brudd i sone 3 vil gi en svingende skjærekraft. Dette er observert ved målinger av skjærekraft med pendeldynamometer. Årsaken er at en tann gjør en del av arbeidet for den etterfølgende ved at den etterlater seg en sone av virke som allerede har sprukket opp. Vi vil nå få en tann som gjør mye arbeid etterfulgt av en tann som gjør lite arbeid. Noguchi (ref. 25) viste at denne type av svingende skjærekraft kan oppstå i vårt bartrevirke.

4.3 Spondannelse og energiforbruk

Når bruddet på tvers av fibrene har oppstått er sponet skåret løs langs skjærplanet. Vi kaller dette skjæreforløpets første fase. Det er i denne fasen de største kreftene oppstår. Det er også i denne fasen eggens skarphet er av størst betydning. Når eggen er skarp, vil bruddet i fibrene startes ved at eggen skader fibrene i sone 1. Det trengs da en relativt liten kraft til å trekke fibrene av. Annen fase består i at sponet brytes av ved brudd i sone 2 eller 5 samt at det frigjøres fra skurflatene. Sponet er nå skåret løs fra det omliggende virke, men det er fortsatt kilt fast mellom skurflatene, og kan ikke slynges ut før det er ytterligere delt opp. Denne oppdelingen kan betegnes som tredje fase i skjæreforløpet. Oppdelingen av sponet blir selvsagt lettere når sponvinkelen er stor slik at tannen har en maksimal kileform. Skjæreforløpets siste fase er aksellerasjon og utkast av spon. (Ref. 30).

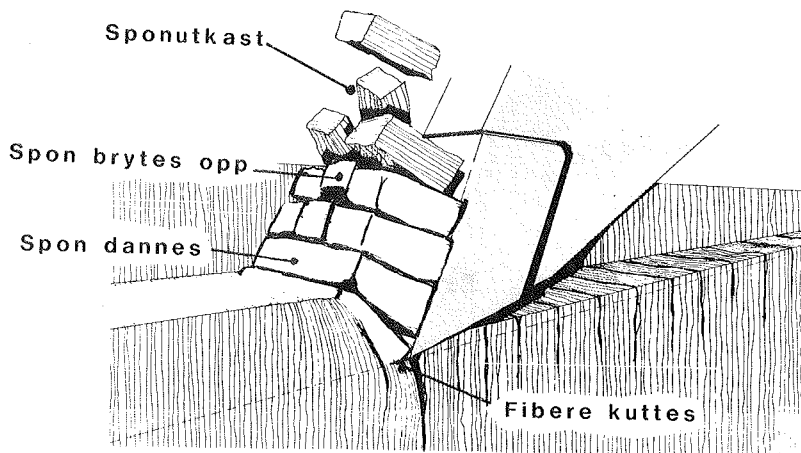


Fig. 10. Skjæreforløpets faser

Energien som brukes i de forskjellige fasene er i figur 11 satt opp som en kvalitativ funksjon av spontykkelsen (mating pr. tann). En skal her spesielt merke seg at energien som medgår i fase 1 er uavhengig av spontykkelsen. Dette er enkelt å innse når en husker på at eggen skjærer over like mange fibere enten spontykkelsen er stor eller liten. Dette er et argument for å gå ned på antall tenner. Den totale energien til å skjære blir da mindre sammen med belastningen på sagbladet. Til gjengjeld blir belastningen på hver tann større.

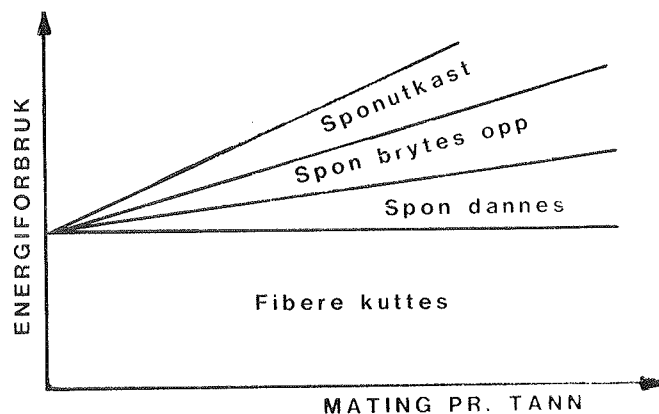


Fig. 11. Energiforbruket

En skal spesielt merke seg at skjæreenergien ikke går mot null når sponykkelsen går mot null. Det som skjer når sponykkelsen blir svært liten er at tannen ikke skjærer som forutsatt. Dette skyldes at virket fjærer unna tannen når den passerer. Dersom tannen ikke får skikkelig "tak", vil den bare slepe mot virket, noe som skaper høy friksjon og varmgang i tannkranse. Dette straffer seg i form av rask sløving av eggen og ustabilitet i bladet.

5. Spontransport

En av forutsetningene for en god tannform er at mest mulig av sponet som skjæres løs av tannen transporteres ut av snittet i tannluka. Dette betyr at tannlukas volum må være større enn volumet av det sponet som avvirkes pluss den ekspansjon som sponet har i forhold til fast virke. Dessuten er det en forutsetning at sponet ikke unnslipper sponluka på veien ut av snittet.

Overfylling fører til at trykket inne i sponluka blir for høyt slik at sponet presses mot skurflatene. Dette gir sterk friksjon med derav følgende varmgang og ustabilitet. Dessuten vil friksjonen medføre at endel av sponet rives ut av tannluka og havner i rommet mellom skurflate og bladkropp. Dette vil også kunne gi varmgang ved friksjon. Siden overfylling er avhengig av skurhøyden, vil problemet ofte avsløre seg ved å studere hvordan spon legger seg på skurflatene. Dersom relativt grovt spon ligger på skurflatens nedre del, er det grunn til å undersøke om tannen er overfylt.

Dersom frigangen er for stor, kan mellomrommet mellom bladkropp og skurflate bli større enn sponets partikkelstørrelse slik at sponet unnslipper tannluka. Dette kan oppdages ved å studere sponansamlingen på skurflatene. Dersom denne er betydelig, uten at det er grunn til å mistenke overfylling, kan det være en grunn til å forsøke å minske frigangen.

5.1 Sponfyllingsgrad

Overfylling av tannluka kan beskrives matematisk ved å beregne hvor mye spon tannluka inneholder i forhold til dens volum. Dette forholdet kalles sponfyllingsgrad (SFG). Tannlukas volum er tannlukearealet multiplisert med tannspissbredden. Tannlukas areal kan lettest måles ved å tegne tannen på et millimeterpapir og så telle antall ruter inne i tannluka. Avvirket fast flisvolum er mating pr. tann multiplisert med tannspissbredde og skurhøyde.

$$\text{SFG} = \text{Avvirket fast flisvolum} / \text{Sponlukevolum}$$

Eller skrevet fullt ut :

$$\text{SFG} = \frac{mHT}{At} = \frac{mH}{A}$$

m = mating pr. tann (mm)
 H = skurhøyde (mm)
 A = sponlukeareal (mm²)
 t = snittykkelse (mm)

SFG kan i prinsippet aldri bli over 1, det vil si at det avvirkede volum ikke kan bli større enn volumet av tannluka. Dersom en allikevel presterer å kjøre så hardt skyldes dette at sponet lekker ut av sponluka. Dette kan tyde på for stor frigang. Ofte settes maksimal SFG til 1/3, men dette forutsetter ukomprimert spon. Normalt bør en ikke overskride en SFG på 0,6 for båndsager, og ca. 0,5 for sirkelsager.

Den kritiske SFG man kan kjøre med er i virkeligheten avhengig av en lang rekke faktorer knyttet til skurprosessen. Mengden av spon som unnslipper sponluka er nevnt. Kompressibiliteten av spon er en annen faktor. Vi må altså anta at SFG kan være høyere på sommerstid enn under vinterforhold. Effektiviteten av volumutnyttelsen i sponluka er en tredje faktor. De såkalte sponbrytende tenner har en ansats et stykke nede på tannbrystet. Den skal styre sponet slik at det slynges fram mot foregående tanns rygg og derved oppnå en bedre pakking av spon.

5.2 Fastfrysing av spon på skurflaten

Dette problemet har plaget industrien så lenge det har vært skåret tømmer på vinterstid. Det betyr ikke at det ikke finnes metoder som i stor grad kan eliminere det. Det første en må være klar over er at det sponet som fryser fast på skurflatene er det spon som har unnslippet tannluka. Det vil si at vi kan skissere to løsningsstrategier. En er å hindre at spon unnslipper tannluka, noe som vil si at en eliminerer problemet før det har oppstått. Den andre metoden er å skrape bort det spon som allerede har frosset fast.

I det ovenstående er det skissert endel metoder for å hindre spon i å unnslipe sponluka. Sponstørrelsen og frigang er her viktige faktorer. Den første påvirkes ved å endre matingen pr. tann. Høy mating vil gi grovere og mer sammenhengende spon som ikke så lett unnslipper tannluka, dessuten vil sponet bli mer effektivt pakket. Frigangen bestemmer størrelsen på spalten mellom bladkropp og skurflate, og som tidligere nevnt er minimum frigang bestemt blant annet av trevirkets hardhet. Større hardhet i frosset virke gjør at frigangen kan senkes. I frosset virke kan frigangen med fordel senkes ned mot 0,4 mm. Dersom en øker matingen pr. tann ved å øke tanndelingen (færre og større tenner), samtidig som frigangen senkes, kan en altså oppnå et tannsett med bedre vinteregenskaper.

Andre metoder for å hindre at spon unnslipper sponluka vil være å bruke tenner med stuking i tannbunnen. Riktig utført dannes det da en "bunn" i tannluka. Stukingen kan også være med på å skrape bort spon som allerede er frosset fast på skurflatene. Denne metoden er benyttet av endel båndsaagbruk, og erfaringene synes å være gode. Denne metoden kan nok også gi gode resultater for sirkelsager, men driftserfaringer med metoden er ikke kjent. Problemet med tannbunnstuk er at det lett dannes riper i skurflatene. Dessuten må en være mer påpasselig med at tannluka ikke overfylles.

Avarter av denne metoden finnes. En mulighet er å sørge for at tannprofilen låser fast en liten del av sponet slik at det dannes en pute av spon nær bunnen av tannen. Dette kan en gjøre ved en dobbelt tannform som illustrert i figur 12. Spon låses fast i den lille tannluka og virker på samme måte som en tannbunnstuk. En kan med dette unngå stukens ulempe med riper på skurflatene, og derved kanskje oppnå en tannform som egner seg godt både for sommer- og vinterforhold.

De såkalte sponbrytende tenner, hvorav canadatannen er den mest prominente representant, har til hensikten å påvirke hvordan sponet pakker seg i tannluka. Felles for denne typen tenner er at det er lagt inn en skarp knekk eller ansats i tannprofilen et stykke nede på tannbrystet. Når sponet treffer denne knekken vil det bli slynget fram mot tannryggen, slik at sponet får samme hastighet som bladet. Enda viktigere er at sponet pakkes mer effektivt ved at en større del av tannluka benyttes. Sponbrytende tenner ser ut til å få en viss utbredelse også på sirkelsager, og erfaringene synes å være gode. (figur 12)

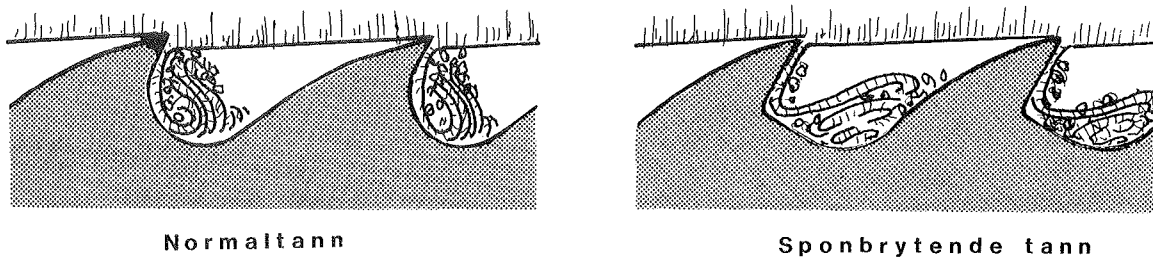


Fig. 12. Spontransport

5.3 Sponlukens utforming

Som tidligere nevnt avgjør tannformen hvordan sponet oppfører seg i tannluka. Dette betyr ikke at en står helt fritt til å utforme tannluka som en vil. Det er vesentlig for tannens styrke at en unngår spenningskonsentrasjoner rundt skarpe overganger i tannprofilen. Det betyr at en er interessert i et profil med størst mulig radius der hvor spenningene er høye. Til gjengjeld kan en tillate skarpere overganger der hvor spenningene er lavere.

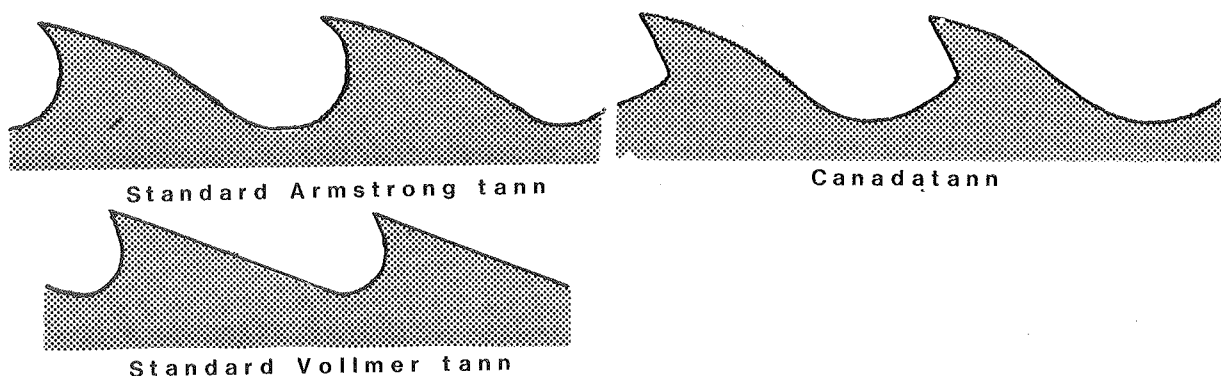


Fig. 13. Standard tannformer

For båndsaager benyttes stort sett tre tannformer. I figur 13 er de vist med en Standard Armstrong tann, en Vollmer tann og en Canadatann. Armstrong og Vollmer er konstruert med en mest mulig avrundet form, slik at spenningskonsentrasjoner skal unngås. Canadatannen ble opprinnelig konstruert for bruk i harde treslag der selv standardtennene hadde for liten radius i tannbunnen. Bl.a. Thunell (ref. 32) har vist at spenningene rundt tennene er null i en sone et stykke nede på tannbrystet. Dette skyldes at det er strekkspenninger i tannbunnen og trykkspenninger langs ryggen. Et sted der spenningene skifter retning må altså spenningene være null. Dette skjer nederst på tannbrystet. Ved å benytte dette kunne en legge inn en skarp knekk i dette området. En fikk derved mindre radius i resten av tannprofilen og altså en sterkere tann. I dette området kan en også manipulere med tannprofilen for å oppnå de tannformer som er skissert i figur 12. Konsentrasjon av spenninger oppstår også rundt sprekker eller slipemerker i tannen. Det er derfor viktig for tannens styrke at en unngår slipemerker eller andre overflatedefekter i de områder av tannprofilen som er sterkest belastet.

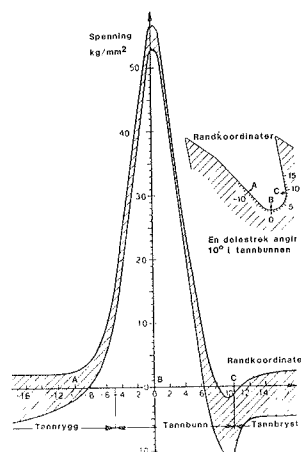


Fig. 14.

Spenningen i tannprofilen

5.4 Fotografering av spontransporten

Det er gjort mange forsøk på å studere spontransporten i tannluka under skur. Det er selvsagt umulig å gjøre dette uten å ty til kunstgrep som påvirker skjærforholdene i forskjellig grad. Her skal vi nøye oss med å se på noen av de resultater som er kommet fram gjennom disse studiene. Men først bør vi vite litt om hvordan bildene er kommet fram. En metode består i å montere sagbladet mellom to plexiglasskiver som roterer med bladet. Ved å la bladet skjære i en trebit som er like tykk som tannspissen kan en studere spontransporten i gjennomfallende lys (31). En annen metode består i å legge en virkesbit med et vindu hvor man kan studere tennene inntil bladet. En planke skjæres med vinduet som "fens" slik at sponlukene kan studeres i reflektert lys. (6) En tredje metode består i å studere tennene når de passerer ut av virket. (4) Alle metodene er basert på bruk av stroboskop og høyhastighetsfotografering.

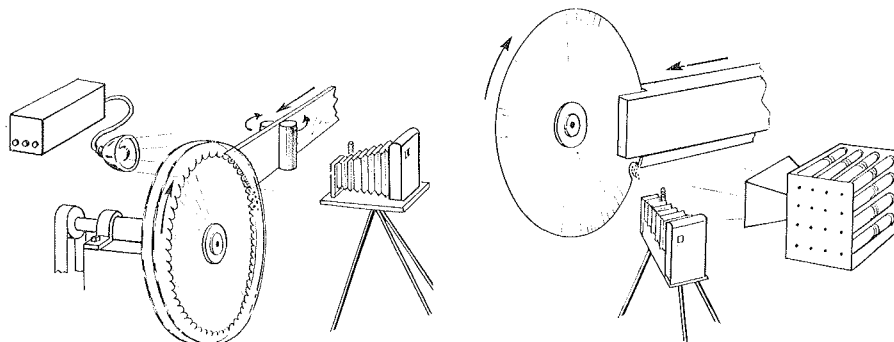
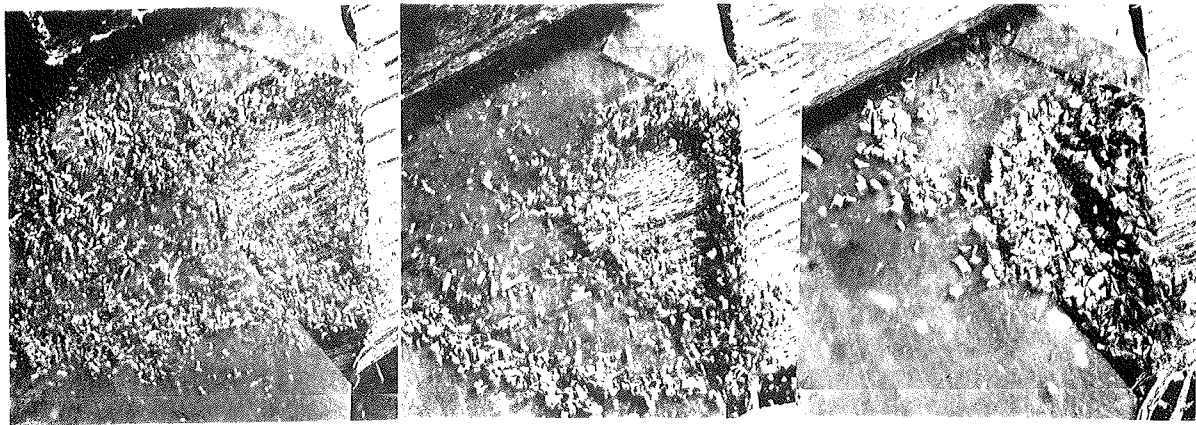


Fig. 15. Fotografering av tannluka

Figurene viser forsøksoppsett i de forskjellige metodene, og noen fotografier fra forsøkene. Bildene er hentet fra publikasjonene 4, 6 og 31 i referanselisten.

Bildene viser hva som skjer når sponykkelsen blir for liten. En ser tydelig hvordan tannen sleper over snittflaten og skraper bort litt fint spon. En kan også se hvordan spon lekker ut av sponluka. Det er dette sponet som vil fryse fast i skurflatene om vinteren. Dersom en kan hindre denne utlekkingen av spon, kan en altså unngå dette problemet. Dette er forsøkt ved å legge inn stuk i tannbunnen, og ved å konstruere sponbrytende tenner som pakker sponet bedre i tannluka.

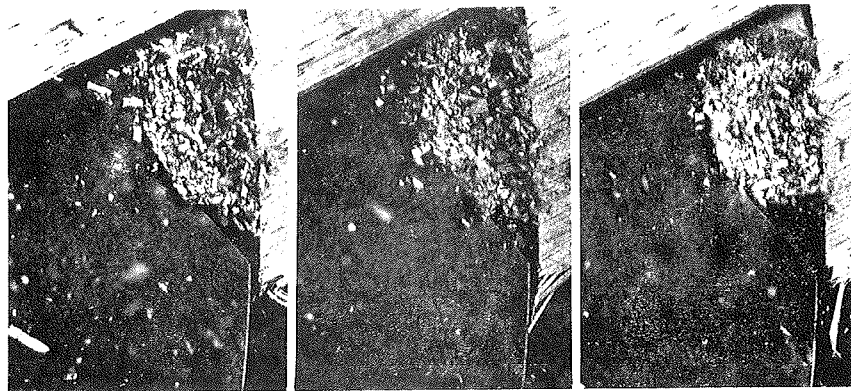


$m = 0.2 \text{ mm}$

$m = 0.45 \text{ mm}$

$m = 1.0 \text{ mm}$

Fig. 16 Betydning av mating pr. tann.

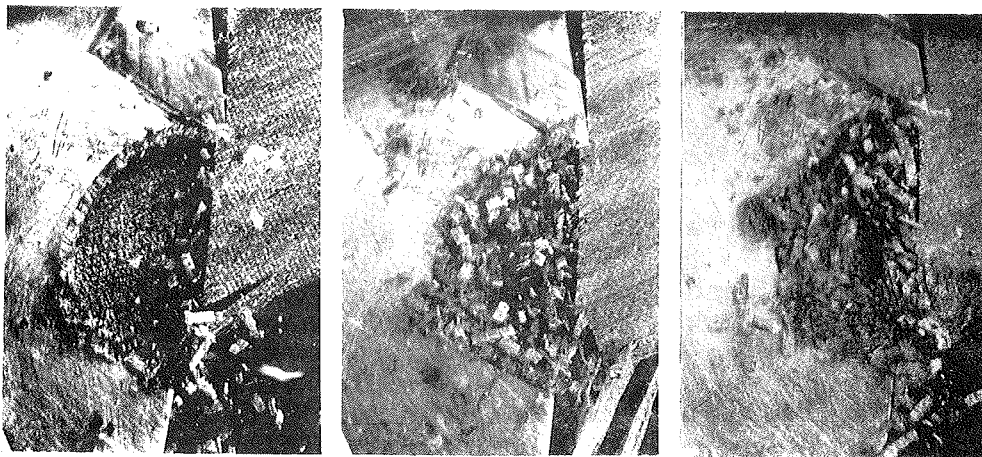


$V = 30 \text{ m/s}$

$V = 43 \text{ m/s}$

$V = 60 \text{ m/s}$

Fig. 17 Skjærehastighetens innvirkning.



$H = 7 \text{ cm}$

$H = 12 \text{ cm}$

$H = 17 \text{ cm}$

Fig. 18 Sammenhengen skurhøyde og sponfylling.

6. Stabilitet og svingninger

6.1 Hva er svingninger ?

Bølger, vibrasjoner og svingninger er alle navn på det samme fenomen; en repeterende bevegelse i mekaniske systemer. Det enkleste eksemplet på et svingende mekanisk system er en pendel. Pendelen befinner seg i likevekt når den er i ro, og massen befinner seg rett under opphengningspunktet. Når pendelen bringes ut av likevekt ved å f.eks. å gi den et støt, begynner den å svinge.

På grunn av støtet bringes massen bort fra likevektspunktet. Kraftene i snoren vil forsøke å bringe den tilbake til likevekt, men på veien tilbake aksellereres loddet opp til en hastighet. I det pendelen passerer likevektspunktet er hastigheten maksimal, og tregheten i loddet bringer det igjen ut av likevekt, men med motsatt utslag. Denne bevegelsen repeterer seg med stadig mindre utslag inntil pendelen blir hengende i ro.

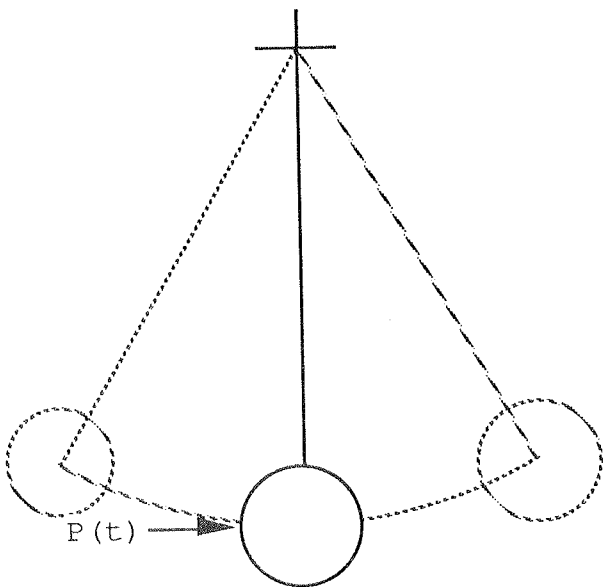


Fig. 19a. Pendel

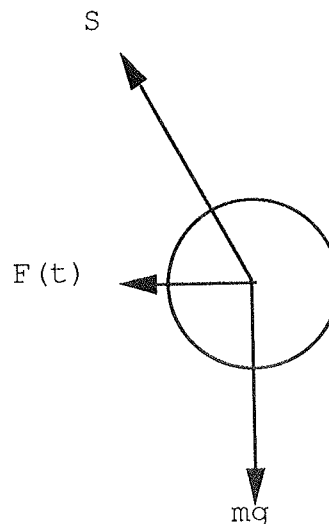


Fig. 19b. Kraftene på loddet.

En pendel er et svingende mekanisk system.

I figur 19 a er pendelen illustrert. Legg merke til at tre sett av krefter virker på massen. Den ene er strekket i snora, S , den andre er tyngden, G og den tredje er de kreftene vi tilfører utenfra, $P(t)$, som når vi ga pendelen et støt for å få den til å svinge. Kraften $P(t)$ varierer med tiden, vi sier at P er en funksjon av tiden.

Figur 19 b viser kreftene på loddet i ytre dødpunkt. Legg merke til at strekket i snora ikke angriper loddet langs den samme akse som tyngden. Det betyr at det må eksistere en kraftkomponent $F(t)$ som peker inn mot likevektspunktet. $F(t)$ er også en funksjon av tiden fordi den er avhengig av vinkelen mellom tyngden og snoren. Denne vinkelen er null i likevektspunktet.

Når loddet et øyeblikk står stille i ytre dødpunkt, har $F(t)$ sin maksimale størrelse. Denne kraften vil nå aksellere massen i retning av likevektspunktet. Derfor øker loddets hastighet så lenge $F(t)$ peker i loddets bevegelsesretning. Men når likevektspunktet nås, snur retningen på $F(t)$, slik at den begynner å bremse ned loddet. Når loddet på grunn av oppbremsingen igjen står stille, har vi nådd det motsatte dødpunktet.

Det er selvsagt langt fra svingende pendler til sagblader men prinsippene for svingningene er alltid de samme, og terminologien er også felles.

La oss se på noen begreper før vi går videre:

Svingningens amplitude er et uttrykk for dens størrelse eller svingeutslaget. Avstanden fra likevektaksen til det maksimale utslaget.

Tiden det tar for en svingning å gjøre en hel "runde", for pendelen vil det si fra den befinner seg i et dødpunkt, til den er tilbake i det samme dødpunktet, betegnes med svingningens periode. En annen måte å angi det samme på er antall perioder svingningen utfører pr. sekund. Dette betegnes frekvens.

Det som driver svingningen, i vårt eksempel et lite støt på en stillestående pendel, kalles eksitasjon. I figur 19 angitt som $P(t)$. Eksitasjonen er alltid en tidsavhengig påvirkning, det kan være et støt som i vårt eksempel, eller en annen svingning.

Pendelen fortsetter ikke å svinge i all evighet. Det må derfor virke en kraft på pendelen som bremser bevegelsen. Luftmotstanden er en slik kraft. Den vil alltid virke mot bevegelsen, og dens størrelse er avhengig av bevegelseshastigheten. Generelt kalles slike krefter for svingningens dempning. I alle praktiske svingende systemer finnes en eller annen dempende faktor.

Den svingningen som oppstår når vi utsetter et mekanisk system for en eller annen tidsavhengig belastning (eksitasjon), kalles systemets respons på eksitasjonen.

Hvis en måler pendelens periode med forskjellig former for eksitasjon, vil vi oppdage at så fort eksitasjonen er borte (pendelen svinger fritt) så er frekvensen til svingningen eksakt den samme. Uansett hva en gjør for å sette pendelen i bevegelse, vil dens respons alltid ha den samme frekvensen.

Dette kalles systemets egenfrekvens. Den eneste måten å endre egenfrekvensen i en pendel er å endre lengden på snora. Selv om massen av loddet forandres, vil egenfrekvensen være den samme.

Når eksitasjonen er en svingende belastning som har den samme frekvensen som pendelen, f.eks. at en gir den et støt hver gang den når et av dødpunktene, har vi en situasjon som kalles resonans.

Når et svingende system eksiteres med en belastning som gir resonans, vil systemets respons få en tiltagende amplitude. Dette kan føre til sammenbrudd i systemet. Resonanstilfellet er derfor farlig.

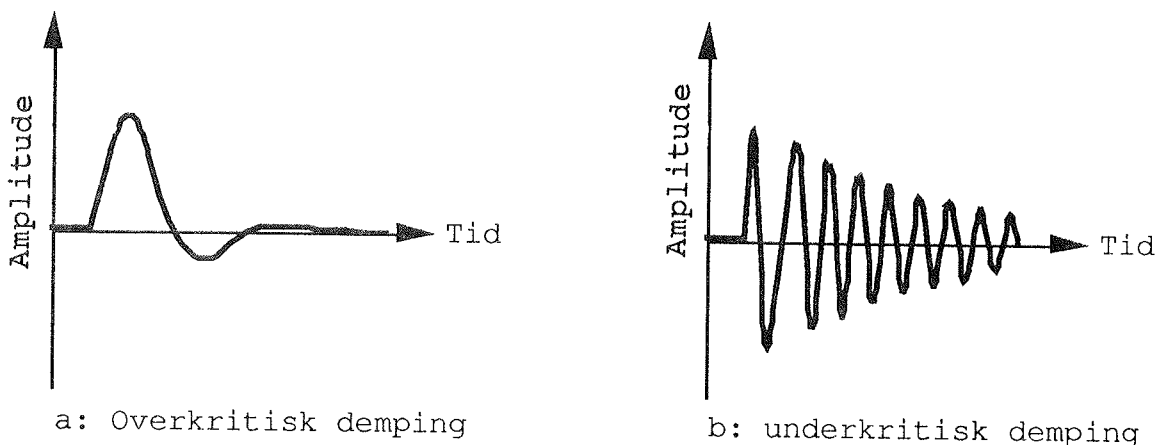


Fig. 20. Dempende svingninger.

I figur 20 vises responsen på en enkeltbelastning i to forskjellige svingende systemer. I figur 20 a har vi en sterkt dempet svingning. Som vi ser svinger ikke systemet i egentlig forstand, det bare returnerer til likevektstilstanden. Dette systemet har overkritisk demping. Hjulopphenget på en bil er et eksempel på et slikt system. Figur 20 b viser en respons som består av en utdøende svingning. Denne typen respons får vi i en pendel, eller i et sagblad. Dette kalles (logisk nok) underkritisk demping.

6.2 Kontroll med svingninger

Svingninger i resonans er en vesentlig og ofte meget farlig effekt. Mange konstruksjoner har brutt sammen på grunn av belastninger langt lavere enn det konstruksjonene var beregnet for. En må merke seg at det ikke er amplituden til eksitasjonssvingningen som er farlig, men frekvensen. En meget stor amplitude kan derfor være uskadelig så lenge frekvensen er langt borte fra resonansområdet.

Vårt system i figur 19 var et meget enkelt system som bare kunne bevege seg langs en akse, det hadde en frihetsgrad. En frihetsgrad beskriver antall bevegelsesretninger et system har. En ball kan f.eks. bevege seg i tre dimensjoner, samt at den kan rotere rundt alle tre akser, den har altså 6 frihetsgrader. Antall resonansfrekvenser i et system er bestemt av antall frihetsgrader. Vårt enkle system hadde således bare en resonansfrekvens. Systemer i det praktiske liv har vanligvis mange frihetsgrader, og enkelte systemer (så som sagblader) har for alle praktiske formål uendelig mange frihetsgrader og derfor uendelig mange resonansfrekvenser. Etter hvert som eksitasjonsfrekvensen øker vil en altså støte på stadig nye områder med resonans. Vanligvis er dempingen minst ved den laveste resonansfrekvensen. Dette er derfor ofte det farligste resonansområdet.

Det finnes to måter å unngå farlige svingninger. Den ene og vanligst brukte er at man forsøker å unngå å eksitere systemet ved resonansfrekvens. Dette kan en gjøre ved å drive systemet ved et turtall lavere enn det kritiske turtall (hvor resonans oppstår) eller å drive systemet over det kritiske turtall. Dette kalles h.h.v. underkritiske- og overkritiske turtall.

I roterende maskiner som sagmaskiner, høvler etc. er spindelurtallet ofte den viktigste eksitasjon. En skulle derfor tro at det ville være mulig å lage en maskin som er så perfekt avbalansert at amplituden på eksitasjonen blir så lav at resonans ikke oppstår. Imidlertid så vi tidligere at det ikke var noen sammenheng mellom eksitasjonsamplitude og responsamplitude for systemer med lav demping. Det betyr at for å unngå å drive resonans må eksitasjonssvingningen ha null amplitude. Det er derfor umulig å lage praktiske systemer som ikke blir utsatt for eksitasjon.

Den andre metoden er å innføre damping i systemet. En høy demping fører til at amplituden ved resonans kan kontrolleres. Man kan med denne metoden ikke unngå at amplituden ved resonans er den høyeste, men det kan være mulig å forbedre systemets oppførsel ved resonans vesentlig.

Sagblader er svingesystemer med meget lav demping. Dette kan en overbevise seg om ved å knipse på et sagblad og ta tiden til lyden dør ut. Det er gjort mange forsøk på å innføre demping i sagblader. En av metodene er å laminere bladet med lag av kunststoff med en høy dempingskoeffisient. Dette har gitt blader med vesentlig lavere støynivå, men dempingen har ikke vært stor nok til å unngå at bladet får store amplituder nær resonans.

Den eneste svingningskontrollerende metode som til nå har fungert i sagblader er å unngå å drive sagbladet i nærheten av resonans.

6.3 Svingninger i sagblader

Vi har til nå konsentrert oss om svingninger i en pendel. Svingninger i sagblader er selvsagt vesensforskjellige fra dette, men hvert punkt i sagbladet vil allikevel oppføre seg omtrent som pendelens lodd. Det er derfor ikke tilfeldig at et komplisert system som et sagblad arver grunnprinsippene i det enkle systemet.

I sagbladet vil enkeltsvingningene til hvert enkelt punkt bli satt sammen til bølgetog som vandrer i bladkroppen. Bølgene i et sagblad kan betraktes som om de var sammensatt av fire bølgetog. Et bølgetog vandrer fra periferi til sentrum, et fra sentrum til periferi, et roterer rundt bladet med rotasjonsretningen og et vandrer mot rotasjonsretningen.

6.3.1 Radielle svingninger, nodale sirkler

Et snitt gjennom en diameter i et svingende sagblad, er vist i figur. 21. Bølgene som vandrer langs en radien ligner svingningen til en gitarstreng. En bølge vandrer fra klem-brikken og ut mot periferien hvor den reflekteres og vandrer tilbake mot sentrum. De to bølgene eksisterer i bladkroppen samtidig slik at effekten av dem summeres opp som vist i figuren. Når bølgene er i fase med hverandre oppstår stillestående punkter på radien. Dette kalles knutepunkter eller noder. De to radiene i en diameter svinger i fase, slik at diameteren blir symmetrisk om sentrum. På diameteren finnes noder og bukter. En svingning langs radien kan oppstå med en, to eller flere noder. Siden bladet er helt symmetrisk om sentrum, vil alle diameterer svinge i takt og alle nodene befinne seg derfor i samme avstand fra sentrum. Noder på diameteren vil derfor danne hele sirkler på sagbladet som står stille. Dette kalles nodale sirkler.

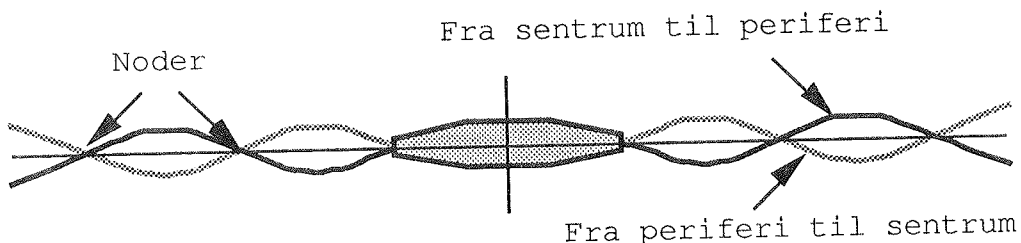


Fig. 21

Radielle svingninger.

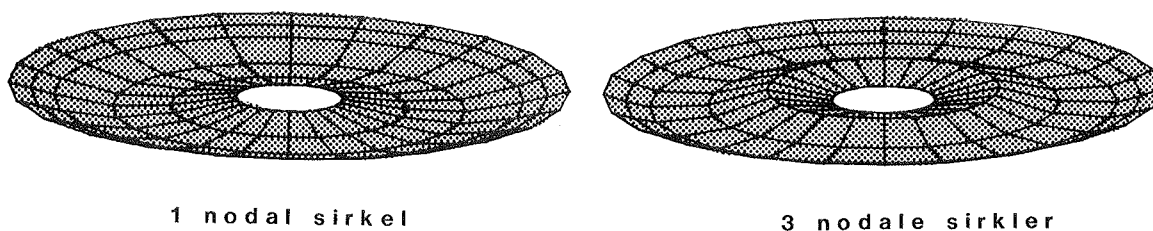


Fig. 21. Nodale sirkler.

6.3.2 Tangentielle svingninger, nodale diametere

De to bølgetogene som vandrer rundt bladet (tangentielt) vil oppføre seg på en tilsvarende måte. De to bølgetogene kan falle sammen og danne noder. Om vi tenker oss at vi tar en liten ring av bladet, vil de to bølgetogene vandre rundt i denne ringen i hver sin retning. Enkelte punkter på ringen står stille. Det er lett å overbevise seg om at når bølgetogene faller sammen, må antallet av bukker være delbart med omkretsen i ringen. Nodene må følgelig plassere seg symmetrisk om ringens sentrum. Alle de tenkte ringene som tilsammen danner bladet, svinger i takt. Nodene på alle ringene faller derfor på samme diameter. Noder forbundet med tangentielle vibrasjoner i et sirkelsagblad kalles derfor nodale diametere.

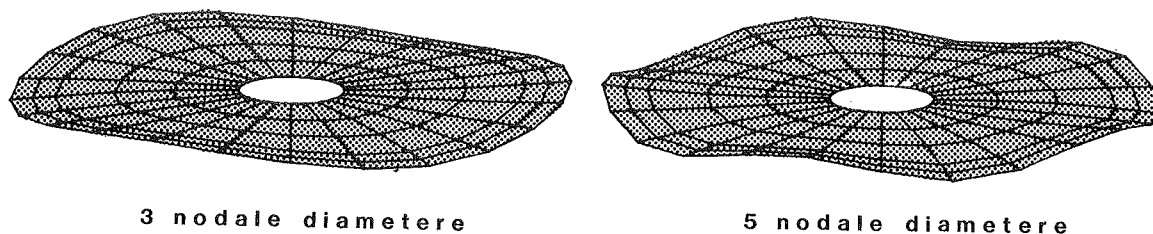


Fig. 22. Tangentielle svingninger

6.3.3 Svingemodi

Det kan hende at bladets turtall blir slik at den bølgen som vandrer mot rotasjonsretningen blir stående stille i rommet. Dette kalles en stående bølge. Resonans i sagblader er knyttet til en slik situasjon. Det turtall vi da har, kalles et kritisk turtall.

Ved et kritisk turtall har vi altså en eller flere nodale diametere og/eller sirkler som står stille i rommet. En svingning med et bestemt antall nodale diametere og sirkler kalles en svingemodus. For eksempel betegner modus 1,2 en egenfrekvens, der det eksisterer nodale sirkler og nodale diametere. Modus 0,0 har ingen sirkler eller diametere. Dette er en ren skåling av bladet. Modus 0,1 er svingetilstanden til et blad som legger seg over på siden. Det finnes da en nodal diameter på bladet.

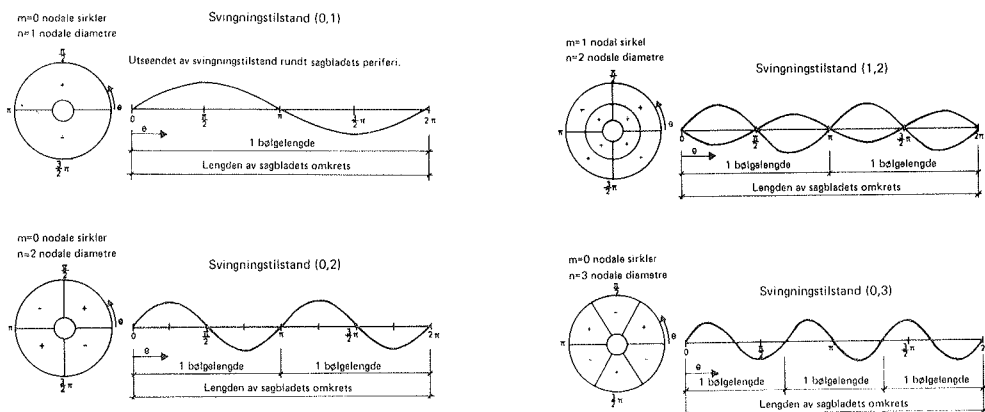


Fig. 23.

Svingemodi

Dersom et blad kjøres med en rotasjonshastighet som ligger nær et kritisk turtall, oppstår stående bølger i bladet, og det blir ustabil. Ved å benytte en frekvensanalysator kan vi få fram bildet i figur 24. Bildet viser amplitudene i et sagblad for de forskjellige frekvenser når bladet blir utsatt for et lett hammerslag. Vi ser at svingningsenergien er meget stor i noen få frekvensområder. Det er disse områdene som markerer stående svingninger. De tilhørende rotasjonsturtall er altså de kritiske turtall.

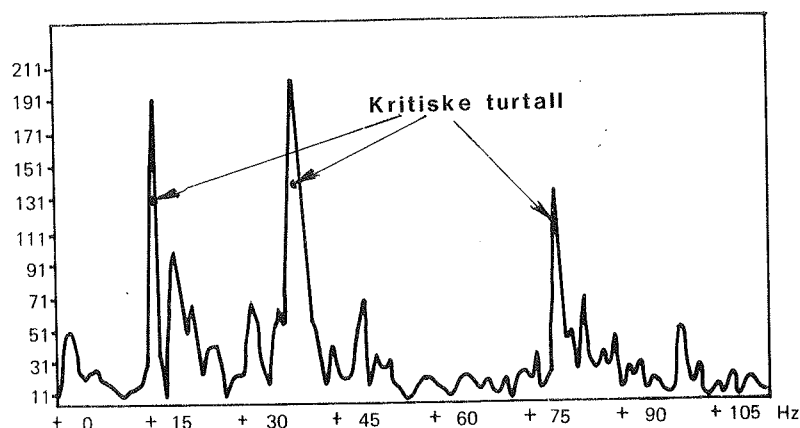


Fig. 24. Frekvens/ amplitudediagram

6.3.4 Kritisk turtall, ustabilitet

Som tidligere nevnt kan ikke svingninger i mekaniske systemer unngås. Problemet med å kontrollere svingninger blir altså å unngå de driftsforhold som gjør at svingningene blir kritiske. I praksis må en derfor å unngå å kjøre sagbladet i nærheten av et kritisk turtall. Dersom en hele tiden har kunnskap om hvilke turtall som er kritiske, burde altså dette være en enkel sak. I sagblader er imidlertid de mekaniske egenskapene avhengig av bladets driftsforhold. Vi må derfor se litt nærmere på hva som påvirker de kritiske turtall.

For det første har bladets geometri en stor innflytelse på svingeegenskapene.

Geometrien beskrives av:

Diameter, klembrikkediameter, tykkelse og innspenningstype (fast/ flytende , med eller uten klembrikke). Videre om bladet er plant, konisk eller skålslipt.

Den andre gruppen av faktorer som påvirker stabiliteten er knyttet til materialet i bladet, så som egenvekt og stivhet.

Alle disse faktorene er faste for et bestemt blad i en bestemt maskin. I tillegg finnes de faktorer som er knyttet til bladets driftsforhold. Det er bladets arbeidsturtall, belastning under skur temperaturforholdene i bladkroppen og bladets strekk.

Bladets turtall påvirker stivheten ved at gyrokrefter og sentrifugalkrefter støtter bladet mot sidevegs belastninger. Denne stivende effekten gjør at de kritiske turtall trekkes mot høyere frekvenser. Strekking av bladet ved å hamre eller valse dets sentrale deler vil gi trykkspenninger som også stiver opp bladet.

Normalt vil altså de kritiske turtall vandre mot høyere frekvenser ved strekking. Modus 0,0 og 0,1 derimot vil flytte seg mot lavere frekvenser. Dersom bladet strekkes for mye vil det bukles ved relativt lave turtall. Med bukling menes her et at bladet legger seg til enside (modus 0,1) eller at det skåles (modus 0,0).

Friksjonen som oppstår under skur vil skape varme. Denne varmen gjør at vi får lokal temperaturutvidelse av bladet. Bladet vil derfor forsøke å forlenge seg i tannkranen der temperaturen er høyest. Dette skaper spenninger i bladet som motvirker strekkingen av bladet. Bladet blir altså mindre stivt, og de kritiske turtall trekkes mot lavere frekvenser.

Motsatt vil tilførsel av varme i bladets senter føre til et stivere blad på samme måte som strekking av bladet. En kan derfor manipulere med bladets stabilitetsegenskaper ved å påvirke temperaturfordelingen i bladet. Dette kalles termisk strekking. En tradisjonell metode for å gjøre dette er pakking av blad. En fille eller hamp anbringes da til å slepe inntil siden av bladet slik at friksjonsvarme oppstår. Denne metoden kan utfylle strekking av bladet.

Styrt termisk strekking som kjent fra Jajods Thermostress går ut på å måle bladets temperaturfordeling og å tilføre varme slik at denne temperaturfordelingen holdes konstant. Denne metoden vil i motsetning til andre brukte metoder kunne justere bladets stabilitetsegenskaper avhengig av belastningen som bladet utsettes for. Vi kan derfor snakke om aktiv termisk strekking.

Figur 25 viser hvordan de kritiske turtall vandrer med forskjellige arbeidsturtall.

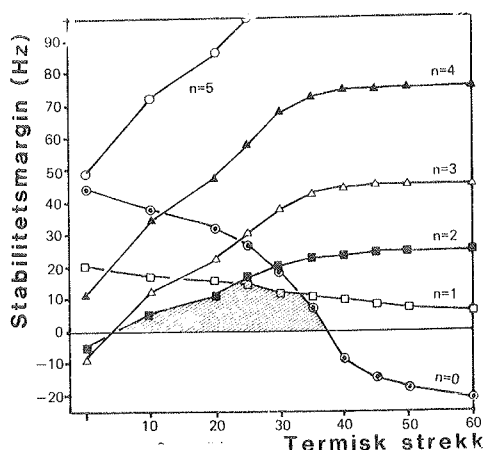


Fig. 25 Resonansfrekvens som funksjon av temperatur.

Figur 26 framstiller noe av det som her er sagt. Den heltrukne kurven i figuren viser hvordan det kritiske turtall endres med forskjellige temperaturfordelinger i bladet. Som en ser vil en økning av temperaturen inne ved klembrikka øke bladets kritiske turtall. Motsatt vil en økning av temperaturen i tannkransen føre til et dramatisk fall i det kritiske turtall. Den stiplede kurven viser hva som skjer når bladet strekkes. Hele kurven trekkes da mot høyre, Det vil si at det kritiske turtall blir høyere for den samme temperaturfordeling. Det skraverte vannrette området i figuren viser bladets krav til stabilitetsmargin. Dersom det finnes et kritisk turtall innen dette området vil bladet bli ustabil. Den tilhørende tillatte termiske strekk er agitt tilsvarende.

Under normal drift vil bladet arbeide med temperaturfordeling i dette området. Betingelsen for at bladet skal arbeide stabilt er altså at det ikke befinner seg noe kritisk turtall innen det dobbelt skraverte området i figuren. Det ubehandlede bladet kan altså ikke arbeide stabilt. Når dette bladet strekkes derimot, unngår vi at det befinner seg noe kritisk turtall innen bladets arbeidsområde. Kvaliteten av et blad kan måles som avstanden mellom det kritiske turtallet og bladets arbeidsområde. Dette kalles ofte bladets stabilitetsmargin.

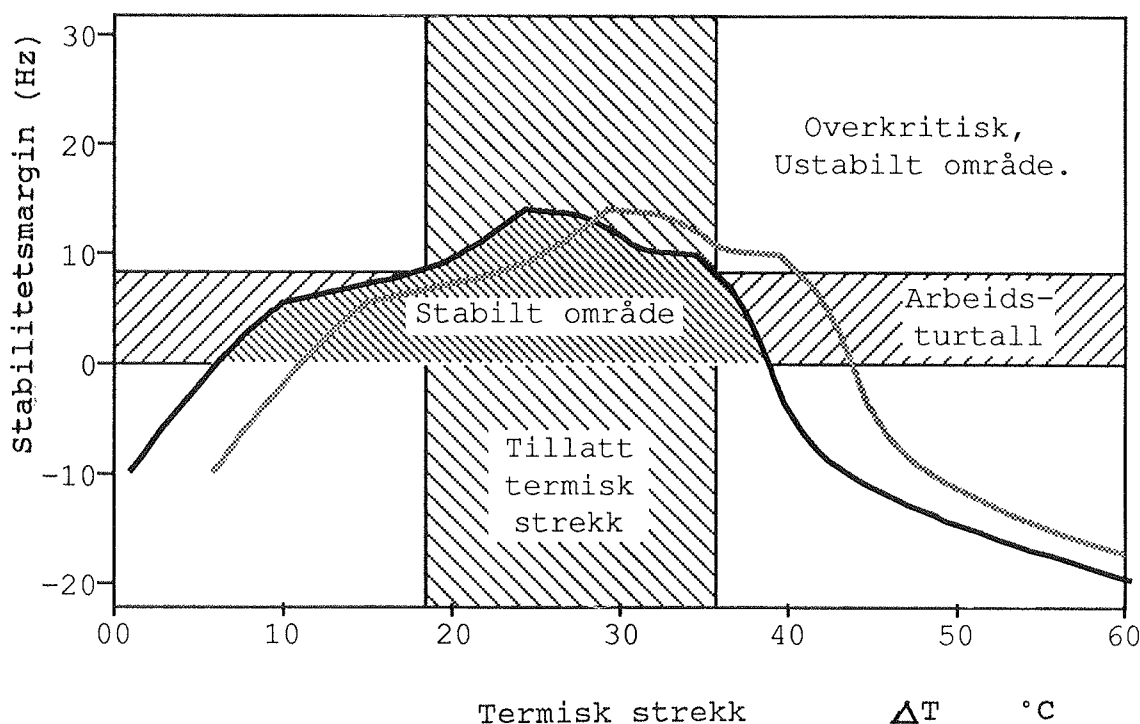


Fig. 26

Driftsforhold og kritiske turtall.

7. Sagbladstyringer

Selv om et blad er stabilt og drives under optimale forhold forøvrig, må en regne med at tilfeldige sidekrefter oppstår som følge av eksterne belastninger på bladet. Disse kreftene kan oppstå ved at virket flytter seg sidevegs, ved at maskinen ikke er rett, eller av andre grunner. Et sagblad har svært liten sideveis stivhet, og vil derfor kunne tvinges til siden av disse tilfeldige sidekreftene. For å oppnå en større sideveis stivhet, monteres sagbladstyringer.

Styringene finnes i to prinsipielt forskjellige utgaver. De tradisjonelle styrepinnene er eksempel på de såkalte passive styringer. Navnet skyldes at bladet ikke tilføres krefter før sidekreftene tvinger bladet over mot styrepinnene. Bladet hviler da mot styrepinnene som opptar sidekreftene. Problemer med styrepinner oppstår dersom sidekreftene blir meget hyppig forekommende, eller om de når tilstrekkelig styrke til at friksjonen mellom blad og styrepinner gir en for høy temperaturstigning i bladet. Styringen kan da være medvirkende årsak til at bladet tvinges ustabilt.

I motsetning til passive styringer, vil aktive styringer hele tiden overføre oppstivende krefter på bladet. Enhver sideforskyvning av bladet gjør at styringen setter opp krefter som motvirker forskyvningen. Alle sidekrefter som påvirker bladet vil derfor gi en tilsvarende motsatt rettet reaksjonskraft i styringene slik at bladet får minimal deformasjon. Siden denne typen styringer hele tiden utøver en viss kraft mot bladet, vil det være av avgjørende betydning at de kan arbeide friksjonsfritt. Kravene som stilles til en aktiv styring er altså at den skal stive opp bladet mot sidekrefter uten at det oppstår friksjon mellom styring og blad.

7.1 Hydrodynamiske styringer

Figur 27 er en prinsippskisse av et hydrodynamisk lager. Lagerklossen er montert med en liten avstand H fra flaten A som beveger seg med en hastighet U mot høyre. Ved punkt C , innløpet til lagerklossen, tilføres en smørevæske. Lagerflaten B er montert med en liten vinkel θ som vist. Siden væsken hefter ved de to flatene A og B , vil bevegelsen forsøke å pumpe væsken inn mellom dem. Åpningen mellom flatene blir stadig snevrere, og væsken aksellereres derfor etter hvert som den strømmer gjennom spalten. Reaksjonskreftene fra denne aksellerasjonen bygger opp et trykk i væskefilmen, og det er dette trykket som adderes opp til å bli lagerets bærekraft W . Friksjonen i dette systemet består i friksjon i væskefilmen, og vil være meget liten sammenlignet med bærekraften.

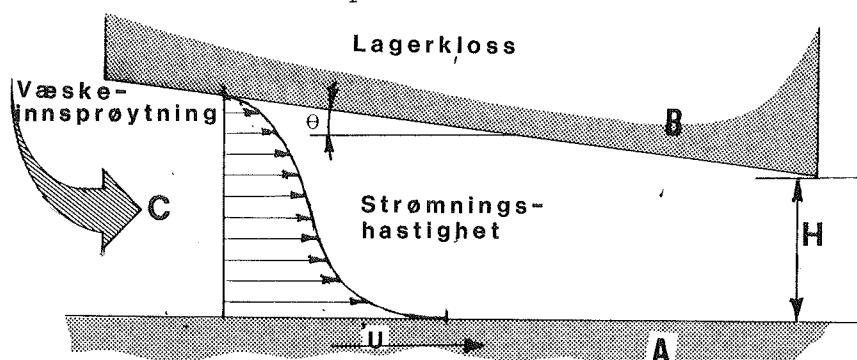


Fig. 27. Prinsippskisse for hydrodynamisk lager

Dersom vinkelen θ er null slik at lagerflatene er parallelle, vil væsken ikke aksellereres gjennom snittet, og vi får ingen trykkoppbygging. Hvis derimot θ er negativ, vil trykkoppbyggingen bli negativ, og vi får et "sug" slik at smørefilmen bryter sammen og flatene bringes i kontakt med hverandre.

La oss betrakte tilfellet med $\theta=0$. Dersom lagerflaten B vibrerer i forhold til flaten A, vil smørevæsken måtte strømme ut av spalten når flatene nærmer seg hverandre. Aksellerasjonen av væsken vil da bygge opp et trykk inne i spalten som motvirker bevegelsen av lagerflaten B. Motsatt, når lagerflaten B fjerner seg fra A, må væsken strømme inn i spalten. Dette danner et "sug" mellom de to flatene, og dette virker igjen mot bevegelsesretningen. Hydrodynamiske lagere med null angrepsvinkel vil derfor alltid sette opp et kraftfelt som motvirker enhver relativ bevegelse av lagerflatene. Dette kalles en squeeze-film, og gir demping av bladet.

Ideelt virker disse effektene sammen slik at lageret får en posisjonerende effekt fra trykkoppbyggingen som skjer ved at spalten konvergerer ($\theta>0$), samt at en får en dempende effekt fra squeeze-film virkningen.

Dersom en skal bygge hydrodynamiske bladstyringer etter dette prinsippet, vil systemet som er vist i figur 28 være naturlig å forsøke. En lagerkloss er da anbrakt på hver side av bladet med en viss angrepsvinkel slik at en får en positiv trykkoppbygging på hver side av bladet sammen med squeeze-film-effekten. La oss se på hva som skjer når bladet nå beveger seg mot høyre i figuren:

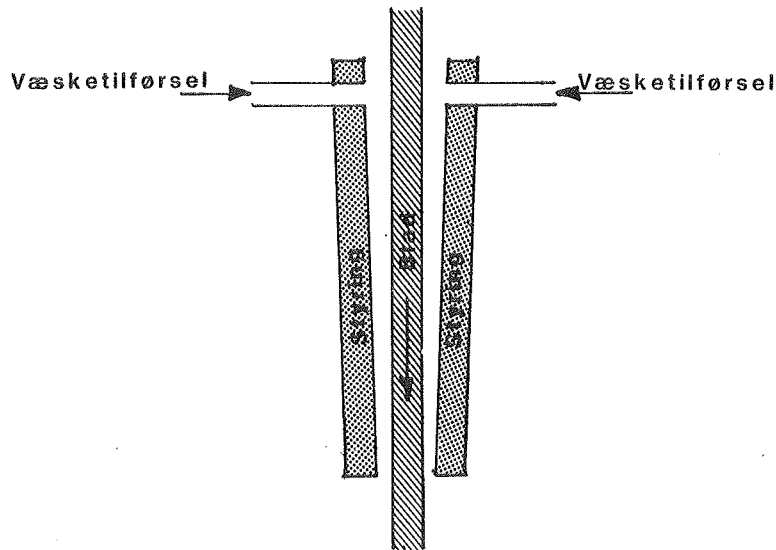


Fig. 28. Hydrodynamisk bladstyring

Bevegelsen mot høyre vil gjøre at væske strømmer inn i styringen på venstre side av bladet slik at det dannes et negativt trykk som forsøker å bremse opp bladet i bevegelsen mot høyre. På høyre side presses væsken ut av styringen slik at trykket også her virker mot bevegelsen. Trykket på begge sider vil altså forsøke å stoppe bladet i bevegelsen mot høyre, men så snart bevegelsen stopper, vil squeeze-film-effekten ikke hjelpe til med å bringe bladet tilbake til rett posisjon.

Den positive trykkoppbyggingen på begge sider av bladet som skyldes angrepsvinkelen er også avhengig av filmtykkelsen. Faktisk er dette trykket omvendt proporsjonalt med filmtykkelsen i tredje potens, slik at en halvering av filmtykkelsen gir en 8 ganger økning av trykket. Når nå bladet beveger seg mot høyre, vil altså trykket avta på venstre side av styringen fordi filmtykkelsen øker. På høyre side vil trykket øke kraftig siden filmtykkelsen her avtar like mye som den øker på venstre side. Dette gir en stor kraft som forsøker å presse bladet tilbake mot midtstillingen.

Denne typen bladstyring har altså to positive effekter for bladets stabilitetsegenskaper. For det første får bladet en stor stivhet fordi styringene hele tiden forsøker å presse det inn mot midtstilling. For det andre får vi en effektiv demping i systemet. En hydrodynamisk bladstyring vil derfor både øke systemets statiske stivhet, og den vil bedre svingeegenskapene ved å introdusere en effektiv demping.

Dempingsegenskapene i hydrodynamiske styringer er svært avhengig av hvilket smøremedium som brukes. I sagbruk finnes bare to kandidater til smørefilmer, det er vann og luft, eller en blanding av disse. Nå er ikke luft noe godt medium for hydrodynamiske styringer fordi trykkoppbyggingen er relativt beskjedent.

Vannblandet luft eller rent vann burde derimot være utmerkede kandidater. For å oppnå høyest mulig trykk, og høyest mulig demping, er vann uten tvil beste alternativ. Dempings-effekten vil eksempelvis være i størrelsesorden 1000 ganger større for vann enn for luft.

Det er ikke kjent om hvordan slike styringer ville virke i praksis, men laboratorieforsøk ved NTI antyder at en kan komme bort i noen relativt eksotiske problemer ved bruk av rendyrkede hydrodynamiske styringer. Analysen over er basert på en ren utvidelse av betraktningen for to stive lagerflater. Dette tilfellet er lett å analysere, men bladstyringen bygget på samme prinsipp er vesensforskjellig fra dette tilfellet på ett punkt: Bladet er ikke stivt. Det vil si at vi bør betrakte bladet som en plate med meget liten sideveis stabilitet. Det vil si at bladet ikke beveger seg parallellt inne i styringen. Det har vært observert tilfeller i laboratoriet der bladet legger seg over til en side inne i styringen. Dette skjer ved at bladet vrir seg i styringen slik at angrepsvinkelen på en side har blitt mindre, samtidig som den har økt på motsatt side. (figur 29).

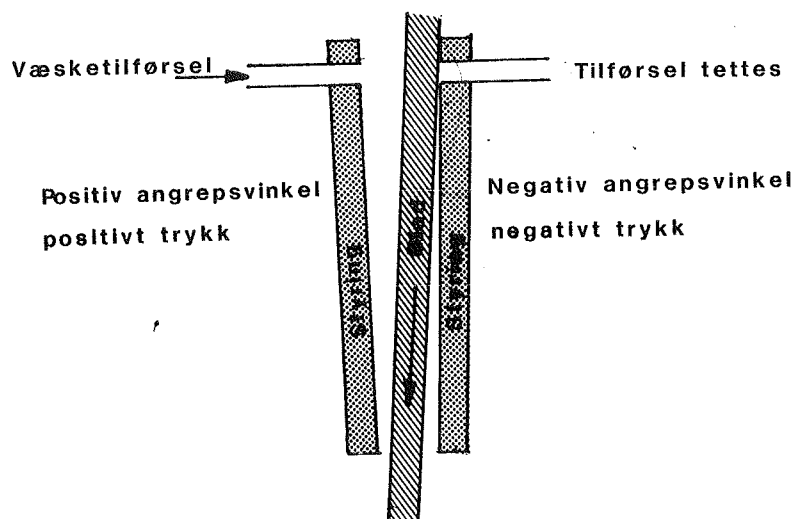


Fig. 29. Ustabilitet i hydrodynamisk styring

Resultatet er at trykket synker på en side og øker på motsatt side slik at bladets tendens til å legge seg over forsterkes. Til slutt blir bladet liggende an mot en lagerflate der tilførselshullene for væske tettes igjen. Bladet blir så liggende stabilt i denne posisjonen. Det kan altså se ut som om hydrodynamiske styringer i helt rendyrket form ikke kan benyttes på sagblader, men at man må ha et ekstra system for å hindre at bladet endrer angrepsvinkelen mot styreflatene for mye.

7.2 Hydrostatiske styringer

En hydrostatisk bladstyring er vist i prinsippskissen i figur 30. To "kopper" har erstattet den hydrodynamiske styringens klosser. Væsketilførselen skjer gjennom innløp i midten av koppene. Den viktigste forskjellen mellom de to styringsprinsippene er at væsken nå tilføres under høyt trykk. Tetningen er spalten mellom styringen og bladet.

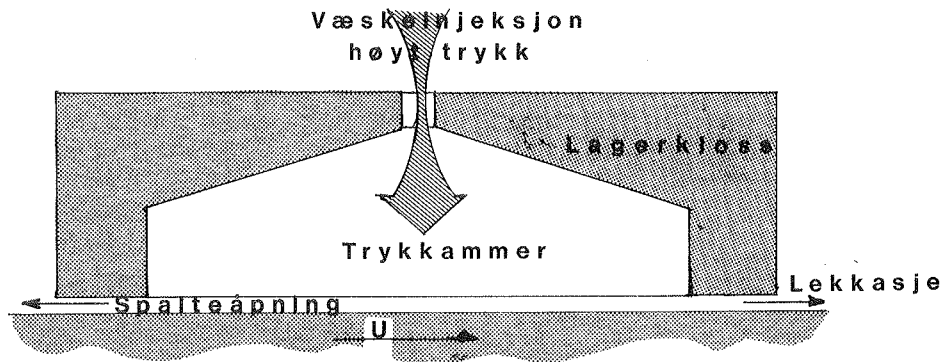


Fig. 30. Prinsippskisse av hydrostatisk styring.

La oss gjenta betraktningen der bladet beveger seg til høyre i systemet. Vi ser at betingelsene for en squesse-film virkning er til stede. Bevegelsen mot høyre fører til at væske må strømme ut av styringen på høyre side, og inn i styringen på venstre side. Dette gir en trykkoppbygging på begge sider som forsøker å bremse bevegelsen.

Når bladet er brakt ut av senter, vil spalten mellom blad og styring være mindre på høyre enn på venstre side. Det betyr at tetningen er bedre på høyre side, og vi får da et høyere trykk på høyre enn på venstre side. Dette vil være faktum inntil bladet er brakt tilbake til sin senterposisjon.

Hydrostatiske styringer har altså en dempende effekt og en stivende effekt på samme måte som hydrodynamiske styringer. Den viktigste forskjellen er at det maksimale trykket i styringen er bestemt av hvor stort trykk som kan leveres fra tilførselssystemet. Så fort trykket overstiger dette p.g.a. den dempende effekten, vil væske strømme ut av styringen gjennom tilførselen.

Smøremedium i hydrostatiske styringer er vann, luft eller vannblandet luft. Forøvrig gjelder også her at vann er vesentlig bedre egnet pga den høyere dempingseffekten som kan oppnås, men luft kan meget vel brukes fordi trykkoppbyggingen skjer i en ekstern kompressor, og ikke som følge av hydrodynamiske effekter.

7.3 Magnetiske styringer

Magnetiske krefter kan overføres friksjonsfritt og kontaktløst. Dette satte igang en undersøkelse ved University of California, Berkeley der man monterte en elektromagnet på hver side av bladet. Et målesystem så på deformasjonen av bladet og styrte magnetene slik at de forsøkte å trekke bladet tilbake i riktig posisjon. Det viste seg at utstyret ikke var raskt nok til å unngå å eksitere de høyere kritiske turtall. Dempingen i et slikt system blir nær null, noe som gjør at det blir følsomt for eksitasjon av meget høye kritiske turtall.

7.4 Praktiske bladstyringer

De styringer som idag er på markedet er stort sett variasjoner av det hydrostatiske og det hydrodynamiske prinsipp. ARI har f.eks. en styring som i utseende er hydrodynamisk, men der smøremidiet tilføres under trykk. Derved unngås negative trykk i styringen. Dette er den kommersielle styringen som kommer nærmest det hydrodynamiske prinsipp. På grunn av at smøremidiet er vannblandet luft, er dempingen relativt lav, men dog vesentlig høyere enn for ren luft.

Jajods Magna Guide virker ved at en hydrostatisk luftstyring presser bladet bort fra styringen, mens en elektromagnet med regulerbar styrke trekker bladet mot styringen. Magnetens styrke reguleres som funksjon av trykket i styringen. Man oppnår derved at bladet trekkes mot en stabil posisjon. For å hindre unødvendig slitasje på styrekoppen, er den opplagret slik at den følger bladet når det legger seg over. Dempingen i dette systemet vil bli liten fordi det brukes ren luft som smøremedium.

7.5 Den stivende effekt

Aktive styringer virker stivende på bladet, slik at det krever større sidekrefter å bringe bladet ut av posisjon. Et tynnere blad kan dermed benyttes dersom en har aktive bladstyringer. En må dog merke seg at uansett hvor stiv styringen er, så er det bladets stivhet som til sist blir begrensende for systemets totale stivhet. Intet svingningskontrollerende prinsipp kan oppta de store sidekreftene som kan oppstå under skur. Styringer er derfor en betingelse dersom en vil ned med bladtykkelsen med bibehold av en god skurnøyaktighet.

7.6 Den dempende effekt

Styringen som demplingsledd i det svingesystem som et sagblad utgjør kan gi betydelig bedre skuregenskaper. Dersom styringen skal virke som en ren demping er det ikke nødvendig å feste styringen til maskinens ramme. Dette leder til ideen om at en kan tenke seg plassert en fast styring i framkant av bladet. Denne har som oppgave å dempe, posisjonere og retningsbestemme bladet.

I tillegg kan en plassere en løs, vribar styring i bakkant av bladet. Denne styringen har utelukkende en dempende oppgave. En slik måte å plassere styringene vil gi et blad som er fleksibelt, samtidig som det er styrt og dempet. Tenker en krokskur, er en ute etter nettopp en slik fleksibel mon- tasje. Dette prinsippet er utprøvd av Hans Dutina ved KTH i Sverige, og markedsføres som ARI Floatex.

7.7 Innspenninger av styrte blad

I en konvensjonell sirkelsag er bladene innspent i en fast klembrikke. For sirkelsager med styrte blad er styringen det posisjonierende element, og bladet trenger følgelig ikke å være posisjonert ved spindelen. Det er derfor vanlig at disse maskinene har flytende blad med eller uten klembrikke. Det er logisk å tro at systemet blir stivere og derved får bedre egenskaper dersom både styringen og klembrikken er stiv. Det har imidlertid vist seg at systemet da blir så følsomt for ulinearitet og sideutbøying at det lett drives ustabilit, eller endog forkiler seg.

Dersom bladet er flytende og uten klembrikke, må styringen kunne overføre både sidekrefter og et opprettende moment. Dersom bladet er innspent i en flytende klembrikke, gir klembrikken det opprettende momentet, og styringen trenger bare å overføre sidekrefter.

7.8 Optimale bladstyringer

Forskere over hele verden arbeider idag med å forstå hvordan bladstyringer virker, og med å få nok kunnskap til å kunne utarbeide mer optimale styringer enn det vi idag kjenner. La oss foregripe begivenhetene og skissere allerede nå hvilke egenskaper man bør kreve av en optimal bladstyring.

- Styringen må kunne tilføre bladet tilstrekkelig stivhet. Dog er det ikke nødvendig å bygge styringen stivere enn det stivheten i bladet tilsier.
- Styringen må virke som et effektivt dempingsledd i svingesystemet sagblad, spindel, styring.
- Styringen må være slik bygd at to naboblاد kan komme så nær hverandre at minste dimensjon kan skjæres.
- Styringene må være lette å justere og vedlikeholde.
- Styringene må overføre krefter friksjonsfritt.
- Styringene må ikke gi et så stivt blad at krokskur blir umulig.

Det er foreløpig ikke mulig å oppnå disse styringene, men vi er inne i en meget rask utvikling på dette området, og kan regne med at mer optimale konstruksjoner vil dukke opp etter hvert.

8. Feilsøking i sirkelsager

Feilsøkingsskjemaet nedenfor viser sammenhengen mellom feilsymptomer og årsaker i sirkelsager. Skjemaet er neppe komplett og muligens kan det forekomme noen feil, men det burde allikevel kunne benyttes til å skaffe oversikt over mulige feilkandidater på en oversiktlig måte. Ideen består i at en har et eller flere symptomer som en vil finne årsaken til. Man søker da opp riktig kode i symptomlisten. De årsaker som er kryssset av i kolonnen med tilsvarende kode, vil da være aktuelle feilårsaker.

Eksempel :

Symptomer : Varmgang i tannkransen.
: Det ligger mye spon på skurflatene.

Tilsvarende symptomer er listet nedenfor der de henholdsvis har nummer 11 og 14. I feilfinningsskjemaet finner vi følgende kandidater med symptom nr. 11:

For stor frigang
Sponlukeareal for lite
Matehastighet
Mating pr. tann for liten
Frosset tømmer

og med symptom nr 14:

Frivinkel for liten
Sponlukeareal for lite
Matehastighet
Mating pr. tann for liten
Frosset tømmer
Styrepinner for nær

Flere av feilkandidatene opptrer i begge listene. Det er sponlukeareal for lite, matehastighet, mating pr. tann for liten og frosset tømmer. Videre viser skjemaet at feilårsakene frosset tømmer og matehastighet er store problemkomplekser som bl.a. inneholder de to andre årsakene.

Det er derfor grunn til først å konsentrere seg om årsakene:

Sponlukeareal for lite
Mating pr. tann for liten

Dersom listen av mulige årsaker er lang, kan man peile seg inn på problemet ved å undersøke hvilke andre symptomer som kan opptre for de aktuelle feilene. Ved å finne fram til flere symptomer som faktisk opptrer, kan listen av mulige feil snevres inn.

Når en så står igjen med et rimelig antall av årsaker, kan en enten forsøke å eksperimentere med løsninger dersom dette er relativt enkelt å utføre, eller dersom dette blir for kostbart, å detaljbeskrive feilen, for derved å peile seg inn på en bedre forståelse av den.

8.1 Feilsøkingsskjema

FEILSØKINGSSKJEMA sirkelsager	SYMPTOM NR.																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TANNFORM																		
Sponvinkel for liten...		x	x		X		x	X										
Eggvinkel for liten...		X	X						x									
Frivinkel for liten...	x				x								X			x		
Frigang for liten.....					x									X		X		
Frigang for stor.....											x							
For liten radius i tannbunn.....				X														
Sponlukeareal for lite.					x					x	X	X		x		x		
BLADSKJØTSEL																		
Tverrgående slipemerker For hard sliping.....				X														
Unøyaktig egalisering..				X						X								
Feil temperatur ved loddning/sveising av tenner.....		X	X															
Unøyaktig retting.....															X	X		
Feil strekk.....										x			X		x	X		
DRIFTSPARAMETERE																		
Matehastighet.....1).					x	x	x		x	x	x	x		x			x	
Mating pr. tann liten..					x			X			x			X			x	
Mating pr. tann stor...						x	X		x									
Frosset tømmer.....1).	x		x	x	x		x		x	x	x	x		x		x		
Turtall.....															x	X		
Skjærehastighet.....								x										
STYRINGER																		
Styrepinner for nær....										x			x	X	x	x		
Styrepinner for langt unna.....															x	X		

1) Mange sammenfallende årsaker. Se kommentar.

X : Hovedsymptom for denne feilen.

x : Symptomet kan opptre i større eller mindre grad.

SYMPTOMER

- 1 Sprekk som starter i tannryggen
- 2 Sprekk som starter i tannbrystet
- 3 Utslåtte tenner
- 4 Sprekk i tannbunn
- 5 Høyt kraftforbruk
- 6 Høyt støynivå
- 7 Vibrasjoner i virke
- 8 Rask sløving av tann
- 9 Tannvibrasjon med riper i skurflatene
- 10 Riper i skurflatene
- 11 Mye spon på skurflatene
- 12 Spon følger bladet rundt
- 13 Bakskur
- 14 Varmgang ved friksjon i tannkransen
- 15 Brente merker på bladet
- 16 Bølgeskur
- 17 Utilsiktet krokskur
- 18 Skjeve/ skjevt slitte spaltekriver

8.2 Feilbeskrivelser

TANNFORM

Sponvinkel for liten

For liten sponvinkel kan føre til to ting. For det første vil kraftforbruket øke, og dermed belastningen på tennene. For det andre vil sponstrømmen fra tannspissen få en bane som ligger lenger fra tannbrystet enn normalt. Dette siste har vært benyttet for å gi tennene en sponbrytende effekt.

Økende belastning kan gi seg utslag i sprekkdannelser og utslåtte tenner, selv om dette må ses på som ekstreme tilfeller. I mindre dramatiske tilfeller vil et relativt høyt kraftforbruk sammen med vibrasjoner i virket være de dominerende symptomer.

Siden kreftene rundt tannen øker, må en også (i alle fall teoretisk) kunne forvente at komprimeringen av virket rundt tannen vil øke. Det medfører et behov for større frigang og frivinkel. Dessuten vil det den minimale mating pr. tann være større på grunn av de høyere skjærekreftene. En må altså være oppmerksom på at andre feil kan opptre som følge av for liten sponvinkel. Se disse.

En moderat senking av sponvinkelen gir normalt ikke negative effekter, og kan benyttes aktivt til å øke eggens styrke samt å skaffe ei tann med sponbrytende virkning som nevnt over. Dette vil dog alltid følges av et noe høyere kraftforbruk.

Eggvinkel for liten.

Eggvinkelen bestemmer tannens styrke. Ved liten eggvinkel er to mekanismer aktive. Den ene er statisk overbelastning som kan være årsak til at tennene slås ut. Den andre og mer vesentlige effekten er utmatting som følge av vibrasjon i tannen. Dette kan gi opphav til en utmattingssprekk i tannprofilets mest påkjente del, som er oppe på tannbrystet. Sprekker vil derfor starte i tannbrystet, og forplanter seg bakover mot tannryggen.

Frivinkel for liten.

Med for liten frivinkel oppstår kontakt mellom virket og tannryggen. I mer ekstreme tilfeller har det utviklet seg utmattingssprekker som forplanter seg fra tannryggen og framover mot brystet. Dette kan være forårsaket av at matekreftene i dette tilfellet for en stor del kom til å hvile på tannryggen.

I mer normale tilfeller avslører dette seg ved at temperaturen i tannkransen blir meget høy. Dette kan drive bladet ustabil. Friksjonssonen vil være konsentrert til friflatet. Det mest åpenbare symptom er ofte bølgeskur, og effekten vil være variabel med matehastighet og skurhøyde.

Frigang for liten.

For liten frigang avslører seg ved at bladet blir varmt, og friksjonssonen kan være spredd over store deler av bladkroppen. Dette vil gi ustabil blad, og i ekstreme tilfeller brente merker på bladet som kan være plassert symmetrisk. I så fall indikeres at bladet har vært drevet ved et kritisk turtall.

I mindre graverende tilfelle kan feilen være vanskelig å skille fra feil strekk, og endret strekk kan oppheve symptomene. Måling av frigangen kan dog være et fornuftig sted å starte feilsøkingen i slike tilfeller. Ligger da frigangen på grensetilfellet, kan det være fornuftig å øke den.

Symptomene vil være spesielt avhengig av skurhøyden som direkte påvirker friksjonsarealet.

Frigang for stor.

Denne feilen er sjelden kritisk. Det eneste som skjer ved for stor frigang er at snittykkelsen blir unødvendig stor samtidig som mer spon lekker ut av tannluka. Dette kan gi seg utslag i problemer med fastfrosset spon på skurflatene vinterstid.

En må altså være oppmerksom på at minsket frigang vil føre til at mer spon blir værende i tannluka. Dersom tannen i utgangspunktet arbeider nær tannlukefylling kan altså minsket frigang gi overfylling av tannluka. Dette vil gi symptomer som til forveksling er lik symptomene ved for liten frigang. Dersom en får problemer ved senket frigang, bør en altså sjekke om den nye feilen ligger i for liten frigang eller overfylling av tannluka.

For liten radius i tannbunn.

Spenningsene rundt tannen er størst i tannbunnen. Dersom radien her er for liten, konsentreres spenningsene til den minste radien. Dette gir høy sannsynlighet for at en utmattingssprekk starter i dette området. Feilen oppstår ofte hvis bladet slipes slik at tannformen endres med tiden. F.eks. at en sliper tannbunnen mer enn det øvrige tannprofilen for å bli kvitt begynnende sprekker. Dette er spesielt vanlig ved hardmetall- eller stelittbelagte tenner.

Sponlukeareal for lite.

Dette gir opphav til overfylling av tannluka, noe som gir en hel serie av mer og mindre klare symptomer. De lettest observerbare er at spon avsettes på skurflatene, og at denne avsetningen begynner i en fast avstand fra snittets overkant ved konstant matehastighet. I mer ekstreme tilfeller slipper ikke tannen sponet slik at det følger med bladet rundt. Dette avslører seg ved at maskinen kaster flisen unormalt.

Friksjonen mellom de hardpakkede sponlukene og skurflatene gir varmeutvikling, slik at bladet lett drives ustabil. Resultatet av dette er bølgegang og bakskur som følge av store vibrasjoner.

BLADSKJØTSEL

Tverrgående slipemerker

Det som ble sagt om liten radius i tannbunnen gjelder også for tverrgående slipemerker. For bladet vil slike merker oppfattes som en begynnende sprekk. Ironisk nok vil derfor den sliping av tannbunnen som skulle gardere mot begynnende sprekker, selv danne slike begynnende sprekker.

Utbedring av feilen består i mer forsiktig sliping, samt eventuell polering av tannbunnen. Det er også vesentlig at slipeutstyret er i riktig vedlikeholdt.

For hard sliping.

Med for grove kutt ved sliping oppstår varme som kan endre materialeegenskapene i bladet radikalt. Dersom det dannes blå merker etter sliping, risikerer en at sprekker starter i de områdene som er skadet.

Dersom det oppstår en sprekke i tannbunnen er det derfor nødvendig å finne ut hvor sprekken starter. Det vil gi en pekepinn på hvorfor sprekken opptrer.

Unøyaktig egalisering.

Dersom tennene har ujevn bredde, eller ujevn viggning, opptrer tydelige riper på skurflatene. Disse feilene opptrer regelmessig over skurflaten, men med lavere frekvens enn merkene fra de øvrige tennene.

Feil temperatur ved lodding/sveising av tenner

Ved for høy temperatur i tannspissen i forbindele med sveising eller lodding av tenner, vil bladmaterialet herdes til glasshard tilstand. Dette skjer ved at stålet varmes opp til anløpingstemperatur, og når oppvarmingen er over, sjokkjøles varmesonen ved at varmen raskt ledes inn mot de indre deler av bladet. Materialet mister sin seighet, og tennene slås ut under drift. Typisk er en flat bruddflate som ikke følger sveis- eller loddeseone. Ved for lav temperatur eller for kort holdetid ved lodding/sveising, blir forbindelsen svak, og bruddet vil skje i sveis- eller loddeseone.

Unøyaktig retting.

Dersom bladet er unøyaktig rettet, har man ikke blitt kvitt de buler som finnes i bladet. Dette gir et blad med usymmetrisk strekk og med høy sannsynlighet for ustabil drift. I ekstreme tilfeller vil det oppstå friksjon mellom en kul på bladet og skurflaten. Dette forsterker kulen og dermed usymmetrien i bladet. Symptomene vil stort sett være de samme som ved feil strekk, men eventuelle brente merker vil gjerne være usymmetrisk fordelt rundt senter av bladet.

Feil strekk.

Strekken i et sirkelsagblad skal oppveie bladets utvidelse i tannkransen p.g.a. oppvarming under skur slik at bladet kan drives stabilt under de normale driftsbetingelser. For stor eller for liten strekk er like galt. Det første vil drive bladet til ustabilitet ved bukling, i og med at det kritiske turtall for svingemodus 0,0 og 0,1 synker med økende strekk. Dersom strekken er for liten kan man risikere at bladet mister sin stabilitetsmargin til de øvrige svingemodi.

Bladets strekk må være avpasset til maskin, blad og driftsforhold. For optimal drift må alle bladene behandles individuelt og tilpasses sine personlige karakteristika. Det kan derfor være nødvendig å systematisk holde orden på den informasjon som er nødvendig for å kunne behandle bladene individuelt.

Feil strekk gir ustabilitetssymptomer så som bølgeskur, bakskur og brente merker på bladet. Effekten er ofte svært markert, men vanskelig å skille fra andre feil som gir ustabilitet.

DRIFTSPARAMETERE

For høy matehastighet.

Problemet blir kritisk dersom matehastigheten ikke er avpasset til tannformen. Bladet kan drives til ustabilitet ved at sponluken overfylles (for lite sponlukeareal), eller at matingen pr. tann blir for stor. Se disse.

Mating pr. tann liten.

Dersom matingen pr. tann er for liten, vil tannen ikke skjære virket som forutsatt, den bare sleper over virket. Dette skaper høy friksjon og ekstremt rask sløving av tennene. Varmgangen kan drive bladet ustabil med derpå følgende bølgeskur. Et av de mest avslørende symptomer er en stor andel av finflis som lett unnslipper tannluka, selv med liten sponfyllingsgrad.

Mating pr. tann stor.

For stor mating pr. tann vil avsløre seg ved at maskinen går tungt og med mye vibrasjon i virket. Belastningen på tennene blir høy slik at utslåtte tenner og vibrerende tenner kan forekomme. Problemet kan unngås ved å styrke tannen eller mer permanenet ved å bruke flere og mindre tenner. Problemet er sjeldent forekommende.

Frosset tømmer.

Frosset virke gir et vidt spekter av symptomer avhengig av virkestemperaturen og skurforholdene. I forhold til ikke frosset virke, er følgende tendenser dominerende:

- Sponluka vil lettere overfylles pga mindre komprimerbar flis.
- Frigang og frivinkel kan senkes som følge av stivere virke.
- Skjærekraftene øker slik at tennene lettere slås ut, og tannen blir mer utmattingsbelastet. Sagflisen blir mer finpartiklet.

Ved meget lave temperaturer (-15 - -20°C) blir virket glasshardt og meget vanskelig, om ikke umulig å skjære. Årsaken til denne effekten er ikke kjent.

Turtall.

Ettersom bladets turtall øker, vil alle kritiske turtall øke som følge av øket stivhet, bortsett fra buklingsmodiene 0,0 og 0,1 som synker. Det betyr at bladet har en øvre begrensning for det turtall der det kan drives stabilt. Denne ustabiliteten inntreffer når bladet mister sin stabilitetsmargin til svingemodus 0,0 eller 0,1.

Skjærehastighet.

Hvert eggmateriale har sin egen optimale skjærehastighet. For vanlig stål er denne hastigheten omkring 50 m/s, for hardmetall og stelitt omkring 60 m/s. Den optimale hastighet er for den maksimale standtid. Dersom skjærehastigheten avviker fra det optimale, øker verktøykostnadene. Skjærehastigheten påvirker ikke skurnøyaktigheten vesentlig.

STYRINGER

Styrepinner for nær.

Dersom styrepinnene sitter for nær bladet, vil bladet ofte legge seg på styrepinnene, noe som skaper friksjon og dermed varmgang. Dette opphever effekten av bladets strekk, og driver lett bladet til ustabilitet. Symptomet vil opptre i forbindelse med bladbytte eller justering av styrepinnenes avstand. Feilen kan gi brente merker på bladet på samme måte som feil strekk, men vil også kunne gi slitasjemerker eller brente flekker i sporet etter styrepinnene.

Styrepinner for langt unna.

Dersom styrepinnene er montert i for stor avstand til bladet, vil sidekrefter aksellerere bladet for mye før det stoppes mot styrepinnene. Det gjelder altså at styrepinnene må ligge så nær bladet som mulig uten at det fører til varmgang. Dersom bladet får tid til å aksellereres opp, vil det utsettes for unødvendig høye belastninger. Dette vil gi dårlig nøyaktighet, og stor fare for slagskader på bladet.

9. Bladkapasitet, nomogram

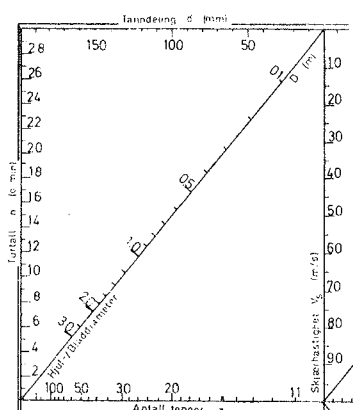


Fig. 31 Nomogram
tanndeling og
skjærehastighet

Første nomogram er basert på formelene for tanndeling/ antall tenner og turtall/ skjærehastighet. Tanndeling beregnes ved å trekke en rett linje fra antall tenner, gjennom aktuell bladdiameter til tanndeling. For å beregne skjærehastigheten trekkes en tilsvarende linje fra turtall, gjennom hjul/bladdiameter til skjærehastighet.

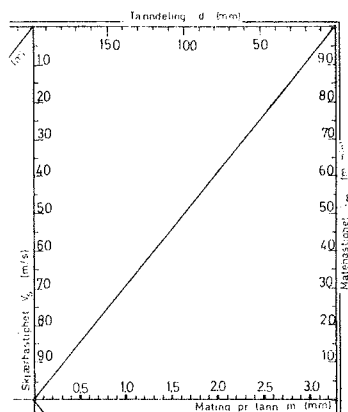


Fig. 32 Nomogram
mating pr. tann.

Neste nomogram beregner mating pr. tann på grunnlag av skjærehastighet, matehastighet og tanndeling. Trekk en linje fra skjærehastighet til matehastighet. Deretter en linje fra tanndeling gjennom en første linjens skjæringspunkt med diagonalen til mating pr. tann.

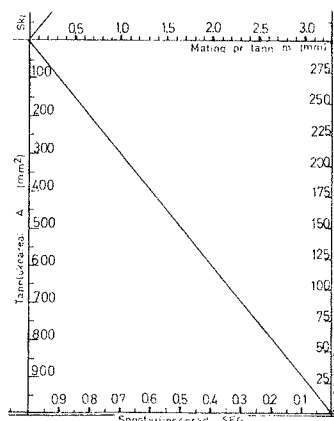


Fig. 33 Nomogram
sponfyllingsgrad

Siste diagram beregner sponfyllingsgraden som funksjon av mating pr. tann, tannlukeareal og skurhøyde. Trekk en linje fra tannlukeareal til skurhøyde. Deretter en linje fra mating pr. tann gjennom skjæringspunktet for diagonalen, til SFG.

SKJÆRFORHOLD I SAGBLAD

NOMOGRAM

Bladkapasitet

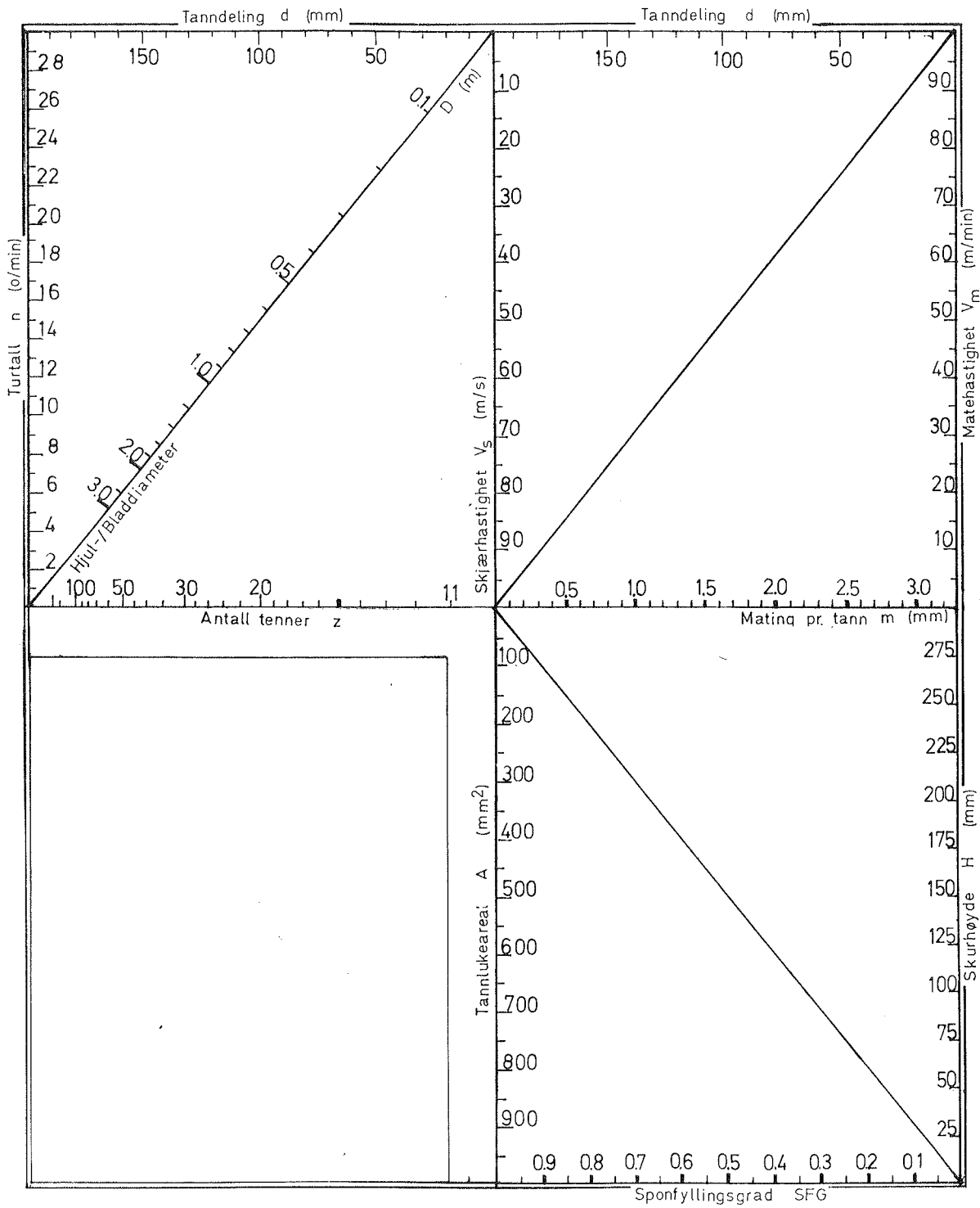


Fig. 34

C. BIBLIOGRAFI

1. Birkeland, R. Litt om skjærforhold og matnings-
hastigheter ved båndsaager.
Intern rapport/NTI ; 1965
2. Birkeland, R. Investigation on Sawing Accuracy of
Big Bandsaws When Sawing Frozen and
Unfrozen Logs with Different Feed
Speed
Meddelelse/NTI ; nr. 30 ; 1967
3. Bonac, T. Microbevel for Cemented Tungsten
Carbide Wood Cutting Tools
Holz als Roh- und Werkstoff ; s 411
Jhg. 40, Heft 11 1982
4. Chardin, A. L Etude du sciage Par Photographie
Ultra-Rapid
Centre Technique Forestier Tropical
No 51 , 1957
5. Dutina, H. Centrifugalkraftens innverkan på
klingors stabilitet.
STFI-meddelande serie A ; nr 684, 1982
6. Endersby, H.J. The Performance for Circular Plate
Ripsaws Forest
Products Research Bulletin, no. 27,
1953
7. Englesson, T. Noen resultater fra undersøkelser
Hvamb, G. over saging med og mot fibrene.
Thunell, B. Mddelelse/NTI ; nr. 7 , 1954
8. Grønlund, A. Skardata vid bandsågning
Karlsson, L. STFI-meddelande serie A ; 666, 1980
Holøyen, S. Sagbladstyringer
Meddelelse/NTI ; nr. 55, 1977
9. Holøyen, S. Temperaturkontroll på sirkelsagblad
Mote, C.D. for nøyaktigere og mer effektiv skur.
Rapport/NTI ; 1979
10. Holøyen, S. Stabilitetskontroll på sagblad
Mote, C.D. gjennom temperaturovervåking og
Schajer, G.S. termisk strekking.
Meddelelse/NTI ; nr. 60, 1979

11. Holøyen, S. Temperaturspenninger og sideutbøying på enkeltkoniske sirkelsagblad.
Meddelelse/NTI ; nr. 64, 1982
12. Holøyen, S. Usymmetriske sagblad
Meddelelse/NTI ; nr 67, 1983
13. Hvamb, G. Tannluker, matning og skjærhastighet
Teknisk småskrift/NTI ; nr. 2, 1953
14. Kirbach, E.
 Bonac, T. Alloy Tipping for Reduced Sawteeth dulling
Forest Products Journal ; Vol 32,
no. 8 (1982)
15. Kirbach, E.
 Chow, S. Chemical Wear of Tungsten Carbide Cutting Tools. Western Red Cedar
Forest Products Journal ; Vol. 26,
no. 3 (1976)
16. Kirbach, E.
 Bonac, T. Dulling of Sawteeth Tipped with Stellite and two Cobalt-cemented
Tungsten Carbides
Forest Products Journal ; Vol 32,
no. 9 (1982)
17. Lier, B. Hvordan unngå fastfrysing av sagflis ved tømmerkur på bånd- og sirkelsager
Intern rapport/NTI ; 1972
18. McKenzie, W.M. A Factorial Experiment in Transverseplane (90/90) Cutting of Wood
Wood Science ; Vol 4, no. 1 (1971)
19. McKenzie, W.M. The Relationship Between the Cutting Properties of Wood and its Physical and Mechanical Properties
Forest Products Journal ; Vol 12,
no. 6, (1962)
20. McKenzie, W.M. Friction in Wood Cutting
Forest Products Journal ; Vol 17
no. 11 (1967)
21. McKenzie, W.M.
 Norman Basic Aspects for Inclined or Oblique Wood Cutting
Forest Products Journal ; Vol 17,
(1964)
22. McKenzie, W.M. Effect of Edge Bluntness in the Cutting of Wood
Forest Products Journal ; Vol 17,
no. 4 (1967)
23. Mote, C.D. Theory and experiment on the optimal operation of circular saws.

- Meddelelse/NTI ; nr. 48, 1973
24. Noguchi, M. A Comparison of the Ordinary Swaged
Tooth and Other Swaged Teeth
NTI ; 1967
 25. Pahlitzsch,
von Gotthold Internationaler stand der Forschung
an dem Gebiet des Säges
Holz als Roh- und Werkstoff ;
Jhg. 20, Heft 10 (1962)
 26. Reineke, L.H. Factors Affecting Saw Capacity
Forest Products Journal ; Vol 14,
no. 6 (1964)
 27. Reineke, L.H. Sawing Rates, Sawdust Chambering
and Spillage
Forest Products Journal ; Vol 6,
no. 9 (1956)
 28. Reineke, L.H. Motion Energy of Wood Particles
Forest Products Journal ; Vol 6,
no. 12 (1956)
 29. Reineke, L.H. Sawteeth in action
Reprint / Forest Products Research
Society 130 ; 1950
 30. Skoglund, C.
Hvamb, G. Tannvinkelens innvirkning på kraft-
forbruket ved saging med og mot
fibrene.
Meddelelse/NTI ; nr. 4, 1953
 31. Thunell, B. Fortschritte bei der Zerspanungs-
forschung von Holz
STFI-meddelande ; 18 B, 1951
 32. Thunell, B. Ramsågens rørelse- och skarfør-
hållanden
STFI-meddelande ; 41b, 1953
 33. Thunell, B.
Wallin, G. The Influence of Sawing Conditions
of the Cutting Forces in Frame Sa-
wing
STFI-meddelande ; 146 B, 1966
 34. Thunell, B. Kompressibilitet och flytning hos
furuspån
Meddelelse från Trätekniska Cen-
trallaboratoriet ; nr. 23, 1964

35. Thunell, B. Friction mellan sågblad och sågspån
av furu
Meddelelse från Tratekniska Cen-
trallaboratoriet ; nr. 20, 1964
36. Thunell, B. The Effect of Knots on the Cutting
Walliln, G. Forces in Frame Sawing
STFI-meddelande ; 147b, 1967