

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Paperitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

Aki Perämäki

MEKAANISEN MASSAN LAADUN ANALYSOINTI SC-PAPERIN RAAKA-AINEENA

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2007

Päivi Viitaharju
Metso Paper, valvoja Saija Lampinen

ABSTRACT

The aim of this Bsc thesis was to analyze PRMP- pulps, which were made at Metso Paper Anjalankoski pilot mill. The target of the whole project was to find out ways to make PRMP- pulp with lower energy for the SC- paper.

There were 17 different pulps in all. In this work eight PRMP-pulps were studied. The energy consumption of the pulps were compared with the energy consumption of two mill pulps.

This Bsc thesis was made in two parts. At first pulps were analyzed at Metso Paper Inkeroinen mill. On the second part sheets were made and analyzed at Tampere University of applied sciences.

Generally speaking, the optical qualities were better in the pilot pulps that were studied whereas the strenghts were worse than in the mill pulps. With one type of refiner discs however the same level of strenghts were achieved.

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Paperitekniikan linja

Aki Perämäki	Mekaanisen massan analysointi SC- paperin raaka-aineena
Insinöörityö	48 sivua
Työn ohjaaja	Päivi Viitaharju
Työn teettäjä	Metso Paper, valvoja Saija Lampinen
Syyskuu 2007	
Hakusanat	Mekaaninen massa, PRMP, TMP

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli analysoida Metso Paper Anjalankosken koelaitoksella jauhettuja PRMP- massoja. Massoja tutkimalla ja niistä tehtyjen laboratorioarkkien paperitekniisiä mittauksia analysoimalla pyrittiin tuloksiin, joilla mekaanisen massan jauhatukseen käytettävää energiankulutusta saataisiin alenemaan.

Työssä oli yhteensä 17 eri massaa, joista tässä työssä käsiteltiin kahdeksaa PRMP-massaa. Massojen laatua ja niiden valmistamiseen tarvittavaa ominaisenergiankulutusta verrattiin kahteen käytössä olevaan tehdasmassaan.

Työ tehtiin kahdessa osassa. Aluksi massoja tutkittiin Metso Paper Anjalankosken koelaitoksella, jonka jälkeen tehtiin laboratorioarkkeja Tampereen Ammattikorkeakoulussa. Arkeista mitattiin paperitekniisiä ominaisuuksia.

Terä 1:llä jauhetuilla massoilla voidaan päästä pienempään energiankulutukseen, mutta lujuuksia pitäisi kehittää.

Terä 2:lla jauhettujen massojen energiankulutus oli samaa luokkaa kuin tehdasmassoilla ja niiden optiset ominaisuudet olivat paremmat. Terä 2:lla 1500 r/min päästiin myös osittain parempiin ja osittain samalle tasolle lujuuksien osalta kuin tehdasmassoilla. Lujuuksien ja optisten ominaisuuksien parantuessa voitaisiin säästää kustannuksissa vähentämällä armeerausmassan ja täyteaineiden käyttöä lopputuotteessa.

TIIVISTELMÄ
 ABSTRACT
 ALKUSANAT
 SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	2
2 TYÖN KUVAUS	2
3 HIERTEEN VALMISTUS.....	3
3.1 HIERTOMENETELMÄT	4
3.1.1 Kuumahierre (TMP)	4
3.1.2 Kylmahierre (RMP)	5
3.1.3 TMP:n käyttö	5
3.2 HIERTÄMISEN VAIHEET	6
3.2.1 Hakkeen käsittely	6
3.2.2 Hakkeen pesu.....	6
3.2.3 Hakkeen höyrykäsittely.....	6
3.2.4 Hiertoprosessi.....	7
3.3 HIERREJAUHIMEN RAKENNE- JA TOIMINTAPERIAATE	7
3.3.1 Yksikiekkojauhin(SD).....	8
3.3.2 Kartiojauhin (SC-90)	9
3.3.3 Kaksikiekkojauhimet	9
3.4 JAUHATUKSEN VALVONTA JA OHJAUS	10
3.4.1 Jauhatuksen ohjaus.....	12
3.4.2 Tietokoneohjaus	12
3.5 JAUHINTERÄT	12
3.5.1 Teräkiekkomateriaalit	13
3.5.2 Jauhinterien merkitys.....	13
3.6 HIERTEEN LAJITTELU	14
3.6.1 Painelajittimet	14
3.6.2 Rejektin käsittely.....	15
4. MASSAN LAADUN TUTKIMINEN	15
4.1 SUOTAUTUVUUS	15
4.2 TIKKUPITOISUUS	16
4.3 KUITUJAKAUMA	16
5. KOKEELLINEN OSA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
5.1 TYÖVAIHEET MASSAMÄÄRITYKSISSÄ.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
5.2 KUUMAHAJOTUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
5.3 KUITUJAKAUMA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
5.4 FIBERLAB (KUITUMÄÄRITYKSET)	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
5.5 SUOTAUTUVUUS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6 PAPERITEKNISTEN OMINAISUUKSIEN MITTAAMINEN...	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

6.1 ARKKIEN TEKO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.2 NELIÖMASSA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.3 PAKSUUS JA TIHEYS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.4 KARHEUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.5 HUOKOISUUS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.6 OPASITEETTI JA VALONSIRONTA.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.7 VETOLUJUUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.8 REPÄISYLUJUUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7 TULOSTEN KÄSITTELY	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.1 KUITUJAKAUMA JA TIKUT.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.2 SUOTAUTUVUUS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.3 TIHEYS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.4 KARHEUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.5 OPASITEETTI	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.6 VALONSIRONTAKERROIN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.7 VETOLUJUUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.8 REPÄISYLUJUUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
7.9 PALSTAUTUMISLUJUUS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
8. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

Mekaanisen massan tuotanto on kasvussa. Varsinkin termomekaanisen hierteen tuotanto on kasvussa.. TMP:llä korvataan sellu raaka-aineena monissa paperilaaduissa. TMP:n valmistuksen haittapuolena on sen suuri sähkönkulutus. Sähkönkulutusta on yritetty alentaa monilla erilaisilla keinoilla, mutta sähkön ominaiskulutusta ei ole pystytty alentamaan merkittävästi. Kuituuntumisprosessissa on vielä erittäin paljon erilaisia asioita, joiden vaikutuksista ei ole tarpeeksi tietoa. Hierreprosessin tutkimisen avulla pyritään selvittämään seikkoja, joilla päästäisiin merkittävästi pienempiin sähkön ominaiskulutuksiin. Hierteen valmistuksessa sähkönkulutuksen alentamisen ohella tavoitteena on massan käyttöominaisuuksien parantaminen.

2 TYÖN KUVAUS

Työn tarkoituksena oli tutkia perusteellisesti erilaisia hierremassoja. Hierremassat olivat TMP- ja PRMP-massoja. Tutkittavia massoja oli kaikkiaan 17 kappaletta: Kahdeksan kappaletta PRMP- ja yhdeksän kappaletta TMP-massoja. Tässä työssä käsitellään PRMP-massoja. Ne ovat esilämmityksen saaneita RMP-massoja. Lisäksi vertailukohteena oli kaksi todellisuudessa toimivaa tehdasmassaa.. Tutkittavat massat jauhettiin Metso Paper Inkeröiden tehtaalla Anjalankoskella. Jokainen massa oli valmistettu eri tavoin. Jauhamiseen käytettiin erilaisia jauhinteriä, jauhinaikoja sekä erisuuruisia kierrosnopeuksia.

Jauhetuista massoista mitattiin kuiva-ainepitoisuudet ja massat kuumahajotettiin sekä laimennettiin oikeaan sakeuteen. Massoista mitattiin freeness ja fiberlabilla mitattiin kuidun pituudet. Jokaiselle massalle tehtiin kuitujakauma. Kuitujakaumalla otettiin talteen massojen pitkät kuidut. Kuitujakauman jälkeen valmistettiin noin 15 kappaletta laboratorioarkkeja niin pitkäkuitujakeesta kuin koko massastakin. Tikut poistettiin pitkäkuitujakeesta. Koko massasta valmistettujen arkkien valmistuksessa käytettiin kiertovettä. Tällä pyrittiin saamaan aikaan sama hienoainespitoisuus

arkkien välillä. Siksi ennen mitattavien arkkien tekoa tehtiin noin 15 kappaletta harjoitusarkkeja, joilla tasattiin hienoainespitoisuus. Pitkäkuituarkkien valmistuksessa ei tarvinnut käyttää kiertovettä, koska hienoaines oli poistunut jo kuitujakaumaa tehtäessä. Valmiit arkit puristettiin puristuslaitteella ja kuivattiin rumpukuivaimessa.

Valmiista arkeista tehtiin paperitekniisiä mittauksia. Mittausten perusteella analysoitiin tulokset, joiden tavoitteina oli energian kulutuksen väheneminen.

3 HIERTEEN VALMISTUS

Hierre valmistetaan haketetusta puuraaka-aineesta yhdessä tai kahdessa vaiheessa kartio- tai levyjauhimilla.

Aluksi puu kuoritaan ja haketetaan. Hake syötetään jauhimen terien väliseen tilaan. Hakepalat pienentyvät ja murskautuvat kuituuntuen yksittäisiksi kuiduiksi kulkiessaan lähellä toisiaan pyörivien terien muodostamasta teräosasta. Kuituuntuminen tapahtuu lämmön ja mekaanisten iskujen vaikutuksesta. Hierteen valmistuksessa apuna voidaan käyttää ligniiniä pehmentäviä kemikaaleja ja lämmitystä./1/

Hierteen puuraaka- aineena käytetään havupuita. Havupuista tuore kuusi on parasta. Varsinkin kemihierre vaatii hyvälaatuisen puuraaka- aineen. Lehtipuut ja etenkin haapa on tulossa kemihierteen raaka- aineeksi./1/

1960- luvun alussa hierre valmistettiin yksinkertaisella hiertoprosessilla ilman kemikaalilisäyksiä ja massaksi saatiin RMP- massaa. Myöhemmin hiertoprosessiin otettiin mukaan paineen käyttö, jolloin lämpötila kohosi ja massaksi saatiin TMP- massaa./1/

Hierteestä käytetyt lyhenteet ovat seuraavat:

RMP- (Refiner Mechanical Pulp) = kylmähierre

TMP- (Thermo Mechanical Pulp) = kuumahierre, hakkeen esilämmitys ja hierto ylipaineessa.

CMP- (Chemi- Mechanical Pulp) = kemihierre, hakkeen kemikaalikäsittely ennen hiertoa.

CTMP- (Chemi-Thermo-Mechanical-Pulp) = kemikuumahierre, lievä kemikaalikäsittely ennen hiertoa ylipaineessa./1/

Hierteen valmistukseen kuluu paljon energiaa, jopa yli 3 MWh/t massatonna kohti, mikä on huomattavasti enemmän kuin muissa massanvalmistusmenetelmissä. Suurimpien jauhimien teho on peräti yli 30 MW. Hierreprosessin energiataloutta on pyritty parantamaan lämmöntalteenotto- ja kierrätysjärjestelmillä. Jauhimen jälkeen höyry erotetaan hierteestä höyrynerotussyklonissa. Höyryä syntyy noin yksi tonni käytettyä megawattituntia kohden. Suurentamalla jauhinkokoa saadaan pienennettyä investointikustannuksia./1, 2/

3.1 Hiertomenetelmät

3.1.1 Kuumahierre (TMP)

Kuumahierteen valmistuksessa hake lämmitetään ennen hiertoa. Lämmityksessä ligniini pehmentyy, jolloin kuidut irtautuvat entistä helpommin toisistaan ja ovat aiempaa ehjempää ja pitempiä. Hakkeen pesu, höyrystys sekä lämmitys tasoittavat hakkeen kosteutta. Haketta lämmitetään jauhatuksessa syntyvällä höyryllä paineen alaisessa tai atmosfäärisessä astiassa. Atmosfäärisessä esilämmityksessä lämpötila on 80-95 °C ja paineellisessa 105-120 °C. Ylipaine esilämmityksessä on 0,5-1 baria. Paineellisessa esilämmityksessä hakkeen syöttö ja hakkeen poisto säiliöstä tapahtuu tulpparuuvien tai lokeroventtiilien kautta. Lämmitysastiassa on myös säteilymittaukseen perustuva pinnankorkeuden säätö. Painetta säädetään automaattisesti säiliön ulospuhallusventtiilillä ja höyry johdetaan hakkeen pasutukseen./1/

Esilämmityksen jälkeen hake syötetään ensimmäisen vaiheen jauhimelle, jossa ylipaine on 3- 5 bar ja lämpötila 143-158 °C. Ensimmäisen

jauhatusvaiheen jälkeen massa puhalletaan jauhatuksessa syntyneen höyryn avulla toisen vaiheen jauhimelle, jossa on suunnilleen sama paine ja lämpötila. Jauhatuksessa syntynyt höyry otetaan talteen kummastakin jauhatusvaiheesta ja hierre johdetaan latenssin poistoon, lajitteluun, sakeutukseen ja valkaisuun ennen paperikonetta./1/

Hiertämisessä korkea lämpötila ja sakeus aiheuttavat kuituihin kihartumista ja kipuristymistä. Kuidut eivät ehdi oieta, jos niiden sakeus ja lämpötila alenee välittömästi hiertämisen jälkeen. Latenssia sisältävän hierteen freenesluku on suurempi ja lujuusominaisuudet ovat huonommat. Lajittelun tarkkuus ja tehokkuus paranevat latenssin poiston jälkeen ja hierre on laadullisesti parempaa. Latenssin poisto vaikuttaa hierteen CSF-lukuun, repäisyjuuuteen, vetoluujuuteen ja kuitujen taipuisuuteen./1/

Latenssin poisto tapahtuu laimentamalla hierre kiertovedellä jauhimen jälkeen kyypissä 2-4 %:n sakeuteen 70-80 °C:n lämpötilassa. Hierrettä sekoitetaan latenssin poiston aikana tehokkaasti noin 20-30 minuuttia. Kuidut saavuttavat luonnollisen muotonsa ja niiden pituus voi jopa hieman kasvaa./1, 2, 3/

3.1.2 Kylmähierre (RMP)

Kylmähierreprosessi on yksinkertaisin laitteistoltaan sekä toiminnaltaan ja lähinnä toista mekaanisen massan valmistustapaa, hiomista. Pestyt lastut syötetään jauhimeen ja kulkeutuessaan terien murskaus- ja jauhatusvyöhykkeiden lävitse puukuidut irtautuvat toisistaan ja syntynyt uusi tuote, hierre poistuu jauhinkammion avoimen alaosan kautta kuljetusruuville ja edelleen toisen vaiheen jauhatukseen ja lajitteluun./1, 3/

3.1.3 TMP:n käyttö

TMP:tä käytetään sanomalehtipaperin, LWC- ja SC-papereiden sekä kartonkien valmistukseen. LWC:n ja SC:n valmistuksessa TMP:lle asetetaan korkeammat laatuvaatimukset kuin sanomalehtipaperia valmistettaessa./1, 2, 3/

3.2.1 Hakkeen käsittely

Haketuksen jälkeen lastut lajitellaan kiekkoseuloissa tai tasoseuloissa. Seulonnessa hakkeesta erotetaan purujae ja ylisuuri jae, joka murskataan ja palautetaan takaisin lajitteluun. Haketta varastoidaan avo- tai siilovarastoissa. Varastosta hake kuljetetaan pneumaattisilla ja hihnakuljettimilla hiertämön hakesäiliöön, jossa jäät sulatetaan ja haketta lämmitetään hiertämisessä syntyvän höyryn avulla./1, 2/

3.2.2 Hakkeen pesu

Hake pestään ennen hiertoprosessia.. Pesussa hakkeesta erotetaan purujae, joka on tullut hakkeen mukana. Siinä poistuvat myös hiekka, kivet, metalliromut ja muut raskaat jakeet, jotka voisivat rikkoa jauhimen terät ja huonontaa massan laatua. Hakkeen pesuun käytetään kiertovettä, josta poistetaan pesussa siihen joutuneet epäpuhtaudet. Pestystä hakkeesta poistetaan ylimääräinen vesi ennen esilämmitystä ja hiertoa. Pesulaitteistoissa haketta sekoitetaan voimakkaasti veden kanssa, jolloin epäpuhtaudet irtoavat siitä. Hakkeen pesuvettä lämmitetään hiertämisestä saadulla energialla 70-80 celsiusasteeseen. Korkea lämpötila pesuvedessä lisää ja tasoittaa hakepalasten kosteutta./1, 2/

3.2.3 Hakkeen höyrykäsittely

Pesusta ja vedenpoistosta hake johdetaan joko paineelliseen tai paineettomaan esilämmittimen yläosaan. Säiliössä hake lämmitetään tuorehöyryllä tai jauhimesta saatavalla höyryllä. Hake syötetään paineellisen esilämmityssäiliöön lokero- tai tulpparuuvisyöttimellä. Viipymäaika esilämmittimessä on muutamia minuutteja. Säiliössä on pintasäädöt ja ruuvikuljettimissa pyörimisnopeuden säädöt. Siten hallitaan hiertämön hakkeensyöttö jauhimille eri tuotannoilla. Hake syötetään hierrejauhimen syöttöruuville tulpparuuvilla. Tämä toimii painesulkuna jauhimen ja hakkeen esilämmityksen välillä./1/

3.2.4 Hiertoprosessi

Hiertoprosessissa pestystä hakkeesta tehdään hierremassaa. Hake syötetään kiekkojauhimen terien väliin. Ensiksi hakepala murskautuu pienimmiksi tikkumaisiksi palasiksi ja edelleen kuitukimpuiksi ja yksittäisiksi kuiduiksi. Ensimmäisen jauhatusvaiheen terävälän loppuosalla ja toisessa vaiheessa sekä rejektijauhatuksessa hierrekuidut muokkautuvat lopullisesti hierteeksi. Hierteen ominaisuudet riippuvat jauhatuksen energiaominaiskulutuksesta (EOK) MWh/t tai kWh/t ja jauhatusolosuhteista. Kuidun irrottamistapahtuman perusmekanismina pidetään lukuisten nopeiden rasituspulssien johtamista puuaineeseen. Hakkeen kuidutuksessa ja kuitujen jauhatuksessa vaikuttavien puristus- ja leikkausvoimien vaikutuksesta hake kuituuntuu ja kuidut muokkautuvat. Kuidutusvaiheessa puristusvoimat aiheuttavat puuaineen lämpenemistä ja rakenteen löystymistä. Leikkausvoimat hajottavat puuaineen kuitukimpuiksi ja yksittäisiksi kuiduiksi. jauhatusvaiheessa kuidut muokkautuvat edelleen. Kuitujen haiventuminen ja taipuisuus lisääntyvät ja samalla niiden pinta-ala kasvaa. Kuidut pystyvät paremmin sitoutumaan toisiinsa./1/

3.3 Hierrejauhimen rakenne- ja toimintaperiaate

Jauhatukseen käytetään levyjauhimia, joissa on kaksi teräkiekkoa. Suuren halkaisijan omaavien jauhimien teräkiekkojen pinnat valmistetaan valetuista segmenttipaloista kasaamalla. Jauhatuksessa jauhimen terään kohdistuu suuria voimia. Tämä edellyttää akselilta, laakereilta ja rungolta vankkaa rakennetta. Jauhimen terien välistä terärakoa on pystyttävä säätämään, joten ainakin toista teräkiekkoa liikutellaan akselin suunnassa erittäin tarkalla säätömekanismilla, koska teräväläykset ovat pieniä. Jauhimien rakennemateriaalina käytetään ruostumattomia ja haponkestäviä teräksiä. Pyörivien teräkiekkojen määrän mukaan jauhin on joko yksiekkojauhin (SD), jossa vain toinen teräkiekko on pyörivä ja toinen kiinteä.

kaksikiekkojauhin (DD), jossa molemmat teräkiekot on akseloitu ja jossa ne pyörivät vastakkaisiin suuntiin.

Kumpaankin jauhintyyppiin hake syötetään jauhinterien keskusta, josta se kulkeutuu hierron aikana teräkiekon kehälle./1/

3.3.1 Yksikiekkojauhin(SD)

Yksikiekkojauhin on rakenteeltaan yksinkertaisin levyjauhin, jonka toinen teräkiekko on kiinteä ja toinen pyörivä. Pyörivän teräkiekon akselia liikutetaan edestakaisin terävälystä säätämällä. Hake syötetään kiinteän teräkiekon keskiön läpi teräväliin./1/

Yksikiekkojauhimia TMP-laitoksille toimittavat pääasiassa Valmet ja Andritz. Yksikiekkojauhimet ovat teräkiekon halkaisijaltaan ja teholtaan erikokoisia, mutta suuntaus on kuitenkin yhä kookkaampiin jauhimiin./1/

Kaikissa jauhimissa pyörivän akselin laakerointi on ”toispuolinen” ja hakkeen syöttö terien väliin tapahtuu kiinteän terän keskeltä. Terärako asetetaan oikeaksi terävälystä säätämällä aina jauhimen kuormituksen ja hierteen jauhatusteen mukaan. Pyörivää akselia liikuttamalla saadaan terävälitys säädettyä oikeaksi. Rakenteeltaan jauhin on yksinkertainen ja vankka. Häiriötilanteessa hakkeen syöttö ja käyttömoottori pysähtyvät. Akselin laakerit ovat rulla- ja liukulaakereita, joita voidellaan erillisellä voitelujärjestelmällä./1/

Näillä jauhimilla hakkeen ruuvisyöttö on yksinkertainen ja varmatoiminen kiinteän teräkiekon läpi. Suuren halkaisijan omaavan teräkiekon yhdensuuntaisuutta on parannettu kolmella laakerilla, joista yksi on sijoitettu mahdollisimman lähelle teräkiekkoa. Huoltotoimenpiteiden helpottamiseksi ovat akseli laakereineen ja hydraulilaitteineen samassa vaihdettavassa paketissa. Jauhatusvyöhyke kootaan segmenteistä, jotka kiinnitetään

kiekkoihin. Terävälystä säädetään hydraulijärjestelmällä ja mitataan TDC-anturilla.

Isoissa jauhimissa teräkiekon keskipakoisvoimat käyvät suuriksi ja halkaisijan kasvattaminen yli 1,8 metrin on vaikeaa. Siksi säteen suuntaiselle vyöhykkeelle on kehitetty kartiomainen jatko, jolloin saadaan lähes kahden metrin halkaisijasta kiekkoa vastaava jauhatussyöhyke.

Jauhimen perusrakenteena on käytetty levyjauhinta (RGP- sarja), johon on lisätty kartio- osa. Kartion kulma on 15 astetta. Kartio- osan ja teräkiekon terävälystä voidaan kumpaakin säätää erikseen.

Kartio- osalla varustettu jauhin valmistaa pitkäkuituisempaa massaa ja se kuluttaa hieman enemmän energiaa kuin tavallinen levyjauhin./1/

3.3.2 Kartiojauhin (SC-90)

Kartiojauhimesta on ainoastaan kartio-osa. Sen etuja ovat helppo säädettävyyden, suuri teräpinta- ala ja teräraon tarkka säätö.

Tässä jauhimessa teräkiekko pyörii kahden kiinteän teräkiekon välissä muodostaen kaksi jauhatussyöhykettä. Kummatkin staattorit liikkuvat vapaasti akselin suunnassa toisistaan riippumatta. Hake johdetaan kahden syöttöruuvien avulla terien väliin roottorin kummaltakin puolelta. Terävälystä saadaan säädettyä liikuttamalla kiinteitä teriä hydraulisesti akselin suunnassa.

3.3.3 Kaksiekkojauhimet

Jauhin koostuu kahdesta vastakkaisiin suuntiin pyörivästä teräkiekosta. Molemmilla teräkiekoilla on oma käyttömootorinsa. Kuituihin kohdistuu jauhatuksessa kaksinkertaisesti iskuja. Hake syötetään terärakoon kiekossa

olevien solien kautta. Terärakoa voidaan säätää siirtämällä aukotonta kiekkoa./1/

3.4 Jauhatuksen valvonta ja ohjaus

Huolellisella jauhatuksen hallinnalla pyritään pitämään samana jauhatukseen vaikuttavat tekijät ja samalla muuttuvat seikat voidaan mitata ja säätötoimenpiteillä korjata. Edellytyksenä koko prosessin hallinnalle on tietää muutokset, jotka vaikuttavat massan laatuun. Prosessin hallinnassa vaikeuksia tuottavat, jos ei saada luotettavaa tietoa esim. puuraaka-aineesta, jauhatussakeudesta, energian ominaiskulutuksesta, terien kunnosta jne.

Jauhatustulokseen vaikuttavat päämuuttujat ovat

- kuitu
- jauhatustapa
- jauhatuksen määrä
- prosessiolosuhteet.

Lujaa ja vaaleaa hierrettä saadaan tuoreesta hakkeesta. Puuraaka-aineen ja hakkeen laatu on pyrittävä pitämään vakiona syötettäessä haketta jauhimeen. Laatusuureina voidaan pitää

- hakkeen tasaista kosteutta, noin 50 %
- hallittua puulajisuhdetta
- suurien ja pieniä jakeiden vähäistä määrää
- vakio lämpötilaa, noin 100 °C
- vähäistä puun tiheysvaihtelua
- hallittua sahareakeannostelua

Jauhatuksen määrä riippuu jauhimen läpi menneestä tuotannosta ja käytetystä moottoritehosta. Jauhatuksen määrää eri jauhatusvaiheissa säädetään

muuttamalla jauhimen teräракoa, että päästäisiin haluttuun energian ominaiskulutukseen./1/

Jauhatustapaan vaikuttavat tekijät ovat jauhatuksen määrä, terämalli sekä prosessiolosuhteet. Jauhatustapaa kuvataan intensiteetillä. Siihen vaikuttaa eniten teräraon suuruus. Korkealla intensiteetillä tarkoitetaan rajua jauhatusta, jossa massaa on pienessä terävälissä vähän ja säteen suuntainen virtausnopeus on suuri. Matalalla intensiteetillä tarkoitetaan hellää jauhatusta, jossa suuressa terävälissä on paljon massaa ja säteensuuntainen virtausnopeus on pieni. Korkealla intensiteetisellä jauhatuksella pienellä terävälillä alentaa energiankulutusta ja tikkupitoisuutta, mutta samalla kuidun pituus ja repäisylujuus laskevat, koska jauhatus muuttuu kuitua kehittävästä kuitua katkovaksi. Kuidun pituuksia mittaamalla valvotaan, ettei intensiteetti nouse liian korkeaksi./1/

Hakevirta annostellaan ensimmäiseen jauhatusvaiheeseen esilämmittimen puskuruuvien avulla. Purkausruuvien pyörimisnopeuden säätö määrää jauhinlinjan tuotantovauhdin. Kuivan hakkeen määrän annostelu jauhimeen tiettyä tilavuutta kohti pitäisi olla hallittua./1/

Jauhatussakeutta hallitaan lisäämällä laimennusvettä jauhatukseen. Sakeutta ei pystytä mittaamaan jauhatusvyöhykkeellä, mutta se voidaan laskea hakevirrasta, energiankulutuksesta ja laimennusvesimäärästä. Näiden lisäksi on tiedettävä hakkeen kosteus ja tiheys. Sakeus vaikuttaa suuresti höyryn muodostukseen jauhatuksessa. Höyryn muodostuminen saadaan laskettua, kun tiedetään hakevirta, hakkeen mukaan tuleva kosteus, energiankulutus, laimennusvesimäärä ja sen lämpötila. Jauhatusvyöhykkeen normaali sakeus ensimmäisessä vaiheessa on 40-50 % ja 5 % pienempi toisessa vaiheessa. Sakeuden alarajana pidetään 25 %:a jolloin tikkuisuus lisääntyy ja massan lujuudet alkavat laskea./1/

Teräväliä ei saa mitattua riittävän tarkasti akselin paikkaa mittaamalla, koska akselit ja jauhinterät taipuvat ja lämpeneminen muuttaa mittoja. Terävälän

mittaamiseen käytetään induktiivista anturia. Anturi kiinnitetään teräkiekkoon. Sen signaalia käytetään prosessin ohjaukseen, ja se hälyttää, jos teräväli on liian pieni. Mitta-alue on 0-2mm. Anturiin on yhdistetty lämpötila-anturi, joka mittaa lämpötilaa jauhatusvyöhykkeellä. Induktiivista anturia käytetään myös kaksikiekkojauhimissa./1/

3.4.1 Jauhatuksen ohjaus

Hiertoprosessin ohjauksessa pyritään saavuttamaan laatu- ja tuotantotavoitteet mahdollisimman hyvin. Hiertoprosessin ohjausta vaikeuttavat hakkeen kosteuden ja palakoon vaihtelu, puuraaka-aineen tiheyden ja laadun vaihtelu sekä jauhimen syötön epätasaisuus. Suurin haitta aiheutuu hakkeen kosteuden vaihtelusta ja hakkeen syötössä tiheyden vaihtelusta, joka aiheuttaa intensiteetin ja energian ominaiskulutuksen vaihtelua. Nämä aiheuttavat vaihtelua massan laatuun./1/

3.4.2 Tietokoneohjaus

Tietokonetekniikkaa käytetään prosessin hallinnassa, koska jauhatusjärjestelmä käsittelee haketta sellaisissa oloissa ja niin nopeasti, että prosessin tilaa on vaikea arvioida. Tietokone ottaa vastaan tietoa terävälisestä, moottorin kuormituksesta, hakkeen määrästä, laimennusvesivirtauksesta ja lämpötilasta sekä hakkeen kosteudesta ja tiheydestä. Tietokone laskee ja ohjaa tuotantoa, energiankulutusta, sakeutta terävälissä sekä teräväliä./1/

3.5 Jauhinterät

Jauhimen teräkiekot kootaan terälohkoista, jotka kiinnitetään pulteilla massiiviseen teräkiekkoon. Lohkot kiinnitetään valmiiksi apukiekkoon ennen jauhimeen vaihtoa. Tällä pyritään minimoimaan vaihtoaika./1/

Terän pinta muodostuu teräharjoista ja teräurista. Harjojen välisissä urissa on virtausesteitä, jotka tukkivat urat estäen virtausta. Esteiden sijoittelulla ja määrällä ohjataan massan ja höyryn virtausta teräpinnalla. Terien kuluminen

aiheuttaa jonkin verran virtauksien muutosta. Hierteen jauhautumiseen voidaan vaikuttaa muuttamalla ja muotoilemalla terien harjojen ja urien määrää sekä vaihtamalla urien kokoa.. Samalla harjojen kosketuspinta- ala muuttuu. Myös jauhatusvyöhykkeen ja murskausvyöhykkeen pinta-aloja muuttamalla voidaan vaikuttaa jauhautumiseen./1/

Terälohkoista koottujen teräkiekkojen täytyy olla asennuksen jälkeen erittäin tarkasti samansuuntaiset. Poikkeama saa olla ainoastaan 0,05mm, muuten höyry ja massa kulkeutuvat suurimmasta raosta. Tämä aiheuttaa jauhimeen värinöitä ja massan laatu huononee. Terien asentaminen samansuuntaiseksi on vaikeampaa teräkiekkojen suurentuessa./1/

Teräkiekkojen on kestettävä mekaanista ja kemiallista kulutusta. Seostamalla kromia teräkiekkomateriaaliin saadaan kemiallista kestävyyttä. Tämä huonontaa samalla vaaleutta./1/

3.5.1 Teräkiekkomateriaalit

Ennen teräkiekot valmistettiin valkoisesta valuraudasta. Ne ruostuivat helposti. Parempia tuloksia on saavutettu teräseoksilla, joissa vaihdellaan hiilipitoisuutta. Seosaineena käytetään enimmäkseen kromia. Myös nikkeliä, molybdeenä ja titaania voidaan käyttää seosaineena. Terän käyttöikä vaihtelee käytön mukaan 1000-3000 tuntiin. Käyttöikää voidaan hieman lisätä hyvällä hakepesulla ja säätämällä pH lähelle seitsemää./1/

3.5.2 Jauhinterien merkitys

Hierteen valmistusprosessissa vaikuttavat teräkiekon materiaali, pintakuvio, kartiomaisuus, halkaisija ja pyörimisnopeus sekä massavirta, teräväli, höyryvirta ja sakeus. Kaikki eri jauhimet vaativat eri tavalla muotoillun teräpinnan. Terämallilla on suurin vaikutus jauhatus tapaan. Jauhituksen intensiteettiä lisäävät

- lyhyt jauhatusvyöhyke
- suuri uratilavuus

- vähän ja kapeita hampaita
- pumppaavat särmät roottorissa
- vähemmän patoja.

Teräkiekkoa vaihdetaan seuraavista syitä:

- jauhimen kuormitus vaihtelee
- jauhimen kuormitettavuus laskee
- terät ovat mekaanisesti vaurioituneet
- tikkupitoisuus suurenee tietyssä freenessarvossa
- jauhinterien kuormituspainne on suuri tietyssä moottorin tehossa./1/

3.6 Hierteen lajittelu

Hierre lajitellaan painelajittimilla. Painelajittimessa on sihtinä profiloitu rakolevy. Rakolevyn rakokoko valitaan massatyypin ja puhtausasteen mukaan. Hierteessä on paljon karkeita, pitkiä ja kehittymättömiä kuituja. Siksi rejektisuhteet ovat suurempia ja rejektiä jauhetaan enemmän. Rakolajitteuntekniikan myötä on pyörrepuhdistuksesta luovuttu kokonaan hierteen lajittelussa./1, 2/

3.6.1 Painelajittimet

Hierre pumpataan painelajittimeen ja hyväksytty jae kulkeutuu rakopinnan läpi paine-eron vaikutuksen ansiosta. Rakopinnan profiloinnilla parannetaan ja tehostetaan lajittelua. Sihtipinnan tukkeentuminen estetään kyhmypintaishalla rummulla tai sykesiivilällä, jotka pyöriessään aiheuttavat painesykkeen lajittelupinnalle. Hyvän lopputuloksen saamiseksi painelajittimia hallitaan muuttamalla seuraavia suureita:/1/

- massan sakeus
- rejektisuhde
- rejektin laimennus
- sihdille tulevan massan syöttöpaine
- syötön ja akseptin välinen ero
- roottorin pyörimisnopeus

- lajittimen rakenne, sihtisylinteri, roottori.

Energiankäyttö optimoidaan portaattoman kierrosnopeuden säädön omaavalla syöttöpumpulla.

Sihdin hallintasuureista tärkeimpiä on rejektisuhde, joka tarkoittaa rejektin massavirran suhdetta syötön massavirtaan./1/

3.6.2 Rejektin käsittely

Hierteen lajittelusta saatava karkea jae on rejektin jauhatuksen ja lajittelun jälkeen hyvää ja lujaa massaa. Rejektin jauhatuksessa syntynyt hienojae on sitoutumiskyvyltään parempaa kuin pääjauhatuksesta syntynyt hienojae./1/

Rejektin esisaostus 3-4 % sakeuteen tapahtuu kaarisihdeillä. Kaarisihdit poistavat hienoainetta, mikä parantaa varsinaista saostusta ja jauhatusta sekä nostaa massan freenestä. Rejektijauhimet ovat yksikiekkojauhimia. Ne ovat samantyyppisiä kuin päälinjan jauhimet, mutta niiden pintakuviointi on erilainen. Paine on jauhatuksessa 3-4 bar. Jauhatuksen jälkeen hierteen lajittelu tapahtuu painelajittimilla. Vaativilla paperilajeilla hierteen rejektiä jauhetaan useammassa vaiheessa ja vaiheiden välillä suoritetaan välilajittelu. Rejektin käsittelyllä saatu hyväksytty massa varastoidaan erillisellä säiliöllä annostelua varten tai johdetaan päälinjasta sadun akseptin joukkoon./1/

4. MASSAN LAADUN TUTKIMINEN

4.1 Suotautuvuus

Suotautuvuus kertoo massasulpun kyvyn luovuttaa vettä suotautumistapahtumassa. Suotautuvuus määritetään freeness- lukuna (CSF, Canadian Standard Freeness) mekaanisille massoille. Mitä pienempi on massan CSF- arvo, sitä hienompaa ja hitaammin suotautuvaa massa on.

4.2 Tikkupitoisuus

Massan tikkupitoisuus vaikuttaa siitä valmistettavan paperin ajettavuuteen. Painettavuuteen vaikuttavat nk. pölytikut, jotka ovat huonosti sitoutunutta kuituainesta ja irtoavat painatuksessa paperista. Tikkuihin verrattavissa ovat silloin tällöin esiintyvät pitkät jäykät kuidut. Tässä työssä tikkupitoisuuden määrittämiseen käytettiin Somerville- tikkuanalysaattoria.

4.3 Kuitujakauma

Kuitujakauma määritetään yleisesti Bauer McNett-fraktiointilaitteella (BMcN). Määrittämisessä massasulppu jaetaan tihenevien viirojen avulla jakeisiin eli fraktioihin, joiden keskimääräinen kuidunpituus on erilainen. Tässä työssä käytettiin neljää viiraa 16, 30, 50 ja 200 mesh (lankaa/ tuuma).

Sopiva kuitujakauma kussakin tapauksessa riippuu valmistettavasta paperilaadusta. Pitkät kuidut antavat paperille lujuutta, lähinnä repäisylujuutta, jäykkyyttä sekä kokoonpuristuvuutta. Suuri pitkäkuituus saattaa nostaa liikaa paperin karheutta ja huokoisuutta. Hienoaineella on hyvä vaikutus paperin lujuusominaisuuksiin ja optisiin ominaisuuksiin. Lisäksi se parantaa paperin rakenteen tasaisuutta. Korkea hienoainepitoisuus alentaa massan suotautuvuutta.