



F1000105217B



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 105217 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

30.06.2000

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

D21F 5/04, 5/18, D21G 9/00

(21) Patentihakemus - Patentansökning

982615

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

04.12.1998

(24) Alkupäivä - Löpdag

04.12.1998

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

05.06.2000

(73) Haltija - Innehavare

1 •Valmet Corporation, Panuntie 6, 00620 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Hamström, Kristian, Vähä-Hämeenkatu 14 B 50, 20500 Turku, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 •Kari, Jorma, Tavastilantie 9, 23120 Mietoinen, SUOMI - FINLAND, (FI)

3 •Sundqvist, Hans, Lylytie 17, 20720 Turku, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Turun Patenttitoimisto Oy

PL 99, 20521 Turku

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä paperikoneen tai vastaavan kuivatusosassa tapahtuvan kuivatusprosessin säätämiseksi
Förfarande för reglering av torkprocessen i en pappersmaskins eller motsvarandes torkpart

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

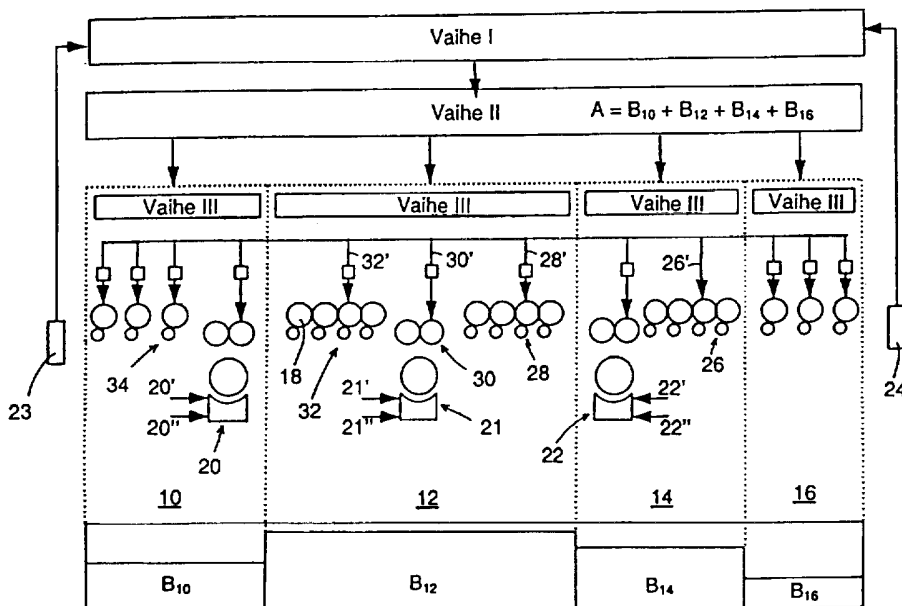
FI C 80100 (D21F 5/00), FI A 971714 (D21F 5/04), EP A 0643165 (D21F 5/04)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Menetelmä paperikoneen tai vastaavan kuivatusosassa tapahtuvan kuivatusprosessin säätämiseksi. Kuivatuosa käsittää ainakin yhden kuivatussylinteriyksikön (26, 28, 30, 32, 34) ja ainakin yhden päällepuhallusyksikön (20, 21, 22). Ensiksi laaditaan sinänsä tunnetulla tavalla, esim. reseptipohjaisesti tai konesuuntaista laatumallia tai laatuprofiilia hyväksikäyttäen, optimaalinen haihdutus, kun tunnetaan kuivatusosan geometria, tarvittavat prosessi- parametrit, kuten koneen nopeus, paperin laji ja tarvittava koneaishaihdutus. Keksinnön mukaan lasketaan raja-arvot ainakin kahdelle kuivatusosan säätösuureelle, kuten höyryn paineelle p ja puhallusilman lämpötilalle T, käyttäen hyväksi sinänsä tunnettuja kuivatuksen laatumalleja, kuten paperin tarttumista ja vaaletta kuvaavia malleja. Tämän jälkeen jaetaan kuivatusosa säätösuureiden raja-arvojen muodostaman jakautuman mukaan kuivatuslohkoihin (10, 12, 14, 16) siten, että kahdessa

vierekkäisessä lohossa ainakin yhden säätösuureen raja-arvo on erilainen. Kuivatusprosessia säädetään säätämällä säätösuureita kussakin kuivatuslohossa säätösuureiden raja-arvojen sisällä.

Förfarande för styrning av torkningsprocessen i en pappersmaskins eller motsvarandes torkparti. Torkpartiet omfattar minst en torkcylindrenhet (26, 28, 30, 32, 34) och minst en påblåsningseenhet (20, 21, 22). Först utformas på i och för sig känt sätt, t.ex. receptbaserat eller medelst en för maskinriktningen given kvalitetsmodell eller kvalitetsprofil, en optimal avdunstning, då man känner torkpartiets geometri, behövliga processparametrar, såsom maskinens hastighet, papperskvaliteten och det totala avdunstningsbehovet. Enligt uppfinningen beräknas gränsvärden för minst två av torkpartiets styrenheter, såsom ångtrycket p och blåsluftens temperatur T , med hjälp av i och för sig kända kvalitetsmodeller, såsom modeller som beskriver papperets fästningsbenägenhet och modeller som beskriver papperets ljushet, för torkningen. Därefter indelas torkpartiet enligt styrenheternas gränsvärdesfördelning i torkavsnitt (10, 12, 14, 16) så, att i två närliggande avsnitt minst en styrenhets gränsvärde är olik ett annat. Torkprocessen styrs genom att i vardera torkavsnittet styra styrenheter inom styrenheternas gränsvärden.



MENETELMÄ PAPERIKONEEN TAI VASTAAVAN KUIVATUSOSASSA
TAPAHTUVAN KUIVATUSPROSESSIN SÄÄTÄMISEKSI

FÖRFARANDE FÖR REGLERING AV TORKPROCESSEN I EN
PAPPERSMASKINS ELLER MOTSVARANDES TORKPARTI

Esillä oleva keksintö kohdistuu jäljempänä esitetyn it-
senäisen patenttivaatimuksen johdanto-osan mukaiseen mene-
5 telmään.

Keksintö kohdistuu tällöin erityisesti menetelmään paperi-
koneen kuivatusosassa tapahtuvan kuivatusprosessin säätämi-
seksi siten, että saavutetaan laadun ja/tai energiakustan-
10 nusten kannalta edullinen kuivatusprosessi.

Paperirainan kuivatus on pitkään pääasiallisesti tapahtunut
kuivatussylintereillä, joita sovitetaan suuri määrä kuiva-
tususosaan peräkkäin yhdessä tai kahdessa tai jopa useammassa
15 päällekkäisessä rivissä.

Kuivatussylinterikuivatuksessa kuivatusenergia saadaan
kuumasta höyrystä, jolla sylinterit kuumennetaan. Kui-
vatusosassa sylinterit yhdistetään sylinteriryhmiksi,
20 tyypillisesti 3 - 8 sylinterin ryhmiin. Paineistettu kyl-
läinen höyry johdetaan kunkin sylinteriryhmän sylinterien
läpi ko. sylinteriryhmälle ennalta lasketussa paineessa.
Kunkin sylinteriryhmän läpi virrannut poistohöyry ja lauhde
johdetaan lauhdesäiliöön, josta nyt alemmassa paineessa
25 oleva höyry johdetaan seuraavaan sylinteriryhmään. Näin
voidaan esim. kuivatusosan kuivaan päähän 3 bar paineessa
syötetty tuore höyry johtaa edelleen kuivatusosan kaikkien
sylinteriryhmien läpi kohti kuivatusosan märkää päätä.
Kuivatusosan ensimmäisessä sylinteriryhmässä paine on
30 tyypillisesti alle atmosfääripaineen. Tarvittaessa, eli
halutun paineen aikaansaamiseksi, voidaan eri sylinteriryh-
miin poistohöyryn lisäksi tuoda tuoretta höyryä.

Kuivatusta säädetään säätämällä kuivatusosalle tuodun tuorehöyryn painetta. Sääto voi tapahtua manuaalisesti tai automaattisesti. Tyypillisesti kuivatusryhmien tehoa ohjataan reseptipohjaisesti kaskadi-säätönä, jota ohjaa kuivatusosasta ulos tulevan rainan kuiva-ainepitoisuus. Resepteinä käytetään kullekin paperilajille taltioituja paperin laadun kannalta hyviä asetusarvoehdotuksia. Prosessin toimintapiste muuttuu kuitenkin tuotannon aikana, jolloin asetusarvojen säätöä olisi suoritettava jatkuvasti. Yleensä 10 kuivatusprosessissa tapahtuvien muutoksien vaatimat asetusarvokorjaukset toteutetaan vasta kun mitatut laatuarvot muuttuvat yli niille asetettujen rajojen.

Kuivatussyylintereillä tapahtuva kuivatus on saatu verrattain hyvin toimivaksi, paperikoneiden nopeuksia on voitu nostaa ja ajettavuus on saatu suljettujen vientien ansiosta hyväksi. Ongelmana on kuitenkin vielä ollut kuivatusosan suuri pituus, mikä aiheuttaa suuria rakennuskustannuksia. Sylinterikuivatusta ei aina liioin ole pidetty tarpeeksi 20 tehokkaana. Siksi onkin pyritty löytämään uusia tehokkaampia ratkaisuja rainan kuivattamiseksi.

Jo jonkin aikaa on kuivatusosaan lisätty infralämmittimiä, joita kuitenkin lähinnä käytetään rainan poikittaisprofiilin säätämiseen. 25

Päällepuhalluskuivatus, eli rainaa kohti puhalletun kuuman ilman tai muun sopivan kuuman kaasun kuten tulistetun höyryn avulla tapahtuva haihdutuskuivatus, on osoittautunut 30 tehokkaaksi kuivatusmenetelmäksi. Päällepuhallus voidaan esim. kohdistaa rainaan sen kulkiessa kuivatusviiran tukeamana suuren alipaineisen telan, sylinterin tai muun myös lineaarisen pinnan yli, kuten esim. on esitetty hakijan aikaisemmissa suomalaisissa patenttihakemuksissa FI 971713, 35 FI 971714 ja FI 971715. Päällepuhalluksessa puhalletaan suurinopeuksisia kuumailmasuihkuja tai esim. tulistetun höyryn suihkuja tämän pinnan kattavasta huuvasta kohti

pinnan päällä kulkevaa kuivatettavaa rainaa. Päällepuhal-
luksella aikaansaadaan näin tehokas haihdutuskuivatusvaiku-
tus. Päällepuhalluksella aikaansaadaan lisäksi tehokas
tuuletusvaikutus rainasta höyrystyneen kosteuden poispuhal-
tamiseksi. Päällepuhalluksessa tarvittava kuivatusenergia
5 saadaan esim. maakaasusta tai muusta sopivasta polttoai-
neesta, jota voidaan käyttää kuumentamaan päällepuhallusil-
maa. Päällepuhalluksessa tarvitaan lisäksi puhallusenergi-
aa, sähköä, kuuman ilman kierrättämiseksi kuivatuslaittees-
10 sa, eli kuuman ilman puhaltamiseksi kohti rainaa ja kostean
ilman poistamiseksi rainaa ympäröivästä tilasta.

Päällepuhalluslaitteilla on kuivatusosassa tapahtuvaa
kuivatusta voitu tehostaa huomattavasti. Tehostetun kuiva-
15 tuksen ansiosta on kuivatusosan pituutta voitu vastaavasti
lyhentää. Päällepuhalluksella voidaan lisäksi kuiva-
tusolosuhteita muuttaa huomattavasti nopeammin kuin kuiva-
tussylintereillä.

20 Kuivatuksen säätö ei kuitenkaan kuivatusosassa ole halutul-
la tavalla prosessin ohjaajan hallinnassa. Reseptipohjainen
säätöjen asetusarvo-ohjaus ei ole riittävän tehokas väline
hallitsemaan tehostettua kuivatusta ja ottamaan huomioon
kuivatuksen tarpeet kuivatusosan eri kohdissa. Reseptipoh-
25 jaiset säädöt eivät myöskään ota huomioon eri energiamuoto-
jen kustannustekijöitä.

Nyt esillä olevan keksinnön tarkoitus onkin aikaansaada
edellistä parempi menetelmä paperikoneen kuivatusosassa
30 tapahtuvan kuivatusprosessin säätämiseksi.

Tarkoituksena on erityisesti aikaansaada parannettu mene-
telmä, joka aikaisempaa paremmin ottaa huomioon erilaiset
kuivatustarpeet kuivatusosan eri kohdissa ja erilaisten
35 kuivatusenergiamuotojen kustannustekijät.

Tarkoituksena on lisäksi aikaansaada menetelmä, joka kuiva-

tuksen säädössä ottaa huomioon sekä laatuvaatimukset että kustannusnäkökohdat kuivatusosan eri osissa.

Edellä mainittujen tarkoitusperien saavuttamiseksi on
5 keksinnön mukainen menetelmä tunnettu siitä, mitä on määritelty jäljempänä esitetyn itsenäisen patenttivaatimuksen tunnusmerkkiosassa.

Paperikoneen kuivatusosassa tapahtuvan kuivatusprosessin
10 säätäminen laadun ja kustannusten kannalta optimaaliseksi voidaan tyypillisen keksinnön mukaisen menetelmän mukaan tehdä seuraavasti:

- lasketaan ensiksi jollakin sinänsä tunnetulla menetelmällä kuivatusosan kokonaistehon tarve, jolla tässä hakemuksessa tarkoitetaan rainaan siirtyvää energiamäärää halutun
15 haihdutuksen aikaansaamiseksi. Kokonaistehon tarve saadaan määriteltä kokonaishaihdutustarpeesta.

- Tyypillisesti kokonaishaihdutus eli haihdutettava vesimäärä lasketaan rainan alkukosteuden ja halutun loppukosteuden
20 erosta kun tunnetaan tuotantonopeus.

- Kokonaishaihdutus voidaan myös laskea kuivatusosan poistoilman mukana kulkevasta vesimäärästä, eli mittaamalla poistoilman virtaus ja kosteus, kun tiedetään tuloilman virtaus ja kosteus.

25 - Toisaalta voidaan kokonaishaihdutuksen arvo laskea myös sinänsä tunnettuja fysikaalisia ja matemaattisia malleja käyttäen, kun tunnetaan prosessiparametrit.

Kuivatusosa jaetaan tämän jälkeen kulloisenkin paperilajin
30 mukaan kuivatuksen tai haihtumisen, tai jonkin muun laatu-kriteerin kannalta eri tavoin käyttäytyviin kuviteltuihin kuivatuslohkoihin. Tässä selityksessä on kuivatusosan jakoa tai kuivatusprosessin jakoa kuvaamaan käytetty termiä "lohko". Vaihtoehtoisesti olisi voitu käyttää termejä
35 "vaihe" tai "jakso".

Ensimmäinen lohko kattaa tyypillisesti sen osan kuivatusosasta, jossa raina lämmitetään haihtumiselle edulliseen lämpötilaan. Tässä ensimmäisessä lohkossa haihtuminen on pientä eikä tässä lohkossa tarvita suurta haihtumistehoa.

- 5 Seuraava eli toinen lohko kattaa tyypillisesti sen osan kuivatusosasta, jossa rainasta haihdutetaan siinä oleva irtonainen eli helposti haihtuva vesi. Haihtuminen on suurta toisessa lohkossa ja siten myös haihtumistehon tarve. Rainassa on irtonaisen veden lisäksi kuitujen välis-
- 10 sä ja kuitujen sisällä olevaa vettä, joka on vaikeammin haihdutettavissa pois rainasta. Kuivatusosan kolmas lohko kattaa tyypillisesti tämän vaikeasti haihtuvan veden osan, jossa haihtumiseen tarvitaan suhteessa vesimäärään enemmän energiaa kuin toisessa lohkossa. Kuivatusosan viimeisessä
- 15 osassa ei tyypillisesti enää tapahdu merkittävää haihtumista. Tässä neljännessä osassa pyritään usein vain tasaamaan rainan poikkiprofiili kuivatuksen kannalta tai säätämään muita paperin ominaisuuksia, kuten käyristymää.

- 20 Jako kuivatuslohkoihin voidaan päättää esim. sinänsä tunnettujen kuivatussimulointien perusteella. Kuivatussimulointien avulla pystytään selvittämään suurin piirtein missä erityyppiset haihdutusvyöhykkeet fyysisesti sijaitsevat ja jakamaan kuivatusosa tämän perusteella kuivatusloh-
- 25 koihin.

- Jako lohkoihin voi tapahtua myös siten, että ensiksi laaditaan sinänsä tunnetulla tavalla optimaalinen haihdutusjakautuma ja lasketaan raja-arvot halutuille, tyypillisesti
- 30 ainakin kahdelle, kuivatusosan säätösuurelle, ja että tämän jälkeen jaetaan kuivatusosa näiden raja-arvojen mukaan lohkoihin siten, että kahdessa vierekkäisessä lohkossa ainakin yhden säätösuureen raja-arvo on erilainen. Jakoa lohkoihin voidaan tarvittaessa muuttaa, esim. käyntiinajon ajaksi.
- 35

Tarvittava optimaalinen haihdutusjakautuma saadaan laadit-

tua esim. reseptipohjaisesti tai konesuuntaista laatumallia tai laatuprofiilia hyväksikäyttäen, kun tunnetaan kuivatusosan geometria, tarvittavat prosessiparametrit, kuten koneen nopeus, paperilaji ja tarvittava kokonaishaihdutus.

5

Säätösuureina käytetään sellaisessa kuivatusosassa, jossa on ainakin yksi kuivatussylinteriyksikkö ja ainakin yksi päällepuhallusyksikkö, tyypillisesti kuivatussylintereille johdetun höyryn painetta, joka vaikuttaa sylinterin lämpötilaan, ja puhallusilman lämpötilaa, puhallusilman nopeutta, puhallusilman kosteutta ja/tai puhalluslaatikon etäisyyttä rainasta. Höyryn paineen ylemmän raja-arvon määrittelee esim. paperin tarttuminen kuivatussylinterin pintaan ja puhallusilman lämpötilan ylemmän raja-arvon paperin haluttu vaaleus. Varsinaisessa ajotilanteessa kussakin kuivatuslohkossa säädetään säätösuureita laskettujen raja-arvojen sisällä.

20 Tyypillisesti kuivatusosa jaetaan keksinnön mukaan ainakin kolmeen erilaiseen kuviteltuun kuivatuslohkoon. Ainakin yhdessä, tyypillisesti useassa kuivatuslohkossa, on ainakin kahta eri energiamuotoa käyttäviä kuivatusyksiköitä ja/tai ainakin kahta erikseen säädettävää samaa energiamuotoa käyttävää kuivatusyksikköä. Yhdessä kuivatuslohkossa voi 25 näin ollen olla esim. tavanomaisia kuivatussylintereitä ja yksi tai useampi päällepuhallusyksikkö, jolloin lohkoissa käytetään sekä höyryä että esim. maakaasua ja sähköä kuivatuksen aikaansaamiseen. Jossakin toisessa kuivatuslohkossa voi olla kuivatussylintereitä ja infrakuivain, jolloin 30 lohkoissa käytetään höyryä ja sähköä. Toisaalta voi jossakin lohkoissa olla pelkästään kuivatussylinteriryhmiäkin. Tällainen lohko on keksinnön mukaan säädettävissä, jos ainakin kaksi sen sylinteriä voidaan säätää toisistaan riippumatta, eli jos kaksi sen sylinteriä on varustettu erikseen säädettävillä höyrösyötöillä. Kaksiviiraviennillä varustetussa 35 kuivatusosassa voidaan esim. ala- ja yläsylintereitä säätää erikseen. Jokin kuivatusosan lohko voi tietenkin käsittää

esim. vain yhden päällepuhallussyylinteriyksikön. Yksittäiset kuivatusyksiköt voidaan haluttaessa yksinkertaisesti sulkea pois päältä.

- 5 Haluttaessa voidaan jokin suurempi lohko, esim. edellä selostettu toinen lohko, jakaa edelleen kahdeksi tai useammaksi pienemmäksi lohkoksi, mikäli tämä on edullista jäljempänä esitettävän optimoinnin kannalta.
- 10 Kun kuivatusosa on jaettu kuvitteellisiin kuivatuslohkoihin, jaetaan laskettu kokonaiskuivatusteho jollakin sinänsä tunnetulla menetelmällä edellä mainituille kuivatuslohkoille siten, että kullekin kuivatuslohkolle jaettu kuivatusteho-osa takaa kuivatettavan rainan laadun kannalta hyvän
- 15 kuivatustuloksen. Jako eri paperilajeille voi tapahtua reseptipohjaisesti offline-laskentana taulukoiden mukaan, eli hyväksi havaittujen aikaisempien ajojen mukaan.

Nyt on lisäksi oivallettu, että kuivatusosan energiakustannukset voidaan minimoida optimoimalla kunkin kuivatuslohkon sisällä olevat energiakustannukset energiamuodoittain. Eli on todettu, että voidaan ohjata kunkin kuivatuslohkon käyttämää tehoa halutun haihdutuksen aikaansaamiseksi siten, että kunkin kuivatuslohkon käyttämä energiakustannus annettujen tehon säätörajojen sisällä on mahdollisimman pieni. Keksintö mahdollistaa sen, että paperikoneen kuivatuslohkon sisällä olevien kuivatusyksiköiden, esim. kuivatussyylinterien, päällepuhallusyksikköjen ja infra-

25 kuivainten, tehoaluetta voidaan ohjata siten, että sekä

30 laadun että kokonaisenergiakulutuksen kannalta saavutetaan optimaalinen kosteus- tai kuivatustehojakautuma. Keksinnön mukaan suoritetaan laadun ja kustannusten kannalta edullinen haihdutuksen hienosäätö lohkojen sisällä.

- 35 Optimoitavalle kuivatuslohkolle jaettu kuivatusteho-osa muunnetaan keksinnön mukaan tämän lohkon sisällä olevien kuivatusyksiköiden syöttötehoiksi jotakin sinänsä tunnettua

kuivatusryhmän matemaattista mallia ja optimointiohjelmaa hyväksikäyttäen. Kuivatusyksiköiden toimintaa, kuten haihtumista ja lämmönsiirtoa, kuvaavien fysikaalisten laskentamallien ja kuivatusyksiköiden energiamuotojen kustannuksia
5 kuvaavien laskentamallien avulla pystytään optimoimaan energiakustannukset kunkin lohkon sisällä.

Keksintöä voidaan tietenkin soveltaa energiakustannusten optimoinnin osalta myös yhteen kokonaiseen kuivatusosaan ja
10 laskea laadun ja energiakustannusten kannalta optimaalinen säätö.

Kuivatusryhmien laskentamallin tarvitsemat mittaustiedot voidaan mitata jatkuvasti mitta-anturien avulla tai osa
15 niistä voidaan valita kokemusperäisesti tai asettaa käyntiinajossa vakioiksi.

Keksinnön mukaista säätöä voidaan käyttää käyntiinajon jälkeiseen säätöön tasaisessa tuotantotilanteessa. Lajinvaihdon aikana kuivatusosan asetusarvoja ohjataan erityisen
20 lajinvaihtosäädön avulla. Keksinnön mukainen optimointi aloitetaan edullisesti kun lajinvaihto on suoritettu ja kyseisen lajin laatuarvot ovat hyväksyttävissä rajoissa. Keksinnön pääasiallisena tarkoituksena on aikaansaada
25 kustannussäästö sinänsä laadun kannalta optimaalisessa ajossa.

Kuivatusosan operaattorilla on mahdollista muuttaa optimoinnin antamia asetusarvoja ja lukita haluamansa arvot,
30 jolloin vain kunkin kuivatuslohkon lukitsemattomat energiamuodot voidaan optimoida kuten edellä on selostettu. Operaattori voi määritellä myös kuivatusjakautuman tai tehoalueen manuaalisesti pakko-ohjauksella.

35 Keksinnön pääasiallisena etuna voidaan pitää sitä, että on aikaansaatu sellainen kuivatuksen säätömenetelmä, joka ottaa huomioon sekä laatuvaatimukset että kustannusnäkökoh-

dat, erityisesti eri kuivatusenergiamuotojen kustannukset. Haluttuun loppukosteuteen ja laatuun voidaan päästä eri tavoin, eli haluttu loppukosteus voidaan saavuttaa ohjaamalla kullekin kuivatuslohkolle jaettu teho eri tavoin. Eri energiamuodoilla on kuitenkin erilainen kustannusvaikutus kuivatuksen toteuttamiseen. Keksinnön mukaan pyritäänkin kuivatusteho ohjaamaan kuivatuslohkon eri kuivatusyksiköille siten, että kuivatuksen kokonaisenergiakustannus on pienin mahdollinen. Keksinnön mukaisella ratkaisulla pystytään kuivatusteho ohjaamaan kuivatuskustannusten kannalta optimaalisesti pääasiallisesti kaikissa tuotantotilanteissa, kaikilla paperilajeilla ja kaikilla tuotantonopeuksilla.

15 Keksinnön mukainen kuivatuksen säätö voidaan järjestää automaattisesti säädettäväksi. Laskentamallilla voidaan kuivatuslohkojen energiasyötöille asettaa optimaaliset säädön arvot automaattisesti, jolloin prosessi on hallitussa kuivatuksessa kaikissa ajotilanteissa.

20 Keksinnön mukainen säätömenetelmä mahdollistaa myös sen, että koko kuivatustapahtuma on aikaisempaa paremmin prosessin ohjaajan havainnoitavissa näyttöruudulla ja siten hyvässä hallinnassa.

25 Keksintöä selostetaan seuraavassa lähemmin viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

Kuviossa 1 on esitetty kaaviollisesti läpileikkaus paperikoneen kuivatusosasta ja tyypillisen keksinnön mukaisen säädön vaiheet laatikkoina ja

30 Kuvioissa 2 ja 3 on esitetty kaaviollisesti keksinnön mukaisten säätösuureiden raja-arvot kahdessa eri tuotantotilanteessa kuvion 1 kuivatusosalle, ja lohkojako näissä tilanteissa.

Kuvion 1 esittämä kuivatusosa on keksinnön ehdottamalla tavalla jaettu kuivatuslohkoihin 10, 12, 14 ja 16, joissa kussakin on kuivatussylintereitä 18 erilaisina ryhminä, eli erilaisina yhden, kahden tai neljän sylinterin käsittävän sylinteriryhmän kuivatusyksikköinä. Lisäksi kuivatuslohkoissa 10, 12 ja 14 on kussakin päällepuhallusyksikkö 20, 21, 22. Kuivatusosan alkuun on sovitettu mittalaite 23 määrän rainan kosteuden mittaamiseksi. Vastaavasti on kuivatusosan loppuun sovitettu mittaustilaite 24 kuivan rainan kosteuden mittaamiseksi.

Kuviossa on lisäksi nuolin esitetty eri kuivatusyksiköille, eli sylinteriryhmille ja päällepuhallusyksiköille, tulevat kuivatusenergiavirrat. Kuvion esittämässä tapauksessa tuodaan kuivatuslohkon 14 sylinteriryhmälle 26 tuoretta höyryä, joka on esitetty nuolella 26'. Tästä sylinteriryhmästä höyryä viedään kuivatusosan toisiin sylinteriryhmiin, kuten lohkon 12 ryhmiin 28, 30, 32 ja lohkon 10 ryhmään 34, kuten on esitetty nuolilla 28', 30', 32', 34'. Vastaavasti tuodaan päällepuhallusyksiköihin 20, 21, 22 kaasua ja sähköä, kuten on esitetty nuolilla, 20', 20''; 21', 21''; 22', 22''. Lohkoihin voidaan myös suoraan tuoda tuoretta höyryä, jonka määrä on säädettävissä.

Keksinnön mukainen säätö tapahtuu siten, että, kun prosessi on stabiloitunut esim. lajinvaihdon tai muun ylösajon jälkeen, ensiksi mitataan tai lasketaan kokonaishaihdutuksen tarve, mittalaitteilta 23, 24 saatuja tietoja hyväksikäyttäen. Kokonaishaihdutuksesta lasketaan ensimmäisessä vaiheessa kokonaistehon tarve A. Kokonaistehon tarve A jaetaan seuraavassa vaiheessa laatukriteereitä, fysikaalisia ja matemaattisia malleja sekä jotakin sinänsä tunnettua optimointimenetelmää käyttäen kuivatuslohkoille 10, 12, 14, 16 tehoina B10, B12, B14, B16.

35

Tämän jälkeen kunkin halutun kuivatuslohkon kuivatusteho jaetaan lohkoissa oleville kuivatusyksiköille syöttötehok-

si. Näin jaetaan esim. Kuvion 1 lohossa 12 kuivatusteho B12 keksinnön mukaan sylinteriryhmäyksiköiden 28, 30, 32 ja päällepuhallusyksikön 21 välillä siten, että kokonaiskustannukset määrättyjen raja-arvojen sisällä minimoituvat.

5

Keksinnön mukaisessa säätömenetelmässä voidaan käyttää esim. seuraavissa julkaisuissa esitettyjä matemaattisia malleja:

Wilhelmsson, B., Nilsson, L., Stenström, S. and
10 Wimmerstedt, R., 1993, "Simulation Models of Multi-Cylinder Paper Drying", Drying Technology 11(6) pp. 1177-1203.

Karlsson, M., Paltakari, J., Soininen, M. and
Paulapuro, H., 1993, "A Simulation Model for Board and Paper Machine Dryer Section", pp. 9 - 16 in ASME HTD, Vol.
15 238.

Karlsson, M.A. and Timofeev, O.N., 1994, "The Computer Simulation of a Multicylinder Dryer with a Single-tier Configuration", Proc. Fifth International Symposium of Process Systems Engineering, Seoul, Korea.

20 Polat, O. and Mujumdar, A.S., 1987, "Drying of Pulp and Paper", pp. 643 - 682 in A.S. Mujumdar (ed.) Handbook of Industrial Drying, Marcel Dekker, New York.

Soininen, M., 1980, "A Mathematical Model of the Contact Drying Process", pp. 315 - 321 in A.S. Mujumdar
25 (ed.) Drying '80, Vol.2. Hemisphere Publ. Corp., Washington.

Soininen, M., 1991, "Modelling of Web Drying", Proc. The Helsinki Symposium of Alternate Methods of Pulp and Paper Drying, Helsinki, pp. 1 - 16.

30 Vastaavasti voidaan keksinnön mukaisessa säätömenetelmässä käyttää jotakin sinänsä tunnettua optimointimenetelmää, kuten jotakin seuraavissa julkaisuissa esitettyä optimointimenetelmää:

Rao, Singiresu S., "Optimization; Theory and
35 Application", New Delhi, Wiley, cop. 1979.

Bertsimas, Dimitris, "Introduction to linear optimization", Belmont, Mass., Athena Scientific 1997.

Kuviossa 2 on kaaviollisesti esitetty Kuvion 1 mukaisen kuivatusosan kuivatussyylinteriryhmät 26, 28, 32, 34 ja päällepuhallusyksiköt 20, 21, 22. Kuviossa 2 on lisäksi esitetty lasketut raja-arvot kahdelle säätösuurelle, sylinterien höyryn paineelle p_{r-a} ja puhallusilman lämpötilalle T_{r-a} . Kuviosta 2 voidaan havaita, että höyryn paineen raja-arvo aluksi nousee suhteellisen hitaasti tiettyyn kuivatusosan osuuteen saakka, ns. höyryn paineen raja-arvon taittokohtaan p_{tai} , minkä jälkeen paine saa pysyä lähes vakiona. Vastaavasti päällepuhallusilman lämpötilan raja-arvo aluksi pysyy suhteellisen korkealla tasolla ja lähes vakiona tiettyyn kuivatusosan osuuteen saakka, lämpötilan taittokohtaan T_{tai1} , minkä jälkeen lämpötilan pitää tietyllä kuivatusosan osuudella laskea tiettyyn matalampaan arvoon. Lämpötilan raja-arvo saavuttaa kuivatusosan lopussa vielä toisen taittokohtaan T_{tai2} . Säätösuureille määritellään edullisesti vastaavalla tavalla alemmat raja-arvot.

Kuivatusosa jaetaan keksinnön mukaan edellä mainittujen raja-arvojen taittokohtaan p_{tai} , T_{tai1} , T_{tai2} tai niiden lähellä eri lohkoihin, joissa kussakin lohkoissa erikseen voidaan säätää energiakulutusta halutulla tavalla halutun optimaalisen haihdutuksen ja kokonaisenergiakulutuksen aikaansaamiseksi. Lohkojen sisällä säätösuureita, esim. höyryn painetta ja ilman lämpötilaa, säädetään raja-arvojen sisällä, esim. katkoviivojen p' ja T' osoittamalle tasolle.

Kuviossa 3 on esitetty samalle kuivatusosalle toinen ajotilanne, jossa esim. höyryn paineen raja-arvo pysyy matalana pidemmällä kuivatusosan osuudella kuin Kuvion 2 tapauksessa. Kuvion 3 tapauksessa höyryn lämpötilan taittokohta p_{tai} on siirtynyt ensimmäisen päällepuhallusyksikön 20 jälkeen. Kuten Kuviosta 3 on vaakasuorin nuolin osoitettu voidaan eri lohkojen välisiä rajoja muuttaa, jopa ajon aikana tarvittaessa.

Kuvioissa 2 ja 3 kuvataan sitä keksinnön mukaista kuiva-

tusosassa tapahtuvan kuivatusprosessin säätämistä, jossa ensiksi laaditaan sinänsä tunnetulla tavalla, esim. reseptipohjaisesti tai konesuuntaista laatumallia tai laatuprofiilia hyväksikäyttäen, optimaalinen haihdutus, kun tunne-

5 taan kuivatusosan geometria, tarvittavat prosessiparametrit, kuten koneen nopeus, paperin laji ja tarvittava kokonai-

naishaihdutus, ja tämän jälkeen

- lasketaan raja-arvot ainakin kahdelle kuivatusosan säätösuureelle, kuten höyryn paineelle p ja puhallusilman

10 lämpötilalle T , käyttäen hyväksi sinänsä tunnettuja kuivatuksen laatumalleja, kuten paperin tarttumista ja vaaleutta kuvaavia malleja, minkä jälkeen

- kuivatusosa jaetaan säätösuureiden raja-arvojen muodostaman jakautuman mukaan kuivatuslohkoihin siten, että kahdes-

15 sa vierekkäisessä lohossa ainakin yhden säätösuureen raja-arvo on erilainen, ja

- kuivatusprosessia säädetään säätämällä säätösuureita kussakin kuivatuslohossa säätösuureiden raja-arvojen sisällä.

20

Kuivatusosalla tarkoitetaan tässä selityksessä ja jäljempänä esitetyissä patenttivaatimuksissa, ellei muuta sanota, kaikenlaisia paperi-, kartonki- ja tissuekoneiden kuivatusosia, myös näiden koneiden etu- ja jälkikuivatusosia,

25 kuten myös erillisten päällystyslaitteiden kuivatusosia.

Haluttu loppukosteus ja laatu voidaan saavuttaa ohjaamalla kuivatusryhmien tehoa eri tavoin. Säädessä voidaan ottaa huomioon eri energiamuotojen erilaiset vaikutukset energia-

30 kustannuksiin. Kuivatusjakautuma voidaan pyrkiä ohjaamaan siten, että kuivatukseen käytettävän kokonaisenergian kustannukset ovat pienimmät mahdolliset. Keksinnön mukaan voidaan saavuttaa optimaalinen kuivatus kaikissa toimintapisteissä, kaikilla lajeilla ja tuotantonopeuksilla. Mal-

35 lilla voidaan energiasyöttöjen kuivatustehoille asettaa optimaaliset säädön asetusarvot automaattisesti, jolloin prosessi on hallittavissa kaikissa ajotilanteissa.

Keksintöä ei ole tarkoitus rajoittaa vain edellä esimerkinomaisesti esitettyihin ratkaisuihin, vaan sitä on tarkoitus voida laajasti soveltaa jäljempänä esitettyjen patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen
5 puitteissa.

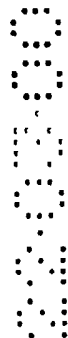
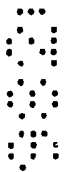


Patenttivaatimukset

1. Menetelmä paperikoneen tai vastaavan kuivatusosassa tapahtuvan kuivatusprosessin säätämiseksi,
- 5 - jossa kuivatusosa käsittää ainakin yhden kuivatussylinteriyksikön (26, 28, 30, 32, 34) ja ainakin yhden päällepuhallusyksikön (20, 21, 22), ja jossa menetelmässä laaditaan sinänsä tunnetulla tavalla, esim. reseptipohjaisesti tai konesuuntaista laatumallia tai
- 10 laatuprofiilia hyväksikäyttäen, optimaalinen haihdutus, kun tunnetaan kuivatusosan geometria, tarvittavat prosessiparametrit, kuten koneen nopeus, paperin laji ja tarvittava kokonaishaihdutus,
- tunnettu siitä, että
- 15 - lasketaan raja-arvot ainakin kahdelle kuivatusosan säätösuureelle, kuten höyryn paineelle p ja puhallusilman lämpötilalle T , käyttäen hyväksi sinänsä tunnettuja kuivatuksen laatumalleja, kuten paperin tarttumista ja vaaleutta kuvaavia malleja,
- 20 - jaetaan kuivatusosa säätösuureiden raja-arvojen muodostaman jakautuman mukaan kuivatuslohkoihin (10, 12, 14, 16) siten, että kahdessa vierekkäisessä lohossa ainakin yhden säätösuureen raja-arvo on erilainen, ja että
- kuivatusprosessia säädetään säätämällä säätösuureita
- 25 kussakin kuivatuslohossa säätösuureiden raja-arvojen sisällä.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että säätösuureita säädetään kuivatuslohossa jotta-
- 30 kin sinänsä tunnettua optimointilaskentamenetelmää hyväksikäyttäen siten, että kyseisen kuivatuslohkon kuivatusyksiköiden syöttötehojen energiakustannusten summa minimoituu.
- 35 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kuivatusosa jaetaan ainakin kahteen, edullisesti ainakin kolmeen, tyypillisesti neljään kuivatuslohkoon,

joiden sisällä kuivatusteho jaetaan energiakustannusten kannalta optimaalisesti eri energiamuotojen kesken.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu
5 siitä, että ainakin yksi kuivatuslohko käsittää ainakin yhden kuivatussylinteriryhmän ja ainakin yhden päällepuhalusyksikön.
5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu
10 siitä, että ainakin yksi kuivatuslohko käsittää ainakin kaksi höyryä energiamuotonaan käyttävää kuivatusyksikköä, kuten kaksi eri höyrysyötöllä varustettua kuivatussylinteriryhmää (28, 30, 32).
- 15 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu
siitä, että
- kuivatuslohkojen lohkorajoja siirretään esim. lajinvaihdon yhteydessä ja että
- lasketaan uudet raja-arvot ainakin kahdelle kuivatusosan
20 säätösuureelle.
7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu
siitä, että kuivatusyksiköiden toimintaa kuvaavat fysikaaliset ja matemaattiset laskentamallit ja optimointimenetelmä
25 mä konvertoidaan siten, että ne voidaan ohjelmoida jonkin säätöjärjestelmän sisään.



Patentkrav

1. Förfarande för styrning av torkprocessen i en pappersmaskins eller motsvarandes torkparti,
- 5 - i vilken torkpartiet omfattar minst en torkcylindereinheit (26, 28, 30, 32, 34) och minst en påblåsningseinheit (20, 21, 22), och
- i vilket förfarande en optimal avdunstning åstadkommes på i och för sig känt sätt, t.ex. receptbaserat eller medelst
- 10 en för maskinriktningen given kvalitetsmodell eller kvalitetsprofil, då torkpartiets geometri, de behövliga processparametrarna, såsom maskinens hastighet, papperskvaliteten och det totala avdunstningsbehovet, är kända,
- kännetecknat därav, att
- 15 - gränsvärden beräknas för minst två styrenheter i torkpartiet, såsom för ångtrycket p och blåsluftens temperatur T , med hjälp av i och för sig kända kvalitetsmodeller för torkning, såsom modeller som beskriver papprets fästningsbenägenhet och dess ljushet,
- 20 - torkpartiet indelas medelst styrenheternas gränsvärdesfördelning i torkavsnitt (10, 12, 14, 16) så, att minst ett gränsvärde i två bredvid varandra liggande torkavsnitt är olika för dessa, och att
- torkprocessen styrs genom att reglera styrenheterna inom
- 25 vardera torkavsnittet inom styrenhetens gränsvärden.
2. Förfarande enligt patentkravet 1, kännetecknat därav, att styrenheterna regleras inom ett torkavsnitt medelst något i och för sig känt optimeringsberäkningsförfarande
- 30 så, att summan av energikostnaderna för ifrågavarande torkavsnitts torkenheter matningseffekter minimeras.
3. Förfarande enligt patentkravet 1, kännetecknat därav, att torkpartiet indelas i minst två, fördelaktigt i minst
- 35 tre, typiskt i fyra, torkavsnitt, inom vilka torkningseffekten fördelas mellan olika energiformer så, att energikostnaden optimeras.

4. Förfarande enligt patentkravet 1, kännetecknat därav, att minst ett torkavsnitt omfattar minst en torkcylindergrupp och minst en påblåsningseenhet.

5 5. Förfarande enligt patentkravet 1, kännetecknat därav, att minst ett torkavsnitt omfattar minst två torkenheter, som utnyttjar ånga som sin energiform, såsom två torkcylindergrupper (28, 30, 32), som försetts med separata ånginmatningar.

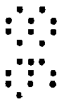
10

6. Förfarande enligt patentkravet 1, kännetecknat därav, att

- gränserna mellan torkavsnitten förskjuts t.ex. i samband med kvalitetsbyte och att

15 - nya gränsvärden beräknas för minst två styrenheter i torkpartiet.

7. Förfarande enligt patentkravet 1, kännetecknat därav, att de fysikaliska och matematiska beräkningsmodellerna och optimeringsförfarandet, som beskriver torkenheternas verksamhet konverteras så, att de kan programmeras in i något styrsystem.



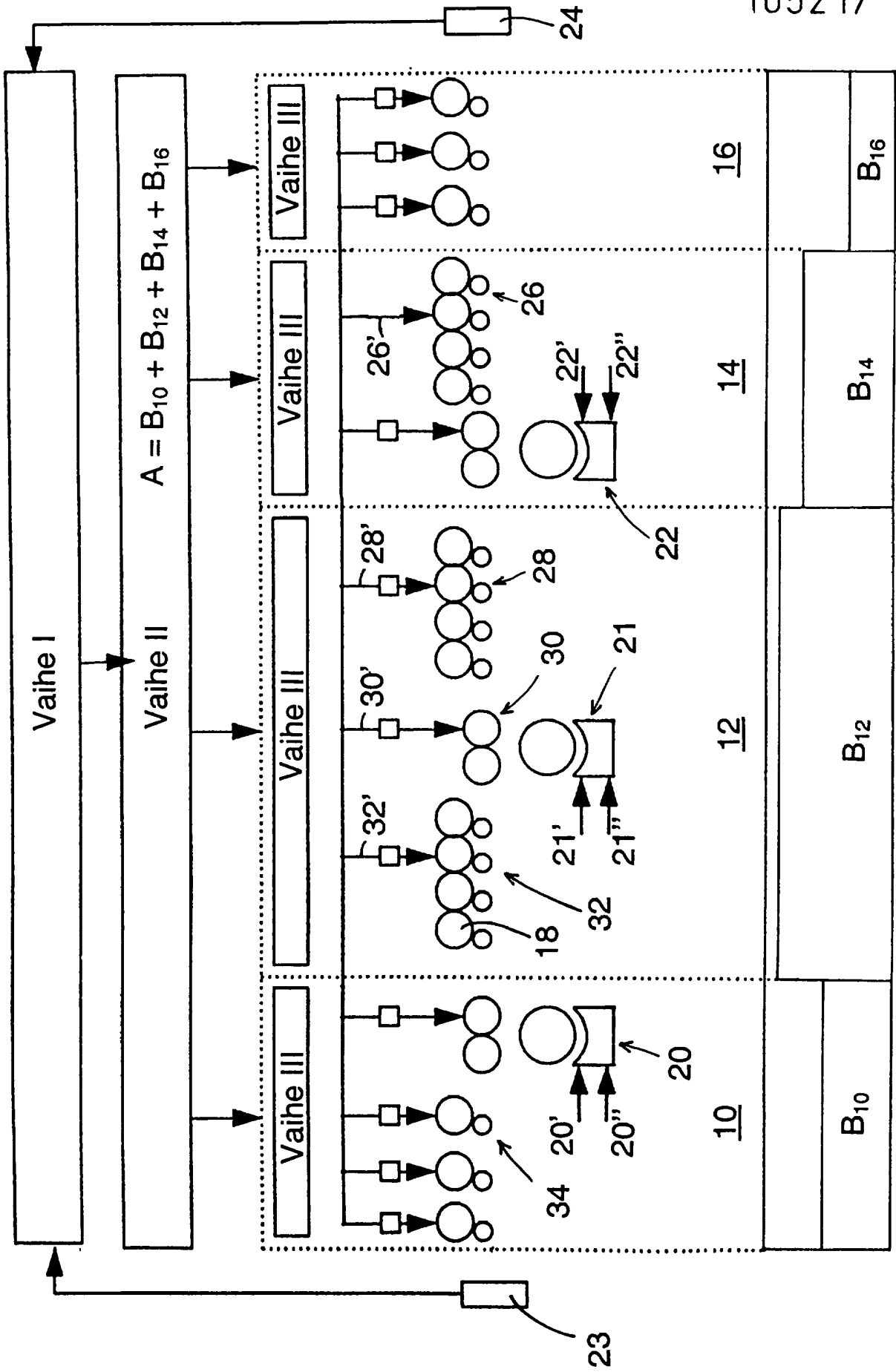


Fig. 1

Tuotantotilanne A

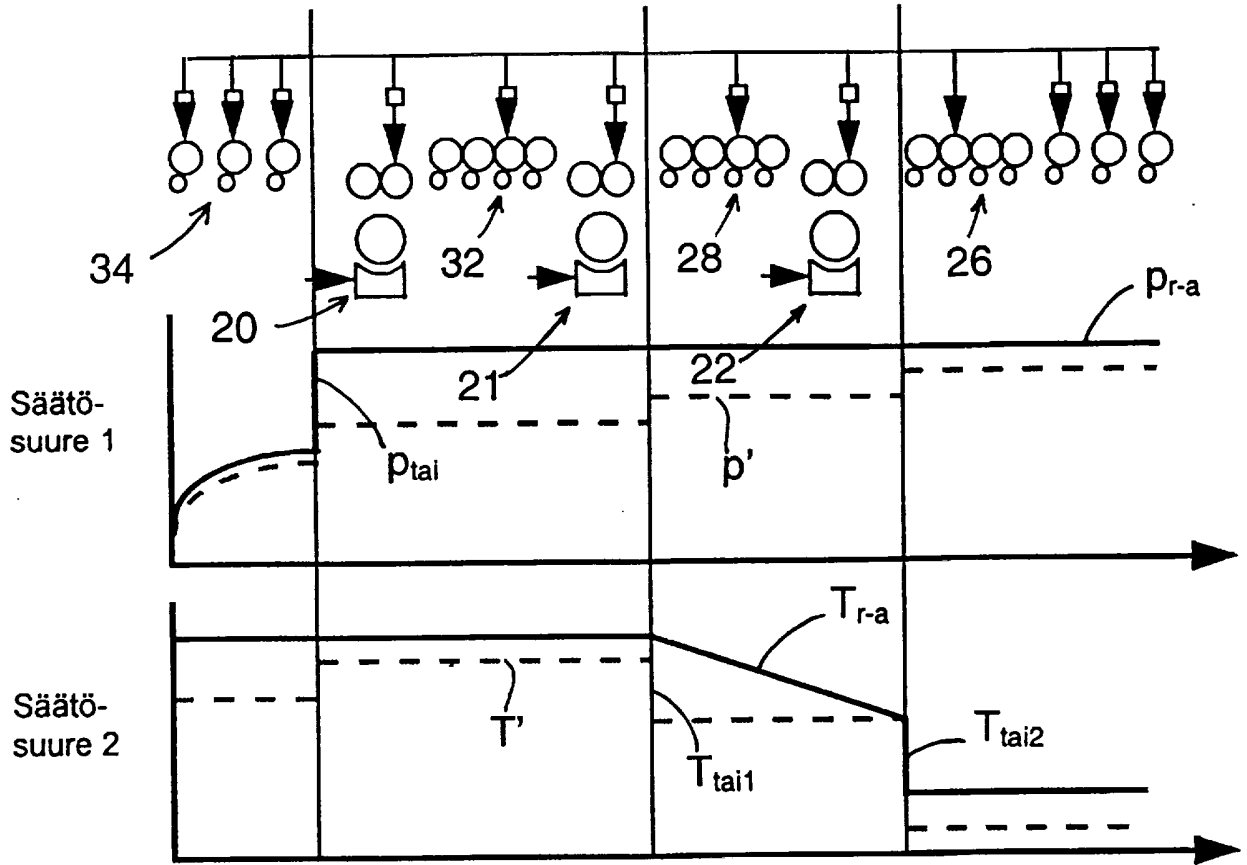


Fig. 2

Tuotantotilanne B

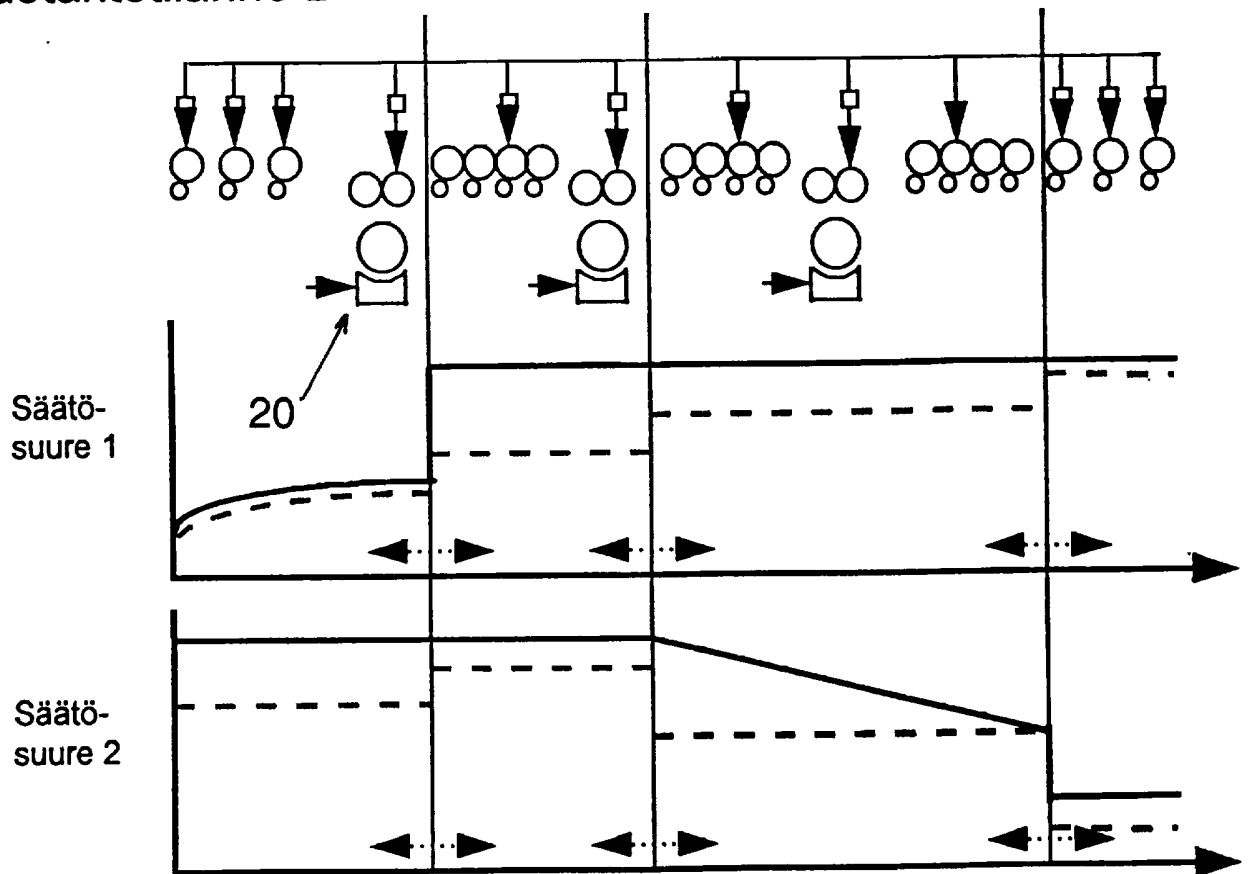


Fig. 3