بررسی روش‌های اصلاح مدل نسبت عبور ليف، به منظور ارزيابي جزءجزءسازي طولي ليف خمير كاغذ OCC با غربال فشاري

الياس افرا[1*]، حسين رسالتي[2]، كامبيز پورطهماسي[3]

[1] استاديار دانشگاه گلستان، ايران

[2] دانشيار دانشگاه گلستان، ايران

[3] استاديار گروه علوم و صنايع چوب وكاغذ، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران

(تاريخ دريافت: ٨٦/٨/٢٨، تاريخ تصويب: ٨٧/٢/٤)

چكيده

يك روش موثر در يكنواخت سازي خمير كاغذ OCC و در نتيجه، توليد كاغذي با ويژگی‌ی مقاومتي بالاتر، فرايند جزءجزءسازي مي‌باشد. در اين بررسي، مدل نسبت عبور ليف بكار گرفته شده در جزءجزءسازي خمير اوليه، براي جزءجزءسازي خمير OCCگسترش داده شد. از آنجايي كه جزءجزءسازي طولي ليف خمير و تغييرهای درصد خشكي آن با تا بع نسبت عبور ليف‌ها،$P(\ell)$ ، به نسبت حجمي پسماند غربال ارتباط داده مي‌شود (روابط ٢ و ٥)، لذا در اين پژوهش اثرگذاری چند متغير شامل نسبت حجمي پسماند غربال، سرعت جريان خمير از روزنه‌های غربال و نوع خمير بر روي $P(\ell)$ و درنتيجه بر روي دو مشخصه ياد شده در بالا تعيين شده است. رابطه‌های اصلاح شده جديد بر پايه داده‌هاي تجربي نتيجه شده از$P(\ell)$ بدست آمده در عمليات جزءجزءسازي خمير OCC، داراي دقت بيشتري در پيش بيني اثرگذاری متغيرهاي يادشده بر روي جزءجزءسازي طولي ليف‌ی خمير و عامل تغليظ پسماند بوده است. در مقايسه با خمير اوليه، خمير OCC داراي كيفيت جزءجزءسازي پايين تر و عامل تغليظ پسماند بالاتر بوده است. نتايج بدست آمده از اين بررسی نشان داده است كه جزءجزءسازي طولي ليف و عامل تغليظ پسماند با افزايش نسبت حجمي پسماند غربال كاهش مي‌يابد.

واژه‌هاي كليدي: OCC، جزءجزءسازي خمير، غربال فشاري، عامل تغليظ پسماند

* نويسنده مسئول: تلفن: ٣٧١٦٤٥٤-٠٩١١ فاكس: ٢٢٥١٧٠٣-٠١٧١ E-mail: afraelyas@yahoo.com

مقدمه

خمیر تولیدی از درختاني با گونه‌هاي یکسان، بدست آمده از یك منطقه رویشگاهي و حتي یك سن، داراي مجموعه لیفـي بسیار متنوع با مشخصه‌هـاي متفـاوت ماننـد توزیـع طـولي و پهناي لیف مختلف مي‌باشد. با اشراف به این مسئله، به آسانی مي‌توان دریافت که در خمیر OCC [1] به دلیل تنوع گـسترده در نوع و ویژگي‌هاي مواد خام جمع آوري شده، پدیده یادشده بسیار مشهودتر است. با جداسازی لیـف ی خمیـر، سـازندگان کاغذ قادر به بهره بـردن از مزیـت ي منحـصر بـه هـر یـك از بخش‌هاي جداسازی شده لیفي خواهنـد بـود. جزءجزءسـازي لیف[2] فرآیندیست که در جداسازی یك جریان از خمیر به دو جریان مجزا، بر پایه برخي از مشخصه‌هاي فیزیکي لیف مانند طول لیف، زبري و یا انعطاف پذیري لیف به کـار مـي‌رود (٧). غربالهـاي فـشاري[3] داراي کاربردهـاي بیـشماری مـي‌باشـند. جداسازی لیف خمیر با بهره‌گیـری از غربالهـاي فـشاري کـه بیشتر بر پایه طول لیف‌ها مي‌باشد، به عنوان مؤثرترین شـیوه عملي جزءجزءسـازي طـولي لیـف اسـت(١و٩). بنـابراین، در کارخانه‌هایي که از OCC بعنوان ماده اولیـه در تولیـد کاغـذ بهره‌گیری مي‌شود، سازندگان کاغذ مي‌توانند با جزءجزءسازي غربالي، یك خمیر را به دو جزء خمیر لیف‌ها بلنـد و لیـف‌هـا کوتاه جداسـازی کننـد (٢٣). از مزیـت‌هـای بکارگرفتـه ایـن فرایند در واحدهاي تولیدي، مي‌توان به مواردي چـون صـرفه جویي در مـصرف انـرژي، بهبـود مشخـصه‌هـاي مقـاومتي در فرآورده‌هایی که از فرایندهاي گزینشی همچون پالایش جـزء لیف‌ها بلند بهره گیری مي‌کنند، تولید خمیري با کیفیت بهتر و یکنواخت‌تر و در نتیجه انعطاف پـذیري در کنتـرل کیفیـت فرآورده‌های تولیـدي از خمیـر OCC نایکنواخـت نـام بـرد. کارخانه‌هاي مختلف، متناسب با نیاز، به منظـور دسـتیابي بـه یك یا تعداد بیشتري از مزیت‌های بالا از فرآیند جزءجزءسازي بهره‌گیری مي‌کنند. (١١). از مهم ترین موارد یادشده مي‌توان به پالایش جزء لیف‌ها بلند و ترکیب دوباره آن با جزء لیف‌هـا کوتاه، به منظور دستیابي به ویژگي‌هاي مقاومتي بالاتر کاغـذ نام برد. نتایج بدسـت آمـده از بررسـی‌هـای گذشـته در ایـن زمینه، متناقض بوده است. بدین معنا کـه در برخـي از مـوارد بهبود شاخص‌هاي مقاومتي کاغـذ دیـده شـده و در مـواردي دیگر کاهش این شاخص‌ها و در چند بررسي بي تـاثیر بـودن این فرآیند ملاحظه شده است (١٣). جزءجزءسازي نـاموثر و نامطلوب ودر نتیجه، نتایج نامطلوب فرآیندهاي مکمـل ماننـد پالایش را مي‌توان از مهم ترین علـت‌هـای دسـت نیـافتن بـه مقاومت‌هاي بالاتر بیان نمود. براي دستیابي به جزءجزءسـازي موثر و بهترین حالت جدایی لیف ی بلند از کوتاه مي‌بایست از طراحي مناسب غربالها و شرایط مناسب عملیاتي غربالگري بنا به رابطه‌های کاربردي و مدل‌هاي مناسب بهـره‌گیـری نمـود. (١۶)، در ضمن نباید از این واقعیـت چـشم پوشـي کـرد کـه جداسازي مؤ ثر و باقي ماندن میزان زیاد لیف‌ها بلند در پشت صفحه غربال و افزایش درصد خشکي آن موجـب محـدودیت کاربرد عملي جزءجزءسازي و مـشکلات عملیـاتي مـي‌شـود (٣و٢٢). به منظور ارزیابي هر دو عامـل جزءجزءسـازي طـولي لیف‌ها و تغییر درصد خشکي و تعیین بهترین شرایط عملیاتي غربالگري، به ترتیب مي‌توان از رابطه‌های کاربردي بـا عنـوان تابع کیفیت جداسازي لیف‌ها[4] و تابع تغلیظ پس مانـد[5] بهـره گیری نمود. هـر دوي ایـن توابـع بـا یـك تـابع نـسبت عبـور لیف‌ها[6]، $P(\ell)$، به نسبت حجمي پسماند غربال[7]، R_V، ارتباط داده شده است(٢۵). چندین متغیر مانند طراحي اجزاء غربال، مشخصه‌هاي عملیاتي غربالگري و نوع خمیـر، بـر روي $P(\ell)$ به عنوان یك تابع مشخص غربالگري تاثیر مـي‌گذارنـد (١٩). در بررسی‌های گذشته تاثیر مشهود چند مشخصه کلیدي بالا،

١- Old corrugated container

٢- Fiber Fractionation

٣- Pressure Screen

٤- Fiber Removal Efficiency Function

٥- Reject Thickening Function

٦- Fiber Passage Ratio Function

٧- Volumetric reject ratio

مانند كيفيت خمير، طول ليف‌ها، قطر روزنه‌ها صفحه غربال، طراحي چرخانه و سرعت ميانگين جريان خمير از روزنه‌ها غربال (V_s) نشان داده شده است (٢، ۴، ۵، ١٠، ١٧، ٢۶، ٢۵، ٢٠، ١٩، ١٨). در راستاي اين بررسی‌ها، اولسون يك مدل براي جزءجزءسازي خمير اوليه با غربال فشاري ارائه داده است(٢١). همين طور اين پژوهشگر در پژوهشی ديگر يك مدل براي پيش بيني كارايي جزءجزءسازي و تغيير درصد خشكي خمير اوليه با غربال فشاري با روزنه‌های شياردار ارائه نمود كه بسط يافته مدل اوليه بوده است (٢٢). از آن جايي كه خمير OCC، به تقريب نيمي‌از مواد اوليه را در صنعت بازيافت به خود اختصاص داده است (١٢)، كاربرد رابطه‌های دقيق و مناسب به منظور دستيابي به يك جداسازی مطلوب ليف‌های بلند از كوتاه، با پيش بيني اثرگذاری مشخصه‌هاي كليدي بالا بر جزءجزءسازي غربالي ضروري مي‌باشد. هدف‌ی ما در اين پژوهش عبارتند از:

- به كارگيري رابطه‌های مدل نسبت عبور ليف‌ها بكار گرفته شده در جزءجزءسازي خمير اوليه، براي ارزيابي جزءجزءسازي طولي ليف‌های خمير OCC به منظور دستيابي به اين مطلب كه آيا اين رابطه‌های داراي تناسب منطقي با داده‌هاي تجربي بدست آمده از جزءجزءسازي خمير OCC در اين بررسی مي‌باشد يا اينكه رابطه‌های يادشده را مي‌بايست براي پيش بيني دقيق كيفيت جزءجزءسازي و تغييرهای در صد خشكي خمير OCC در طي اين فرايند اصلاح نمود.
- تعيين تجربي كارايي جزءجزءسازي با به كارگيري صفحه‌های غربال با روزنه‌های گرد مسطح و تعيين اثرگذاری سرعت جريان خمير از روزنه‌های غربال و نسبت حجمي پسماند غربال بر جزءجزءسازي و تغييرهای درصد خشكي خمير OCC، براي يافتن بهترين ميزان R_v , V_s در دستيابي به بيشترين مقدار شاخص جزءجزءسازي (بر پايه رابطه‌های مدل نسبت عبور ليف‌ها).

مواد و روش‌ها

در اين بررسی از دستگاه غربال فشاري Beloit MR8 واقع در مركز خمير و كاغذ دانشگاه بريتيش كلمبيا براي انجام آزمون‌هاي جزءجزءسازي خميرOCC بهره گيری شد. چرخانه بكار رفته در اين آزمون‌ها يك چرخانه AFT EP با دو فويل بوده است. سرعت چرخشي چرخانه در همه اين آزمون‌ها ثابت بوده است. غربال فشاري بكار گرفته شده، داراي جريان سنج‌هاي مغناطيسي و شيرهاي فشار قوي براي هر يك از جريان‌هاي تغذيه، عبور يافته و پسماند بوده است. با يك رايانه پردازشگر، وضعيت شيرها و سرعت موتور كنترل شده و ميزان فشار و اطلاعات مربوط به هر يك از جريان‌ها ثبت شد. ظرفيت مخزن تغذيه ٨۵٠ ليتر و خمير مورد بهره گيری در اين بررسي از نوع خمير OCC كانادايي و داراي خشكي يك درصد بوده است. بر پايه بررسی‌ی گذشته براي دستيابي به بهترين كيفيت جداسازی طولي ليف‌ها در فرايند جزءجزءسازي، از صفحه غربال با روزنه‌های گرد مسطح و با قطر روزنه‌ها يك ميلي‌متر بهره‌گيری شد (١، ٢۵،١٢،٧،٣). پس از ريختن خمير OCC با خشكي يك درصد و درجه رواني ٢٩۵CSF در مخزن تغذيه، عمليات غربالگري آغاز شد. متغيرهاي اين آزمايش، نسبت حجمي پسماند غربال، R_v و سرعت جريان خمير از روزنه‌های غربال، V_S، بوده است. بدين ترتيب كه در مرحله اول نسبت حجمي پسماند، ثابت (R_v=٠/٣) و سرعت جريان خمير از روزنه‌های غربال در چهار سطح ٠/٢، ٠/٤، ٠/۵ و ٠/٦ متر بر ثانيه متغير بوده و در مرحله دوم، سرعت جريان خمير از روزنه‌های غربال، ثابت (V_S =٠/٣m/s) و نسبت حجمي پسماند غربال در چهار سطح ٠/٣، ٠/٤، ٠/۵ و ٠/٦ متغير بوده است.كنترل دستگاه غربال فشاري بر پايه دو مشخصه كنترلي سرعت جريان حجمي خمير عبور يافته (Q_a) و سرعت جريان حجمي خمير پسماند (Q_r) مي‌باشد. يعني بر پايه ميزان V_S, R_v مورد نظر آزمون‌ها و با بهره‌گيری از رابطه‌های مربوطه، ميزان Q_r, Q_a محاسبه شده و به دستگاه داده ميشود. در هر يك از سطوح ميزان Q_r, Q_a كه متناسب با V_S, R_v مورد

نظر در هشت آزمون مي‌باشد، از هر يك از جريان‌هاي ورودي، عبور يافته و پسماند دو نمونه يك ليتري گرفته شد. با بهره‌گيری از يكي از نمونه‌ها در هر آزمون و بر پايه استاندارد CPP Useful Method D.6u ، درصد خشكي هر خمير بدست آمد. از نمونه دوم و با بهره‌گيری از دستگاه FQA (تحليل گر كيفي ليف) توزيع طولي ليف‌ها خمير و زبري آن محاسبه شد. در اين مرحله بر پايه درصد خشكي محاسبه شده از هر يك از نمونه‌هاي خمير حاصل از هشت آزمون، يك كاغذ دست ساخت با وزن خشك تقريبي دو گرم ساخته شد تا به عنوان منبع خمير مورد بهره‌گيری در تهيه سوسپانسيون ليفي مورد نياز در ارزيابي توزيع طولي ليف‌ها خمير و زبري با FQA بهره‌گيری شد. پس از اينكه كاغذهاي دست ساخت موردنظر به مدت يك روز هوا خشك شد در اتو قرار داده شده تا درصد رطوبت آن محاسبه شود و بر پايه اين درصد رطوبت، مقدار ۰/۳g خمير به طوركامل خشك از هر نمونه آزموني در يك پتري قرار داده شده و مقداري آب مقطر به آن اضافه شد و پس از تبديل به يك سوسپانسيون به طوركامل يكنواخت و جداسازي كامل ليف‌ها، حجم آن در يك بشر بزرگ به چهار ليتر رسانده شد. بر پايه دستوركار دستگاه FQA، پس از همگن نمودن كامل اين سوسپانسيون، به منظور انجام آزمون زبري مقدار ۱۷۵ ميلي ليتر از آن در يك بشر ريخته شده و با آب مقطر حجم آن به ٦۰۰ ميلي‌ليتر رسانده شد و براي آزمون ارزيابي طولي ليف‌ها، مقدار ۱۳۰ ميلي ليتر آن در يك بشر ريخته شده و حجم آن با آب مقطر به ٥۰۰ ميلي ليتر رسانده شد و در نهايت براي هر بار آزمايش، مقداري از اين سوسپانسيون‌هاي به طوركامل همگن در پيمانه ۲۰۰ ميلي ليتري FQA ريخته شد و دستگاه بعد از اندازه گيري، توزيع طولي و زبري ليف‌ها را گزارش داد. اين دستگاه توزيع طولي ليف‌ها را در كلاسه‌هاي طولي $(\ell + d\ell)$ نمايش مي‌دهد كه $d\ell$ =۰/۰٤۹mm مي‌باشد. در نهايت توزيع طولي و زبري ميانگين ليف‌ها هر يك از نمونه‌هاي آزموني با دستگاه ثبت شد. به منظور تحليل و تجزيه داده‌ها و دستيابي به نتايج مورد نظر، از نرم افزار spss و رابطه‌های مدل ارائه شده در بخش بعدي بهره گيری شده است.

رابطه‌های رياضي مدل

جزءجزءسازي ليف را مي‌توان با عنوان تغييرهای ايجاد شده در توزيع طولي ليف در عمل غربالگري توصيف نمود. از طرف ديگر، توزيع طولي ليف‌های خمير را مي‌توان با يك تابع جدسازي ليف‌ها نشان داد. تابع جداسازي ليف‌ها عبارت است نسبت جرمي‌جريان ليف‌ها با طول l در خمير پسماند به نسبت جرمي‌جريان ليف‌ها با همان كلاسه طولي در خمير ورودي.

$$R_v \frac{c_r(l)}{c_f(l)} e(l) = \frac{Q_r c_r(l)}{Q_f c_f(l)} \qquad (۱)$$

كه در اين رابطه $C_r(\ell)$ و $C_f(\ell)$ به ترتيب غلظت ليف‌ها در جريان‌هاي پسماند و ورودي و Q_r و Q_f به ترتيب سرعت حجمي جريان‌هاي پسماند و ورودي مي‌باشد و Q_r/Q_f عبارت است از نسبت حجمي پسماند غربال، R_v .

رابطه كاربردي ۲، نتيجه مدلي است كه كارايي جداسازي ليف‌ها را با مشخصه $P(\ell)$ به نسبت حجمي پسماند غربال مرتبط مي‌سازد، البته با فرض يك جريان همساز در طول منطقه غربالگري و سرعت جريان يكنواخت در راستاي هر يك از روزنه‌هی صفحه غربال (۶).

$$e(l) = R_v^{P(l)} \qquad (۲)$$

كه در اين رابطه $P(\ell)$، نسبت عبور ليف‌ها، نشان دهنده ارتباط بين طول ليف‌ها و قابليت اين كلاسه طولي در عبور از يك روزنه غربال بوده و در قالب غلظت يك كلاسه طولي مشخص از ليف‌ها در جريان خمير عبور يافته از يك روزنه غربال $C_S(\ell)$، تقسيم بر غلظت همان كلاسه طولي در جريان خمير ورودي $C_u(\ell)$، توصيف مي‌شود.

$$P(l) = \frac{c_s(l)}{c_u(l)} \qquad (۳)$$

از آنجايي كه تابع جداسازي ليف‌ها در محاسبه ميزان تغيير درصد خشكي در عمل جزءجزءسازي به كار گرفته شده است، لذا هر دوي مشخصه‌هاي كارايي جداسازي ليف‌ها و تغييرهای درصد خشكي با بهره‌گيری از اطلاعات بدست آمده از تابع جداسازي ليف‌ها محاسبه شدند (به ترتيب، رابطه‌های ۴ و۵).

در برخي از بررسی‌ها گذشته، كارايي جزءجزءسازي در قالب جداسازي ليف‌های بلندتر از يك طول مشخص (جزء ليف‌ها بلند) تعريف شده است و اين در حالي است كه در اين شيوه، عبور ليف‌ها كوتاه از روزنه‌های غربال نيز به عنوان يك عامل منفي و كاهنده كارايي جداسازي لحاظ شده است. بنابراين با لحاظ نمودن هر دوي كارايي جداسازي ليف‌ها بلند و ليف‌ها كوتاه در رابطه (۵) و با اعمال تاثير منفي عبور ليف‌ها كوتاه، تعريف بهتري از جزءجزءسازي بدست مي‌آيد. بر پايه اين رابطه هر چه مقدار Φ بزرگتر يا اختلاف كارايي جداسازي ليف‌ها بلند و ليف‌ها كوتاه بيشتر باشد، جداسازی بهتري صورت گرفته است. بنابراين اختلاف ميانگين كارايي جداسازي ليف‌ها بلند، $\bar{e}(\ell)$، از ميانگين كارايي جداسازي ليف‌ها كوتاه، $\bar{e}(s)$، بعنوان شاخص جزءجزءسازي، Φ، تعريف مي‌شود (۸و۱۶).

$$\Phi = \bar{e_l} - \bar{e}_s \qquad (٤)$$

بر پايه اين رابطه، مقدار Φ=۱ معرف كارايي جداسازي صد درصد و مقدار Φ=۰ نشانگر اين واقعيت مي‌باشد كه جداسازی صورت نپذيرفته است.

تغييرهای درصد خشكي را مي‌توان از تابع جداسازي ليف‌ها و توزيع طولي ليف‌ها خمير ورودي، $P_f(\ell)$، در گستره وسيعي از ميزان نسبت حجمي پسماند غربال و طول ليف‌ها پيش بيني نمود. عامل تغليظ خمير پسماند، T، در قالب درصد خشكي خمير پسماند به درصد خشكي خمير ورودي تعريف مي‌شود.

$$T = \frac{\int_0^\infty e(l)\sigma(l) l p_f(l) dl}{R_v \int_0^\infty \sigma(l) l p_f(l) dl} \qquad (۵)$$

كه در اين رابطه σ زبري ليف‌ها خمير ورودي مي‌باشد.

در راستاي بررسی‌های پايه‌ای انجام شده بر روي جزءجزءسازي خمير دست نخورده با غربال داراي روزنه‌های گرد مسطح توسط اولسون و همكارانش، نتايج مربوطه بر پايه مدل نسبت عبور ليف‌ها ارائه شد. در آن بررسي، به منظور ارائه كمي‌نسبت عبور ليف‌ها با يك تك مشخصه عددي داراي واحد مقداري، مشخصه نسبت عبور ليف‌ها با يك تابع نمايي منفي (رابطه ۶) تعريف شد و λ نيز با بهره گيری از داده‌هاي تجربي $P(\ell)$ بدست آمده در بررسي مورد نظر بدست آمد.

λ را از ديدگاه فيزيكي مي‌توان به عنوان بالاترين كلاسه طولي از ليف‌های تشريح نمود كه قادر به عبور از منفذ غربالي مي‌باشد كه احتمال عبور ليف‌هاي با طول λ ۰/۶۱=l از روزنه‌های اين غربال، ۵۰% باشد(۲۱). ميزان بيشتر λ معرف ميزان بيشتر $P(\ell)$ مي‌باشد.

$$P(l) = e^{-l/\lambda} \qquad (٦)$$

در اين بررسی، اثرگذاری چند مشخصه كليدي بر روي λ و درنتيجه $P(\ell)$ ليف ی خمير OCC به صورت تجربي تعيين شده تا قابليت به كارگيري اين رابطه‌های در توصيف جزءجزءسازي خمير OCC ارزيابي شود.

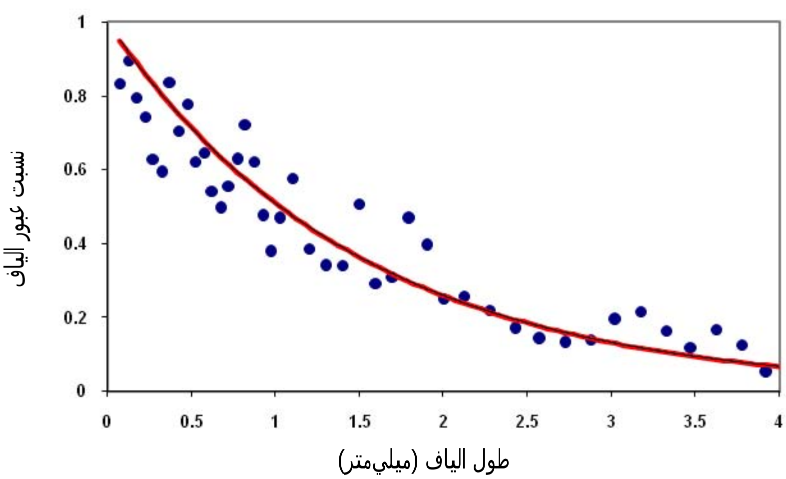
نتايج

اولين هدف اين بررسي، ارزيابي تناسب داده‌هاي تجربي نسبت عبور ليف‌ها، $P(l)$، با داده‌هاي نظري بدست آمده از مدل نسبت عبور ليف‌ها بوده است. براي انجام اين كار و به منظور بدست آوردن داده‌هاي تجربي اين مشخصه، درآغاز ميزان $e(l)$ يا كارايي جداسازي ليف‌ها براي همه كلاسه‌هاي طولي و بر پايه رابطه (۱) محاسبه شد. در مرحله بعد، بر پايه ميزان $e(l)$ بدست آمده و با بكارگيري رابطه (۲)، ميزان $P(l)$ تجربي بدست آمد. در اين مرحله، با بهره‌گيری از ميزان $P(l)$ تجربي و با بكارگيري رابطه (٦)، ميزان λ محاسبه شده و بر پايه مقدار ميانگين λ به دست آمده در هر يك از هشت آزمون و قرار دادن دوباره اين ميزان در رابطه(٦)، ميزان نظري $P(l)$ بر پايه مدل نسبت عبور ليف‌ها حاصل شد. در شكل‌هاي ۱ و ۲ شاهد نقطه‌های ميزان

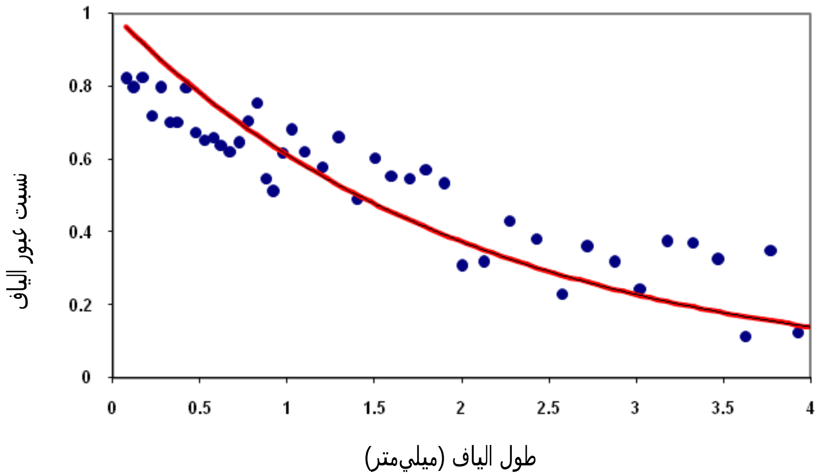
تجربي نسبت عبور ليف‌ها در دامنه طولي ليف‌ها خمير پسماند بدست آمده از دو شرايط مختلف آزموني از هشت آزمون مي‌باشيم (به دليل حجم بالاي ميزان در هشت آزمون، داده‌هاي دو آزمون به صورت نمونه ارائه شده است). در اين دو شكل، منحني $P(\ell)$ بدست آمده از رابطه ۶، مدل نسبت عبور ليف‌ها، نيز به صورت خط‌ی پيوسته رسم شده تا تناسب داده‌هاي تجربي با اين مدل بررسي شود. در هر دو شكل شاهد كاهش نسبت عبور ليف‌ها، متناسب با افزايش طول ليف‌ها از صفر تا چهار ميلي متر مي‌باشيم. با مقايسه نقاط ميزان تجربي و ميزان نظري نسبت عبور ليف‌ها (منحني ميزان) نتيجه مي‌شود كه رابطه ۶ را نمي‌توان با يك دقت بالا در پيش بيني ميزان جزءجزءسازي خمير OCC بكار گرفت. اين مسئله مي‌توان با مشاهده نبود همپوشاني نقطه‌های تجربي، با منحني ميزان نظري $P(l)$ مشاهده نمود. بويژه در محدوده ليف‌ها بلند، ميزان تجربي $P(l)$ از ميزان نظري خيلي بيشتر است. روند و ميزان اختلاف ميزان نظري و تجربي در نمودارهاي هر يك از هشت آزمون، به تقريب از يك الگوي همانندتبعيت مي‌كند. در بررسی‌ی گذشته نشان داده شده است كه رابطه ۶، با ميزان داده‌هاي تجربي نسبت عبور ليف‌ها خمير اوليه داراي تناسب منطقي و دقيقي بوده است)۲۱(. در عين حال همان‌طور كه نشان داده شد، اين رابطه در پيش بيني ميزان نسبت عبور ليف‌ها خمير OCC از دقت بالايي برخوردار نبوده است، لذا بر پايه داده‌هاي تجربي نسبت عبور ليف‌ها در هشت آزمون يادشده، رابطه ۶ به منظور بكارگيري در پيش بيني دقيق ميزان نسبت عبور ليف‌ها خمير OCC، اصلاح شده و براي اين نوع خمير گسترش يافت (رابطه ۷)

$$P(l) = Ae^{-1/B\lambda} \qquad (۷)$$

برپايه توابع نمايي جديد رسم شده براي ميزان تجربي $P(l)$ بدست‌آمده از هشت شرايط آزموني ياد شده در جزءجزءسازي خميرOCC نتيجه شد كه ميزان تجربي اين آزمون‌ها از رابطه ۷ با ميانگين ميزان A و B كه به ترتيب عبارت‌اند از ۰/۸۷ و ۰/۷۸تبعيت كرده و از تناسب منطقي با مدل جديد برخوردارند (منحني‌هاي جديد ميزان تجربي با R^2 بيشتر از ۰/۸۵ قادر به همپوشاني ميزان يادشده بوده اند). لازم به يادآوری است كه اين ضريب، ميانگيني از ضريب‌ی منحني ميزان بدست آمده از هشت آزمون يادشده مي‌باشد. در مقايسه با رابطه اوليه، اين رابطه را مي‌توان با دقت بيشتري در پيش بيني ميزان نسبت عبور ليف‌ها و عامل تغليظ پسماند در جزءجزءسازي خمير OCC بكار گرفت.

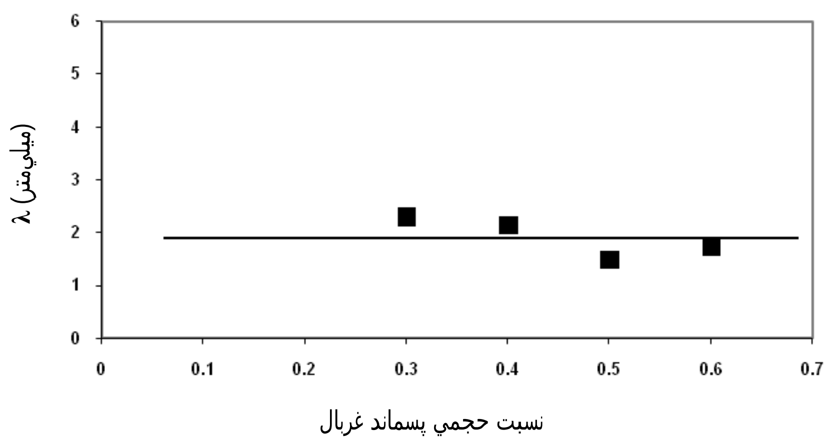


شكل ۱ - نمونه نقطه‌های ميزان تجربي و منحني ميزان بدست آمده از رابطه ۶ براي نسبت عبور ليف.

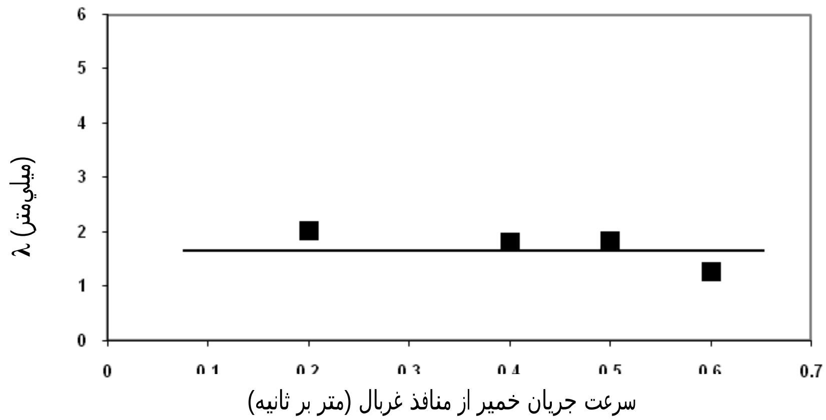


شكل ٢- دومين نمونه نقطه‌هاى ميزان تجربي و منحني ميزان بدست آمده از رابطه ۶ براي نسبت عبور ليف‌ها. در هردو شكل ميزان تجربي **P(l)** در ناحيه ليف‌ها كوتاه كمتر از ميزان محاسبه شده بوده ودر نواحي ليف‌ها بلند شرايط عكس ميشود

در اين بررسي، نسبت حجمي پسماند غربال و سرعت جريان خمير ازروزنه‌هاى غربال در قالب تابعي از λ ارائه شده است. براي اين كار از ميزان λ بدست آمده از همه كلاسه طولي در هر يك از هشت آمون يك ميانگين گرفته شد. در نتيجه در نهايت چهار λميانگين براي چهار سطح نسبت حجمي پسماند، و چهار λ ميانگين براي چهار سطح از سرعت جريان خمير از روزنه‌هاى غربال بدست آمد. همان‌طور كه در شكل‌هاي ٣ و۴ نشان داده شده است، مشخص شد كه اين عامل مستقل از نسبت حجمي پسماند غربال و سرعت جريان خمير از روزنه‌هاى غربال مي‌باشد.



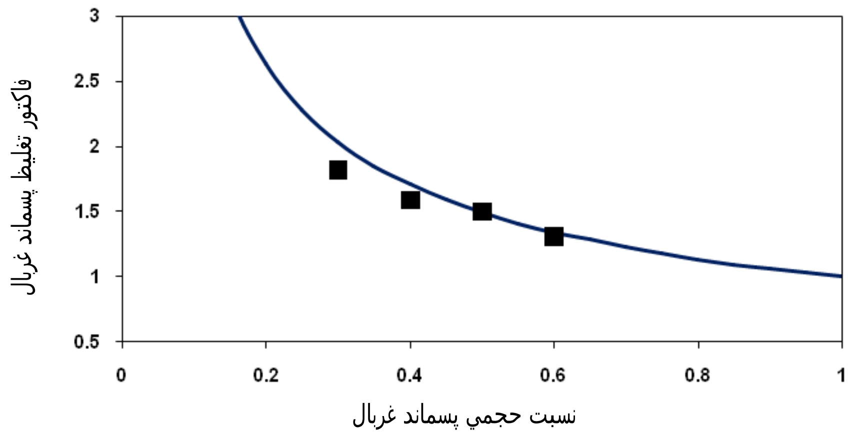
شكل ٣- ضريب برآورد زده شده λ در مقابل تغيبرهاى نسبت حجمي پسماند غربال و در يك سرعت جريان ثابت خمير از روزنه‌هاى غربال. نسبت عبور ليف، مستقل از نسبت حجمي پسماند غربال مي‌باشد



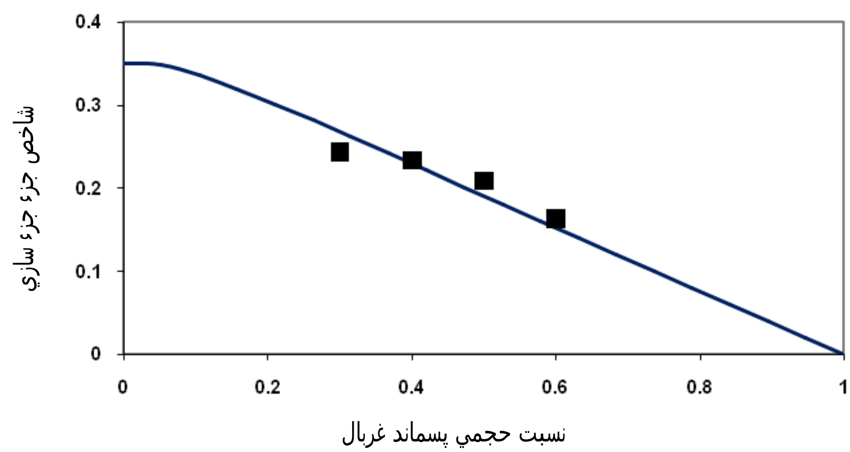
شکل ۴- ضریب برآورد زده شده λ در مقابل تغیبرهای سرعت جریان خمیر از روزنه‌های غربال و در يك نسبت حجمي پسماند ثابت. نسبت عبور لیف‌ها، مستقل ازسرعت جریان خمیر از روزنه‌های غربال مي‌باشد

در شکل ۵ شاهد تغییرهای میزان تجربي عامل تغلیظ پسماند غربال در مقابل تغییرهای نسبت حجمي پسماند غربال و در يك سرعت ثابت جريان خمير از روزنه‌های غربال مي‌باشيم. ميزان تجربي از تقسيم درصد خشكي خمير پسماند غربال به درصد خشكي خمير ورودي در چهار سطح R_v بدست آمده و در شكل ۲ با نقطه مشخص شده است. در اين شكل همچنين منحني ميزان نظري عامل تغليظ پسماند بدست آمده از رابطه‌های ۵ و ۷ ، ميانگين ميزان تجربي λ در شكل ۲ و زبري ليف‌ها بدست آمده از دستگاه FQA نيز رسم شده است. تناسب منطقي بين ميزان تجربي و ميزان نظري محاسبه شده مؤيد اين مسئله است كه λ يك تك مشخصه مناسب در پيش بيني تغييرهای درصد خشكي در طي جزءجزءسازي خميرOCC مي‌باشد. همان‌طوري كه در شكل ۵ ديده مي‌شود، با افزايش نسبت حجمي پسماند غربال، عامل تغليظ پسماند كاهش مي‌يابد. از اين رو از اين عامل مي‌توان به عنوان يك مشخصه كنترلي در پرهيز از محدوديت‌ها و مانع ی عملياتي فرايند جزءجزءسازي بهره گيری نمود. افزايش درصد ليف‌ها بلند خمير موجب افزايش نسبت حجمي پسماند غربال مي‌شود، زيرا ليف‌ها بلند داراي نسبت عبور كوچكتري مي‌باشند.

همان‌طور كه از رابطه اصلاح شده ۷ نيز بر مي‌آيد، از آنجايي‌كه نسبت عبور ليف‌ها بلند خمير OCC از خمير اوليه بيشتر است، بنابراين نسبت حجمي پسماند غربال خمير OCC از خمير اوليه بيشتر مي‌باشد. همچنين اين رابطه مؤيد اين مسئله مي‌باشد كه در خمير OCC نسبت به خمير اوليه ميزان جداپذيری ليف‌ها بلند از ليف‌ها كوتاه كمتر است. شايد اين امر را بتوان به تفاوت‌ي ذاتي اين دو نوع خمير مانند وجود پديده شاخي شدن، كهنگي، ليف‌ها صدمه ديده و وجود ريزه ليف‌ها بيشتر در خمير OCC نسبت داد (۲۸).



شكل ۵- نقطه‌هاى ميزان تجربي و منحني ميزان نظري عامل تغليظ پسماند در برابر تغييرهاى نسبت حجمي پسماند غربال



شكل ۶- نقطه‌هاى ميزان تجربي و منحني ميزان نظري شاخص جزءجزءسازي در برابر تغييرهاى نسبت حجمي پسماند غربال

در شكل ۶، نقطه‌هاى ميزان تجربي كارايي جزءجزءسازي در برابر تغييرهاى نسبت حجمي پسماند غربال نشان داده شده است. اين چهار مقدار عبارت‌اند: از ميانگين ميزان $e(l)$ كلاسه طولي ليف‌ى بيشتر از ٢ ميلي متر، منهاي ميانگين ميزان $e(l)$ كلاسه طولي ليف‌ها كوچكتر از ٢ ميلي متر در چهار سطح مشخص از R_v. ميزان نظري منحني نشان داده شده در اين شكل با بهره‌گيرى از رابطه‌هاى ٢،۴ و٧ و λ=١/٩٢ بدست آمده است. همان‌طور كه از اين شكل بر مي‌آيد، منحني ميزان نظري قادر به همپوشاني مناسب نقطه‌هاى ميزان تجربي بوده و بنابراين نتيجه مي‌شود كه بين ميزان تجربي و منحني بدست آمده از رابطه‌هاى مدل، تناسب منطقي برقرار مي‌باشد. شكل نشان مي‌دهد كه با افزايش R_v ، Φ كاهش مي‌يابد. از نتايج آزمون‌هاي تجربي مي‌توان دريافت كه بيشترين جزءجزءسازي، Φ= ٢/٧، در كمترين سطح نسبت حجمي پسماند غربال، R_v=٠/٣، بدست آمده است.

بحث

در این بررسي، يك مجموعه آزمون‌هاي جزءجزءسازي غربالي، با بهره‌گیری از يك غربال فشاري داراي روزنه‌های گرد با قطر روزنه‌های ۱ میلي متر و در شرایط مختلف جریان خمیر OCC صورت پذیرفت. این بررسی تجربي نشان مي‌دهد که نسبت عبور لیف‌ها را مي‌توان مستقل از نسبت حجمي پسماند غربال و سرعت جریان خمیر از روزنه‌های غربال دانست. همسو با نتایج بدست آمده در این بررسي، اولسون در يك بررسی با جزءجزءسازي خمیر اولیه با غربال فشاري داراي روزنه‌های گرد مسطح نیز نشان داده است که با تغییرهای نسبت حجمي پسماند و سرعت جریان خمیر از روزنه‌های غربال، نسبت عبور لیف‌ها تغییر نمي‌کند (۲۱). البته در بررسی دیگري که اولسون انجام داد، اثر تغییرات نسبت حجمي پسماند و سرعت جریان خمیر اولیه بر روي نسبت عبور لیف‌ها از شیارهاي غربال شیاري مورد بررسي قرار گرفت. نتایج این بررسي مؤید آن مي‌باشد که نسبت عبور لیف‌ها به شدت متاثر از تغییرهای سرعت جریان خمیر از روزنه‌های غربال مي‌باشد (۲۲). مدل اولیه نسبت عبور لیف‌ها که در جزءجزءسازي خمیر اولیه از دقت بالایي برخوردار بوده است، داراي تناسب منطقي با داده‌هاي تجربي بدست آمده از جزءجزءسازي خمیر OCC نبوده است و منحني میزان نظري نسبت عبور لیف‌ها بدست آمده از این مدل، قادر به همپوشاني نقطه‌های تجربي این مشخصه در جزءجزءسازي خمیر OCC نمي‌باشد. از این رو به منظور پیش بیني دقیق کارایي جزءجزءسازي و تغییرهای درصد خشکي، بر پایه منحني‌هاي داده‌هاي تجربي نسبت عبور لیف در هشت آزمون، رابطه اصلاح شده $P(l) = 0.87e^{-l/1.3\lambda}$ ارائه شد. از طرفي در بررسی‌ی گذشته نشان داده شده است که رابطه ۶ با میزان داده‌هاي تجربي نسبت عبور لیف‌ها خمیر اولیه داراي تناسب منطقي و دقیقي بوده است (۲۱). این تفاوت در میزان تجربي نسبت عبور لیف‌ها در خمیر اولیه و OCC را مي‌توان به وجود مواد چسبناك در خمیر OCC و تاثیر آن بر روي مقاومت شبکه لیف‌ها خمیر، پدیده شاخي شدن لیف‌ها خمیر و حضور لیف‌ها صدمه دیده در خمیر OCC نسبت داد (۱۴ و ۲۸). در این بررسی نشان داده شده است که این رابطه در پیش بیني میزان جزءجزءسازي و عامل تغلیظ پسماند، نسبت به مدل اولیه از دقت بالاتري برخوردار است. در یکي از بررسی‌هاي گذشته نیز به منظور پیش‌بیني دقیق کارایي جزءجزءسازي و تغییرهای درصد خشکي در فرایند جزءجزءسازي خمیر اولیه با غربال شیاري از مدل بسط یافته $P(l) = e^{(-l/\lambda)^{\beta}}$ بهره‌گیری شده که براي صفحه‌های غربال شیاري β=۰/۵ بدست آمد (۲۲). علاوه بر این، در مقایسه با بررسی‌ی گذشته صورت پذیرفته در این زمینه و بر پایه نتایج بدست آمده از رابطه اصلاح شده براي خمیر OCC مي‌توان دریافت که کارایي جزءجزءسازي و عامل تغلیظ پسماند خمیر OCC به ترتیب کمتر و بیشتر از خمیر اولیه مي‌باشد که بر پایه میزان بالاتر نسبت عبور لیف‌ها بلند و میزان کوچکتر نسبت عبور لیف‌ها کوتاه، این نتیجه قابل پیش بیني بوده است (۲۱ و ۲۲). بر پایه نتایج این بررسی، در فرایند جزءجزءسازي خمیر OCC با غربال داراي روزنه‌های گرد، با کاهش نسبت حجمي پسماند غربال، کارایي جزءجزءسازي افزایش مي‌یابد و عامل تغلیظ پسماند غربال نیز به‌صورت نمایي افزایش مي‌یابد. بنابراین، مقدار بهینه جزءجزءسازي خمیر OCC در کمترین سطوح نسبت حجمي پسماند غربال، البته تا جایي‌که موجب مشکل و مانع عملیاتي نشود بدست‌می‌آید. در این بررسی، بالاترین میزان جزءجزءسازي ۲/۷ در نسبت حجمي پسماند معادل با ۰/۳ بدست آمده است.

منابع

1- Allison, B.J., & J. Olson, 2000. Optimization of Multiple Screening Stages for Fiber Length Fractionation: Tow-stage Case, J. *Pulp and Paper Sc.* 26(3): 113-119.

2- Atkins, M., M. Walmsly, & Z. Weeds, 1998. Internal Fiber Length Concentration in a Pressure Screen, *APPITA J.* 60(1): 41-47.

3- Braaten, K.R., & R.F. Wakelin, 1999. Fiber Length Fractionation of TMP Using Pressure Screen, TAPPI J. 82(6):129-135.

4- Dong, S., M. Salcudean, & I. Gartshore, 2004. The Effect of Slot Shape on the Performance of a Pressure Screen, TAPPI J. 3(5):3-6.

5- Gooding, R.W. 1986. The Passage of Fiber through Slots in Pulp Screening, Master's Thesis, Dept. chem. Engin., UBC.

6- Gooding, R.W., & R.J. Kerekes, 1989. Derivation of Performance Equations for Solid-Solid Screens, Can. J. Chem. Engin. 67:801-805.

7- Gooding, R., J. Olson, 2001. Fractionation in a Bauer-McNett Classifier, J. *Pulp and Paper Sc.* 27(12): 423-428.

8- Holic, H. 2006. Handbook of Pulping, WILEY-VCH, Escher Wyss Str. 2588212 Ravens burg Germany, pp 561.

9- Jokinen, H., M. Karjalainen, J. Ninimäki, & A. Ämmälä, 2007. Effect of Furnish Quality on Pressure Screen, *APPITA J.* 60(1):35-40.

10- Julien Saint Amand, F., & B. Perrin, 1999. Fundamentals of Screening: Effect of Rotor Design and Fiber Properties, TAPPI Pulping Conference, Grenoble, France, 941-953.

11- Kaminski, D.F. 1997. Best Practice in Fiber Fractionation among United State Recycled O.C.C. Mills, Recycling Symposium, TAPPI Proceeding 483-492.

14- Kumar, A. 1999. Passage of Fibers through Screen Aperture, Ph. D. Thesis, Dept. chem. Engin., UBC.

13- Mayovsky, J. 1998. Fractionation of OCC. How Can It Help You?, TAPPI Recycle Symp. 407-416.

14- McKinney, R.W.J. 1995. Technology of paper recycling, blockier academic and professional, London, pp 401.

15- Moore, B. 1999. The Paper Trial: Mixed Paper, Waste Age publications.

16- Nazhad M.M., & S. Sodtivarakul, 2004. OCC Pulp Fractionation-A Comparative Study of Fractionated and Un-fractionated Stock, *TAPPI J.* 3(1):15.

17- Olson, J. 1996. The Effect of Fiber Length on Passage through Narrow Aperture. Ph. D. Thesis, Dept. chem. Engin., UBC.

18- Olson, J., & R.W. Kerekes, 1998. Fiber Passage through a Single Screen Aperture, *APPITA J.* 51(2): 122-126.

19- Olson, J., B. Roberts, & R.W. Gooding 1998. Fiber Length Fractionation Caused by Pulp Screening, *J. Pulp and Paper Sc.* 24(12): 393-397.

20- Olson, J., & G. Wherrett, 1998. A Model of Fiber Fractionation by Slotted Screen Aperture, *J. Pulp and Paper Sc.* 24(12): 393-397.

21- Olson, J. 2000. Fiber Length Fractionation Caused by Pulp Screening, Smooth-Hole Screen Plate, *J. Pulp and Paper Sc.* 26(1): 12-16.

22- Olson, J. 2001. Fiber Length Fractionation Caused by Pulp Screening, Slotted Screen Plate, *J. Pulp and Paper Sc.* 27(8): 255-261.

23- Pekkarinen, T. 1985. Fractionation of OCC Waste Paper with a Pressure Screen, Pulping Conference, Proceeding of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry 38-39.

24- Wakelin, R.F. 1997. Prediction of Fractionation Efficiency for Pressure Screen, *APPITA J.* 50(4): 295-300.

25- Wakelin, R.F., & S.R. Corsen, 1998. Reject Thickening Behavior of TMP Screening, *Pulp Paper Can*. 99(1):T27-T29.

26- Wakelin, R.F., & S.T. Paul, 2001. Effect of Some Processes Variables on Screen Fractionator Performance, *APPITA J.* 54(4):35.

27- Walmsley, M., & Z. Weeds, 2007. Feed Consistency and Rotor Effects on pulp Screening Mechanisms and Reject Thickening, *APPITA J.* March:136-143.

28- Waterhouse, J.F., & Y.X. Liang, 1995. Improving the Fines Performance of Recycled Pulp, Recycling symposium, TAPPI Proceeding 103-108.

Modification of fiber passage ratio model in order to assess OCC pulp fiber length fractionation using pressure screen

E. Afra[1*], H. Resalati[2] and K. Pourtahmasi[3]
[1] Assistant prof., Golestan University, I. R. Iran
[2] Associate prof., Golestan University, I. R. Iran
[3] Assistant prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
(Received: 19 November 2007, Accepted: 23 April 2008)

Abstract

Fractionation is an efficient process to produce more uniform pulp from the initially non-uniform OCC pulp and consequently improve paper strength properties. In this study, the previous screening model (fiber passage ratio model) used in virgin pulp screening to predict fractionation efficiency and pulp consistency changes, extended for OCC pulp fractionation. As fiber length fractionation and consistency changes are related to volumetric reject ratio by fiber passage ratio, so here, the effects of several key variables i.e. volumetric reject ratio, screen aperture velocity, and pulp type on *P(l)* were determined.The new modified equations calculated by using of experimental *P(l)* obtained in OCC pulp fractionation have more accuracy in predicting above variables effects on fiber length fractionation and consistency changes. In comparison with virgin pulp, OCC have lower fractionation efficiency and higher reject thickening factor. It was shown that fiber length fractionation and reject thickening factor increase with increasing volumetric reject ratio.

Keywords: OCC, Pulp fractionation, Pressure screen, Reject thickening factor

* Corresponding author: Tel: +98 911 3716454 , Fax: +98 171 2251703 E-mail: afraelyas@yahoo.com