

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**G'.R.RAHMONBERDIYEV, M.T.PRIMQULOV
YU.T.TOSHPO'LATOV**

QOG'UZ TEXNOLOGIYASINING ASOSLARI

*O'zbekiston respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi to-
monidan o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT–2009

G'.R.Rahmonberdiyev, **M.T.Primqulov,**
Yu.T.Toshpo'latov. Qog'oz texnologiyasining asoslari. – T.,
«Aloqachi», 2009, 400 bet.

O'quv qo'llanmada qog'oz olish texnologiyasining asoslari yoritilgan: xomashyo, qog'oz massasini tayyorlash, qog'oz polotnosini shakllash, uni quritish, ishlov berish, olingan mahsulotlarning sifat ko'rsatkichlari hamda qog'oz olishda qo'llaniladigan suvning turlarini tayyorlash, suv sarfini kamaytirish usullari, oqova sularni tozalash yo'llari keltirilgan.

Kimyo texnologiya mutaxassisligi bo'yicha tahsil olayotgan talabalarga va selluloza-qog'oz olish korxonalarida xizmat qilayotgan muxandis-texnik xodimlariga mo'ljallangan. Shu bilan birga «Kimyoviy texnologiya» va «Sanoat ekologiyasi» fanlaridan pedagogika institutlari talabalari va o'qituvchilariga ham foydali o'quv qo'llanma hisoblanadi.

Taqrizchilar: **A.S.TO'RAYEV** – kimyo fanlari doktori, professor;
R. S. SAYFUTDINOV – texnika fanlari doktori, professor.

ISBN 978–9943–326–

©«Aloqachi» nashriyoti, 2009.

SO'Z BOSHI

Qog'oz qadim zamonlardan buyon insoniyatni o'ziga maftun qilib kelgan. Qog'oz (bumaga) – ital. Bambagia, grekcha bakion – paxta demakdir.

Birinchi bo'lib qog'oz ishlab chiqarish Xitoyda, eramizdan biroz oldin o'zlashtirilgan. Xomashyo sifatida avval ipak tolalari, keyinchalik tut daraxtidan olingan lub, kanop tolalari, bambuk va boshqa tabiiy tolalar ishlatilgan. Tabiat va inson qo'li bilan yaratilgan bu qog'oz o'zining ajoyib xususiyatlari bilan bizning zamonamizda ham bebaho material sifatida insoniyatga xizmat qilib kelmoqda.

Bizning hududimizda esa birinchi bo'lib qog'oz ishlab chiqarish Samarqand shahrida, 751-yildan boshlangan.

Mazkur hunarmandchilik sohasining rivojlanishiga mamlakatimiz hududida yetishib chiqqan qog'ozgir (qog'ozchi, qog'ozrez) ustalar katta hissa qo'shganlar. Bionabarin, bu sohani atroflicha o'rganish tariximiz va madaniyatimizning ko'pgina muammolarini hal etishda asqotadi. Darvoqe, qog'ozgirlikning yuzaga kelishi uchun muayyan shart-sharoitlar, amaliy bilim hamda tajriba bo'lishi lozim. Eng avval o'sha makonda qog'oz ishlash uchun zaruriy xomashyo, maxsus qozonlar bo'lmog'i kerak. Bunday imkoniyatlar hamma joyda ham muhayyo bo'lgan emas, albatta. Shuning uchun qog'oz ishlab chiqarish turli mamlakatlarda, turli davrlarda va ko'lamlarda yuzaga keldi.

Mashxur ajdodlarimiz Moti Chandr, Mustafo Ali Chalabiy, Sodikbek Afshorlarning yozishicha, ko'hna Samarqandda VIII asr o'rtalariga kelib, qog'oz tayyorlash keng rivoj topgan edi. Bu davrda Samarqandda qog'oz kitob tayyorlangan. Shaharning qog'ozchilik ustaxonasida ishlangan qog'oz sifati xususida Sulton Ali Mash-

hadiy, Ibn al-Faqiq, al-Hamadoniy, Abu Mansur Saolibiyning yozma manbalarida ham munosabat bildirilgan. Jumladan, Abu Mansur Saolibiy hazratlari: «Samarqandga xos narsalardan biri uning qog'ozini bo'lib, bu qog'oz Misr qog'ozidan ustun turadi. Bu qog'oz juda chiroyli, nozik, nafis va yozish uchun juda qulaydir», deb yozadilar.

Qog'ozning kashf etilishi kitob va kitobchilik san'ati tarixida, savodxonlik borasida yangi davrni ochdi. Arablarning O'rta Osiyodagi istilosiga qadar ko'p nodir kitoblar saqlangan kutubxonalar bo'lgan. Qog'ozning sharofati bilan tarixchi, kotib, qog'ozchi, muqovasoz (sahhof), kitob varaqlariga jilo beruvchi (lavoh va shu kabi) kasb sohiblari yetishdi. Ayniqsa, nafis kitob yaratish o'ta murakkab, u qog'ozrez (qog'oz tayyorlovchi, qog'ozgir)ning mehnati, mahorati va malakasi bilan chambarchas bog'liq edi.

Mashhur Samarqand qog'ozlari silsilasida Ali Afandi «Manoqibi hunarvoron» asarida «xatma», «sultoniy» va «nuhaar» degan nomlarni keltiradi. Bu nomlar qog'oz tayyorlash texnologiyasi bilan bog'liq. Moziyda qo'li gul qog'ozchi ustalar mos paxta tolasi va paxta momig'idan xomashyo tariqasida foydalanib, xatma qog'oz tolasidan esa hariri qog'oz ishlagan. Kitobchilarga yana suvbelgili sultoniy va nuhayar qog'ozlar ham maxsus tayyorlab berilgan. Har bir kitob qog'ozidan muqovasiga, siyohidan to bo'yoqlari-yu zarhaligicha ma'lum me'yorda modda, reja, tartibot asosida tayyorlangan, hatto, kitobning qog'oz varaqlaridan hidi kelib turish uchun ba'zan siyohga gulob yoki anbar qo'shilar edi. Shunday qilib, qog'ozgirlik o'ziga xos san'at darajasiga yetkazilgan.

Xomashyo begona aralashmalardan tozalangach, maxsus ishlangan parraklarda maydalangach, objuvoz bilan harakatga keltirilib bo'tqa hosil etilgan. Suyuq bo'tqa maromiga yetkazilgach, boshqa idishga quyib olinib, sariq tUSDagi bo'yoq bilan aralashtirilgan. So'ngra kunni tunga ulab kamida 5000 marta tepkilab, chiya o'simligi va ot qilidan yasalgan to'rda suzilib olingach, yapasqi og'ir yuk ostiga bostirib qo'yilgan. Nihoyat, qog'oz ashyosi (selluloza) qog'oz shakliga keltirilgach, nam holda yoyib

tekis sathda quritilgan. Bir qog'ozgir usta o'z ustaxonasida tunu kun ishlab atigi 300 varaq qog'oz tayyorlagan. Yil davomida ular 7 oy mehnat qilib, shu vaqt mobaynida buyurtmachilarga jami 25000 varaq atrofida qog'oz tayyorlab berishgan.

Temuriylar hukmronligi davrida, shunday usulda qog'oz ishlab chiqarish alohida o'rin tutgan. Shahar yaqinidagi Qorasuv arig'i sohilida qog'oz ishlab chiqariladigan maxsus ob'juz va korxonalar bo'lganligi ma'lum. Bu yerda eskirgan bo'z kiyim, latta va paxtalardan qog'ozbop bo'tqa xomashyosi tayyorlab, varaqlar qo'yilgan, so'ngra ularga qo'lda mohirona sayqal berilgan. 1460-yillarda bu ustaxonalar hazrat Xo'ja Ahror vali mulkiga aylangan (jadvalga qarang).

Yillar	Qog'oz ishlab chiqaruvchi ustaxonalar
751	Samarqand shahrida birinchi qog'oz ishlash ustaxonasi ishga tushgan.
1420–1470	Kashmir hukmdori Zaynul Obiddin Samarqand ustaxonalarida qog'oz olish bilan shug'ul-lanuvchi ustalardan bir guruhini Kashmirda olib borib qog'oz ishlashni yo'lga qo'ygan.
1450	Samarqanddagi qog'oz ustaxonalari Xo'ja Ahror vali mulkiga aylangan.
1520	Samarqand qog'oz ustaxonasi Qorasuv arig'i sohilida joylashgan bo'lib, quvvati 7–8 tegirmonga yetkazilgan, qog'oz sifati dunyoga mashur bo'lgan.
1715–1720	Qo'qon, Buxoro va Toshkent shaharlarida qog'oz ustaxonalari ishga tushgan.
1715–1724	Qo'qondan 2,5–3 kilometr narida Cherku qishlog'i yonida tashkil etilgan qog'oz ustaxonasi chamasi 200 yilcha faoliyat yuritgan. Ustaxonani tashkil qilgan ustaning so'nggi avlodlari – usta Ubaydulloh Oripov va usta Marazaq eshon Mayaqubovlar 50 yilga yaqin ishlab, 1924-

	yilgacha qog'oz ishlab chiqarishgan. Ular yashagan mahalla «Qog'ozgir» deb yuritilgan.
XIX asr oxirlari	Toshkentda Ahmad savdogarning 20 nafar ishchilik qog'oz olish manifakturasi ishlab turgan.
1915	Toshkentda dudsiz porox olish uchun selluloza zavodini qurish boshlandi. 1921–1922-yillarda zavodda 158 ishchi ishlagan.
1918	Buxoroning Gurbun dahasida 40 nafar ishchiga ega bo'lgan pul qog'oz oladigan ustaxona 1922-yilgacha ishlab turgan.
1932	Toshkentdagi qog'oz fabrikasi (dudsiz porox olish uchun selluloza zavodi asosida) ishga tushdi (hozirgi nomi «O'zbek qog'oz» AJ).
1988	Angren karton ishlab chiqaruvchi fabrika foydalanishga topshirildi.
1995	Toshkent qog'oz fabrikasi qurildi.
1997	«Nambum» qo'shma korxonasi (Namangan qog'oz fabrikasi).
2000	Yangiyo'l shahrida paxta sellulozasi va qog'oz olish fabrikasi ishga tushdi.
2002	Farg'ona shahrida paxta sellulozasini olish korxonasi ishga tushdi.

Shundan so'ng qog'oz ishlab chiqarish birmuncha rivojlandi. Xoja Ahror vali ustaxonalarga yaqin yerlarda bir necha do'kon qurdirib, qog'oz savdosini ham kengaytirgan. Afsuski, yong'in tufayli bu ustaxonalar va do'konlar katta talafot ko'rgan.

Samarqand qog'oz o'rta asr Sharq xattotlari orasida g'oyat qadrli bo'lib, muayyan qismi o'lkalarga ham chiqarilgan. Qog'ozning ko'payishi ilm, ma'naviyat va ma'rifat nurlarining taralishiga katta imkoniyat ochdi. Biz bayon etgan texnologiya, asosan, 1200-yil davom etdi.

Qo'lingizdagi kitob «Kimyoviy texnologiya», «Selluloza ishlab chiqarish» va «Qog'oz ishlab chiqarish» fanlarini o'rga-nayotgan

institut kimyogar texnologlari – bakalavr va ma-gistrlari uchun o‘quv qo‘llanma hisoblanadi. Shu bilan birga bu kitob selluloza-qog‘oz ishlab chiqarish korxonalarida xizmat qilayotgan muxandis-texnik xodimlari uchun ham foydali adabiyot deb hisoblaymiz.

O‘quvchilar tomonidan aniqlangan darslikdagi kamchilik va nuqsonlarni mualliflar minnatdorchilik bilan qabul qiladilar.

MUALLIFLAR

KIRISH

O‘zbekistonning asosiy boyliklaridan biri bu paxta. Paxta to-lasi to‘qimachilik, chigiti – yog‘- moy sanoatlari uchun xomashyo-ligi ma‘lum. Paxtani chigitidan ajratish jarayonlarida kalta tolalar (7–8 mm, A tip, 6–7 mm, B tip) hosil bo‘ladi. Bular paxta momig‘i deb nomlanadi, bir vaqtlar chiqindi hisoblanar edi. Hozirgi vaqtda kimyo va selluloza – qog‘oz sanoatlari uchun juda yaxshi xomashyo hisoblanadi. Paxta momig‘idan selluloza, qog‘oz va karton olish texnologiyasi texnik adabiyotlarda kam yoritilgan. Ayniqsa, o‘zbek tilida bunday adabiyotlar yo‘q hisoblanadi. Shun-ing uchun, selluloza va qog‘oz olish texnologiyasini, davlat tilida o‘zlashtirish qulay bo‘lsin uchun ushbu darslik yaratildi. Qo‘llanma kimyo texnologiya mutaxassisligi bo‘yicha bakalavr va magistr lar uchun mo‘ljallangan.

Darslikni o‘qishda vaqtlarini ayyamasdan o‘qib, foydali maslahatlar va kamchiliklarini ko‘rsatgan professorlar A.S.To‘ra- yevga va Sh. Arslonovlarga minnatdorchiligimizni bildiramiz.

**I-bob. QOG'UZ VA KARTON ISHLAB CHIQRISHDA
YARIMMAHSULOTLAR**

Qog'oz va karton ishlab chiqarish uchun yarimmahsulotlar, bulardan asosiy, texnik selluloza, yarimselluloza, mexanik massa va makulaturalar qo'llaniladi. Yarim selluloza va texnik sellulozani olishning quyidagi usullari mavjud: 1) kislotali; 2) ishqorli va neytral; 3) oksidlovchi; 4) bosqichli; 5) kombinirlashgan. Texnik selluloza, yarimsellulozalar klassifikatsiyasi va ularning ishlatilishi 1-jadvalda keltirilgan.

**Selluloza va yarimsellulozalarning asosiy turlari
klassifikatsiyasi va ularning qo'llanishi**

1-jadval

Termin	Aniqlanishi	Ishlatilishi
Selluloza – qog'oz ishlab chiqarishdagi tolali yarimmahsulot	Qog'oz, karton yoki kimyoviy qayta ishlashga mo'ljallangan, o'simliklar turkumiga kiruvchi tolali materiallar.	Har xil turdagi qog'oz, karton va kimyoviy tolalar
Texnik selluloza	Tolali yarimmahsulot,	Har xil turdagi

	xomashyo sifatida ishlatiladigan tolalik o'simliklarni kimyoviy eritmalar bilan pishirish natijasida hosil bo'lganligini, gemit-selluloza, ekstrakt moddalar pishirish natijasida sel-	qog'oz, karton va kimyoviy tolalar
--	--	------------------------------------

jadvalning davomi

	luloza bo'lmagan komponentlarning ko'p qismi ajratib olinadi	
Sulfat selluloza:	Sulfat usulida olingan selluloza	O'ta mustahkam, qoplash uchun ishlatiladigan qog'oz
xvoy daraxtini qattiq (жесткая) sellulozasi;	Oqartirilmagan sulfat selluloza (kappa ko'rsatkichi bo'yicha qattiqligi 38 dan ko'p bo'lgan).	
o'rtacha qattiqdagi xvoy daraxt sellulozasi	Oqartirilmagan sulfat selluloza. (kappa ko'rsatkichi bo'yicha qattiqligi 29 dan 38 gacha).	O'rash va qoplash uchun ishlatiladigan qog'oz; har xil qog'ozlarning asosi (parafinlash, yelimli tasma, qiruvchi); har xil karton (korobka, suvga chidamlik, poyabzal, proklatka), elektrkarton, elektr izolatsiya qog'oz

yumshoq xvoy daraxtidan olingan	Oqartirilmagan sulfat selluloza (kappa ko'rsatkichi bo'yicha qattiqligi 29 gacha)	(kondensator, telefon, kabel). Namga chidamlilik, tekstirlangan, qatlamli plastiklar uchun asos, filtrlovchi elementlar.
---------------------------------	---	--

jadvalning davomi

Sulfit selluloza: xvoy daraxtini qattiq (жесткая) selluloza; o'rtacha qattqlikdagi xvoy daraxtini sellulozasi: xvoyli bargli yumshoq xvoy daraxtidan olingan selluloza	Sulfid usuli bilan pishirilgan selluloza. Oqartirilmagan sulfid selluloza (kappa ko'rsatkichi bo'yicha qattiqligi 27 dan ko'proq). Oqartirilmagan sulfit selluloza (kappa ko'rsatkichi bo'yicha qattiqligi 17 dan 27 gacha) Oqartirilmagan sulfit selluloza (kappa ko'rsatkichi bo'yicha qattiqligi 17 dan kam)	Xatlar va bosma uchun qog'oz (gazeta, bosmaxona) o'rash, joylashtirish, yog' o'tkazmaydigan, sigaret qogozlari. Suradigan qog'oz turlari. Xatlar va bosma uchun qog'oz (muqova, shpulyarnik, gugurt, o'rash, afset, bilet qog'ozlari). Sun'iy tolalar va gigiena qog'ozlari uchun
Xvoy va bargli daraxtlardan bisulfid usulida olingan selluloza	Bisulfid usulida pishirilgan selluloza	Gazeta, jurnal, o'rashli, oboy qog'ozlari, pergament tagi, pryaja uchun mustahkam qog'oz. Aralashma (70 %) xat, (50 %) bosma,

		(65 %) chizmachilik, pergament tagi, sanitar-gigiena qog'ozlar uchun
Bargli daraxtdan natron usulida olingan selluloza	Natron usulida pishirilgan selluloza.	Taxlash, xat, bosish va so'riluvchi qog'ozlar

jadvalning davomi

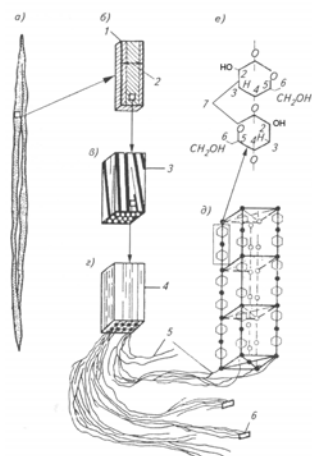
Yarimselluloza (poluselluloza):	Pishirilga va maydalangan tolali yarim mahsulot, tarkibida 65–75 % selluloza.	
sulfatli	Sulfat usulida pishirilgan yarimselluloza.	Gaflash uchun va korobkalar yasash uchun katon qog'oz
sulfidli bisulfidli	Sulfid usulida pishirilgan yarimselluloza.	Gazeta, moy o'tkazmaydigan, pergament uchun.
netyralsulfid	Bisulfid usulida pishirilgan yarimselluloza.	Oboy, afisha, korobkalar yasash, gazeta, goflash, tekis qatlamli gofr katonlar uchun.
natron	Neytral-sulfid usulida pishirilgan yarimselluloza.	Tekis qatlamli gofr katonlar, gazeta, pergament tagi (80–100 %), sanitar-gigienalar uchun.
oqartirilgan	Natron usulida pishirilgan yarimselluloza.	Goflash, korob-

	Oqartirilgan yarimselluloza	kalar yasash uchun kartonni ichki qismiga yopishtirish
--	-----------------------------	--

1.1. Texnik sellulozalarning asosiy xossalari

Yarimmahsulotga tegishli qog'oz yoki karton ishlab chiqarishga yaroqliligini, ularning xossalari baholaydi.

Tolalarning morfologik xossalari. Bularga hujayra qobiqlarining uzunligi, eni, bo'shliqlarining o'lchami, fibrillar tuzilishlari kiradi. Bu xossalar daraxtlarning turiga bog'liq. Tolaning devor kaktalarining modeli 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. Tola strukturasi sxemasi: a–tola; b–uch qavatli ikkinchi qobiq; d–markaziy qatlam (oq rang bilan mikro fibrillar belgilangan); e–markaziy qobiq fragmenti mikro fibrillari bilan; f–glukoza qoldiqlari; g– selluloza molekulasi bitta zvenosi sxemasi;

1–dastlabki qobiq; 2–uch qavatli ikkinchi qatlam; 3–makrofibrillar; 4–mikrofibrillar; 5–selluloza molekullari; 6–mit-sellalar; 7–ikkita glukoza qoldiqlari.

Mikrofibrillar keyin makrofibrillar bilan birlashib, diametri 0,4 mkm va tarkibida $5 \cdot 10^5$ gacha molekula hosil qiladi. Ikkinchi qatlamdagi selluloza tolalarida esa $2 \cdot 10^9$ gacha selluloza molekulalari bo'ladi.

Texnik selluloza tolalarining asosiy xossalari. Hozirgi vaqtda texnik sellulozalarning oltita asosiy xossalari belgilangan:

- 1) tolalarning o'rtacha uzunligi;
- 2) tolalarning nam holda zichlanish qobiliyati;
- 3) tola mustahkamligi;
- 4) kogeziyalanish qobiliyati;
- 5) tola dag'alligi;
- 6) maydalanish qobiliyati.

Tolalarning o'rtacha uzunligi. Tolali yarimmahsulot pishiril-

gandan keyin tarkibida har xil o'lchamdagi tolali va uzunligi 0,1 dan 5,0 mm gacha bo'lgan notolali elementlarning aralashmalari mavjud. Va o'lchamlari 0,1 mm gacha bo'lgan mayda notolali elementlar va tola bo'lakchalaridan iborat. Texnik sellulozani yuvish jarayonida mayda qo'shimchalarning bir qismi oqava suvga o'tib ketadi. Oqova suvga o'tib ketish miqdori quyidagi sabablarga bog'liq: elementlarning o'lchamiga, filtrlashdagi setka raqamiga va yuvish intensivligiga.

O'rtacha uzunlik ikki usulda belgilanadi: o'rtacha arifmetik va o'rtacha og'irlik. Tolalarning o'rtacha uzunligi har bir olingan namunalarning uzunligining summasini ularning soniga bo'lib aniqlanadi. Tolalarning uzunligini o'rtacha og'irlik bilan aniqlaganda, uzunligi har xil bo'lgan fraksiyalar massa ulushi hisobga olinadi. O'rtacha arifmetik uzunlik o'rtacha og'irlik uzunlikdan past bo'ladi. Amaliyotda asosan o'rtacha og'irlik uzunligi qo'llaniladi.

Yarimmahsulot tolalar uzunligi quyidagi asoslarga bog'liq: daraxt turi, yoshi, pishirish usuli va lignindan tozalash darajasi.

Izlanishlarning ko'rsatishiga qaraganda, tolalarning o'rtacha uzunligi bilan selluloza-qog'oz materiallarining fizik-mexanik ko'rsatkichlariga har doim ham mos kelavermaydi. Bu yarim-mahsulotning fraksiya tarkibini har xilligidir.

Tolalarning nam holda zichlanish qobiliyati. Tolalarning bu xossalari qog'ozning optik va fizik ko'rsatkichlarini aniqlab beradi. Bundan, tolalarning bog'langan yuzasi, ular orasidagi havo bo'shlig'i, ya'ni taxminiy zichligi hamda qog'oz polotna-ning suvsizlanish qobiliyati, aniqlanadi. Tolalarning zichlanishi quyidagi asoslarga bog'liq: egilishga qarshilik, tolalarning suvda bo'kishi, maydalash jarayonida fibrillanishi. Tolalarning egilishga qarshiligi, tarkibidagi lignin miqdori, qog'oz qiluvchi mashina (QQM)da quritishdagi temperaturaga va tola diametriga bog'liq. Tolalarning egilishga qarshiligi, selluloza tolalarining ishlov berishdan oldin va keyingi holatiga bog'liq. Bu holatlar texnik sellulozani pishirish va maydalash jarayonlari parametrlarini aniqlashni asosiy qismi hisoblanadi.

Tolalarning zichlanishini xarakterlaydigan eng yaxshi ko'rsatkich bu g'ovoqligi (плхлост), ya'ni taxminiy zichlikning teskari qiymati (1/d).

Tolaning mustahkamligi. Qog'ozning mustahkamligi va deformatsiyaga chidamliligi, shu bilan birga adgeziyalik qobiliyati tolalarni uzilishgacha bo'lgan mustahkamligi hisoblanadi. Qog'ozning fizik-mexanik xossasini shakllantirishda tola mustahkamligi bilan molekulararo bog'lovchi kuch asosiy rol o'ynaydi. Bu masala nazariy tomondangina emas, amaliy ahamiyati katta. O'simlik tolalari mustahkam hisoblanadi (2-jadval).

Texnik selluloza elementar tolalarining mexanik mustahkamligi

2-jadval

Selluloza turlari	Uzilishga qarshilik kuch, mN	Ko'ndalang kesim yuzasi, mkm ²	yemirilish kuchlanishi, MPa
Paxta	118	148	794
Viskoza uchun sulfat	72	305	235
Oqlanmagan, terakdan olingan	280	240	1166

Tolaning mustahkamligiga quyidagi faktorlar ta'sir etadi:

- 1) morfologik xususiyati (devr qalinligi);
- 2) pishirish usuli;
- 3) maydalash jarayonining xarakteri (yarimmahsulotning maydalanish darajasi).

Oxirgi vaqtlarda selluloza tolalarining mustahkamligini, uning o'rtacha polimerlanish darajasini va fraksiyalarining polimerlanish darajasini aniqlash usuli bilan xarakterlash keng tarqalgan. Ma'lumki, sellulozada yuqori molekular fraksiyasi ko'p bo'lsa, mexanik mustahkamligi katta bo'ladi va uni maydalash qiyin ke-

chadi.

Kogeziyalanish qobiliyati. Qog'oz mustahkamligiga tolalar mustahkamligi bilan birga ko'proq molekulalararo bog'lar ko'proq ta'sir etadi. Bunga Van-den-Akkera va xodimlarining ishlarini misol qilib keltirish mumkin. Tolalarning kogeziyalanish qobiliyatini (yulishga qarshilik (выщипывание) professor S. N. Ivanovning usuli bilan ham hisoblash mumkin.

Qog'ozdagi molekulalararo bog'liq kuchlarining tolalar tabiatiga va ularning maydalanish darajasi bog'liqligi

3-jadval

Maydalanish darajasi, °SHR	Paxta yarimmahsulot			Oqlangan sulfat selluloza			Oqlanmagan sulfat selluloza		
	δ , mkm	V , sm ³ /g	F_{sv} , MPa	δ , mkm	V , sm ³ /g	F_{sv} , MPa	δ , mkm	V , sm ³ /g	F_{sv} , MPa
13	–	–	–	216	2,17	0,21	174	1,72	0,20
25	137	1,34	0,99	166	1,67	1,40	147	1,47	1,38
35	132	1,32	1,21	149	1,49	1,42	141	1,41	1,50
45	128	1,28	1,38	152	1,51	1,61	137	1,37	1,57
60	125	1,25	1,58	143	1,78	1,78	134	1,33	2,02
75	122	1,22	1,70	133	1,33	2,30	129	1,28	2,24

Tolalar dag'alligi. Tolalarning dag'alligi yuz metr tolaning og'irligi (mg) bilan aniqlanadi. Bu ko'rsatkich detsigreks (dg) bilan belgilanadi. Odatda, uzun tolalar dag'al bo'ladi.

Maydalanish qobiliyati. Texnik sellulozaning xossalarini baholashda uni standart sharoitda maydalaydi va laboratoriya sharoitida qog'oz kuyadi va standart sharoitda sifat ko'rsatkichlari tekshiriladi. Yarimmahsulot xossalarini baholashda quydagi xarakteristikalar aniqlanadi: maydalanish darajasi, tegishli darajada maydalash uchun ketgan vaqti, tolaning solishtirma yuzasi. Yarimmahsulotning yaxshi maydalanganligini solishtirma yuzasi ko'rsatadi. Bu ko'rsatkich yarimmahsulotning qaysi usulda olin-

ganini va fizik-mexanik xossalari bilan yaxshi moslashtiriladi. Solishtirma yuzani maydalashga bog'liqligi 4-jadvalda keltirilgan.

Maydalash jarayonida tolalarning solishtirma yuzasining o'zgarishi

4-jadval

Daraxt	Yarim-mahsulot nomi	May-dalanish darajasi, °ShR	1°ShR oshganda tashqi yuzasining o'zgarishi,	Tolalarning solishtirma yuzi (tashqi yuzi), sm ² /r*
Sosna	Sulfat selluloza	13	1300	17000
		27	1300	35000
		50	1200	60000
		75	1080	80000
Beryoza	Sulfat selluloza	18	1200	15000
		22	950	32000
		52	950	50000
		65	970	65000
Osina	Sulfat selluloza	18	800	12500
		23	700	18000
		29	700	20000
		39	770	30000

jadvalning davomi

Archa	Sulfat selluloza	12	1000	12000
		30	1200	37000
		54	1400	55000
		80	1050	84000
Archa	Oqartirilgan daraxt massasi	14	710	10000
		27	750	20000
		45	700	30000
		71	650	46000

* solishtirma yuzani nam o'tkazish metodi bilan aniqlangan

1.2. Tolali yarim mahsulotning qog'oz hosil qiluvchi asosiy xossalari

Ishqoriy sellulozalar. Sulfat sellulozasi yaxshi mexanik xossalarga ega, shuning uchun yuqori deformatsiyaga chidamlik qog'oz va karton olishda muhim rol o'ynaydi. Lekin ishqoriy sellulozaning rangi xira, bosma qog'ozlar olishga yaramaydi. Xira bo'lishiga sabab, tarkibida lignin borligidir. Texnik sellulozaning mexanik xossalari, asosan, uning pishirish parametrlari aniqlaydi. Texnik selluloza tarkibida lignin miqdori ko'paysa, sellulozaning mustahkamligi pasayadi. Xvoy daraxtidan olingan sulfat selluloza tarkibida lignin miqdori 9 % bo'lganda mustahkamligi maksimal darajada bo'ladi.

Selluloza tolalarini ishqoriy sharoitda pishirilganda, kislotali muhitdagiga qaraganda, tolalar kam shikastlanadi. Shuning uchun, ishqoriy selluloza mustahkamligi ko'p vaqt saqlanib turadi, maydlash vaqtida esa ko'p energiya talab qiladi. Sulfat selluloza tolalari namlaganda va quritganda kam deformatsiyalanadi. Shu tolalardan tayyorlangan qog'ozlarning boshlang'ich nam holdagi mustahkamligi, deformatsiyasi yuqori, buralishi kam bo'ladi.

Qog'oz olish uchun, sulfat sellulozaga xomashyo sifatida bir yillik o'simlik poyalarini ishlatish mumkin: bug'doy, sholi, qamish va g'oz poyalari. Bulardan olingan sellulozalarning kul va gemit-selluloza miqdori yuqori, tolalarining fratsion tarkibi bir xil emas, tolalari kalta va yug'on, tola bo'lmagan qismlari ko'p bo'ladi. Qog'oz olishda, qog'oz massasiga ularni qo'shilganda qog'ozning mustahkamligi pasayadi, silliqiligi va xiraligi ortadi, qog'ozni changlanishi kamayadi, qo'shimchalarni yaxshi ushlab qoladi. Odatda, bu turdagi sellulozalar 15 dan 60 %gacha qo'shiladi. Quyidagi jadvalda bir yillik o'simliklardan olingan oqartirilmagan sulfat sellulozalarning xarakteristikalari keltirilgan.

Bir yillik o'simliklar-bug'doy va sholi poyasidan olingan sellulozalarning xarakteristikasi

Ko'rsatkich	Poya	
	bug'doy	sholi
Olingan selluloza miqdori, %	55,5	52,8
60°ShR gacha maydalashga ketgan vaqt, min	40	5
Og'irlik ko'rsatkichi, dg	18	21
Uzilish uzunligi, m	9800	7630
Bosimga qarshilik, kPa	570	410
Egilishga qarshilik, ch.d.p.	1050	525
Tekis siqilish, kPa	96	89

Sulfid selluloza. Sulfat sellulozaga qaraganda mustahkamligi pastroq bo'lsada, ko'p tur qog'ozlarni olishda keng qo'llaniladi. Gazeta va boshqa tur bosma kog'ozlar, yupqa turdagi qog'ozlar, pergamin, moy o'tkazmaydigan va boshqa qog'ozlar olishda xomashyo hisoblanadi. Sulfid sellulozaning optik xossalari juda qimmatli hisoblanadi. Shuning uchun oqartirilmagan sulfid selluloza bosma uchun ishlatiladigan ko'pgina turdagi qog'ozlar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Ba'zi bir qog'ozlarni olishda tarkibida 10–15 %gacha lignin qoldig'i bo'lgan sulfid selluloza ishlatiladi.

Sulfid sellulozaning fizik-mexanik xossalarini pishirish sharoiti aniqlaydi. Mustahkamroq selluloza olishda ishqoriy muhit (rN yuqori) qo'llaniladi (natriyli, ammoniyli). Bu usulda olingan sellulozaning oqlik darajasi yuqori va gemitsellulozasining ko'pligi sababli yaxshi maydalaniladi. Bu usulda olingan sellulozaning mustahkamligi va ko'pga chidamligi, sulfat sellulozaga qaraganda pastroq.

Bisulfid selluloza. Bisulfid sellulozani olishda chiqindi kam chiqadi, mustahkamligi, xiraligi, oqligi sulfid sellulozasiga qaraganda yuqori. Ular yaxshi maydalanadi va suvsizlanadi. Bu sellulozaning boshqa alohida xususiyatlaridan biri – yuqori maydalan-

ish xususiyatidir. Bisulfid sellulozaning xossalari pishirishda ishlatiladigan ishqoriy eritmaning turiga bog'liq. Bisulfid sellulozani olishda yuqorida keltirilgan poyalarni ishlatish mumkin. Bunday selluloza tara va karton qog'ozlar olishda ishlatiladi.

Yarimselluloza. Yarimselluloza deb yarimmahsulotga aytiladi, tarkibida 65–85 % ya'ni, texnik selluloza bilan mexanik massa oraliq holatidagi selluloza. Quyidagi turdagi yarimsellulozalar ishlab chiqariladi: sulfat, sulfid, bisulfid va neytral-sulfid. Ko'p tarqalgani bisulfid va neytral-sulfid yarimsellulozalar. Yarimsellulozalarning kimyoviy tarkibi 6-jadvalda keltirilgan.

Har xil tipdagi yarimsellulozalarning kimyoviy tarkibi

6-jadval

Yarimselluloza tipi	Yarimselluloza tarkibi, a.q. massa hisobida, %				Olingan yarimsellulozaning umumiy miqdori, a.q. %
	selluloza	gemi-selluloza	lignin	Ekstaksiyalanuvchi modda	
Neytral-sulfid	42	15	13,0	1,0	71
Sulfat	44	12	13,5	0,3	74

jadvalning davomi

Natron	42	14	19,0	1,0	74
Kislotali sulfid	44	17	13,0	2,0	76
Dastlabki daraxt tarkibi, % a.q. modda	49	23	23	5	100

Neytral-sulfit selluloza. Bu yarimmahsulot asosan bargli daraxtlardan ishlab chiqariladi. Boshqa yarimsellulozalarga qaraganda, neytral-sulfid selluloza rangi tiniq va mustahkamroq. Bundan tashqari, natriy asosli moddalarni ishlatganda olingan yarimmahsulotning oqlik darajasi yuqoriroq bo'ladi. Olingan neytral-sulfid sellulozaning umumiy miqdori 75 %dan yuqori bo'lsa, uni bu

yarimmahsulot gofrilangan qog'ozga asos qilib ishlatiladi.

Neytral-sulfid sellulozani sholi, bug'doy va g'oz poya, kanop hamda boshqa bir yillik o'simlik poyasidan olish mumkin.

1.3. Tolali materiallarni kaltalashtirish

1.3.1. Kaltalashtirish jarayoni nazariyasi haqida umumiy ma'lumot

Kaltalashtirish jarayonining vazifasi – tolalarga ma'lum struktura berish va tolalarning uzunligini va diametrini tegishli o'lchamga keltirish, tolalarni egiluvchan va plastik holga keltirish, qog'oz varog'ida tolalarni bir-biri bilan bog'lash, yaxshi shakllash (tekis nur o'tkazuvchanlik) va qog'oz xossalarini berish uchun, ularga ma'lum darajada gidrotatsiya xususiyatini berish.

Massani maydalashda mexanik jarayonlar tolalarni maydalashga olib keladi va qog'oz strukturasini shakllantirishga sharoit yaratadi, suv bilan selluloza aralashib kolloid – fizika hodisalari natijasida, tolalar qog'ozga bog'lanadi. Tola holdagi sellulozani kaltalashtirishni shartli ravishda to'rt bosqichga bo'lish mumkin.

Birinchi bosqich – hujayra ichidagi devorlar molekulalararo bog'larni yemirish, tola struktura elementlarini siljitib zona hosil qilish va suv kirish uchun mikroyoriqlar paydo qilish, so'ngra sellulozaning bo'sh gidroksil gruppalarini birlashtirish. Suv, selluloza tolachalarini kaltalashtirish jarayonida, hujayra devorlarini maydalaydi, natijada, tolalarning egiluvchanligi va plastik hosilari oshadi.

Ikkinchi bosqich – tashqi devorlarini qisman, ikkilamchi devorini va uni birlamchi devori bilan ajratish.

Uchinchi bosqich – siljish zonasida devorlarning bo'kishi. Bu jarayon faqat tashqi qobiq parchalanganda boshlanadi.

To'rtinchi bosqich – fibrillar orsidagi vodorod bog'larining qisman uzilishi, tashqi solishtirma yuzasini tez o'sishi va tolalarning mo'l suvlanishi.

Maydalanish jarayonida tola ichki va tashqi devorlari fibrillanadi. Tashqi fibrillanish – toladan fibrillar butunlay yoki qisman ajraladi, bu tolalarning tashqi yuzasini oshishiga hamda selluloza molekulasining bo'sh gidroksil gruppalarining ko'payishiga olib keladi. Shu bilan bir qatorda tashqi fibrillash tolaning mustahkamligini pasaytirishga olib keladi. Ichki fibrillash – tola ichki devori struktura elementlarining gruppalarini qayta fibrillab, mustahkamligini pasaytirmagan holda, bo'lmaydigan holga keltirib qo'yadi. Ichki va tashqi fibrillash jarayonini farqlash qiyin, chunki ular o'zaro bog'langan. Tashqi fibrillanish darajasini amalda tolaning tashqi yuzasini o'zgarishi orqali baholash mumkin, ichki fibrillanishni – ularning egiluvchanligi orqali, bo'kish darajasini oshirish, shu jumladan, egiluvchanligini oshirish, mexanik yo'llardan boshqa usullar bilan ham bajarish mumkin (ultratovush, radiatsion yoki magnit maydoni, har xil eritmalar ta'sir ettirish).

Maydalash jarayonida tolalarning uzunligi kaltalashadi, bu – murakkab jarayon, buni mexanizmni taxminan tolalarni qaychi bilan qirqishga tenglash mumkin.

Maydalash jarayonida hosil bo'lgan tola fragmentlarini mayda deb atash qabul qilingan. Taxmin qilishlaricha, uzun tolalar qog'oz varog'ida karkas vazifasini, maydalari esa karkas orasini to'ldirib, uning mustahkamligini oshirib beruvchidir. Lekin mayda fragment qismlarning ko'payishi, maydalangan sellulozani suvsizlantirish qobiliyatini kamaytirib yuboradi. Tolalarning egiluvchanligini baholashni bir nechta usullari bor, masalan, tola devor qalinligini uning eniga nisbati.

Tolali selluloza materiallariga ishlov berish uchun pichoqli va pichoqsiz maydalovchi mashina va apparatlar ishlatiladi. Asosan birinchisi qo'llaniladi. U diskali yoki uning modifikatsiyasi – konus shaklidagi tegirmonlar qo'llaniladi.

1.3.2. Maydalash jarayoni faktorlari

Maydalash jarayonidagi faktorlarni S. Xitanen va K Ebeling

uch guruhlarga bo'lad:

1) kuzatiladigan o'zgaruvchan faktorlar jarayoni – oqim hajmi, konsentratsiyasi, pH va massa temperaturasi, tegirmon korpusidagi bosim, elektrolit konsentratsiyasi;

2) faol o'zgaruvchan faktorlar jarayoni – disklar orasidagi masofa va ba'zan, rotorning aylanish chastotasi;

3) passiv o'zgaruvchan faktorlar jarayoni – garnitura geometriyasi (pichoqlarning egilgan burchagi, pichoqlar soni, materiali va boshq.).

Maydalash jarayoniga ta'sir etuvchi kuzatiladigan faktorlar 7-jadvalda keltirilgan.

Maydalangan tolali massaning sifati ko'pincha rotor va stator pichoqlari orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi. Odatda, bu masofa, konsentratsiyasi past bo'lgan massalarda, 0,1–0,2 mm bo'ladi.

Maydalash jarayoniga ta'sir etuvchi ba'zi kuzatiladigan faktorlar

7-jadval

Faktorlar	Maydalash jarayoniga ta'sir etadi
Maydalash zona-sida massaning konsentratsiyasi	Konsentratsiyasi oshishi bilan maydalanish gomogenlanganda oshib boradi, qirqish kamayadi, fibrillanish, tolalarning egiluvchanligi va tolalarning mayda fraksiyalarining eruvchanligi oshadi
Massa temperaturasi	Temperatura oshishi bilan, tarkibida sellulozasi kam bo'lgan tolalarning bo'kishi kamayadi, tarkibida sellulozasi ko'p bo'lganda bo'kishi – oshadi. Tolalar tarkibida gemitselluloza kamayadi, struktura o'zgarish sodir bo'ladi, natijada, selluloza I selluloza II sellulozaga aylanadi
Massaning pH	Kislotali muhit tolalarni maydalanishini

ahamiyati	osonlashtiradi va maydalarining ko'payishiga olib keladi; ishqoriy muhit mustahkamligini oshiradi
Elektrolitlar konsentratsiyasi	Oqartirilmagan tolalar uchun, tarkibida 50–55 % elektrolit bo'lganda ko'p effekt beradi, bo'kishi quyidagi tartibda kamayadi: Na, Li, Ca, Mg, Al; pH va elektrolit konsentratsiya orasida bog'lanish bor

Tolalarga ishlov berishda pichoqlar orasidagi masofa asosiy ko'rsatkich hisoblanadi. Bu yerda tolalarga intensiv ishlov beriladi. Massa pichoqlar orasida harakatlenganda, pichoqlar orasidagi zonaga tushadi, bu yerda har xil kuchlar (tangensial, buraluvchi va hokazo) ta'sirida siqiladi.

Rotor pichoqlarini stator pichoqlari ustida harakati natijasida tolalar qatlami uziladi va plastik holatda pichoqlar ustidan o'tadi, shuningdek, siqilish va siljish kuchlanishi kamayadi. Hisoblar natijasi shuni ko'rsatdiki, maydon uzunligidagi intensiv siqilish $l_0 = 2,5 \cdot 10^{-3} \dots 3,5 \cdot 10^{-3}$ m.

Pichoqlar orasidagi zonada tolalar qavatini siqib mexanik ishlov berish davom etadi va uzilib plastik oqish vaqti davom etadi:

$$t_0 \approx \frac{a - l_0}{\omega r_m}, c$$

bunda, a – pichoq eni, m ; ω – rotor aylanish tezligining markaziy aylanishdan r_m masofadagi aylanish tezligi, m/s.

Bu vaqtda tangensial kuchlanish quyidagi formula asosida o'zgaradi:

$$\tau(t) = \frac{\tau(a - \omega r_m t - t_0)}{a - l_0}, \text{ H/m}^2$$

bunda, t – ta’sir vaqti ($0 \leq t \leq t_0$), s; τ – pichoq chetidagi maksimal tangensial kuchlanish, H/m².

Diskali tegirmonlarning foydali ishi effektiv quvvati N_n bilan aniqlanadi, ya’ni umumiy sarflangan quvvatdan ishlab chiqarishda ishtirok etmagandagi sarflangan quvvatning, $N_n.z.$, ayirmasiga teng:

$$N_n.z = An^3 \frac{b}{a+b} (d_n^4 + d_v^4) + Bn^3 (d_n^5 - d_v^5), \text{ kVt},$$

bunda, n – rotorning aylanish chastotasi, s⁻¹; a, b – pichoq eni va chuqurligi, m; h – chuqurlik o’lchami, m; $d_n - d_v$ – pichoqlar zona-sidagi disklarning ichki va tashqi diametrlari, m; $A = 49,1$; $B = 2 \cdot 10^{-2}$.

Maydalagichning foydali quvvati:

$$N_n = \tau L_p \frac{al_0}{2} \frac{\psi}{[\sin(\psi + \varphi_0) - \sin \varphi_0]}, \text{ kVt}$$

bunda, L_p – garnituraning sekunda kesish uzunligi, m/s; ψ – diskadagi pichoqlar sektoridagi rasmni takrorlanish burchagi, rad; φ_0 – birinchi sektordagi pichoqni radiusga egilish burchagi, rad.

Diskali tegirmonning garniturasini sekunda kesish uzunligi:

$$L_p = \frac{\pi^2}{6\psi} \times \frac{d_n^3 - d_v^3}{(a-b)^2} n [\sin(\psi + \varphi_0) - \sin \varphi_0]^2,$$

Boshqa turdagi maydalovchi mashinalar

$$L_p = n \cdot Z_p \cdot Z_c \cdot l,$$

bunda, Z_p, Z_c – rotor va statorlarning pichoqlar soni; l – pichoqning qirqadigan qismi uzunligi, m.

Maydalash jarayoning borishidagi dastlabki dinamik – energetik faktorlari, bu foydali energiyaning solishtirma sarfi hisoblanadi:

$$W = \frac{N_n}{Q_c}, kJ / kg$$

bunda, Q_c – massani hajm sarfi, m^3/s ; s – massa konsentratsiyasi, kg/m^3 .

Massa sifatiga katta ta'sir ko'rsatuvchi ikkinchi faktor, tolali materialga intensiv ta'sir ko'rsatgichdir, bu maydalashga tangensial kuchlanish bilan aniqlanadi:

$$\tau = \frac{2N_n[\sin(\psi + \varphi_0) - \sin\varphi_0]}{al_0L_p\psi} = \frac{2B_c[\sin(\psi + \varphi_0) - \sin\varphi_0]}{al_0\psi}, H / m^2$$

bunda, B_c – pichoqni qirqadigan qismiga beriladigan yuk, H.

Hozirga qadar ko'p ishlarda B_c jarayonni aniqlovchi faktor deb hisoblanadi.

Lekin ba'zi avtorlar, amaliy tajribaga asoslanib, tangensial kuchlanish τ tolaga ta'sir etuvchi pichoqlarning barcha qismi deb hisoblaydi.

8-jadvalda tangensial kuchlanishning optimal qiymatlari, yuqoridagi formula bilan, har xil tipdagi tolali materiallar uchun hisoblab topilgan qiymatlari keltirilgan.

Tangensial kuchlanishning optimal qiymati

8-jadval

Tolali materiallar tiplari	Tangensial kuchlanishning optimal qiymati, MPa
Oqlanmagan, xvoy daraxtidan olingan sulfat selluloza	0,33–0,38
Oqlanmagan, bargli daraxtidan olin-	0,11–0,20

gan sulfat selluloza	
Oqlangan, xvoy daraxtidan olingan sulfat selluloza	0,40
Oqlangan, bargli daraxtidan olingan sulfat selluloza	0,24–0,30
Oqlanmagan, xvoy daraxtidan olingan sulfid selluloza	0,33
Oqlangan, xvoy daraxtidan olingan sulfid selluloza	0,18–0,22
Xvoy daraxtidan olingan bisulfid yarimselluloza	0,29–0,31
Bargli daraxtidan olingan bisulfid yarimselluloza	0,25–0,26

Maydalash jarayoniga ta'sir etuvchi faktorlardan yana biri, ishlov berish zonasida, tolalarga ta'sir etish soni

$$m = \frac{h_0 d l_v L_p}{Q}$$

bunda, $h_0 = (1,0-1,5) l_v$, m ; l_v – tolalarning o'rtacha uzunligi, m.

Maydalash rejimini tanlashda, soddaroq usul bilan hisoblash mumkin. Buning uchun garnitur pichog'ini qirqish qismini 3 mm qilib olib, quyidagi formula bilan hisoblash mumkin:

$$B_c = \frac{\tau_{on} 10^{-5}}{(2,0 - 2,2)}, H.$$

II bob. **MAYDALASH TIZIMLARI VA ASBOB-USKUNALAR**

Qog'oz massasini tayyorlashning, umumiy ko'rinishi, quyidagi texnologik tizimlarni o'z ichiga oladi:

- yarimmahsulot kiplarni gidrorazbivatellarga uzatuvchi konveyerlar;
- keltirilgan yarimmahsulotlarni tituvchi gidrorazbivatellar;
- yuqori konsentratsiyali massalarni tozalagichlar;
- pulsatsiyalanuvchi tegirmonlar;
- konsentratsiyasi past massalarni diskali tegirmonlar (yoki konusli) maydalagichlar;
- yuqori konsentratsiyali massalarni maydalaydigan tegirmonlar (faqat mahsulotlarning ko'rinishini aniqlash uchun);
- massalarni tozalovchi va gazzizlantiruvchi asbob-uskunalar;

- nozik saralovchi bosimli saralagichlar;
- past va o'рта konsentratsiyali massalarni aralashtiruvchi va saqlovchi basseynlar;
- past va o'рта konsentratsiyali massalarni uzatuvchi nasoslar;
- quvurlar va armaturalar;
- texnologiyani boshqaruvchi tizim sxemalari.

2.1. Yarimmahsulotlarni tituvchi qurilmalar

9-jadvalda, konsentratsiyasi 5 %lik massalar tayyorlovchi, AO «петрозаводскмаш» gidrorazbivatellarning texnik xarakteristikalarini keltirilgan.

Vertikal GRVm tipidagi gidrorazbivatellarning texnik xarakteristikalarini

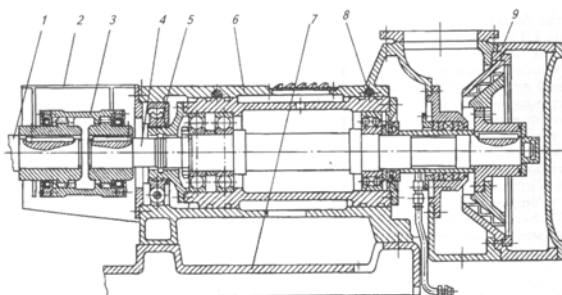
9-jadval

Parametr	Tip o'lcham			
	ГРВМ-12	ГРВМ-16	ГРВМ-24	ГРВМ-32
Ishlab chiqarishi, t/sut	30–120	45–160	75–240	120–320
Vanna sig'imi, m ³	12	16	24	32
To'r teshiklari diametri, mm	6; 2; 20; 24;	6; 12; 20; 24	6; 12; 20; 24	6; 12; 20; 24
Elektrodrigatel quvvati, kVt	90	160	315	315

Ba'zi chet el firmalari ishlab chiqaradigan gidrorazbivatellari vannada konsentratsiyasi yuqoriroq bo'lgan massada ham ishlaydi. Masalan, uzlukli (period) harakatlanadigan Tridayn «Митсубиши Белоет» firmasi (Yaponiya-AQSH), massa konsentratsiyasi 15 %gacha bo'lganda ham ishlaydi.

Gidrorazbivatellarda qiyin titiladigan selluloza tolalarini, maydalashdan oldin chala titiladi. Bu ishlarni pulsatsion tegirmonlar

(2-rasm) bajaradi.



2 – rasm. MP turidagi pulsatsion tegirmon:

1–dvigatel vali; 2–himoyalagich; 3–tishli mufta; 4–rotor;

5–qurulma oraliq mexanizmi; 6–stanina; 7–plita;

8–rotorni fiksatsiyalovchi mexanizm; 9–stator.

МП tipidagi pulsatsion tegirmonning texnik ko'rsatkichlari 10-jadvalda keltirilgan.

AJ «Перозаводскмаш» chiqarayotgan МП tipidagi pulsatsion tegirmonlarning texnik ko'rsatkichlari

10-jadval

Parametr	Tip o'lcham	
	МП-375	МП-400
Ishlab chiqarishi, a.q. tola, t/sut	85–110	60–90
Suspenziyaning massa konsentratsiyasi, g/l	20–50	20–50
Titish darajasi, %	65–96	65–96
Rotorini eng katta diametri, mm	375	400
Massa bosimi, MPa:		
kirishda, kamida	0,05	0,05
chiqishda, ko'pi bilan	0,4	0,4
Rotorni harakatlantiruvchi elektrodvigatel:		
quvvati, kVt	75	110

aylanish chastotasi, min ⁻¹	1500	1500
Gabarit o'lchamlari, harakatlantiruvchi qismi bilan, mm:		
uzunligi	2252	2530
eni	608	865
balandligi	825	858
Og'irligi, kg, ko'pi bilan:		
tegirmonlar	1770	2085
tegirmon, elektr qurilmalari va ehtiyot qismlari bilan	1930	2290

Shu maqsadlar uchun gidrorazbivatellar boshqa ko'p firmalar ham ishlab chiqaradi, bular: «Voit» (Avstriya), «Fampa-Beloit» (Polsha), «Papcel» (Chexiya), «Escher-Wyss» (Germaniya) va boshqalar.

2.2. Diskli tegirmonlar

Qisqa konusli Coflo tipidagi maydalagich tegirmon bilan bir qatorda, diskali tegirmonlar, hozirgi vaqtda asosiy maydalagich asbob-uskunalar hisoblanadi. Diskali tegirmonlarning traditsion ishlatib kelingan va u konusli tegirmondan asosiy ustunligi quyidagilar:

- keng qo'llanilishi (masalan, daraxt payraxalaridan daraxt massasini ishlab chiqarish, selluloza va daraxt massa chiqindilarini maydalash, selluloza va yarimsellulozalarni maydalash, sellulozani issiq holda maydalash va h.);
- tolali yarim mahsulotlarning o'ta yuqori konsentrlanganini («quruq») maydalash;
- yuqori fizik-mexanik ko'rsatkichli qog'oz va karton olishda;
- ustki quvvatlarini to'la ishlatishi;
- massalarni maydalashda (15–25 %gacha) gidrodinamik sarfini kamayishi hisobiga, solishtirma elektrenergiasini pastligi;
- ekspluatatsiya qilishni va texnik tekshirishlarda qulayliklari (garnituralarini tezda almashinuvi).

Diskali tegirmonlar maydalash zonalarining soni va aylanayotgan maydalovchi yuzalariga qarab to'rt guruhga bo'linadi:

1) bir diskali tegirmonlar (maydalovchi yuzasining bittasi aylanadi, boshqasi aylanmaydi);

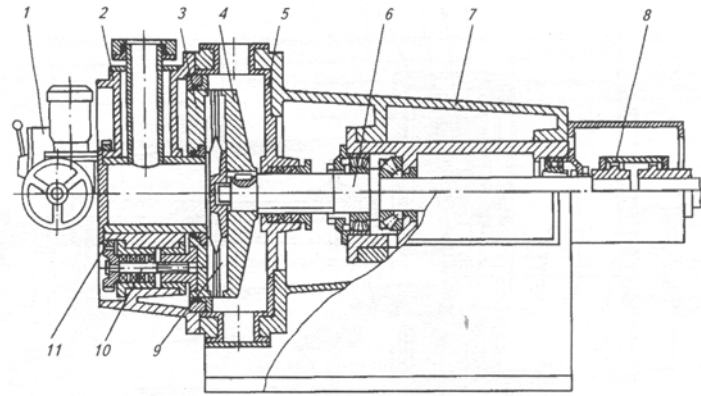
2) ikki diskali tegirmonlar (ikkala maydalovchi yuzalar bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda aylanadi);

3) ikkita bir-biri bilan birlashtirilgan tegirmon (ikkita qimir-lamaydigan disklar orasiga ikkita maydalovchi yuzalik aylanadigan disk o'rnatilgan);

4) ko'pdiskali tegirmonlar.

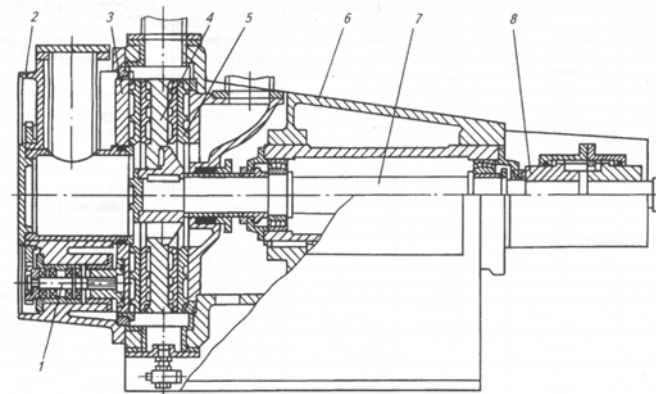
Bir diskali tegirmonlarga (keng tarqalgan variantlar) yarim-mahsulot, nasos yoki vintlar (shnek) bilan, maydalovchi zonani o'rtasiga beriladi. Diskalarning joylanishi ikki variantda bo'lishi mumkin: 1) konsol (osilgan) holda; 2) ikki tayanch orasida. Birinchi variantning kamchiligi – yuqori va pastki maydalagich zonalar orasidagi masofaning notekisligi (valning egilishi, konsol qismining og'irligi hisobiga). 2-chi variantda bu kamchilik yo'q. Lekin konstruksiyasi murakkab, tegirmonni ishlatishda va ta'mirlashda biroz qiyinchiliklar tug'iladi. Texnik imkoniyatiga ko'ra bir diskali tegirmonlar universal hisoblanadi va texnologiya oqimining har xil uchastkalarida qo'llaniladi.

Ikki diskali tegirmonlar asosan payraxalardan daraxt massa olishda qo'llaniladi.



3-rasm. MD tipidagi bir diskali tegirmon:

1–prisadka mexanizmi; 2–kamera qopqog‘i; 3–stator; 4–rotor disk; 5–maydalovchi kamera; 6–rotor; 7–tayanch; 8–mufta; 9–maydalovchi garnitura; 10–juft vintlar; 11–silindirli uzatkich.



4-rasm. MDC tipidagi ikkilangan diskali tegirmon:

1–juftli vint; 2–kamera qopqog‘i; 3–stator; 4–rotor disk; 5–maydalovchi garnitura; 6–tayanch; 7–rotor; 8–mufta.

Bir va ikki diskali tegirmonlarning asosiy kamchiliklari juda

katta tayanch podshipniklarida (20 t dan ortiq). Bu hol tegirmonni ekspluatatsiya va ta'mirlashda ancha qiyinchiliklar tug'diradi. Bu tegirmonlarning ko'rinishi 3, 4-rasmlarda keltirilgan.

Bir va ikki diskalik tegirmonlarning texnik ko'rsatkichlari 11-jadvalda keltirilgan.

Rossiyada ishlab chiqariladigan bir va ikki diskalik diskali tegirmonlarning texnik ko'rsatkichlari

11-jadval

Tip	Disklar diametri, mm	Rotorni aylanish tezligi, min ⁻¹	Elektrdvigatel quvvati, kVt	A.q. tola hisobida ishlab chiqirishi, t/sut
МД-00	315	25,0	23	5–8
МД-02	500	12,5	26	10–35

jadvalning davomi

МД-14	630	10	20	20–80
МД-1SH5	630	16,6	33	8–25
МД-1SH7	630	25,0	49	12–60
МД-25	800	12,5	31	35–120

Jadvalda keltirilgan tegirmonlar asosan sulfat, sulfid sellulozalarini maydalashda, neytral-sulfid yarimselluloza olishda, МД-25 esa saralangan daraxt massa olishda qo'llaniladi.

11-jadvalda keltirilgan tegirmonlar ichidan diskalar diametri 315, 500, 630 mm larini «Гадчиниш» qog'oz qurulma zavodi ishlab chiqaradi, boshqalarini – AJ «Пентрозаводскмаш» ishlab chiqaradi.

Yuqori konsentratsiyali massalarni maydalashda (10–35 % a.q. tolalar) «Андритиз Ахлстром» (Finlandiya) Sing-Disk firmasi tayyorlagan rafinyorlar ishlatiladi. Bu turdagi rafinyorlarning texnik ko'rsatkichlari 12-jadvalda keltirilgan.

**Andritz Ahlstrom firmasining bir diskali rafinyorlar texnik
ko'rsatkichlari**

12-jadval

Parametr	Model			
	22-1C	36-1B	42-1B	50-1
Disklar diametri, mm	550	910	1070	1270
Elektr dvigatel quvvati, kVt	185	700	1500	4000
Rotor aylanma tezligi, m/s	86	71	84	100
Rafinyor massasi, t	1,4	12,0	13,0	14,0

2.3. Diskali tegirmonlar uchun maydalovchi garnituralar

Garnitura – bu maydalash jarayonining yuragi hisoblanadi. Garniturani noto'g'ri tanlash massaning sifatini pasaytirishga olib keladi va saralashda chiqindini ko'payishi, maydalashda energiya sarfini oshishiga, garnitura sigmentini almashtirish uchun tez-tez to'xtatishga olib keladi. Garnituralarni yasash uchun asosiy material sifatida quyidagi metallar qo'llaniladi: maxsus markali po'lat, cho'yan va boshqalar. Garnituralar agrissiv muhitda ishlaydi. pH 2 dan 12 gacha va abraziv ishqalanish sharoitida. Maydalanadigan massa konsentratsiyasi oshganda maydalovchi disklar orasidagi masofani (zazor) oshirish kerak, shu tufayli garnituralarning xizmat vaqti oshadi.

Yangi garniturani o'rnatgandan keyin, tolalarning kesilish va massa sifati pasayadi. Xizmat vaqti tugashda ham, pichoq o'tmaslanishi sababli tolalarni kaltaytirish intensivligi oshadi.

Kaltaytirish koeffitsiyenti quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$k = \frac{\ln \frac{l_{\text{dast}}}{l(^{\circ}\text{ШP} - ^{\circ}\text{ШP})^{-1}}}{^{\circ}\text{ШP}_k - ^{\circ}\text{ШP}_o}$$

Bunda, l_{dast} , l – maydalash oldidan va maydalashdan keyingi tolalarning o‘rtacha uzunligi; $^{\circ}\text{ШP}_k$, $^{\circ}\text{ШP}_o$ massalarning maydalashdan oldin va maydalashdan keyingi maydalik darajasi, $^{\circ}\text{ШP}$.

Maydalashni yumshoq rejimda, tolalarning uzunligini saqlagan holda, koeffitsiyent qiymati $k \leq 0,0092$, bu holda diskali tegirmon fibrillovchi turdagi garnitura bilan almashtirilishi kerak (pichoq eni 3 mm, oralig‘i 4 mm, eng kichik tur o‘lcham – 3 mm, oraliq chuqurligi 5–6 mm).

Kaltaytirish koeffitsiyentini $k \geq 0,0015 (^{\circ}\text{ШP}) - 1$, ga yetkazish uchun tegirmonga kaltaytiruvchi tipdagi garniturani o‘rnatish lozim (pichoq eni 3 mm, kanavka eni 7 mm, chuqurligi 5–6 mm).

Hozirgi vaqtda Ukrainada (UkrNIIB) yangi metall yuzasiga mikroolmos biriktirilgan garnitura yaratilgan. Bu garnitura keng tajribadan muvaffaqiyatli o‘tmoqda.

2.4. Konus shaklidagi tegirmonlar

Hozirgi vaqtlarda Rossiyada keng qo‘llanilayotgan konusli tegirmonlarning parametrlari 13-jadvalda keltirilgan.

Rossiyada ishlab chiqarilayotgan konusli tegimonlarning asosiy parametrlari

13-jadval

Tegirmon markasi	Maydalaydigan garnitura turi	Konus yon maddan yuzi, m^2	Rotor ni aylanish chastotasi, s^{-1}	O‘rnatilgan quvvat, kVt	Ishlab chiqarish quvvati, t/sut, a.q tola hisobida
MKЛ-01	Quyma metall	0,40	25,0	110	4–15

MKL-01M	Quyma metall	0,40	16,6	75	4–16
MKL-02	Quyma metall	0,70	25,0	200	20–30
MKL-03	Quyma metall	1,10	12,5	200	30–50
MKL-03M	Quyma metall	1,10	10,0	200	30–50
MKL-04	Quyma metall	1,80	8,2	250	40–80
MKH-01	Yig'ma metall	0,45	12,5	30	3–10
MKH-02	Yig'ma metall	0,77	12,5	75	6–10
MKH-03	Yig'ma metall	1,03	12,5	130	8–30
MKB-01	Bazaltli	0,40	12,5	30	2–5
MKB-02	Bazaltli	0,63	12,5	55	3,0–7,5

Bu tegirmonlarni asosan Rossiyadagi «Gatchinsk» zavodi ishlab chiqaradi. Rossiya qog'oz-selluloza ishlab chiqarish korxonalarida o'rnatilgan. Tegirmon konstruksiyasi oddiy, chidamlilik, ta'mirlash oson va ekspluatatsiya xarajatlari kam.

Massa tegirmon yon o'rta qismidan beriladi. Tegirmon Conflo deb nomlanadi. Maydalovchi yuzaning kattaligi, tegirmon pichoqlarining sekundli qirqish uzunligi, maydalangan tolalarning bir tekis fibrillanishini ta'minlaydi, bu yuqori fizik-mexanik xossalarga ega bo'lgan qog'oz olish imkonini beradi. Conflo tegirmoni texnik ko'rsatkichlari 14-jadvalda keltirilgan.

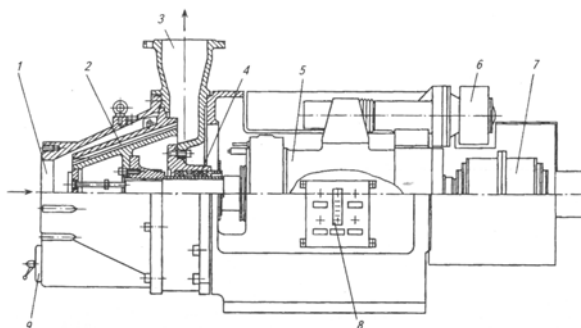
Conflo tegirmon texnik xarakteristikalari

14-jadval

Parametr	Model			
	1C-00	1C-01	1C-02	1C-03
Ishlab chiqarish quvvati, t/sut	5–10	5–250	25–350	50–500
Elektrodvigatel quvvati, kVt	37–110	75–315	160–500	250–900
Rotorning aylanish chastotasi, s ⁻¹	10,0–25,0	8,8–20,0	7,8–16,7	7,0–12,5

Kameradagi ishchi bosim, kPa	600	600	600	600
Massa konsentratsiyasi, %	2–6	2–6	2–6	2–6
Gabarit o'lchamlari, mm:	1510	1765	2175	2350
uzunligi	810	850	960	1100
eni	720	900	1070	1350
balandligi				
Massasi, (el.dvigatelsiz), kg	780	1300	2600	3700

Conflo tegirmonini har xil yarimmahsulotlarni maydalash uchun ishlatish mumkin. Bu turdagi tegirmonlardan 1C–01 modeli keng tarqalgan (5-rasm).



5-rasm. Konus shaklidagi 1C–01 modeli Conflo tegirmoni:
1–massa kirish joyi; 2–maydalovchi garnitura; 3–massa chiqadigan joyi; 4–zichlovchi val; 5–valni yig‘ma qismi;
6–mexanizm prisatka; 7–tishli mufta; 8–zichlovchi suv miqdorini o‘lchagich; 9–chiqindi chiqadigan qism.

2.5. Yuqori konsentratsiyalarni maydalovchi asboblari

Qog'oz qoplar va taxlovchi qog'ozlarni olishda maydalashning kombinatsiya texnologiyasi keng qo'llaniladi. 1-bosqich 30–32 % a.q. tolalarni, keyingi bosqich esa – 4–5 % a.q. tolalarni maydalanadi. Bu texnologiya uchun yuqori texnologiyada ishlaydigan, massani 28–35 %gacha suvsizlantiruvchi mashina va shnekli diskali tegirmon bo'lishi kerak. Suvsizlantiruvchi mashina diskali tegirmonga shnekli transpartyor orqali ulanadi. Navbatdagi maydalash uchun, pressdan keyingi aylanma suv bilan, massa 3–4 %gacha suyultiriladi.

Yuqori konsentratsiyali massani maydalashdan oldin, suvsizlantiriladi. Buning uchun ikki barabanli «Sinds» firmasining suvsizlantiruvchi pressi yoki C2B tipdagi AJ «Петрозаводскмаш» zavodi ishlab chiqradigan massa quyuqlantiruvchi press qo'llaniladi.

Yuqori konsentratsiyali maydalanishda tola uzunligi saqlanib qoladi, bunda tolalar bir-biri bilan intensiv ravishda ishqalanadi va natijada, ularni fibrillashga olib keladi. Bu massadan tayyorlangan qog'ozning uzilish uzunligi va yirtilishga qarshiligi, g'ovakligi yuqori bo'ladi (15-jadval).

Yuqori konsentratsiya usulida olingan qog'oz qoplar uchun olingan qog'ozlarning fizik-mexanik ko'rsatkichlari

15-jadval

Ko'rsatkich	Miqdori
1 m ² qog'oz og'irligi, g	70,5
Yirtilishga qarshi kuchlar, N	49,4
Nisbiy uzunlik, %	
ko'ndalang yo'nashda	6,5
mashina yo'nalishida	2,4
Teshishga qarshi (mashina yo'nalishida) kuchlar, mN	1140
Havo o'tkazuvchanligi, sm ³ /min	310
Bir tamonida suv yutilishi (Kobb ₆₀), g/m ²	24

Namligi,%	8,8
-----------	-----

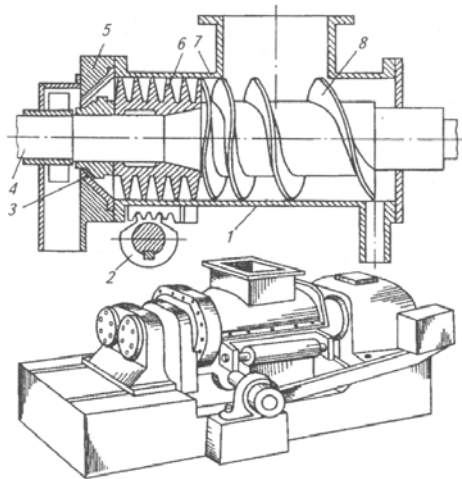
2.6. Maydalovchi pichoqsiz apparatlar

Diskali tegirmonlar bilan bir qatorda pichoqsiz apparatlar ham qo'llaniladi. Bular Frotapulptr va Bi-Vis. Ularning asosiy qismi 6 va 7-rasmlarda keltirilgan.

Bu apparatda ta'sir etuvchi normal kuchlar tolalarni vintlar or-alig'ida biroz siljitadi. Natijada, tolali yarimmahsulotni, tolalarni unchalik kaltaytirmasdan, ya'ni tolalarning birlamchi devolini olib tashlaydi, buraydi va parchalaydi. Ishlov berilgan material halqasimon zazor orqali chiqariladi. Bunga o'xshash apparatlar Rossiyaning AJ «Петрозаводскмаш» zavodi AT-197, AT-302 markalari bilan chiqaradi

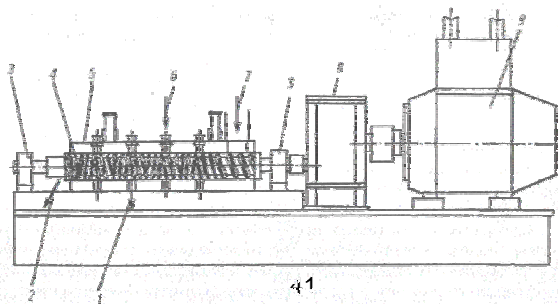
Bi-Vis apparati Fransiyada dastlab plastmassani qayta ish-lash uchun 1950-yillarda ishlab chiqargan, keyinchalik selluloza – qog'oz sanoatida tolalarga ishlov berishga moslashtirilgan (Bi-Vis markali apparatlar Yangiyo'l selluloza ishlab chiqarish fabrikasida o'rnatilgan).

Apparat sellulozani oqartirish va yuvish jarayonlarida ham qo'llaniladi. Bi-Vis texnologiyasida bir yillik o'simliklardan: poya, kenaf, paxta, kanop hamda makulaturadan massa tayyorlashda qo'llaniladi. Bu apparat yordamida, ayniqsa, paxta tolalarini qirqishda qo'l keladi. 16-jadvalda Bi-Vis apparati ishtirokida tayy- orlangan massani traditsion usulda tayyorlangan massaga qara- ganda samaradorligi keltirilgan.



6-rasm. Frotapultr apparatining tuzilishi:

1–korpus, 2–massani chiqarishdagi zazorni boshqarish mexanizmi; 3–chiqaruvchi zazor; 4–val; 5–old qopqoq; 6–maydalovchi shnek; 7–tepa qopqoq; 8–beruvchi shnek.



7-rasm. Ikki shnekli Bi-Vis apparatining tuzilishi:

- 1–ishlatilgan suyuqlikning chiqadigan joyi; 2–maydalangan materialning chiqadigan joyi; 3–podshipniklar; 4–shneklar;
 5–korpus qopqog'i; 6–ximikatlarni beradigan joy;
 7–maydalanadigan materialning kirish joyi; 8–reduktor;
 9–elektrodvigatel.

16-jadval

Paxta sellulozasidan, Bi-Vis apparati ishtirokida massa tayyorlashda traditsion usulga qaraganda samaradorligi

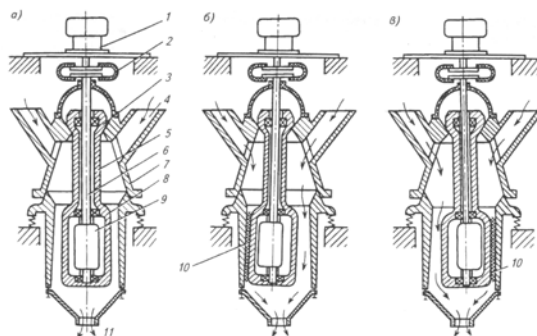
Samaradorlik ko'rsatkichlar	Texnologiya	
	Traditsion usul olingan qog'oz	Bi-Vis usulida olingan qog'oz
Maydalashga ketgan energiya, kVt.ch/t	1800	1100
Kaustik soda sarfi, kg/t , a.q. tolaga	40	10
Vodorod peroksidi sarfi, kg/t, a.q. tolaga	50	40
Maydalanish darajasi, °ShR	81	80
1 m ² qog'oz massasi, g	62	63
Ikki tomonga bukilish, ch.d.p	154	284
Oqligi, % Elrefo	86	84
Silliqligi, Vekk, s	22,4	20,5

jadvalning davomi

Uzulish uzunligi, m:		
mashina yo'nalishida	7371	8635
ko'ndalang yo'nalishda	3686	4317

2.7. Inersion tebratuvchi tegirmon

Inersion tebranuvchi tegirmon (ВИМ) С. Peterburgdagi «Mexanobr» instituti tomonidan yaratilgan. Ular laboratoriya sharoitida tekshiruvdan o'tgan bo'lib, quyidagi markalari yasalgan: ВИМ-240, ВИМ-300 va ВИМ-600 (raqamlari rotorning katta diametrini mm, ko'rsatadi). 8-rasmda apparatlarning to'xtab turgan va ishlab turgan holatlarining sxemasi keltirilgan.



8-rasm. Vibratsion tebranish maydalagich apparati rotorning har xir variantda ko'rinish sxemasi:

a) dastlabki; b, d) ishlab turgan holatlar;

1—elektrodvigatel; 2—kompensatsiyalovchi mufta; 3—podshipnik korpusi; 4—mahsulotni kirish joyi; 5—ichi bo'sh val; 6—harakatlantiruvchi val; 7—tegirmon korpusi; 8—rotor; 9—debalans; 10—ishlanuvchi material; 11—massani chiqish joyi.

Bu apparatning ishlab chiqarish quvvati past bo'lganligi sababli, keng qo'llanishga ioriv etilmagan.

III bob. QOG'OZ VA KARTONLARNI MASSADA YELIMLASH

3.1. Massada yelimlash jarayoni haqida hozirgi zamon dunyoqarashlari

Qog'oz va kartonlarning yelimlanish qobiliyati – namlanishga qarshilik qilish (suv, siyoh, kislota, ishqor, yog' va boshqa suyuqliklarning yutilishi va adsorbsiyalanishi). Qog'ozlarni yelimlashning ikki usuli mavjud: massada va yuzasini yelimlash.

Massada yelimlash – yelimlovchi materialni, qog'oz shakllantirish jarayoni oldidan massaga qo'shiladi. Bunda yelimlovchi material massada bir tekisda aralashadi va natijada, qog'ozda ham tekis tarqalgan bo'ladi. Yuzasida yelimlash – yelimlovchi modda qog'ozni shakllantirish jarayonida yelimlovchi press yordamida, hali qurimagan polotno yuzasiga surtiladi. Ko'p hollarda ikkala usul ketma-ket tartibda qo'llaniladi.

Yelimlash – kimyoviy, fizik-kimyoviy va kolloid-kimyoviy jarayonlar deb alohida qaraladi. Yelimlash natijasida qog'ozga suyuqliklarni yutulishiga qarshilik ko'rsatishi oshadi.

Qog'ozga suyuqlikni tekizganda, suyuqlik qog'ozni namlab, qog'oz yuzasiga yoyiladi hamda kapillar yutilish natijasida tolalar orasidagi bo'shliqlar orasidan o'tib qog'oz strukturasi o'tadi. Suyuqlik qog'oz yuzasiga yoyilganligi va ichiga shimilgani uchun, ularni tolalar ichi va tolalar oralig'i deb farqlanadi. Qog'oz yuzi suyuqlik ta'sirida namlanadimi yo'qmi, uch fazo (qog'oz, – suyuqlik – havo) oralig'idagi sirt taranglik kuchiga bog'liq. Bu kuchlar suyuqlikni qog'ozga namlanish burchagi orqali aniqlanadi.

Namlanish burchagini qiymati $\cos \theta$ bilan belgilanib, quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\cos \theta = \sigma_{t-v} - \sigma_{t-j} / \sigma_{j-v}$$

bunda, θ – qirra namlanish burchagi; σ_{t-v} – fazolar oralig'idagi (qattiq jism – havo) sirt taranglik kuch; σ_{t-j} – fazolar oralig'idagi (qattiq jism – suyuqlik) sirt taranglik kuch; σ_{j-v} – fazolar oralig'idagi (suyuqlik – havo) sirt taranglik kuch.

Agar $\theta > 90^\circ$ bo'lsa, namlanmaydi, $\theta < 90^\circ$ bu holda yuza gidrofil hisoblanadi.

Tola yuzasining namlanishini har xil kimyoviy qo'shim-chalar qo'shish bilan o'zgartirish mumkin. Yelimlovchi modda effektiv bo'lishi uchun, u quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1) suv yuqtirmaslik xususiyatiga ega bo'lishi, suv yuqtirmaslik xususiyatini berish uchun qirra namlanish burchagi 90° dan ko'p bo'lishi;

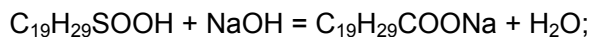
2) tolalar orasidagi devorlari orasidagi kapillarlar suvni yuqtirmasligi uchun, yaxshi disperlangan va tolalar yuzasida tekis tarqalgan bo'lishi;

3) qog'oz massasini tayyorlash jarayonida flokulatsiyalanmaslik uchun, tolalar yuzasida fizik, fizikaviy-kimyoyoki kimyoviy bog'lar bilan bog'langan bo'lishi;

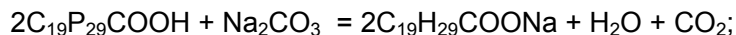
4) namlagich modda bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmasligi; aks holda gidrofoblanish xususiyati yo'qoladi;

5) qog'oz ishlab chiqarishga va uning xossalariga salbiy ta'sir qilmasligi kerak.

Asosiy yelimlovchi modda kanifol bo'lgani uchun, qisqacha uning qog'ozga gidrofob xususiyatini berish mexanizmini ko'rib chiqamiz. Kanifol, smolyan kislotalarining aralashmasi hisoblanadi, suvda erimaydi, kanifolli kley tayyorlash uchun, avval uni eriydigan holga keltirish kerak. Buning uchun uni ishqor bilan ishlav beriladi. Kanifolni ($C_{19}H_{29}SOOH$) ishqor ($NaOH$) yoki natriy karbonat (Na_2CO_3) bilan ishlav berishda, suvda erimaydigan kanifol – eriydigan kley – pastaga o'tadi. Bu reaksiyani quyidagi sxema bilan ifodalash mumkin:

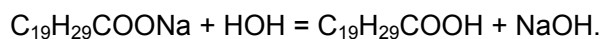


Bunda rezinat natriy va suv hosil bo'ladi.

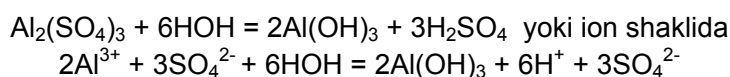


Bu reaksiyalar tipik kislotani ishqor bilan neytrallash reaksiyasiga kiradi. Kanifolni butunlay neytrallash uchun, kanifol massasiga nisbatan, 13 % NaOH yoki 17–18 % Na₂CO₃ qo‘shish talab etiladi.

Kley – pastani suyultirgach, ishchi eritma – yelim hosil bo‘ladi, uning tarkibida: mayda zarrachalar holida erkin smola (C₁₉H₂₉COOH), rezinat natriy yoki sovunlangan C₁₉H₂₉ COONa, rezinat natriyni gidrolizi natijasida ajralib chiqqan kolloid smola:

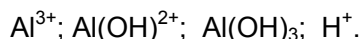


Kolloid smola va erkin smola zarrachalari, selluloza tolalariga o‘xshab suvda manfiy elektr potensialiga ega. Shuning uchun smolani tolaga yopishtirish bu komponentlarning birini qayta zaryadlash kerak. Bu rolni aluminiy sulfati bajaradi. Aluminiy sulfati natriy rezinat bilan, kimyoviy va qattiq suv tuzlari, tolalar bilan kolloid-kimyoviy reaksiyaga kiradi. Reaksiyaning yo‘nalishi pH muhit ko‘rsatkichiga bog‘liq. Aluminiyning qaysi shaklda turganiga bog‘liq: aluminiy sulfati gidrolizlanib, muhitni holatiga qarab, dissotsiyalangan holatda – ion shaklida yoki dissotsilanmagan holatda – aluminiy gidroksidi shaklida. Gidroliz quyidagi sxemada boradi:

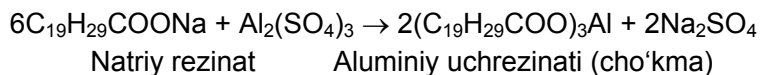


Muhit kislotaligi ko‘tarilsa, aluminiy inoni miqdori orta boradi, ishqoriy muhit ko‘tarilganda esa dissotsiyalanmagan aluminiy gidroksidi miqdori oshadi. Aluminiyning har bir komponenti ma‘lum darajada tolalar va dispers yelim bilan birikadi. Shunday qilib, aluminiy sulfati qog‘oz massasiga qo‘shganda, u avval sulfat ioniga keyin aluminiy ioniga dissotsiyalanadi. Aluminiy ioni suv bilan reaksiyaga kirishib aluminiy gidroksidini va vodorod ionlarini hosil qiladi. Vodorod ionlari, sulfat aluminiyni qo‘shganda pH kamayishiga olib keladi. Sistemada oxirgi muvozanat ionlar

aralashmasidan tashkil topadi:



Aluminiy ionlari kanifol dispersining rezinat gruppasi bilan reaksiyaga kirishadi va aluminiy rezinatlar aralashmasini hosil qiladi. Bu reaksiya tezligi juda yuqori bo'ladi va uning umumiy ko'rinishi quyidagicha:



Amalda yelimli cho'kma: mono-, di- va uchrezinat aluminiy, bo'sh smola qoldiqlari, sovunlanmaydigan mahsulotlar aralashmasidir. Bularning nisbati ko'p hollarda pHga bog'liq bo'ladi. Shunday qilib, smolyan yelim yelimlovchi mitsellardan iborat.

Yelimlashdagi muhim bosqichlardan biri, qog'oz polotnoni qurituvchi silindrlardan o'tganda bo'ladi. Bunda cho'kmadagi yelim suyuqlanib, tolalar yuzasiga yoyiladi. Cho'kma tarkibidagi smolyan kislota va neytral moddalar cho'kmaning suyuqlanish nuqtasini pasaytiradi. Bu jarayondagi muhim faktor – cho'kmaning tashqi yuzasi shunday tartiblanadiki, endi unda gidrofobli rezinat gruppalaridan tashkil topgan bo'ladi.

Gidroliz natijasida hosil bo'lgan aluminiy gidroksidi musbat zaryadlangan bo'ladi, bu ham qog'ozga gidrofob xossa berishda qatnashadi.

3.2. Yelimlash sifatiga ta'sir etuvchi asosiy faktorlar

Qog'ozni yelimlash – ko'p faktorli jarayon, yelimlash sifati quyidagilarga bog'liq: ximikatlarni qog'oz massasiga qo'shish tartibi, muhitni kislotaligi, kanifolli yelim va sulfat aluminiyini sarflanish nisbati, ishlatilayotgan suvni sifati, massa temperaturasi, qog'oz quyush rejimi, presslashga, qog'ozni quritish va

kalandrlashga.

Yelim sifati. Yelimlash effektivligi ko'p hollarda yelim eritmasini sifatli tayyorlashga bog'liq. Yelim tayyorlashga kerakli xomashyolarning sifatiga, yelim-pasta pishirish sharoitiga, disperglash va yelim – pastani suyultirib ishchi eritma tayyorlash faktorlariga bog'liq bo'ladi. Hozirgi vaqtda qog'oz ishlab chiqaruvchi korxonalar kanifoldan tayyorlash ishlarini kamdan-kam korxonalar bajarishadi, asosan tayyor yelim-pasta yoki tayyor holdagi yelim ishlatiladi.

Kanifolni pishirishda sovunlovchi agentni to'g'ri tanlash kerak. Texnologiyada kanifol – ishqor – suv nisbatlarini tanlashga alohida e'tibor berish kerak. Aks holda ko'piklanib, reaksiyon massa pishiruvchi qozondan toshib ketadi. Olingan yelim-pastani sifati haddan tashqari pasayib ketadi. Kanifolni pishirishda keng tarqalgan kanifol bilan suv nisbati 50:50 bo'ladi. Ko'p hollarda sovunlovchi agent sifatida natriy ishqorini (NaOH) ishlatadi. «Jivichi» kanifolni pishirishda esa sovunlovchi agent sifatida natiriy karbonati (Na_2CO_3) – kalsiylangan soda ishlatiladi. Bunda temperatura rejimiga katta e'tibor berish kerak. Ko'piklanishni kamaytirish uchun 5–10 % (kanifolga nisbatan) parafin qo'shish taklif etiladi. Kanifolni pishirishning barcha hollarida, texnologiyada tanlangan temperatura va aralashtirish intensivligini ushlab turish kerak. Tanlangan qurilmaga qarab, pishirish vaqti 1,5–3,0 soat. Pishmagan yelim-pastani suyultirganda jigarrang yoki sariq rangli dag'al disperslangan emulsiya olinadi.

Kanifolni pishirishda kanifolni eritish jarayonini ko'p vaqtga cho'zish kerak emas. Aks holda kanifoldagi smolyan kislotasida qaytarilmas fizik-kimyoviy o'zgarishlar yuzaga keladi va olingan mahsulot sifati pasayadi (ayniqsa, «jivich» kanifolini ishlatganda). Kanifolni qisqa vaqt ichida yuqori qizdiruvchi yuzali apparatni qattiq qizdirib eritish lozim.

Kanifol yelim-pastasini sovunlagach, qog'oz massasiga beradigan shaklga yoki qog'oz yuzasiga surtadigan darajaga keltirish kerak. Buning uchun pishirilgan yelim-pastani suvda eritish yoki

dispersiyalash lozim. Buning uchun maxsus apparat (injektor) qo'llaniladi. Injektorlash jarayoni yelim sifatiga ancha ta'sir qiladi. yelimni injektorlashda yelim, suv va par nisbatlarini to'g'ri tanlash kerak; parni bosimi 250 kPa bo'lishi kerak. Bu ko'rsatkichlar tegishli nisbatlarda ushlab turilmasa, dag'al emulsiya hosil bo'ladi. Emulsiya sifati uning rangi yoki temperaturasiga qarab emas, tayyor yelimni yig'uvchi bakka boradigan quvurda temperaturasini o'lchab aniqlanadi. Temperaturasi 70 dan kam va 50°C dan ortiq bo'lishi kerak. Injektorga suv 60–70 °C qizdirilgan holda berilishi kerak. Olingan yelim dispersiya konsentratsiyasi 100–200 g/l bo'lishi lozim. U tezda, tayyor mahsulot baklarida, sovuq suv bilan 25–30 g/l gacha suyultiriladi, suyultirilgan emulsiya temperaturasi 20–25°C dan ortmasligi kerak.

Hozirgi vaqtda yelimlashning yangi texnologiyasi qo'llaniladi. Buning uchun tayyor yelim ishlatiladi: yuqori dispersli kanifol yoki sintetik yelimlovchi materiallar ishlatiladi.

Massa pH ning ta'siri. Qog'ozni yelimlanishiga jiddiy ta'sir etuvchi faktorlardan biri har bir jarayondagi massani pH ko'rsatkichi. pH ko'ratkichi, yelimlovchi cho'kmani kimyoviy tarkibiga, uning gidrofoblanish darajasiga va selluloza yuzida saqlanib qolishiga ta'sir etadi. Yelimlash effektiviti pH 5,5 da kamayadi, chunki cho'kma kuchsiz musbat zaryadlanadi. pH 4,2–4,7 bo'lganda juda yaxshi yelimlanish xususiyatiga ega bo'ladi, chunki u maksimal darajada musbat zaryadlangan bo'ladi. pH ko'rsatkichi 4 past bo'lganda yelimlash darajasi tezda pasayadi.

Amaliyotda yelimlanishning yaxshi yomonligini, qog'oz qiluvchi mashinadagi ko'piklanish darajasidan ham ma'lum darajada aniqlash mumkin. Ma'lumki ko'piklanishning maksimal ko'rinishi $4 \geq \text{pH} \geq 6$ da bo'ladi. pH bu miqdordagi cho'kmada smolyan kislotasi ko'p bo'ladi, bu holat ko'pikning effektiv stabilizatori hisolanadi. pH 4,0–4,5 da eng kam ko'pik hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan cho'kmada asosan har xil shakldagi rezinat aluminiy bo'ladi. Ozod smolyan kislotaga qaraganda, bu ko'pikni kam darajada stabilaydi. Bunga alohida e'tibor berish kerak, chunki hozirgi vaqtda

korxonalar neytral yoki butunlay sovunlangan turdagi yelimga o'tmoqda.

Ma'lumki, ximikatlardan aluminiy sulfati, massaning pH ni o'zgartirib turuvchi hisoblanadi. Bunda u selluloza, yelim va suv tuzlari bilan har xil reaksiyaga kiradi. Shuning uchun yelimlovchi bilan aluminiy sulfatining proporsiyasini to'g'ri tanlash qog'ozni yelimlashda katta rol o'ynaydi.

Yelimlashning standart usuli yelimlovchi eritmani, massani neytral yoki sal kam neytral holda berish lozim.

Bunga teskari jarayon – aluminiy sulfatni qisman yoki butunlay yelim eritmasini dozirovka qilgandan keyin qo'shish taklif etiladi.

Yelimlashning noto'g'ri jarayoni – yelimni qog'oz massasiga pH 5,3–6,5 keyin aluminiy sulfat eritmasini berish taklif etiladi. pH bu ko'rsatkichida qo'shilgan yelim eritmasi ozod smolyan kislotasini hosil etishga olib keladi, bunda koagulatsiyalanishga va ko'piklanishga olib keladi. Bunga, ayniqsa, pek, modifikatsiyalangan va tindirilgan kanifolni ishlatganda alohida e'tibor berish kerak.

Kanifol va aluminiy sulfatini sarf nisbatlari. Ishlab chiqarishda kanifol va aluminiy sarfi hisoblab topiladi. Odatda, yelim bilan aluminiy sulfati nisbati, yelim sarfi miqdoridan qat'i nazar 1:2 yoki 1:1,5 atrofida bo'ladi.

3.3. Yelimni, modifikatsiyalangan kanifol mahsuloti asosida konsentratsiyasini oshirish

Kanifolni modifikatsiyalash yelim sifatini oshiradi va qog'ozni yelimlashga kanifol sarfini kamaytiradi. Yelimlovchi tarkibini tayyorlashning ikkita usuli mavjud: 1) markazlashgan tartibda yelim-pastani o'rmonkimyo zavodlarida tayyorlash; 2) bevosita selluloza-qog'oz olish korxonalarida tayyorlash. Yelimni, modifikatsiyalangan kanifol mahsuloti asosida konsentrlangan (mustahkamlovchi) tarkibini markazlashgan tartibda, o'rmonkimyo zavod-

larida, yelim-pasta shaklida tayyorlanadi. Yelim-pasta shaklida tayyorlashni keng tarqalishiga quyidagi faktorlar sababchi: yelim sifatining ancha stabilligi; yelimlovchi material sarfini kamayishi; tayyor mahsulotni yelimlanishining o'zgarib turish darajasini kamayishi; shu sababli nuqsonli mahsulotlarning keskin kamayishi.

Oshirilgan konsentratsiyani tayyorlash – terpeninga (tozalangan jivitsani 40 %gacha skipidar bilan suyultirilgani) ma-lein angidridi bilan 80–95°C temperaturada, olingan mahsulotni ishqor bilan sovunlab (омыление) so'ngra skipidarni par haydash yo'li bilan ishlov beriladi.

Tayyorlangan yelimning xarakteristikasi:

Tashqi ko'rinishipasta shaklidagi oq-kulrang massa

Asosiy modda miqdori, %68–72

Reaksiyaga kirishmagan smolyan kisotaning miqdori, % .5–12

Maleopimarli kislotasini miqdori, %, kamida10

Uchuvchi moddalar miqdori, % ko'pi bilan2,0

Konsentrlangan yelimni suvda erishiqoldiqsiz, butunlay.

Bu texnologiya dastlab Borisov o'rmonkimyo zavodida (Belarusiya) o'zlashtirilgan, keyinchalik Tixvin o'rmonkimyo zavodida (Leningrad oblasti, Rossiya). Hozirgi vaqtda birqancha selluloza-qog'oz sanoati shu yelimni keng ishlatib kelmoqda.

3.4. Yordamchi materiallar

Koagullash uchun va yelim qismini tolalarga mahkamlash uchun aluminiy sulfati, ammiakli aluminiy yoki alumin kaliyli kvass va natriy aluminatlar qo'llaniladi.

Aluminiy sulfati ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) hozirgi vaqtda smol-yan zarrachali yelimni koagullab tolalarni jipslashtirishda keng qo'llaniladi. Aluminiy sulfatni ko'p hollarda «kvasslar» bilan almashtirishadi, buning farqini ajratish lozim. Kvasslar bu bir valentli va uch valentli metallarning sulfat tuzlari, masalan, alumokaliyli kvasslar $KAl(SO_4)_2$, aluminnatriyli kvasslar $NaAl(SO_4)_2$, aluminiy sulfat esa aluminiyning uch valentli sulfat tuzi. Koagullovchi sifa-

tida kvasslar qimmat bo'lgani uchun kam qo'llaniladi. Sulfat aluminii kaolinni yoki boksidlarni sulfat kislota bilan ishlov berib olinadi. Tayyor mahsulotda Al_2O_3 va SO_3 nisbatlari 1:2,35 bo'lishi kerak. Nazariy hisoblaganda Al_2O_3 ning miqdori sulfat aluminii tarkibida 15,33 % bo'lishi kerak. Buning tarkibida temirning bo'lmagani ma'qul, chunki u qog'ozni rangini sarg'aytiradi. Temirning miqdori 0,01 %dan ko'p bo'lmasligi kerak.

Al_2O_3 olish texnologiyasiga qarab, uning miqdori tayyor mahsulotda 14dan 18 %ni tashkil etadi. Mahsulot tarkibida Al_2O_3 ning ko'p bo'lganda rangi oq-havorangligi yaxshi hisoblanadi.

Korxonalariga aluminii sulfati bo'laklar, granullar yoki kukun holda kelishi mumkin. Aluminii sulfati suvda yaxshi eriydi. Hidroliz natijasida aluminii sulfatining eritmasi kislotali bo'ladi. Bu aluminii sulfatini sarfiga va yelimlash sifatiga katta ta'sir etadi.

Polioksialuminii xlorid xloridli aluminoksid aligomer va polimerlardir. Yelimlash texnologiyasida qog'oz massasida yuqori effektivli funksional kimyoviy komponent hisoblanadi.

Natriy aluminat NaAlO_2 yelimlash jarayonini neytral muhitda o'tkazish imkonini beradi. Olingan qog'ozni ishqalanishga qarshiligi oshadi, qo'shimchalarni va mayda tolalarni ushlab qolishi oshadi hamda texnologik qurilmalarning karroziyaga uchrashi kamayadi.

Natriy aluminat boksidlarni natiriy ishqori bilan ishlov berib olinadi. Natriy aluminat granul, kukun yoki yuqori konsentrlangan eritma ko'rinishida ishlab chiqariladi. Qattiq natriy aluminat suvda yaxshi eriydi va ishqoriy reaksiyali kolloid eritma hosil qiladi. Bunda Al_2O_3 ning miqdori aluminii sulfatdagiga qaraganda yuqori (17–18 %). Natiriy aluminatining eng katta kamchiligi eritmasining beqarorligi. Eritmaning stabilligini oshirish uchun ishqordan ko'proq qo'shish kerak (5 % atrofida). Eritishni va suyultirishni yumshoq va iliq suvda ikki bosqichda o'tkazish lozim: dastlab 30 %-li, so'nga bundan konsentratsiyasi 2,5 %lik eritmani har kuni tayyorlash lozim. Natriy aluminat va aluminii sulfatlarni bir vaqtda

ishlatish mumkin emas.

Kanifolli yelimni pishirishda texnik natriy gidroksidi (NaOH) yoki texnik natriy karbonatini (Na_2CO_3) ishlatish tavsiya etiladi.

Natriy gidroksidi (texnik) korxonalariga qattiq (qattiq kaustik soda) yoki konsentrlangan eritma (suyuq kaustik soda) ko'rinishda keltiriladi. Qattiq natriy gidroksid tarkibida 92–95 % NaOH, karbonat natriy 3...4 % va natriy xlorid 2 %dan ko'p bo'lmasligi kerak. Suyuq kaustik soda tarkibida NaOH miqdori 60 %, Na_2CO_3 miqdori – 2–4 %, NaCl – ko'pi bilan 3 % bo'lishi kerak.

Natriy karbonat (kalsiylangan soda) korxonaga quruq kukun ko'rinishida keltiriladi. Na_2CO_3 miqdori 98 %, NaCl – ko'pi bilan 1 % va Na_2SO_4 – ko'pi bilan 0,1 %. Eriganda cho'kmada biroz qolishiga ruxsat etiladi.

Ishlab chiqarish suvi texnologiyaning barcha jarayonlarida ishtirok etib, jarayonning ketishiga katta ta'sir etadi. Selluloza-qog'oz ishlab chiqarishda suv ko'p miqdorda ishlatiladi. Suv barcha manbaalardan olib ishlatiladi. Suvning sifat ko'rsatkichlari – undagi erigan va muallaq holdagi mineral va organik moddalar, bular suvni pH, oksidlanishi, rangi va boshqa xossalari ni ifodalaydi.

Eng muhim ko'rsatkichlaridan biri suvning qattiqligi, asosan suvdagi kalsiy va magniy tuzlarini xarakterlaydi. Vaqtinchalik – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ va turg'un qattqlik – kalsiy va magniyning boshqa tuzlari – sulfat, xlorid va silikat tuzlari. Ikkala guruh qattqlikning yig'indisini umumiy qattqlik deb yuritiladi va CaO hisobida 1 l dagi miqdori mg-ekivalent (mg-ev/l) bilan o'lchanadi. Ba'zan, suvni qattqlik birligini nemischa gradusda (H°) o'lchaydi ham. $1 \text{ mg-ekv/l} = 2,8 (\text{C}^\circ)$, yoki $(\text{C}^\circ) = 10 \text{ mg CaO/l}$ suv. Suv tarkibidagi temir, marganes va kremniy tuzlari suv sifatini pasaytiradi. Chunki suvga rang beradi yoki cho'kma hosil qiladi. Ishlatish uchun olingan suvning joyiga qarab, uning qattqligi har xil bo'ladi. Quyida suvlarning qattqligiga qarab xarakteristikasi keltirilgan, mg-ekv/l CaO:

Juda yumshoq.....1,5 gacha

Yumshoq.....1,5–3,0

O'rtacha qattqlik3,0–6,0

Qattiq6,0–9,0

Juda qattiq9,0 dan ortiq

Qattiq va juda qattiq suvlar bu dengiz suvlari hisoblanadi. Ishlab chiqarishda qo'llaniladigan suvlar, ularning qattqligiga qarab uch guruhga bo'linadi: yumshoq – 0,7–1,2 mg-ekv/l CaO (H^0 5 gacha); o'rtacha – 1,2–2,4 mg-ekv/l CaO (H^0 10 gacha); qattiq – 2,4dan yuqori mg-ekv/l (H^0 10 dan yuqori). Tabiiy suvning pH 4,5dan 7,5 atrofida bo'ladi. Ko'p hollarda ishlab chiqarishda suvni umumiy qattqligi hisobga olinadi. Bu quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P \times 100 = V \times 0,1,$$

bunda, V – titlashga ketgan 0,1 n natriy ishqorining hajmi.

P ga nisbatan tenglamani yechsak, unda:

$$P = V \times 0,1/100 \text{ yoki } R = V \times 10^{-3}$$

Odatda, umumiy qattqlikni $CaCO_3$ ni 1 l suvga nisbati olinadi. Bunda 1 mg-ekv/ $CaCO_3$ 50 mg ga teng bo'ladi, unda formula quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$P = 50 \times V, \text{ mg } CaCO_3/l$$

3.5. Koagulant ishlatilishini optimallashtirish va qog'ozni yelimlanish sifati

Qog'ozni yelimlanish sifati ko'p faktorlar ta'sir etadi, bularning biri qog'oz massani muhiti. Qog'oz massani kislotaligini stabilizatsiya qilish yelimlanish sifati bir tekisda o'tkazishga va yelimlovchi mahsulotni va koagulantlarni sarfini kamaytirishga olib keladi.

Yelimlangan qog'oz massa murakkab kompozitsiya, tolali,

to'ldiruvchi, yelimlovchi va koagullovcilar buferlanish xossasiga kuchli ta'sir etib, qog'ozni yelimlanishini pH orqali tekshirishni qiyinlashtiradi. Qog'ozni yelimlanish sifatini ta'minlash uchun pH ko'rsatkichini har gal bir tekisda 4,5 ko'rsatkichida ushab turish kerak.

O'tkazilgan tajribalarga qaraganda pH, massadagi aluminiy sulfat konsentratsiyasi bilan moslashtiriladi. Bu hol massadagi aluminiy sulfatini pH orqali tekshirilganda yaxshi natija bermaydi. Tekshirishning eng qulay yo'li massaning umumiy kislotaligini (R) aniqlash yo'li hisoblanadi. Bu yo'l bilan qog'oz ishlab chiqarishda aluminiy sulfatini sarfini aniq kuzatib borish mumkin. Taklif etilgan R ko'rsatkich koagulantni uzluksiz sarf miqdorini tekshirib turishni avtomatlashtirishga imkon beradi. Qog'oz massasini umumiy kislotaligini tekshirib turish, ish effektivligini va qog'oz qilish mashinasida ishlovchilarning madaniyatini oshiradi.

Qog'oz, karton ishlab chiqarishda, zamonaviy yelimlash texnologiyasini kimyoviy, fizik-kimyoviy, gidrodinamik jarayonlardan ajralgan holda, qarash mumkin emas. Shuning uchun, mahsulot sifatini boshqarishda, eng ishonchli parametr sifatida kation-anion balansi sistemasi - «suv – tolalar – kim-yoviy yo'l (средства)» yaxshi usul hisoblanadi. Ishlab chiqaruv-chilarga qulay bo'lgani bilan, tegishli priborlarning topilishini qiyinligi – usulning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

3.6. Yelim sifatini texnologik kuzatish usullari

Kanifol yelimni, smolyan kislotasini ishqor bilan, atmosfera bosimida, yuqori temperaturada, neytrallab (pishirib) olinadi. Natijada, suvda yaxshi eriydigan smolyan kislotasining natriyli tuzi hosil bo'ladi.

Ma'lumki, kanifolni butunlay neytrallash, abietin kislotasini qo'shib hisoblaganda, nazariy jihatdan 13,3 % natriy gidroksidi yoki 17,4 % natriy karbonati (kanifolga nisbatan) qo'shilishi kerak. Bunda butunlay sovunlangan yoki neytrallangan kanifol yelimi oli-

nadi. Kanifol tarkibidagi smolan kislotasini butunlay neytral- laganda oq (tarkibida 35 % ozod smolan kislota bo'lgan), yoki yu- qori smolyanli yelim (tarkibida 70–90 % ozod smolan kislotasi bo'lgan) olinadi.

Yelimni pishirishga sarflanadigan ishqor miqdorini (%), quyi- dagi formula bilan aniqlanadi:

$$A = 0,1 K_{ch} M_2(100 - C)/M_1P,$$

bunda, K_{ch} – kanifoldagi kislota soni, $mg KOH/g$; M_1 – KOH ni ek- vivalent molekular massasi, $M_1 = 56,1$; M_2 – pishirishga ishlatilay- otgan ishqorni ekvivalent molekular massasi; P – pishirishga ish- latilayotgan texnik mahsulotdagi ishqorning porsial qismi; C – ye- lim tarkibida bo'lishi kerak bo'lgan ozod smola miqdori, %.

Misol. 25 % ozod smolasi bo'lgan kanifolni pishirish uchun sarflanadigan natriy ishqorining miqdorini aniqlash kerak. Kani- folni kislota soni 170, texnik ishqor tarkibidagi ishqor miqdori 98 %.

$$A = 0,1 \cdot 170 \cdot 40 (100 - 25) / 56,1 \cdot 98 = 9,30 \%$$

Formuladan ko'rinib turibdiki, ishqor sarfini hisoblashda kani- folni kislota soniga qaraladi. Amaliyot shuni ko'rsatdiki, bu yo'l bi- lan hisoblashda, ishqor sarfi bilan yelim tarkibidagi ozod smola orasida biroz to'g'ri kelmasligi aniqlandi. Yuqoridagi formula bilan hisoblab topilgan ishqor miqdori, to'la sovunlangan yelimni pishirish uchun sarflanganda kutilgan natijani olish qiyin. Kanifolni bir qismi sovunlanmay qoladi, rangi oppoq bo'lib, tarkibida ozod smolaning bir qismi qoladi. Buning sababi formulada kislota sonini hisobga olganligi.

Kislota soni – bu 1 g kanifolning spirtli eritmasini, xona haro- ratida, KON bilan titrlashda, millilitr hisobidagi sarfi. Lekin kanifol pishirish temperaturasi suvni qaynash temperaturasiga yaqin. Bu sharoitda ishqor bilan reaksiyaga kiruvchi boshqa moddalar -

kanifol tarkibida har doim bo'ladigan oz miqdor-dagi qo'shimchalarning borligi: spirtlar, smolan efirlari va boshqalar. Shuning uchun ishqorni sarfini hisoblashda kislota soni emas, kanifolni qizdirishda neytrallovchi ishqor miqdori – sovunlash sonini, ya'ni kanifolni pishirish jarayonidagi sharoitni hisobga olish lozim. Ko'p hollarda kanifolni kislota soni 149–179, sovunlash soni esa 166–196 mg KOH bo'ladi.

Kanifol yelimini sifatini quyidagi ko'rsatkichlar orqali olib boriladi: yelim konsentratsiyasi, ozod smola miqdori, yelimni dispers darajasi va yelim tarkibidagi ishqor miqdori.

Yelim konsentratsiyasini aniqlash. Yelimlovchi material qog'oz massasini tayyolashda qimmatli komponentlardan hisoblanadi. Shuning uchun uni ehtiyotkorlik bilan sarflash, hisob-kitoblarni to'g'ri olib borish lozim. Yelim konsentratsiyasini quyidagi usul bilan aniqlash mumkin: quruq qoldiq, smolani sulfat kislotada cho'ktirish, smolan kislotalarni suvsiz muhitda titrlash va fotometr usuli. Zavod laboratoriyalarida qo'llash mumkin bo'lgan oson usullar bu quruq qoldiq va smolani cho'ktirish.

Quruq qoldiq usuli bilan aniqlashda pipetka bilan 20 ml kanifol yelimidan olib, quritilib tortilgan farfor tigelga quyuladi, sekinlik bilan suv hammomida suvni parlatishadi, quritish shkafida 105°C da massani og'irligi o'zgarmaguncha quritiladi. Yelim konsentratsiyasi C_k quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$C_k = a \times 1000/20 = 50 \times a, g/l,$$

bunda, a – qoldiqni a.q. massasi, g.

Yuqori smolali yelimni konsentratsiyasini aniqlashda, quritilib tortilgan 50 ml li farfor tigelga taxminan 5 g yelimdan solinadi. So'ngra 120°C da, og'irgigi o'zgarmay qolguncha, quritiladi. yelim konsentratsiyasini quyidagi formula bilan hisoblaydi:

$$C_k = a \times 100/g, \%$$

bunda, a – qoldiq a.q. massasi, g ; g – tajriba uchun olingan namuna og'irligi, g .

Smolani cho'ktirish yo'li bilan aniqlash usulida, pipetka bilan konus shaklidagi kolbaga 29 ml kanifol yelimidan quyulib, ustiga 30 ml 0,1 n sulfat kislota eritmasidan quyuladi. Aralashmani elektrplita ustida qizdirish jarayonida suyuqlikni aralastirib turiladi, pag'a-pag'a bo'lib cho'kkan smolani bitta qilib to'planadi. Kolba biroz sovugach, plastik holdagi qolgan smolali bo'lakchalar yig'ib olinadi, distillangan suv bilan yuviladi, filtr qog'oz ustida quritilib, tortiladi va yuqorida keltirilgan formula bilan yelimni konsentratsiyasi aniqlanadi. Bu usulda aniqlangan yelim konsentratsiyasini xatosi, yelimga bog'langan suv hisobiga, 10–20 %ni tashkil etishini e'tiborga olish lozim. Bu xatolik kanifolni sarfini qog'oz olishda 2–5 kg/t ortiqcha sarflashga olib keladi. Shuning uchun quruq qoldiq usulidan foydalanish aniqroq natija beradi.

Yelim tarkibidagi ozod smola miqdorini aniqlash. Kanifolli yelim tarkibidagi ozod smola uning muhim ko'rsatkichlardan hisoblanadi. U yelimlovchi emulsiya sifati va yelimlovchi emulsiyaning yelimlash qobiliyatiga ta'sir etadi. Yelim tarkibidagi ozod smolani aniqlashning ikkita usuli mavjud: titrlash va efir bilan ekstraksiyalash.

Titrlash usulida 1 g atrofida kanifolli yelimni, hajmi 100 ml bo'lgan farfor likobchaga tortib olib, suv hammomida 60–70°C da yelimni 50 ml 96 % etil spirtida eritadi. Iliq eritmaga 2–3 tomchi fenoltalein tomiziladi va 1 n natiriy ishqori bilan xiyol qizil ranggacha titrlanadi.

Ozod smola miqdorini quyidagi formula bilan aniqlaydi:

$$m_c = m \times V \times 100/g,$$

bunda, m_c – ozod smolani massa ulushi, %; m – 1 ml 1 n natriy ishqori bilan neytrallangan kanifol massasi, g ; V – 1 n ishqorni titrlash uchun sarflangan hajmi, ml; g – analiz uchun olingan yelim massasi, g .

m ko'rsatkichi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$m = 100 \times 0,04 \times 56/K_{ch} \times 40 = 56 / 10 K_{ch},$$

topilgan m ni o'rniga qo'ysak m_c hisoblashni oxirgi formulasi kelib chiqadi:

$$m_c = 560 \times V/g \times K_{ch},$$

Efir ekstraksiya usuli yelim tarkibidagi ozod va bog'langan smolalarni alohida-alohida aniqlash imkonini beradi.

3 g yelim-pastasini (kanifol yelimdan tayyorlangan) 50 ml iliq suv bilan suyultiriladi va uni ajratuvchi voronkaga quyuladi, ustiga 35 ml efir (petroleyin, oltingugurtli) va yaxshilab aralashtiriladi (встряхивают). Bunda ozod smolan kislotani asosiy qismi efirda eriydi. Ajratish voronkasidan pastki – suv qismini boshqa ajratuvchi voronkaga oqiziladi, yuqoridan efirli qismini, tortilgan kolbaga quyuladi. Ikkinchi voronkadagi suvli eritma, tarkibida efirda erimaydigan, asosan smolan kislotasini natriyli tuzi, efirda erigan qismini besh marta qaytarib, ozod smoladan butunlay ozod qiladi. Efir qismini hammasi qo'shiladi va efir haydaladi, smolani quritib tortiladi. Ajratish voronkasidagi suvli qismiga suyultirilgan sulfat kislotasidan kislotali muhit hosil bo'lguncha tomiziladi. Shu usulda ishlov berilgan smolan kislotasini natriyli tuzini ozod smolaga o'tkaziladi, uni ham efir bilan yuqridagi usul bilan ajratib olinadi va efiri haydaladi, birinchi qismidagi usul bilan aniqlanadi:

Ozod smola miqdorini quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$m_c = (m_1 / g)100, \%,$$

bunda, m_1 – quritilgan ozod smola massasi, g ; g – yelim namuna massasi, g .

Yelim tarkibidagi ozod va bog'langan smolalar miqdorini yuqoridagi formulaga qo'yib topiladi.

Kanifol yelimi tarkibidagi ozod smola miqdorini aniqlash uchun titrlash usuli aniqroq natija beradi. Modifikatsiyalangan kanifoldan tayyorlangan yelim tarkibidagini – efir usuli bilan aniqlangani yaxshiroq.

Kanifol yelimini disperslik darajasini aniqlash. Disperslik darajasi mikroskop orqali yoki lanametrda 600–800 kattalashtirish orqali aniqlanadi. Buning uchun, predmet oynasi ustiga, o'ta suyultirilgan yelimdan tayyorlangan preparat tomiziladi. Ustini ikkinchi predmet oynasi bilan yopiladi. Buning uchun biologik mikroskoplarning o'lchovchi lineykasi bo'lgan barcha turlaridan foydalanish mumkin.

Misol. Obyektivdagi lineykaning bir bo'lagi 0,01 mm, yoki 10 mkm, bunda 75 okular – mikroskop bo'lagi 15 obyekt – mikrometriga teng. Okular – mikrometr bo'lagining qiymati $(15 \cdot 0,01)/75 = 0,002 \text{ mm} = 2 \text{ mkm}$ ga teng.

So'ngra obyektiv mikrolineyasini olib qo'yib, predmet stoliga yelimli preparat oyna o'rnatiladi. Yelimdagi har xil diametrdagi, masalan 1 mkm gacha, 1 dan 2 mkm va 2 mkm dan katta zarachalar hisoblanadi. Har bir fraksiyalarni %da ifodalanadi.

Yelim tarkibidagi ishqorni aniqlash. Smola konsentratsiyasini aniqlagandan so'ng qolgan suyuqlik 0,1 n natriy ishqori bilan, fenolftalein ishtirokida, och qizil rangacha titrlanadi.

Yelim tarkibidagi ishqor S_i quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$S_i = (30 - V) 1000 \cdot 0,004/20 = 0,2(30 - V), \text{ g/l},$$

bunda, V – titrlashga sarflangan 0,1 n ishqorning hajmi, ml.

Aluminiy sulfati konsentratsiyasini titrlash metodi bilan aniqlash. Kanifol yelimini koagulatsiyalash va uni tolalarga mahkamlash uchun, qog'oz massasiga aluminiy sulfati qo'shiladi. Aluminiy sulfati eritmasini tayyorlash uchun, 10 g atrofida undan olib 90–100 ml iliq distillangan suvda eritiladi. So'ngra tayyorlangan eritmani kotsentratsiyasi (titrlash yoki zichligi orqali) va erimagan qoldiq aniqlanadi. Tayyorlangan aluminiy sulfat eritma-

sidan 2 ml olib, 25 ml 0,05 M trilon B eritmasi qo'shiladi va 10 ml atsetat bufer eritmasi (pH 5,7–5,8) qo'shiladi. Kolbadagi aralashma elektrplitkada qizdiriladi, 2–3 min qaynagach, havoda sovutiladi, 30 ml atseton qo'shiladi, ditioazon indikatoridan 1 ml solinib, 0,05 M ZnSO₄ bilan qizg'ish-binafsha ranga o'tganча titrlanadi; 1 ml 0,05 M 1,349 mg/ml Al⁺³ to'g'ri keladi. Aluminiy ionlarini x miqdorini quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$x = (25 \times K_1 - aK_2) \times 1,349/2, \text{ g/l}$$

bunda, K_1 , K_2 – 0,05 M trilon B va ZnSO₄ eritmalariga tuzatuvchi koefitsiyentlar.

Aluminiy sulfat konsentratsiyasini Al₂(SO₄)₃ • 18H₂O hisobida quyidagi formula bilan hisolash mumkin:

$$C = (x666)/54, \text{ g/l}$$

Aluminiy sulfat eritmasi konsentratsiyasini uning zichligi orqali aniqlash mumkin (17-jadval).

Aluminiy sulfat konsentratsiyasining eritma zichligiga bog'liqligi

17-jadval

Eritmaning 15 °C dagi zichligi, g/sm ³	Aluminiy sulfatining konsentratsiyasi, g/l, tarkibidagi Al ₂ O ₃ , %		
	13	14	15
1,005	11	10	9
1,016	32	30	28
1,020	54	50	47
1,036	75	70	65
1,045	97	90	84
1,055	118	110	100
1,064	140	130	121

1,075	162	150	140
1,082	189	170	159
1,092	205	190	177
1,101	225	210	196
1,110	248	230	215

Jadvalning davomi

1,119	250	250	233
1,128	291	270	252
1,137	312	290	271
1,145	334	310	289
1,154	355	330	308

Suvda erimagan qoldiq miqdorini aniqlash. O'rtacha namunadan 10 g olib 70–80 ml issiq suvda eritiladi. Kulsiz filtr orqali filtrlanadi, SO_4^{2-} ionni tugaguncha sovuq suvda yuviladi. Filtratni 250 ml o'lchamli kolbada yig'iladi va uni aluminiy sulfatini titrlash usuli bilan aniqlaguncha qoldiriladi, qoldiq bilan filtr quriladi, so'ngra kuydirilib, tigildagi massa sovitiladi. So'ngra analitik torozida tortiladi.

Erimagan qoldiq x quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$x = a100/g, \%$$

bunda, a – kuydirilgan qoldiq massasi, g; g – aluminiy sulfat namunasi, g.

3.7. Tayyor mahsulotni yelimlanish darajasini aniqlash

Qog'oz va kartonning yelimlanish sifatini yelimlanish darajasi bilan aniqlanadi. Shu bilan birga, kanifol yelimni ushlab qolinish ko'rsatkichi ham aniqlanadi. Bu ko'rsatkich orqali, ma'lum darajada kanifol yelimini ushlab qolinish darajasini ham aniqlash mumkin.

Kanifol yelimini qog'ozda ushlab qolinish ko'rsatkichini aniqlash. 5 g tayyor yelimlangan qog'oz massasidan olib, 3x3 mm o'lchamda kesiladi, smolasizlangan filtrga o'raladi va "Э-8 ekstrakt apparatini (9-rasm) yig'uvchi 4 qismiga joylashtiriladi. Ekstraktor 1 kolbasiga uning 2/3 hajmiga 4 ml konsentrlangan xlorid kislota va 500 ml etil spirt aralashmasi quyuladi. Qaytarma sovitgichga 3 sovuq suv ulanadi va suv hammomi yordamida 5 soat mobaynida ekstraksiya qilinadi.

Isitish darajasi shunday tashkil etiladiki, 1 soat ichida 8–10 marta spirt ekstrakt yig'uvchi qismidan toshib tushadigan bo'lishi kerak. Ekstaksiya tugagach, spirtni suv hammomida 5–10 ml suyuqlik qolgancha haydaladi. So'ngra kolbani termostatga o'rnatiladi va 105°C da suyuqlik butunlay uchirib yuboriladi. Kolbadagi quruq qoldiq savitilgach 20 ml dietil efirda eritiladi.



9-rasm. Qog'ozdagi kanifol yelimini ushlab qolish uchun Э – 8 apparati:

1–kolba; 2–ekstraktor; 3–qaytaruvchi xolodilnik;
4–ekstrakt yig'uvchisi; 5–suv hammomi.

Efirli eritma kulsiz filtr orqali filtirlanadi, cho'kma 20 ml efir bilan yuviladi va olingan ikkala filtratlar, quritib tortilgan byuksga quyuladi. Efirni suv hammomida haydaladi, byuksni esa og'irligi bir xil bo'lgancha 105°C da quritish shkafida quritiladi. Olingan natijani,

kanifol yelimini qog'oz massasi suspenziyasiga (1 t qog'oz yoki kerton) qo'shilgan massasiga nisbatan %da ifodalaydi.

Bu aniqlash uchta parallel qaytariladi. Uchlasining farqi 5 %dan oshmasligi kerak. Ushlab qolingan kanifol yelim U quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$U = g_1 \cdot 10^6 / g \cdot G \cdot 10^3 = 10^5 g_1 / gG, \%$$

bunda, g_1 – olingan qog'oz namunasidagi yelim massasi, g; g – namuna qog'oz massasi, g; G – kanifol yelimini sarfi, kg/t.

Misol. Qog'oz olishda kanifol yelimni sarfi 18 kg/t. Analiz uchun olingan qog'oz namunasi 5,3 g, namunadagi yelim massasi 0,081 g ekan. Bunda:

$$U = 10^5 g_1 / gG = 105 \cdot 0,081 / 5,3 \cdot 18 = 85 \%$$

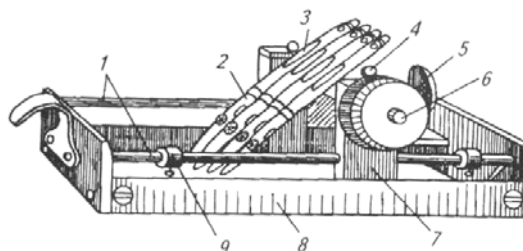
Qog'ozning yelimlanish darajasini aniqlash. Qog'oz va kertonlarning sifat ko'rsatkichlaridan biri yelimlanish darajasi. Bu ko'rsatkichni aniqlash uchun 50 dan ortiq usullar ishlab chiqilgan. Rossiyada qog'ozni standart tekshirish uchun siyoh-shtrixli usul va quruq indikator usuli qo'llaniladi. Shu bilan birga qog'ozni bir tomonidan namlanish (Kobb) usuli ham qo'llaniladi.

Siyoh-shtrixli usul – bu usul oddiy va keng qo'llaniladigan metod hisoblanadi. Usulning mazmuni – qog'oz yuzasiga siyoh solingan resfeder bilan har xil qalinlikda shtrixlar chizish, bunda siyoh yoyilmasligi va varog'ni ikkinchi betiga o'tmasligi (24 soatda) lozim.

Yozuv qog'ozini yelimlanish darajasini aniqlash uchun 2-raqamli standartlashtirilgan binafsha rang siyoh qo'llaniladi. 1-raqamli siyoh bilan boshqa barcha qog'ozlarning yelimlanish darajasi aniqlanadi.

Qog'ozni yelimlanish darajasini aniqlash uchun, bir varoq qog'oz namunasini tekis yuzaga qo'yib, resfeyderlarni 10 mm balandlikkacha tegishli siyohdan solib, qalinligiga qarab ketma-ket o'rnatilgan resfeder bilan kamida 140 mm chiziqlar chiziladi.

Birinchi shtrix kengligi 0,25 mm, qolganlari 0,25 mm dan oshib borgan qalinlikda bo'lishi kerak. Oxirgi shtrixning kengligi 2 mm. Bu metod orqali, qog'ozni yelimlanish darajasi, namunaga olingan qog'oz yuzasidagi siyoh quritilgandan keyin, shtrixni siyoh yoyilmagan va varoqni ikkinchi betiga o'tmagandagi yuqori eni millimetrda o'lchanadi. Masalan, to'rtta shtrixlardan yoyilmagan va ikkinchi betiga o'tmaganlari shtrixlar 0,25 va 0,50 mm, bunda yelimlanish darajasi 0,50 tashkil etadi. Bu metod bilan qog'ozning yelimlanish darajasini aniqlashda ShBP pribori qo'llaniladi (10-rasm).



10-rasm. Qog'ozning yelimlash darajasini aniqlashda qo'llaniladigan ШПР pribori:

1—pribor ramkasi; 2—resfederlar; 3—muftacha; 4—fiksator;
5—ruchka; 6— valik; 7—siljuvchi tyagi; 8—priborni asosi;
9—to'xtatkich halqa.

Tekshirish uchun tayyor mahsulotdan 5 varoq olinadi va tekshiriladi. Resfederlarni siljitish tezligi taxminan 80–100 mm/sek.

Quruq indikator usuli bilan yelimlanish darajasini aniqlashda suvni qog'oz qalinligining ikkinchi tomoni namlanganda indikatorning rangi o'zgargandagi vaqtni aniqlashga asoslangan.

Indikator ikki qismdan iborat— 9 qism shakar uni, bir qism kraxmal va 0,2 qism K markali binafsha rangli bo'yoq. Shakar uni va kraxmalni aralashtirishdan oldin alohida-alohida yanchilib, 40-

raqamli elakda elanadi va 100°C da 15 soat quritiladi. So'ngra komponentlardan aralashma tayyorlanadi, 30 min quritiladi va yana o'sha elakda elanadi. Tayyor indikator shisha sklyankada, ishqalangan probka bilan yopilgan holda saqlanadi.

Quruq indikator usuli bilan qog'ozning yelimlanish darajasini aniqlash uchun, tekshiriladigan qog'oz varoqlardan 50x50 mm o'lchamda 5 dona qirqib olinadi, qalinligi aniqlanadi, chetlarini 5 mm balandga qayrib qo'yiladi. Tayyorlangan namuna ichiga 24-raqamli setka orqali yupqa qilib quruq indikator sepiladi. Indikator sepilgan namuna, suv solingan vannaga tushiriladi va vaqti sekundomerda o'lchanadi. Bu amallar 20+1°C da bajariladi. Indikatorni dastlabki o'zgarishi bilan sekundomer to'xtatiladi va vaqti yozib olinadi. Qog'ozni har ikkala tomoni shu tariqa alohida-alohida tekshiriladi.

Yelimlanish darajasi D quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$D = t/h, s/mm,$$

bunda, t – vaqt, sekund; h – qog'oz qalinligi, mm.

Besh marta tekshirilgan natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

Kobb usuli qog'ozning suvni so'rish natijasida og'irligini oshishiga asoslangan. Qo'llaniladigan asbob – tagi tekis, ichki diametri 112,7 mm lik silindr shaklidagi idish.

Tekshirish quyidagicha bajariladi. Shablon bilan o'lchami 120x130 mm bo'lgan namuna tayyorlangan qog'ozdan kesib olinadi. Namuna silindrni pastki qismiga o'rnatiladi va u silindr korpusi bilan siqib qo'yilgach, silindrga 100 ml suv quyuladi, xona temperaturasi 20+1°C da tegishli vaqt ushlab turilgach, suvi to'kib tashlanadi va 45 sekund 180° holatida ushlab turiladi. So'ngra elektron torozida 10–15 sekund mobaynida tortiladi. Sinash uchun 4 ta namuna olib ikkala tomoni tekshiriladi.

1 m² qog'ozga yutilishi har qaysi tomonini alohida quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$G = 100(b - a), g/m^2$$

bunda, b – namunani sinashdan keyingi massasi, g ; a – namunani sinashdan oldingi massasi, g .

Natijasi uchun 5 ta sinovni o'rtacha arifmetik qiymati 0,1 aniqlikkacha olinadi.

3.8. Qog'ozlarni neytral va ishqoriy sharoitlarda yelimlash

Qog'oz va kartonlarni neytral muhitda quyush butun dunyoda keng tarqalan. Buning sabablari har xil.

Rossiyada neytral-ishqoriy muhitda quyush texnologiyasiga quyidagilar sababchi:

- 1) katta ohak qazilmalarini topilishi va ishlab chiqarilishi;
- 2) yaratilgan yangi qog'oz va kartonga talabning ko'pligi;
- 3) ekologik muammolarining keskinlashuvi;
- 4) ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini oshirish zarurligi;
- 5) qog'oz sifatiga bo'lgan talablarning oshishi.

Shuni ta'kidlash kerakki, «ishqoriy yelimlash» va «neytral yelimlash» prinsipial farq qilmaydi. Hozirda ikkala termin ham pH 6,8–9,0 da massa quyushda qo'llaniladi. Shuning uchun «neytral yelimlash» va «qog'oz va kartonni neytral texnologiyasi» deganda bir xil narsa tushuniladi.

Neytral yelimlash texnologiyasi bilan barcha qog'oz va kartonlarni o'tkazish mumkin. Lekin bu texnologiya bilan asosan uch guruh mahsulotlar ishlab chiqariladi:

- 1) yuqori navli qog'oz (daraxt massasiz);
- 2) suyuq mahsulotlarni o'rab qo'yish uchun karton;
- 3) makulaturadan test-layner, gipskarton, gofrikartonni o'rta qavati.

Yuqori navli qog'oz kompozitsiyasiga ko'p hollarda CaCO_3 qo'shiladi. Shuning uchun kislotali muhitda, aluminiy sulfatini ishlatgan holda, bunday sifatli qog'ozni olib bo'lmaydi.

Suyuq mahsulotlarni o'rab qo'yish qilish uchun ishlatiladigan kartonlar ishqoriy muhitda olinadi, chunki kislotali muhitda yelimlanganda u talablarga javob bermaydi.

Test-layner va gofri kartonni o'rta qavati uchun qo'llaniladiganlari, kislotali muhitda olinadi. Lekin CaCO_3 miqdori ko'p bo'lgan makulaturani ishlatganda birmuncha muammolar tug'iladi, shu sababli neytral texnologiyaga o'tishga to'g'ri keladi.

Karton va qog'ozlarni neytral muhitda yelimlashga kerakli ximikatlar. Ximikatlar xilma-xil. Ularni Rossiya bozoriga har xil firmalar har xil savdo nomlari bilan keltiriladi. Asosiy firmalar: «Raisio» (Finlandiya), «Akzo Nobeli» (Shvetsiya), «BASF» (Germaniya), «Herofinn» (Finlandiya). Rossiyada ishlab chiqariladigan ximikatlar: kanifol dispersiya (Sakotsell), Novodvinsk sh, AOZT «Novokreme», kationli PAA (Praestol), Krasnokams sh., Volgogradda AKD ishlab chiqariladi.

Kanifol dispersiyasi (dispergirlangan ozod smolan kislota) pH ko'rsatkichi yuqori qiymatlarida bo'lsa ham, kanifol sovun yoki pastaga qaraganda, kanifol yelimi bilan yelimlash imkonini beradi. Agar kanifol pasta uchun muhit chegarasi pH 5,0 bo'lsa, dispersli kanifolda pH 7,5 yuqori bo'lganda ham ishlatish mumkin. Rossiyada Sakotsell 309 yelimlovchi keng qo'llanilgani sababli, uning TU-2454-001-44408713-99 texnik shartlari bo'yicha, texnik ko'rsatkichlarini keltiramiz:

Sakotsell-309 texnik ko'rsatkichlari:

Tashqi ko'rinishi.....Oq dispers

Quruq modda miqdori, %30+1

Zarrachalar o'lchami, mkm.....1,0

Qovushqoqligi, 20°C, mPa/s.....5

Zichligi, 20°C, kg/m³1030

Eritma pH.....6,1...6,7

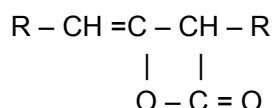
Sakotsell 309 kanifol yelimining maxsus turi hisoblanadi, u kislotali va neytral muhitda ham (pH 4,5–7,5) qo'llaniladi. U qog'oz va kartonni, har xil to'ldiruvchilar ishtirokida (ohak, kaolin yoki talk) ham yelimlash imkonini beradi. Sakolsell 309 oz miqdori

ham yelimlashda yaxshi natija beradi. Agar yuqori yelimlangan qog'oz olishda ohak (CaCO_3) to'ldiruvchisidan foydalanganda uning sarfi 0,5–1,0 % (quruq moddaga nisbatan) kamayadi; talk yoki kaolinni ishlatganda esa 0,2–0,5% yelim kam sarflanadi.

Saotsell 309 ni massaga tovar holda va suvda eritib qo'shish mumkin. Yaxshi aralashish uchun mashina hovuzi (машинный бассейн) yaqinida dozirovka qilish lozim. Har holda kaolinni solishdan oldin qo'shish kerak, chunki bu vaqtga qadar Sakotsell 309 massada yaxshi aralashgan bo'ladi.

Alkiletendimer (AKD) sintetik yelimlovchi agent, qog'oz va karton ishlab chiqarishda, pH ko'rsatkichi 6,5–9,0 oralig'ida ishlatiladi. AKD selluloza bilan kimyoviy reaksiyaga kiradi, bunda kovalent bog' hosil qiladi, bu bilan selluloza yuzasini kislota, ishqor va suvlarga nisbatan turg'unligini ta'minlaydi.

Alkiletendimer asosiy yelimlovchi material vazifasini bajaradi. U moy kislotasidan (жир) olinadi. Kimyoviy formulasini quyidagicha ifodalash mumkin:



Bundagi R alkil gruppasi, ishlatilgan moy kislotasini tabiatiga bog'liq. Odatda, stearin ($\text{C}_{18}\text{H}_{33}$) va palmetin ($\text{C}_{16}\text{H}_{33}$) kislotalari aralashmasi hisoblanadi. Alkil gruppasi $\text{C}_{16}\text{H}_{33}$ yoki $\text{C}_{14}\text{H}_{26}$ formulari bilan ifodalanadi.

Ketendimer selluloza bilan reaksiyaga kirishib, β – ketoefir hosil qiladi, odatda uni AKD – bog' deb belgilashadi, bunga asosan ko'p bog'lovchi birikmalar shakllanadi. So'ngra suv reaksiyaga kirishadi, natijada, uglerod dioksidi va keton hosil bo'ladi.

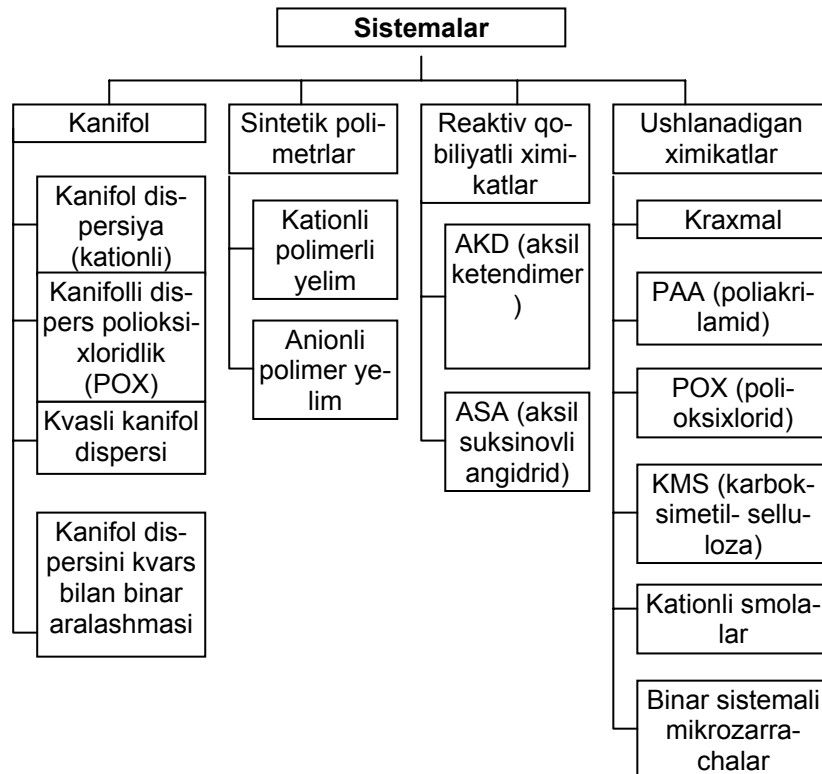
Yevropada neytral usuli bilan yelimlash usuliga 1970-yillardan boshlab o'taboshlagan.

Neytral usulga o'tishning asosiy sabablaridan biri, kalsiy karbonatdan to'ldiruvchi sifatida foydalanish hamda bu yuqori dara-

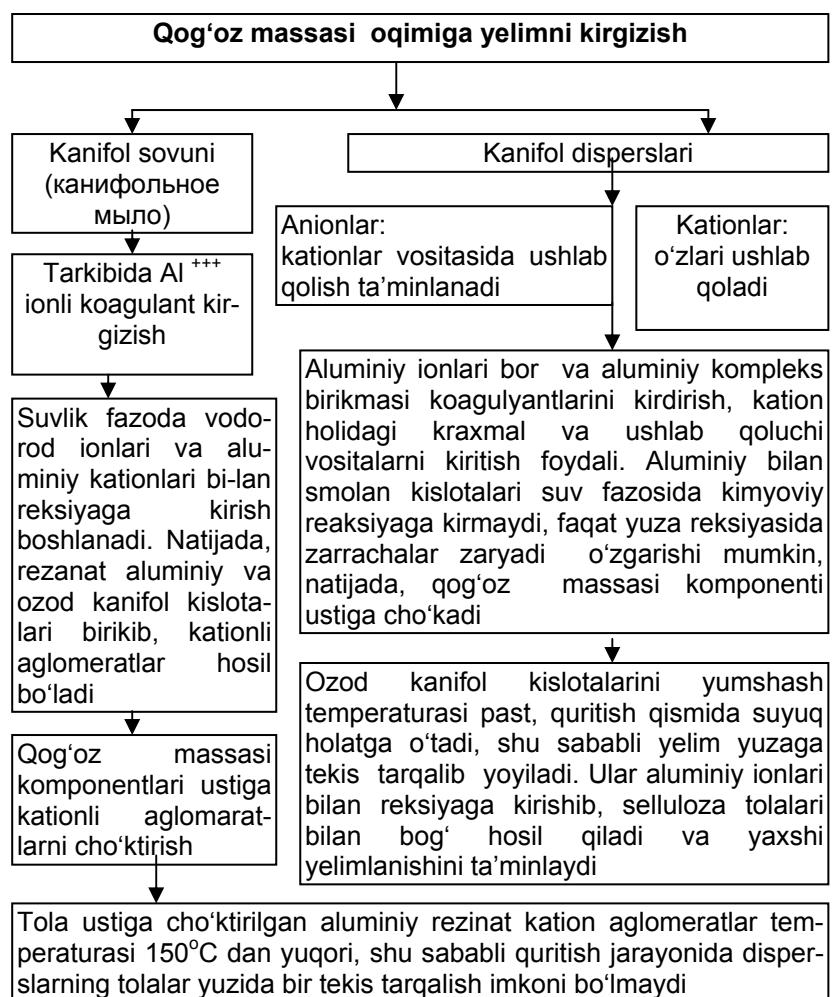
jali oqartirish imkonini beradi. Bundan tashqari, yelimplashning neytral usulori gidrofoblik va mustahkamlik;

- qurilmalarning karroziyaga uchrashini kamytirish;
- to'ldiruvchilarni qog'ozda ushlanib qolishini oshishi;
- oqartiruvchi agentlarning effektini oshirishi.

Neytral yelimplash uchun ximikatlar sistemasi



Odatdagi kanifol materiallarga qaraganda AKDni yelim sifatida ishlatganda qog'ozni har xil suyuqliklarni yutilishini kamaytiradi. Quyidagi sxemada kanifol sovuni va kanifol dispersi bilan massada yelimlash mexanizmi keltirilgan.



Ishqoriy muhitda qog'oz tayyorlashda optik oqartirish effekti traditsion usulga qaraganda 25–40 % yuqori, bu sezilarli darajada luminoforlarni kamaytirish imkonini beradi.

3.9. Qog'ozni neytral muhitda yelimlaganda unga ta'sir etuvchi faktorlar

AKD bilan barcha turdagi tolali massani yelimlash mumkin, kanifol esa bundan mustasno. Oksidlovchi moddalar – ozod xlor (xlor qoldig'i), gipoxlorit qoldig'i, peroksidlar AKD bilan yelimlashda salbiy ta'sir etadi, chunki kimyoviy birikishi mumkin. Oksidlovchi moddalar, AKDga kiruvchi kraxmalni, disper holatgacha parchalaydi va AKDni gidrolizlanishiga sabab bo'ladi. Sellulozadagi qoldiq xlori natriy sulfatdan 2–4 kg/t miqdorda, quruq selluloza hisobidan, qo'shib neytrallash mumkin.

pH va ishqoriy muhitni ta'siri. Selluloza massasiga pH ko'rsatkichini ta'siri juda katta. pH oshishi ketendimerni selluloza bilan reaksiyaga kirishishini kuchaytiradi. Shuni ta'kidlash kerakki, pH 9,0 dan oshganda dimerni suv bilan birikishi intensivlashadi, natijada, keton hosil bo'ladi, u yelimlash jarayoniga to'sqinlik qiladi. pH juda yuqori bo'lganda esa oqartirilgan sellulozani destruksiyaga olib keladi, bu hol o'z navbatida sellulozaning oqlik darajasini va pishiqligini pasaytiradi.

Neytral sharoitda qog'oz olishda pH standart ko'rsatkichi 7,5–8,5 hisoblanadi.

Aluminiy sulfatning ta'siri. Kanifolli yelimlashdan o'laroq, aluminiy ionlari, AKD bilan yelimlashda salbiy ta'sir qiladi. Chunki u AKD selluloza bilan reaksiyaga kirishish jarayonini pasaytiradi.

AKDni ushlab qolish. AKDni kolloid eritmasi tarkibida kationli kraxmal borligi sababli, yelim zarrachalari biroz musbat zaryadlangan bo'ladi. Shunga qaramasdan AKD qo'shish bilan birga, ketendimerni yaxshi ushlanib qolinishi uchun, himoya vositasi dan foydalaniladi. Buning uchun kationli PAA, kationli kraxmal va smolalardan foydalaniladi. Yevropada bu maqsad

uchun Kopezil va Gidrokollar ishlatiladi.

To'ldiruvchilar. To'ldiruvchilar, qog'oz va karton ishlab chiqarishda kanifol va AKD bilan yelimlashda salbiy ta'sir etadi. To'ldiruvchi kalsiy karbonat, kaolinga nisbatan, yelimlash jarayoni unchalik qiyinlashtirmaydi. Qayta cho'ktirilgan kalsiy karbonatning salbiy ta'siri, cho'ktirilmagan kalsiy karbonatga nisbatan, yuza maydoni katta. Yelimlash darajasiga to'ldiruvchilarini ta'sirini quyidagi tartibda joylashtirish mumkin: CaCO_3 , talk, kaolin, cho'ktirilgan CaCO_3 , Al(OH)_3 , TiO_2 .

AKDni qo'shish joyi. AKDni ishlatishdan oldin uni 2–5 % gacha suyultirish kerak. Bu hol, selluloza massasi bilan yaxshi aralashishiga olib keladi. Agar bakdagi temperatura 35°C dan oshiq bo'lsa, qog'oz qiluvchi mashinani bosim yashigi yonidan bergani yaxshi, agar temperatura 35°C dan past bo'lsa, suyultirilmagan massaga berish kerak. Kationli kraxmalni qog'oz massasiga qo'shsa, yelimni ushlab qolinishi oshadi. Odatda, uning sarfi 5–8 kg/t tashkil etadi.

Katalizatorlik smolani ta'siri. AKD bilan yelimlash jarayonida quyidagi tarkibiy qismlarni ajratish mumkin:

- 1) qog'oz massasida agentlarni ushlab qolish;
- 2) qo'shimchalarni qog'oz massasining barcha hajmida bir tekis tarqalish;
- 3) selluloza gidroksil gruppalariga AKD molekularining orientatsiyalanishi;
- 4) qog'oz quritish mashinasini quritish qismida qo'shimchalarning selluloza bilan birikishi.

Katalizatorlik smoladan, ayniqsa, massa yomon yelimlanayotganda foydalanish taklif etiladi. Lekin katalizatorlik smolani ishlatganda qog'ozni oqlik darajasi pasayadi va optik oqartiruv-chiga salbiy ta'sir etadi.

Qog'ozni quritish. Qog'oz qilish mashinasida, AKD bilan yelimlash jarayoni tugamasligi sababli, AKD bilan sellulozani birikish reksiyasini tezlashtirish maqsadida, qog'ozni quritish temperaturasini imkon qadar yuqori ko'tarish kerak bo'ladi.

Yordamchi kimyoviy moddalarning ta'siri. Qog'ozga quruq hamda nam hollarida mustahkamligini oshirish uchun qo'shilgan havosizlantiruvchi himoya vositalari va smolalar qo'shiladi.

Boshqa qo'shimchalar, aksincha, yelimlash jarayoniga salbiy ta'sir etadi. Ko'pchilik qo'shimchalar gidrofob bo'lgani sababli namlovchi modda kabi ta'sir etadi.

Har xil qo'shimchalarni, qog'oz ishlab chiqarishda ko'p qo'llanishi sababli, quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

1) Yelimlashni yaxshilovchi qo'shimchalar:

- suvsizlantiruvchi qo'shimchalar;
- kationli kraxmal;
- ushlab qoluvchi qo'shimchalar;
- nam holdagi mustahkamligini oshiruvchi smolalar;
- quruq holda mustahkamligini oshiruvchi smolalar.

2) Yelimlashga salbiy ta'sir etuvchi qo'shimchalar:

- ko'pikso'ndiruvchilar;
- sirt faol moddalar (disperslovchi agentlar, namlovchi moddalar);
- to'ldiruvchilar (ayniqsa, yuqori dispersli);
- har xil turdagi yog' va moylovchi materiallar;
- sukno va setkalarni tozalovchilar;
- oksidlovchilar.

IV bob. QOG‘OZ MASSALARINI TO‘LDIRISH

Yozuv va bosma qog‘ozlarini ishlab chiqarishda, qog‘oz massasiga to‘ldiruvchilar qo‘shish keng tarqalgan. Buning sababi ikkita:

– mahsulot tannarxini pasaytirish uchun, qimmatbaho oqartirilgan tabiiy o‘simlik tolalarini, qisman arzon mineral moddalar bilan almashtirish;

– qog‘oz va kartonlarni kompleks xarakteristikalarini yaxshilash, ayniqsa, bosma xossalarini, optik ko‘rsatkichlarini va makrostrukturasi tekislash.

To‘ldiruvchilarning miqdori massada ko‘paysa, olingan mahsulotning sifatini pasaytiradi va yelimplash jarayoniga salbiy ta‘sir etadi.

4.1. To‘ldiruvchilar turi va ularning xarakteristikalari

Mineral xomashyo sifatida qazib olinadigan tabiiy to‘ldiruvchilar, kimyoviy ishlov berilgan mineral to‘ldiruvchilar. 18-jadvalda tabiiy va 19-jadvallarda kimyoviy qayta ishlagan to‘ldiruvchilar xarakteristikalari keltirilgan.

Tabiiy to‘ldiruvchilarning asosiy xossalari

18-jadval

To‘ldiruvchi	Tarkibi, %, va kimyoviy formulasi	Zichligi, g/sm ³	Sindirish koef-fitsiyenti	Zar-rachalar o‘lchami, mkm	Oqlik darajasi, % ISO
Kaolin	Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ ·	2,6–3,2	1,55–1,6	0,5–10,0	70–84

jadvalning davomi

	2H ₂ O (Al ₂ O ₃ – 34–42; SiO ₂ – 43–52; H ₂ O – 12–15)				
Tabiiy ohak	CaCO ₃ (CaCO ₃ – 95–99; MgO · MgCO ₃ - 1–5)	2,5–2,7	1,50–1,65	0,7–5,0	85–95
Talk	Mg ₃ H ₂ (SiO ₃)SiO ₂ – 60–62; MgO – 30–35; H ₂ O – 1,9–4,3)	2,6–2,8	1,56–1,57	0,5–10,0	70–95
Gips	CaSO ₄ · 2H ₂ O (CaO-32,6; SO ₃ -46,5; H ₂ O - 20,9)	2,3–2,4	1,52–1,55	1,0–5,0	70–80
Barit	BaSO ₄ · H ₂ O (BaSO ₄ -80; 2H ₂ O – 20)	4,5	1,65	2,0–5,0	93–95
Kalsiy silikati	CaSiO ₃ - 96	2,5–2,9	1,53–1,62	1,0–10,0	89–95

Kimyoviy o'zgartirilgan to'ldiruvchilarning asosiy xossalari

19- jadval

To'ldiruvchi	Tarkibi, %, va kimyoviy formulasi	Zichligi, g/sm ³	Sindirish koef-fitsiyenti	Zar-rachalar o'lchami, mkm	Oqlik darajasi, % ISO
Cho'ktilgan ohak	CaCO ₃ (CaCO ₃ – 95,6; H ₂ O – 4,4);	2,7–2,9	1,55–1,66	0,2–0,5	95–97

jadvalning davomi

Titan dioksidi:					
rutil	TiO ₂ – 99	4,2	2,70	0,2–0,5	97–99
anataz	TiO ₂ – 99	3,3	2,55	0,1–0,5	98–99
Blanfiks	BaSO ₄	4,5	1,64	0,5–2,0	95–97
Rux sulfidi	ZnS	4	2,37	0,3–0,5	97–98
Rux oksidi	ZnO	5,6	2,01	0,3–0,5	97–99
Litopon	ZnS + BaSO ₄ (ZnS – 28–30; BaSO ₄ – 70–72)	4,3	1,84–2,0	0,3–0,5	97–98

Kaolin – qog‘oz va karton ishlab chiqarishda, to‘ldiruvchi va yuza yelimlashda qo‘llaniladigan pigment. Mineral pigmentlar ichida kaolin keng tarqalgan. Kaolinni asosiy konlari AQSH, Angliya, Braziliya, Qozog‘iston va Ukraina. Yaqindan boshlab O‘zbekistonda ham ishlab chiqarish yo‘lga qo‘yildi. Kaolinni oqlik darajasi va zarrachalarining o‘lchamlari, asosan, qazib olingan joyiga va ishlab chiqarish usuliga: tozalash, oqartirish va flotatsiyalashga bog‘liq. Masalan, Ukrainada ishlab chiqarilgan kaolin markasidagi raqamlar uning oqlik darajasini ko‘rsatadi, ishlab chiqarish texnologiyasini farqini shundan ham farqlash mumkin: qog‘oz yuzasini qoplash uchun ishlatiladigan – КП-87, КП-84; to‘ldiruvchi sifatida ishlatiladigan: KH-84, KH-82, KH-80, KH-78, KH-77, KH-73. O‘zbekistonda Angrenda ishlab chiqariladi, uning oqlik darajasi 76–86 % atrofida.

Karbonatli to‘ldiruvchilar bosma qog‘oz olishda keng qo‘llaniladi. Asosan neytral yoki kuchsiz ishqoriy usulda qog‘oz olishda qo‘llaniladi. Karbonatli birikmalar yer shari massasining 1 % tashkil etadi. Dunyoda 59 dan ortiq zavodlar kukun yoki pasta holda karbonatli to‘ldiruvchilar ishlab chiqaradi. To‘ldiruvchi va qisman qog‘oz yuzasiga ishlatiladigan pasta tabiiy kalsiy karbonatni maydalab olinadi.

Tabiiy kalsiy karbonatning oqlik darajasi 80 dan 96 %gacha ISO, 2 mkm dan past fraksiyasi 40 dan 98 %, suspenzialangan mahsulotida qattiq moddalar 65–78 % tashkil etadi.

Suspenzialangan mahsulotning qulayligi:

- maksimal o'lchamli zarrachalarning kamligi;
- gomogenligining yaxshiligi;
- ishlatishga tayyor holda keltirilishi;
- qayta ishlashni osonligi.

Qayta cho'ktirilgan kalsiy karbonat ohakni 800–900°C kalsiy oksidi CaO holida oladi. So'ngra u kalsiy gidrokidiga, ohakli sut holiga keltirish uchun, suv bilan ishlov beriladi. Ohak sut orqali CO₂ gazini o'tkazib kalsiy karbonat olinadi. Olingan kalsiy karbonatning oqligi 91–97 % ISO, 2 mkm dan past fraksiyasi 60 dan 70, %, 10 mkm dan yuqorilari – 10 % gacha. Eng yaxshi to'ldiruvchi kalsiy karbonatlarining xarakte-ristikalari 20-jadvalda keltirilgan.

Eng yaxshi navli karbonatli to'ldiruvchi va pigmentlarning xossalari

20-jadval

Marka	Og'irli-gi, % ISO	Granulometrik tarkib, %		Ishlatilishi va ustuvorligi
		< 2 mkm	> 10 mkm	
ECC firmasi ishlab chiqaradigan				
Carbilux	94,0	99	–	Losk va oqlik darajasi yuqori
C95HS	94,5	95	–	Losk va oqlik darajasi juda yuqori

jadvalning davomi

C90HS	95,0	90	–	Yuzani qoplash uchun
C75HS	95,0	75	–	Yuzani oqartirib

				qoplash va pastki qatlam uchun
C60HS	95,0	60	–	Yuzani oqartirib qoplash, pastki qatlam va to'ldiruvchi
Interacarb 80	94,0	80	–	Yuqori dispersli to'ldiruvchi
Interacarb 60	94,0	60	–	To'ldiruvchi
LX95	87,0	95	–	Yuqori losk, oqlik darajasi o'rtacha
LX75	87,0	75	–	Tag qatlam va to'ldiruvchi
«Omya» firmasi ishlab chiqaradigan				
Hudrocarb 40-VA (Chexiya)	93	40	>2	To'ldiruvchi
Hudrocarb 50-VA (Chexiya)	93	50	>1	To'ldiruvchi
Hudrocarb 60-FO/LV 75 (Finlandiya)	93	60	> 0,5	To'ldiruvchi
Hudrocarb 90LV 75 (Finlandiya)	94,5	90	–	Bo'rlash (мелование) uchun pigment
Hudrocarb 90-OG (Fransiya)	91	90	–	Bo'rlash (мелование) uchun pigment
Hudrocarb 90-FO/LV 75 (Finlandiya)	93	90	–	Bo'rlash (мелование) uchun pigment
Hudrocarb tiller FO/LV 65 (Finlandiya)	93	54	>2	To'ldiruvchi

Talk – bu mineral tog' shamoli ta'sirida hosil bo'ladi. Kimyoviy formulasi – $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Tarkibida SiO_2 60 – 63%; MgO 30– 32 % ; H_2O 4,8 % hamda temir va aluminiy qoldiqlari

bor. Talk – juda yumshoq, kimyoviy neytral, suvda erimaydi, organofil, gidrofob, zarrachalari plastinka shaklidagi mineral pigment.

Oqlik darajasi yuqori emas – 85–87 %. Zarrachalarining o'lchami 0,3 dan 10 mkm (asosan 0,3–5,0 mkm).

Yirik qazilma joylari: Avstraliya, Avstriya, Kanada, Finlandiya, Ispaniya va AQSH. Talk asosan makulaturani qayta ishlashda ko'proq ishlatiladi.

Titan dioksidi (TiO_2) oqlik darajasi (98 %) va disperslik darajalari yuqori (0,3–0,5mkm) bo'lgan kristall holdagi poroshok. Titan dioksididan 2–3 % qo'shilganda, kaolindan 30 % qo'shilgan qog'ozning tiniqsizligini beradi. Qog'oz ishlab chiqarish sanoatida ikki xil turi ishlatiladi: anataz (yorig'lik sindirish koeffitsiyenti 2,55, zichligi – 3,9 g/sm³ gacha) va rutil (yorig'lik sindirish koeffitsiyenti 2,70, zichligi – 4,2 g/sm³ gacha). Sifatining yaxshiligi tufayli maxsus qog'oz ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi.

4.2. Qog'ozda to'ldiruvchilarning ushlanib qolishi

4.2.1. Qog'ozda to'ldiruvchilarning ushlanish darajasi

Qog'ozda to'ldiruvchilarning ushlanish darajasi deb, qog'oz qilish mashinasining (QQM) nakatidagi qog'oz tarkibidagi to'ldiruvchini (%), qog'oz massasini QQM setkasiga quyush oldidagi to'ldiruvchi miqdoriga nisbatiga aytiladi. To'ldiruvchini massadagi va qog'ozdagi miqdori quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_m = 100(Z_m - Z_t)/100 - Z_m - S;$$

$$N_q = 100(Z_q - Z_t)/100 - Z_q - S;$$

bunda, N_m , N_b – a.q. to'ldiruvchini massadagi va qog'ozdagi miqdori, %;

Z_m , Z_q , Z_t – kulning a.q. massadagi, a.q. qog'ozdagi va a.q. toladagi miqdori, %; S – a.q. to'ldiruvchini kuydirishdagi isrofi, %.

To'ldiruvchilarning kuydirishdagi isrof 21-jadvalda keltirilgan.