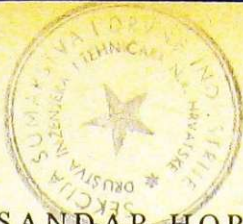


Op. 2054



Dr ALEKSANDAR HOROVIC

TEHNOLOGIJA CELULOZE

343

IZDAVAČKO PREDUZEĆE INDUSTRIJSKA KNJIGA
BEOGRAD — 1949

U V O D

Od vajkada je čovek osećao potrebu da nekako opiše i izrazi ponešto od onoga što je video, što je doživeo, da saopšti neku vest, da zabeleži neki podatak. Tražio je neku podlogu kojoj će predati svoje utiske, a docnije i svoje misli.

Još onaj naš poludivlji predak, onaj čovek što je, pre mnogo hiljada godina, živeo po pećinama i ogrtao se polupresnom kožom divljači, urezivao je u zidove svoje pećine likove životinja, a kada se u tome donekle usavršio, i slike iz svakidašnjeg života, najviše iz lova. Urezivao je u drvo različite znake, da bi se potsetio ili da bi drugom saopštio izvesne podatke. (Sve do danas se kod nas održao raboš, koji služi nepisanim ljudima kao sredstvo za beleženje količine mnogih stvari, radi obračunavanja).

Najrazličnija sredstva su u toku hiljada i hiljada godina služila ljudima u tu svrhu, dok se došlo do današnjeg načina pisanja na hartiji. Tu su bile i pločice od ilovače, u koju su ljudi urezivali znake i posle ih pekli, da bi postale trajnije; tu su bile i drvene pločice prevučene kredom, na kojoj su pisali štapićima od olova; naposletku, kao savršena podloga, pojavio se, pre više od 5000 godina, *papirus*, sastavljen od traka isečenih iz jedne biljke koja raste po močvarama Egipta. Zatim je došao pergament, napravljen od naročito učinjene kože; dok nisu, pre 2000 godina, Kinezi pronašli hartiju, kojom se i mi služimo.

U Evropu je hartija došla pre 900 godina, a od pre 800 godina, počeli su je i u Evropi izrađivati. Do pre nepunih 100 godina izrađivali su je samo od krpa, ali napredovanjem opšte kulture, širenjem pismenosti, pokazala se ozbiljna oskudica u krpama, dotad jedinoj sirovini za izradu hartije, pa je i proizvodnja hartije, čija je potrošnja stalno rasla, bila ograničena količinama krpa koje su se mogle skupiti i staviti na raspoloženje za proizvodnju hartije.

Krpe koje su služile za proizvodnju hartije bile su isprva od lanenih i kudeljnih tkanina, a tek docnije i od pamučnih, dakle od biljnih vlakana koja sadrže celulozu.

Zbog oskudice u krpama pretila je ozbiljna opasnost da se napredovanje i širenje kulture zakoči. Trebalo je naći druge, nove sirovine za proizvodnju hartije, trebalo je naći mogućnost snabdevanja industrije hartije svakom potrebnom količinom sirovine. Kad je oskudica bila najveća, pronašli su *Watt* i *Burgess* u Engleskoj način za dobijanje celuloze iz drveta, pomoću takozvanog *natron postupka*. 1854 je prva fabrika počela proizvoditi *natron celulozu*. Ova celuloza nije se još mogla upotrebiti za bolje vrste hartije, — bila je jako sive boje, — ali, led je bio probijen. Već 1866, Amerikanac *Tilghman* je pronašao drugi način dobijanja celuloze, po takozvanom *sulfitnom postupku*. *Tilghman*, međutim, nije radio na tome da svoj pronalazak usavrši do postupka za dobijanje celuloze u industriskom obimu, nego se posvetio drugim pronalascima. Tek švedski hemičar *Ekman*, verovatno ne poznavajući *Tilghmanov* pronalazak, izradio je industriski postupak za proizvodnju ove, takozvane *sulfitne celuloze* i podigao prvu fabriku *sulfitne celuloze u svetu* 1874, u Bergviku u Švedskoj. 1875, ova fabrika je proizvodila 500 tona (50 vagona) celuloze godišnje. Sulfitna celuloza je bila mnogo bolja nego *natron celuloza*. Bila je žućkasto bele boje i mogla je poslužiti za izradu skoro svih vrsta hartije; pronalaskom beljenja hlorom, mogla se upotrebiti i za najfinije hartije.

Ali celuloza ne služi samo za hartiju za pisanje i štampanje, nego i za hartiju za izradu vreća, kesa, ubrusa itd.

Danas se krpe upotrebljavaju samo za izradu najfinijih hartija — za novčanice i dokumente koji treba dugo da drže.

Industrija celuloze se razvila i raširila silnom brzinom po celom svetu.

Ali još mnogo ranije nego što je čovek počeo po zidovima svoje pećine crtati slike, pre nego što je urezivao svoje misli u drvo, vosak i lišće, morao je da zaštiti svoje telo, da se oblači. Prvo se ogrtao kožom divljači i, postepeno, u toku mnogih hiljada godina, naučio je da iskoristi, prvo, vunu, pa onda i biljna vlakna lana, kudeljke i drugih biljaka, da ih upreda i da od njih načini tkanine. Docnije je došla i svila, a lan je velikim delom bio potisnut pamukom.

Pamuk se ne gaji u celom svetu, a vune i svile nema u svim zemljama u dovoljnoj količini. Čovečanstvo se, međutim, sve više množi. Stoga se u zemljama koje ne proizvode ove tekstilne sirovine ili bar ne u dovoljnoj količini počelo raditi na pronalazanju nekog veštačkog vlakna, koje bi zamenilo bar

jedan deo ovih vlakana, kako bi ove zemlje postale nezavisne od država proizvođača pamuka, svile i vune, i kako bi se uopšte olakšalo snabdevanje stanovništva potrebnim tkaninama u većoj količini i po nižoj ceni. Pronađena je veštačka svila, a sirovina iz koje se ona izrađuje takođe je celuloza, koju možemo proizvoditi, takoreći, u svakoj potrebnoj količini.

Čovek međutim hoće i da ulepša i zaštiti svoja dela, — svoje građevine, svoje mašine, prevozna sredstva i predmete svakidašnje upotrebe; da popravi kakvoću svojih proizvoda, da usavrši pomoćna sredstva proizvodnje, a i da se brani od napadača. I za te svrhe mu celuloza služi kao jevtina i obilna sirovina za mnoge proizvode, na primer za filmove, lakove, razne celuloidne mase, lepkove, za mnoge eksplozive i za pomoćna sredstva u tekstilnoj industriji. Svim ovim industrijama celuloza omogućuje masovnu proizvodnju uz nisku cenu.

Glavni, najveći potrošač celuloze je industrija hartije, koja je pre početka drugog svetskog rata trošila preko 14 miliona tona celuloze, to je milion i po vagona. Ostali, ali mnogo manji potrošači su, na prvom mestu, industrija veštačke svile koja je u isto vreme potrošila »samo« pola miliona tona, dakle 50 hiljada vagona celuloze, zatim industrija filmova, lakova, pomoćnih sredstava za tekstilnu industriju, eksploziva, lepkova, itd.

Bez celuloze, današnja civilizacija se ne bi mogla zamisliti. Uzmimo samo hartiju čija je proizvodnja pre početka drugog svetskog rata iznosila 20 miliona tona — 2 miliona vagona! I kad ne bismo stalno vidali tolike proizvode od celuloze, ove ogromne količine celuloze koje čovečanstvo danas troši ubedile bi nas o njenom velikom značaju.

Na svakom koraku srećemo, dakle, proizvode od celuloze, neprestano smo u dodiru s njima.

Celuloza je glavni sastojak, glavna i osnovna građevina svih biljaka. Po svom sastavu, jedna trećina celokupnog biljnog sveta na zemlji sastoji se iz celuloze. Od svih sirovina biljnog porekla koje čovek iskorišćuje, celuloza je najvažnija sirovina. Pri tome, od najvećeg je značaja činjenica što priroda, za razliku od ruda, minerala i nafte, stalno i brzo obnavlja celulozu, tako da nema opasnosti da bismo je jednog dana iscrpeli, da bi celuloze nestalo.

Pod uticajem sunčane svetlosti, biljka postepeno gradi celulozu iz vode i sastojaka vazduha i time pretstavlja najsavršeniju hemisku fabriku; svaki njen prelazni proizvod, dok se ne

stvari celuloza, ima svog značaja u životu i sastavu biljke, svakome od njih je dodeljena određena uloga.

Fabrikacija celuloze počinje, dakle, već u biljci, na polju i u šumi; mi, ustvari, ne proizvodimo celulozu, nego je samo odvajamo iz biljke i to, uglavnom, iz drveta.

Kao što je zid neke građevine sastavljen od opeke i maltera ili od gvozdene armature i betona tako i u biljci imamo tkivo, kostur od kojeg je ona sagrađena. Ali, dok je zid građevine krut, biljno tkivo mora da je gipko i ipak čvrsto. Kad bismo hteli sagrađiti čvrstu, otpornu, a ipak gipku građevinu, izabrali bismo neku vrstu armiranog betona s mnogo gvožđa i malo betona. To čini i biljka. Ona kostur stabla i stabljice, onih delova kojih treba da nose celu biljnu konstrukciju — teret grana, krune kod drveta ili klasa kod žitarica, — a koji pored toga treba da budu otporni i prema spoljnim uticajima, na primer prema vetru — te delove biljka gradi iz takve jedne armirane konstrukcije. Kostur, armatura te konstrukcije je *celuloza*, a pojačanje — beton — masa kojom je obvijen kostur, to je, uglavnom, takozvana drvenasta materija, koju zovemo *lignin* (po latinskom *lignum*, drvo). *Glavni sastavni delovi drveta i većine biljaka su, dakle, celuloza i lignin.*

Količine celuloze koje sadrže razne biljke, odnosno razni delovi biljke, u razno doba svog razvića, tj. u razno doba godine, različite su prema vrsti i obliku biljke, a i prema opterećenju i zadatku dotičnog dela biljke.

Najveću količinu celuloze, preko 90%, sadrži vlakno pamuka. Koji je to deo biljke pamuka, odnosno koji zadatak on vrši?

Pamuk su vlakna kojim je obraslo seme dotične biljke. Ta vlakna služe samo za rasturanje semena kroz vazduh na što veće daljine. Ona su čvrsta, ali ne moraju biti kruta, jer nose srazmerno mali teret semena, a inače ne treba da su mehanički naročito otporna prema spoljnim uticajima. Zato su ona, takoreći, samo armatura — goli kostur — tj. skoro čista celuloza, koja nije okružena masom za pojačanje, ligninom, kao što beton okružava gvozdenu armaturu.

Likina vlakna lana i kudjelje sadrže manje celuloze, oko 75%, jer su to delovi stabljice i peteljke, dakle delovi biljke koji već imaju zadatak da snose izvesno opterećenje težinom biljke i pritiskom vetra.

Uzmimo sad drvo. Ono nosi teret mase vlastitog stabla i težinu krune. Drvo sadrži još manje celuloze, tj. armature, najviše nešto preko 50%, a više pojačanja, više drvenaste materije, lignina, tj. betona oko armature.

Najzad slama, tj. stabljičica žitarica sadrži samo još oko 40% celuloze, jer onako vitka i tanka ima da nosi teret klasa. Pored drvenastih sastojaka slama sadrži još i mineralne sastojke i stoga je, ma da vitka, jako otporna prema vetru.

Slično kao kod žitarica je i kod trava i kod raznih vrsta trske i rogoza, kukuruzovine itd.

Vidimo, dakle, da razne biljke, odnosno delovi biljke, prema zadatku koji im pripada, prema opterećenju koje treba da snose u toku svog života, sadrže različite količine celuloze, a te količine i u toku samog razvića nisu jednake u istom delu biljke. Mlada biljka, mlado drvo i deo drveta na početku svog razvića sadrže više celuloze i tek docnije, pri kraju razvića »odrvene«, stvara se lignin, tj. drvenasta materija, koji celu konstrukciju biljke pojača.

Pošto je zasad, bar kod nas, još uvek glavna sirovina za proizvodnju celuloze drvo, treba da se upoznamo s njim поближе. Dobri stručnjaci za proizvodnju i preradu celuloze bićemo tek onda kad, pored toga što vladamo tehnikom rada, budemo temeljno poznavali i sve dobre osobine i mane sirovine sa kojom radimo, — samo tad ćemo moći sirovinu pravilno da upotrebimo i što racionalnije da iskoristimo. Moramo, dakle, pre svega dobro upoznati našu glavnu sirovinu za dobijanje celuloze — drvo.

SADRŽAJ

UVOD	3
DRVO	9
1. Opšta građa drveta	9
2. Sastav mase drveta	12
3. Dužine i širine vlakana drveta	19
4. Specifična težina drveta	20
 HEMIJA DRVETA	 23
Celuloza	25
Hemiceluloze	28
Lignin	29
Ostali pratioci celuloze u drvetu, osim lignina i hemiceluloza	30
 DOBIJANJE CELULOZE	 31
Tehnika dobijanja celuloze	35
1. Smeštanje drveta	35
2. Pripremanje drveta	37
Čišćenje drveta rukom	38
Čišćenje drveta mašinom	40
Seckanje drveta	43
1. Seckanje oblica i cepanica	43
2. Seckanje okrajaka i ivičnjaka	45
Prebiranje — rešetanje — iseckanog drveta	46
 Sulfitni postupak	 53
Teorija sulfitnog postupka	53
Hemiske reakcije pri odvajanju lignina	54
1. Beljiva celuloza	55
2. Nebeljiva ili normalna celuloza	56

Tok proizvodnje sulfitne celuloze iz drveta	57
Dobijanje bisulfitnog luga	60
a) Teoriski deo	60
b) Tehnički deo	64
1. Peći za sagorevanje sumpora	64
2. Peć za prženje piritu	67
Određivanje koncentracije sumpordioksida u smeši sagorevanja	71
3. Ispiralica za smešu sagorevanja iz piritne peći	74
4. Hladnjak	76
5. Ventilator	77
6. Tornjevi za dobijanje sulfitnog luga	78
Kontrola jakog luga određivanjem njegove specifične težine	83
Određivanje hemiskog sastava pojačanog luga	86
Naprave za kuvanje drveta po sulfitnom postupku	90
1. Silos	91
2. Kotao za kuvanje drveta	91
3. Jama za smeštanje skuvanog drveta — sirove celuloze	95
Kuvanje drveta	95
1. Kuvanje po Mičerlih-u	97
2. Kuvanje po Riter-Kelner-u	97
3. Kuvanje sa prinudnim kruženjem — cirkulacijom — luga	99
a) Naprava za kruženje luga odozdo naviše	103
b) Naprava za kruženje luga odozgo naniže	104
1. Punjenje kotla drvetom	106
2. Punjenje kotla lugom	109
3. Zagrevanje smeše drveta i luga na 105°	109
4. Prekid zagrevanja radi izjednačenja temperature u kotlu i potpunog prožimanja svega drveta lugom	112
5. Kuvanje zagrevanjem kotla od 105° na 135 do 138°	113
6. Završno kuvanje na 135 do 138°	113
Naprava za uzimanje uzorka celuloze iz zatvorenog kotla	116
7. Smanjivanje pritiska u kotlu ispuštanjem pare i ostatka sumpordioksida, ispuštanje luga i pražnjenje kotla	119
Prečišćavanje sirove celuloze	121
Pitanja	135
1. Osobine drveta	135
2. Pripremanje drveta	136
3. Proizvodnja sulfitne celuloze	136

Natron postupak i sulfatni postupak	138
Drvo za dobijanje celuloze po alkalnim postupcima	139
a) Za natron postupak	139
b) Za sulfatni postupak	139
Mogućnost upotrebe celuloza dobijenih po alkalnim postupcima	140
a) Upotreba natron celuloze	140
b) Upotreba sulfatne celuloze	140
Pripremanje drveta	140
Kuvanje drveta po alkalnim postupcima	141
Razlika između natron i sulfatnog postupka	143
Dobijanje luga za alkalne postupke	145
Hemikalije koje se pojavljuju u toku alkalnih postupaka	145
Hemiske reakcije pri odvajanju celuloze iz drveta i drugih biljaka po alkalnim postupcima	147
Tok dobijanja celuloze po sulfatnom postupku	149
a) Nepokretni uspravni kotlovi	150
b) Rotirajući uspravni kotlovi	151
Izvođenje kuvanja	153
Punjenje kotla lugom	154
Pranje sirove sulfatne celuloze i odvajanje otpadnog, crnog luga	155
a) Konstrukcija ispiralica — difuzera	156
b) Vodovi ispiralica	160
c) Raspored ispiralica	161
d) Izvođenje ispiranja	164
Druge naprave za odvajanje crnog luga iz sulfatne celuloze radi ponovne upotrebe alkalija	165
a) Presa s pužem	165
b) Ispiralica s vakuumom	167
Postrojenje za dobijanje belog luga	170
a) Postrojenje s radom po partijama	171
b) Postrojenje za neprekidan (kontinuiran) rad	174
Sastav belog luga	179
Određivanje pojedinih glavnih sastojaka belog luga	180
Izvođenje analize	180
Analiza belog luga kod sulfatnog postupka	182
Ponovno dobijanje (regenerisanje) alkalija iz crnog luga	183
Opšti deo	183
Sastav i osobine crnog luga	184
Fizičke osobine crnog luga	185
Količina i koncentracija crnog luga	186
Svrha ukuvavanja crnog luga	187
Koje količine vode treba ispariti?	187

Najosnovniji principi isparavanja	188
Isparavanje višestrukim isparivačem	189
Postrojenje isparivača	190
Isparivač s kratkim uspravnim ogrevnim cevima	192
Isparivač s tečnim filmom	194
Izvođenje ukuvavanja i smetnje pri radu sa isparivačima	196
Rad sa isparivačima	196
a) Penušanje	196
b) Teškoće sa sapunima crnog luga	198
c) Organske naslage	199
d) Stvaranje kamena	199
1. Kamen prve vrste	199
2. Kamen druge vrste	200
3. Kamen treće vrste	200
Odvajanje kamena	201
Ukuvavanje crnog luga do najviše koncentracije	202
1. Koncentrator s pločama	203
Pojave koje se odigravaju u pećima	206
2. Rotirajuća peć	206
3. Nepokretna peć	208
Hemiske reakcije koje se odigravaju u tri poslednja razdela prerade crnog luga	209
Nadoknađivanje hemikalija	209
Hemiske reakcije u prvom razdelu	210
Hemiske reakcije u drugom razdelu	210
Hemiske reakcije u trećem razdelu	211
Potrebne količine toplote i vazduha u trećem razdelu	212
Rastop	212
Sporedne hemiske reakcije u trećem razdelu	212
Isparavanje u trećem razdelu	213
Reakcije u trećem razdelu između sastojaka crnog luga i vatrostalne obloge peći	214
Izbor vatrostalnog materijala	215
Analiza i sastav rastopa	217
Postrojenje za isparavanje poslednjih ostataka vode, sagorevanje i topljenje čvrstih ostataka crnog luga	218
Poslednji napreci u konstrukciji peći za topljenje	220
Najmodernije nepokretne peći za odvajanje poslednjih ostataka vode, sagorevanje i topljenje čvrstih sastojaka crnog luga	221
Prečišćavanje oprane sulfatne celuloze	224

Pitanja	227
Proizvodnja natron i sulfatne celuloze	227
JEDNOGODIŠNJE BILJKE	229
1. Lan i konoplja u obliku celih stabljika i u obliku kučina i pozdera	232
2. Slama	233
Sastav slame	233
I. Beljena celuloza iz slame	236
Pripremanje slame — seckanje, prebiranje i čišćenje	238
Smeštanje iseckane slame	240
Kotlovi za kuvanje slame	242
1. Uspravni rotirajući kotao	243
2. Okrugli rotirajući kotao	243
Kuvanje beljive celuloze iz slame	245
Pražnjenje i pranje	248
Ispiranje i pranje sirove celuloze pomoću prese s pužem	252
Prečišćavanje sirove celuloze	255
Beljenje celuloze iz slame	255
Regeneracija otpadnog, crnog luga	255
II. Slamovina	255
Postupci za dobijanje celuloze pomoću hlora i alkalija	258
Industrijsko izvođenje postupaka Deven i Pomilio	263
I. Postupak Deven	263
II. Postupak Pomilio	264
1. Pripremanje sirovine	264
2. Elektroliza natrijum hlorida	265
3. Alkalizovanje slame	266
4. Hlorovanje	267
5. Ispiranje kiseline i konačno alkalno pranje	268
6. Beljenje	268
Otpadna voda	268
Pitanja	269
Beljenje	270
Belina	270
Svrha beljenja	270
Sredstva za beljenje	270

Hlor	270
Hlorni kreč — kalcijum hipohlorit	273
Beljenje u jednom razdelu	276
a) Beljenje kod niske koncentracije celuloze	276
b) Beljenje kod visoke koncentracije celuloze	277
Beljenje u više razdela	279
a) Beljenje u više razdela kalcijum hipohloritom	279
b) Beljenje u više razdela upotrebom gasovitog hlora i kalcijum hipohlorita	280
Hemiske reakcije koje se odigravaju pri beljenju	280
Potrošnja hlora kod pojedinih načina beljenja	283
Beljenje pojedinih vrsta celuloze	283
a) Sulfitna celuloza	283
b) Sulfatna celuloza	283
Postrojenja za izvođenje beljenja u više razdela	284
Pitanja	286
Najvažniji podaci proizvodnje raznih vrsta celuloze	290
1. Sulfitna celuloza	290
2. Sulfatna celuloza iz drveta	291
3. Celuloza iz slame	292
Upotrebljena literatura	293