વિજ્ઞાન પરિચય ગ્રંથશ્રેણી ૫

કાગળ

યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ
સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ્ પ્રા. લિ.

તંત્રી મંડળ

૧. શ્રી. જે. બી. સેન્ડિલ

૨. શ્રી. સુધીર પંડયા

૩. શ્રી. પી. સી. વૈદ્ય

૪. શ્રી. કે. બી. શાહ

૫. શ્રી. ધીરુભાઈ દેસાઈ

૬. શ્રી. વાસુદેવ મહેતા

૭. શ્રી. જી. ટી. પંડયા

સંપાદક

શ્રી. જે. બી. સેન્ડિલ

યોજનાદાન

હરિ ૐ આશ્રમ, નડિયાદ

હરિ ૐ આશ્રમ પ્રેરિત શ્રી. ટી. કે. ગજજર વિજ્ઞાન પરિચય પુસ્તિકા શ્રેણી

વિજ્ઞાન પરિચય ગ્રંથ શ્રેણી ૫

કાગળ

પદ્મકાંત શાહ

પ્રયોજક
યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ,
ગુજરાત રાજ્ય, અમદાવાદ—૬.

સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ પ્રા. લિ.
મુંબઈ—૧૪

કાગળ

© યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ,
ગુજરાત રાજ્ય, અમદાવાદ ૬.

પ્રથમ આવૃત્તિ : ૧૯૭૫.

મુદ્રક

એસ. આર. દેસાઈ
ધી બુક સેંટર પ્રા. લિ.,
૧૦૩, રોડ નં. ૬,
સાયન (પૂર્વ)—મુંબઈ ૨૨

પ્રકાશક

ગં. શ્રી. કોશે
સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ પ્રા. લિ.
૧૭૨, મુંબઈ મરાઠી ગ્રંથ સંગ્રહાલય માર્ગ,
દાદર, મુંબઈ ૧૪

નિવેદન

આમજનતામાં વિજ્ઞાન વિશેની સમજ સુદૃઢ થાય, વૈજ્ઞાનિક ભાવના કેળવાય અને વિજ્ઞાન જીવનમાં ઉતરે તે હેતુસર હરિ ૐ આશ્રમવાળા પૂજ્ય મોટાએ યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડને રૂ. ૩૦,૦૦૦/—નું એક અનુદાન આપ્યું અને 'વિજ્ઞાન પરિચય પુસ્તિકા-શ્રેણી'નો જન્મ થયો.

'કિશોરભારતી' ની જેમ મુંબઈની સોમૈયા પબ્લિકેશન્સે આ શ્રેણીને પણ સંયુકત ઉપક્રમે પ્રકાશિત કરવાનું અને ગુજરાતી ઉપરાંત બીજી ભાષાઓમાં એને રજૂ કરવાનું સ્વીકાર્યું તે શ્રેણીનું સદ્‌ભાગ્ય રહ્યું.

વિજ્ઞાન પરિચય પુસ્તિકાશ્રેણીનો વિચાર સૌ કોઈને ખૂબ જ ગમ્યો અને એને ઉમળકાભર્યો લેખકોનો સહકાર સાંપડયો. શ્રી. પદ્મકાંત ર. શાહની કલમે લખાયેલું 'કાગળ' વૈજ્ઞાનિક સાહિત્યમાં જરૂરી ઉમેરો કરે છે. આ શ્રેણીમાં આ અગાઉ ડો. છોટુભાઈ સુથારનું 'તારક તેજ અને રંગ', શ્રીયુત કૃષ્ણલાલ કોટડાવાલાનું 'સૂક્ષ્મ જીવોની સૃષ્ટિ', શ્રીયુત ભાઈલાલભાઈ વ. પટેલ નું 'આપણી વનસ્પતિઓ' અને ડો. બી. એન. દેસાઈ અને વિજયગુપ્ત મૌર્યનું 'હવામાનનું જ્ઞાન શા માટે' પ્રગટ થયેલાં છે. આ પછી હવે વિજ્ઞાન પરિચય પુસ્તિકાશ્રેણીનું આ પાંચમું પુષ્પ વાચકોના હાથમાં મૂકતાં હું સ્વાભાવિક આનંદ અનુભવું છું અને આશા રાખું છું કે આગળની ચાર પુસ્તિકાઓની માફક આને પણ વાચકજગતનો ઉમળકાભર્યો આવકાર મળશે.

આ પુસ્તિકા પ્રગટ કરવા માટેની સઘળી વ્યવસ્થા કરવા બદલ સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ-ના સૌનો હું ખાસ આભાર માનું છું.

શ્રેણીના માનસપિતા હરિ ૐ આશ્રમવાળા પૂજ્ય મોટાને તો હું ભૂલી જ કેવી રીતે શકું?

આ પુસ્તિકાના પ્રકાશનમાં અણધાર્યો વિલંબ કેટલાંક કારણોને લીધે થયો છે તેને સૌ દરગુજર કરશે એવી વિનંતિ છે. આ પછીની પુસ્તિકાઓના પ્રકાશન કાર્યમાં શ્રી. સોમૈયા પબ્લિકેશન્સ હવે વેગ આપશે એવી આશા અસ્થાને નહિ ગણાય.

યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ,
ગુજરાત રાજય, અમદાવાદ ૬.

જે. બી. સેન્ડિલ
અધ્યક્ષ

લેખકનું નિવેદન

ગુજરાતની જનતા સમક્ષ મારું આ 'કાગળ' ઉપરનું પુસ્તક રજુ કરતાં મને આનંદ થાય છે.

કાગળે હાલમાં તેની જગતવ્યાપી તંગીને કારણે લોકોનું ખાસ ધ્યાન ખેંચ્યું છે અને તેથી જનતામાં તે વિશે જાણવાની વધુ ઉત્કંઠા સ્વાભાવિક રીતે પેદા થઈ છે.

આમજનતામાં વિજ્ઞાનની સમજ કેળવવાના સ્તુત્ય ઉદ્દેશથી હરિ ૐ આશ્રમના સંચાલક પૂજ્ય મોટાએ યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડ ગુજરાત રાજ્ય મારફત વિજ્ઞાનના વિવિધ વિષયો ઉપર વિજ્ઞાન પરિચય પુસ્તિકાઓની આ શ્રેણી તૈયાર કરાવી છે, જેમાં મને પણ એક પુસ્તિકા લખવાનું આમંત્રણ મળ્યું હતું.

તદનુસાર, મેં 'કાગળ' ઉપરની પુસ્તિકાની હસ્તપ્રત તૈયાર કરીને બોર્ડ ઉપર ૧૯૭૨ ના મે માસમાં મોકલી આપી હતી.

વિજ્ઞાન ક્ષેત્રે મારું એક વધુ પુસ્તક ગુજરાતી સાહિત્યમાં ઉમેરવાની તક આપવા બદલ યુનિવર્સિટી ગ્રંથ નિર્માણ બોર્ડનો હું આભારી થયો છું.

અંતમાં, જેની પ્રેરણાથી આ શ્રેણી અસ્તિત્વમાં આવી છે તે શ્રી. પૂજ્ય મોટાને આ સ્થળે હું ભાવપૂર્વક નમન કરું છું.

નેશનલ રેયોન કૉર્પોરેશન (કલ્યાણ પાસે) — પદ્મકાંત શાહ

૨—૫—૧૯૭૫

અનુક્રમણિકા

૧. કાગળનું વિશ્વ અને વિશ્વમાં કાગળ ૧
કાગળ, આધુનિક યુગની એક અજાયબી—કાગળનો ઈતિહાસ અને વિવિધ દેશોમાં તેનો વિકાસ—કાગળ અંગેની શોધોની સાલવારી

૨. કાગળનું વિજ્ઞાન ૧૦
વનસ્પતિ તંતુઓના ગુણધર્મો—તંતુઓનું બંધારણ—કાગળના પ્રકારો

૩. કાગળના પૂર્વજો : વૃક્ષ સૃષ્ટિ અને વનસ્પતિ ૧૫

૪. કાગળ બનાવવા માટે પાયાના પદાર્થો ૧૯
કપાસ—રેષાવાળી વનસ્પતિ—ઘાસ—પાંદડાવાળાં તંતુઓ—લાકડાના તંતુઓ —કાગળ બનાવવામાં વપરાતા રસાયણો

૫. કાગળનો માવો (પલ્પ) ૨૮
પ્રાથમિક ક્રિયાઓ—માવો બનાવવાની વિવિધ પદ્ધતિઓ—વિરંગવાની ક્રિયા (બ્લીચિંગ)—લાકડાનું ચૂર્ણ (ગ્રાઉન્ડવૂડ અથવા મિકેનીકલ પલ્પ)—કેમિકલ પલ્પ

૬. કાગળના સર્જનની પૂર્વ તૈયારી ૩૩
તંતુઓને મુકત કરવાની ક્રિયા—મુકત થએલા તંતુઓને ખાંડવાની ક્રિયા—કાગળના પ્રકારો મુજબ અંદર અન્ય વસ્તુઓનું ઉમેરણ

૭. કાગળનું સર્જન ૩૬
યંત્ર સામગ્રી—વિવિધ પ્રકારોના યંત્રોની શોધ—ફૉર્ડિનિઅર યંત્ર તથા તેના વિવિધ ભાગો—સિલિંડર મશિન

૮. કાગળના પ્રાકૃતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો અને તેની પરીક્ષા ૪૪
માન્ય ધોરણો—કદ અને વજન—જાડાઈ—ઘટત્વ—ચીકાશ સામે પ્રતિકાર શકિત —મજબૂતાઈ—કાગળને ફાડવાનું બળ—ખેંચાણ—ભેજ ચૂસવાની શકિત—અપારદર્શકતા—રાસાયણિક પરીક્ષા

૯. વ્યાવહારિક ક્ષેત્રે કાગળ અને કાગળની આવતી કાલ ૪૭
વર્તમાનપત્રો માટેનો કાગળ (ન્યુઝપ્રિન્ટ)—એરમેલ કાગળ—આર્ટ પેપર—સિક્યુરિટી પેપર—ભવિષ્ય

૧૦. ભારતમાં કાગળ ઉદ્યોગ ૪૯
સૌથી પહેલું કારખાનું—સરકારનું ઉત્તેજન—જુદી જુદી પેપર કંપનીઓ—ઈંડિઅન ટૅરિફ બોર્ડ તરફથી રક્ષણ—બીજા વિશ્વ-ઉદ્યોગમાં રોકાયેલી મૂડી અને માનવસંખ્યા —હિંદુસ્તાન પેપર કૉર્પોરેશન—ન્યુજ પ્રિન્ટ—હાથબનાવટનો કાગળ—સંશોધન

૧

કાગળનું વિશ્વ અને વિશ્વમાં કાગળ

કાગળ એ આધુનિક યુગની એક અજાયબી છે. સદીઓ સુધી કાગળનો ઉદ્યોગ કાગળ બનાવવાના કાચા માલની અછતને પરિણામે વિકસ્યો ન હતો અને ત્યાં સુધી કાગળનો વપરાશ એ એક શોખનો વિષય હતો. કાગળ ઉદ્યોગનો ખરો વિકાસ તો ગઇ સદીમાં જ થયો. અત્યારની આપણી સંસ્કૃતિ એટલી આગળ વધી છે કે કાગળ વગરની દુનિયાની કલ્પના જ થઇ શકતી નથી. જીવનની જરૂરિયાતોમાં હવા, પાણી, ખોરાક, રહેઠાણ અને કાપડ પછી કાગળને મૂકી શકાય. ગરીબ કે શ્રીમંત બન્નેને કાગળ સરખો જ ખપે છે. માણસ સવારમાં ઊઠે છે ત્યારથી વર્તમાનપત્રરૂપે કાગળનું દર્શન કરતો આવ્યો છે. "જ્યાં જ્યાં નજર મારી ઠરે, યાદી ભરી ત્યાં આપની", એ ન્યાયે માણસ સર્વત્ર કાગળથી ઘેરાયેલો રહે છે. એના રોજિંદા જીવનમાં કાગળનું આમ મહત્ત્વનું સ્થાન છે. કાગળ બનાવનારાં યંત્રોને નિદ્રા નથી. દિવસ રાત તેઓ અવિરત ધમધમ્યા કરે છે અને કેટલાય કિલોમીટરો લાંબી કાગળની ચાદરો કાઢ્યા કરે છે. એની ઉત્પાદન શકિતને અવધિ નથી. કાગળ બનાવવાનું આધુનિક એક જ યંત્ર ચોવીસ કલાકમાં ૮૦૦ કિલોમીટર લાંબો અને ૬ મીટર પહોળો કાગળ પેદા કરી શકે છે! જગત પર આજે કાગળનું ઉત્પાદન એટલું બધું છે કે એક વરસમાં એક મીટર પહોળાઇના ધોરણે તેની લંબાઇ મંગળના ગ્રહને આંબી ફરી પાછું એટલું જ અંતર કાપી આપણી પૃથ્વીને હજાર વખત લપેટી શકે છે! અને પૃથ્વીથી મંગળનું અંતર આશરે સાડા પાંચ કરોડ કિલોમીટરનું છે!!

રદ્દી કાગળનો પણ માવો બનાવી તેમાંથી નવો કાગળ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. આમ કાગળને પણ ગીતાનો પેલો શ્લોક, "वासांसि जीर्णानि यथा विहाय, नवानि गृह्णाति नरोऽपराणि। तथा शरीराणि विहाय जीर्णान्यन्यानि संयाति नवानि देही।।" લાગુ પાડી શકાય છે. નવા દેહે કાગળ જીર્ણ થએલા શરીરમાંથી ફરી અવતાર પામે છે.

કાગળના સર્જન પાછળ વીસ વીસ સદીઓનો ભૂતકાળ પડેલો છે. બે હજાર વર્ષ પહેલાં ચીનમાં સૌથી પ્રથમ કાગળ બનાવનાર વ્યકિત ત્સાઇ-લુન નામે ઇતિહાસે નોંધી છે. મનુષ્યને લખવાનો શોખ તો કાગળની શોધ થઇ તે પહેલાંનો જ હશે. પોતાના વિચારોને મૂર્ત કરવાનું મનુષ્ય સ્વભાવમાં જ છે. એટલે તેણે શરૂઆતમાં પથ્થરો ઉપર (શિલાલેખો), માટીની ઇંટો ઉપર, અથવા તો ચર્મપત્ર (અં. પાર્ચમેન્ટ) ઉપર કે પછી વૃક્ષના પાન (ભૂર્જ-

પત્ર) ઉપર પોતાનું લખાણ કે આલેખન કર્યું હતું. કાગળ શબ્દનો અંગ્રેજી પર્યાય 'પેપર' પેપિરસ નામની વનસ્પતિ ઉપરથી આવ્યો છે. આ પેપિરસ પાણીમાં ઊગતી બરૂ (અં. રીડ) જેવી વનસ્પતિ છે. આજે પણ ઇજિપ્તમાં તે નાઇલ નદીના કિનારે ઊગે છે. પેપિરસ ની છાલ ઉતારીને તેને આડી તથા ઊભી ગોઠવવામાં આવતી અને તેને ટીપીને સપાટ પડ બનાવવામાં આવતું અને તેને સૂકવીને કાગળ જેવા સ્વરૂપનું તે કરવામાં આવતું. કાગળના આ પૂર્વજને હજારો વર્ષ સુધી ગ્રીસ અને રોમના તત્ત્વજ્ઞાનીઓએ પોતાના વિચારો અંકિત કરવા વાપર્યો. આજે પણ કેટલીક જૂની હસ્તપ્રતો અને કેટલાક કિંમતી દસ્તાવેજો સંગ્રહસ્થાનમાં આ 'પેપિરસ' ઉપર લખેલા મોજૂદ છે.

પણ કાગળ બનાવવાની કળાની સાચી શોધ કરવાનો યશ ચીનને ફાળે જાય છે. કાગળની શોધની ચોકકસ તારીખ મળતી નથી પણ તેની ઐતિહાસિક નોંધ ઈ.સ. ૧૦૫ ની આપવામાં આવે છે કારણ કે તે વર્ષમાં ચીનના શહેનશાહને ત્સાઇ—લુન નામની વ્યકિતએ તેની સત્તાવાર ખબર આપી હતી.

સૌથી પહેલાં કાગળ શેતુર વૃક્ષની છાલમાંથી અથવા તો વાંસમાંથી બનાવવામાં આવ્યો હશે એમ માનવામાં આવે છે. આજે જે રીતે કાગળ બનાવવામાં આવે છે તે ચીનમાંથી પરાપૂર્વથી ઊતરી આવેલી પદ્ધતિને જ અનુરૂપ છે અને હાથકાગળની બનાવ-ટમાં તો તે જ પદ્ધતિ હૂબહૂ ચાલતી આવી છે. વાંસમાંથી ચીપો કાપી તેની વય મુજબ જૂદી પાડી તેના ભારા બનાવવામાં આવતા. વાંસ જેમ ઓછી વયનો તેમ તેની નાજુકતા વધારે અને તેમાંથી બનાવાતા કાગળની જાત પણ વધુ સારી. આ વાંસના ભારાઓને કાદવના પાણીના હોજમાં લગભગ પંદરેક દિવસ કહોવડાવવામાં આવતા જેથી તેઓમાં પોચાશ આવતી. પછી તેઓના ટુકડા કરી તેમને ખાંડણિયામાં કૂટવામાં આવતા. આ પ્રમાણે તેનો માવો થતો. તેમાંથી કઠણ અને ખરબચડા કટકા જુદા પાડવામાં આવતા અને માવાને પાણીના પીપમાં નાંખવામાં આવતો. પછી આ પાણીને હલાવી માવા અને પાણીનું ઘટ્ટ મિશ્રણ એક ચારણા ઉપર રેડવામાં આવતું જેથી પાણી ચારણાનાં છિદ્રોમાંથી નીતરી જતું અને માવાનું પડ ચારણાના તળિયે પથરાઇ જતું. ચારણાને પછી આમથી તેમ હલાવી તથા ટપલીઓ મારી માવો બરાબર સરખી રીતે તળિયા ઉપર પથરાઇ ગયા પછી તેના પડને થોડું સુકાવા દેવામાં આવતું. અને આ યોગ્ય રીતે થઇ રહે પછી ચારણાની બાજુની પટ્ટીઓને છોડી દેવામાં આવતી અને કાગળના પડને ઉખાડી એક પતરા ઉપર થાપવામાં આવતું. આ પતરું અગાઉથી ગરમ રાખવામાં આવતું જેથી કાગળના પડની ભીનાશ ઊડી જતી અને સૂકો કાગળ તવી પરથી આપણે ભાખરી ઉતારી લઇએ છીએ તે પ્રમાણે છૂટો કરવામાં આવતો. આ કાગળ ઉપર ફટકડી ઘસવામાં આવતી જેથી તે લીસો બની જતો. આ માટે ગોળ લીસા પથ્થરોનો પણ ઉપયોગ કરવામાં આવતો, જેનાથી કાગળ ઉપર વિશેષ ચળકાટ આવતો.

છઠ્ઠી સદીમાં ચીનાઓએ સમરકંદમાં કાગળ બનાવવાની એક મિલ ઊભી કરી હતી. મધ્ય એશિયા તે વખતે યુદ્ધોથી પાયમાલ થઇ ગયું હતું અને ઇ.સ. ૭૯૪ માં જયારે આર-

બોએ સમરકંદ જીતી લીધું ત્યારે તેઓએ ત્યાંથી કાગળ બનાવવાની કળા હસ્તગત કરી. આરબોની દોરવણી નીચે કાગળ ઉદ્યોગ ત્યાં ફૂલ્યો ફાલ્યો અને સમરકંદ અનેક વર્ષો સુધી કાગળઉદ્યોગનું એક મુખ્ય ધામ બની રહ્યું. ઈ.સ. ૭૯૫ ની સાલમાં આરબો ચીની કારીગરોને બગદાદ લઈ ગયા અને ત્યાં કાગળ બનાવવાનું કારખાનું શરૂ કર્યું. પરંતુ લગભગ ૫૦૦ વર્ષ સુધી કાગળ બનાવવાની કળા ગુપ્ત રખાઈ હતી. લાકડાના રેષાઓને બદલે શણનાં ચીંથરાંને ઉપયોગમાં લેવાની આરબોએ પહેલ કરી હતી. યુરોપમાં ત્યારબાદ જે ધર્મયુદ્ધો (અં. ક્રુઝેડ્ઝ) લડાયાં તેથી બારમી સદીમાં સિરિયા અને પેલેસ્ટાઈનમાંથી આ કળા યુરોપ પહોંચી હશે તેવી શકયતા છે.

યુરોપમાં સૌથી પ્રથમ કાગળ બનાવનાર સ્પેનના મૂર લોકો હતા. ઈ.સ. ૧૦૮૫ માં ટોલેડો નામના નગરમાં તેઓએ કાગળ બનાવવાની એક મિલ સ્થાપી હતી અને ત્યાર બાદ બીજી એક મિલ વેલેન્શીયામાં નાંખી હતી. સ્પેનિયાર્ડોએ કાગળની મિલ ચલાવવામાં જળશકિતનો ઉપયોગ કર્યો હતો.

ત્યાર બાદ થોડા સમયમાં જ ફ્રાન્સમાં કાગળ ઉદ્યોગ સ્થપાયો હતો. સન ૧૧૮૯માં ફ્રાન્સમાં એસોન્સ પાસે કાગળની એક મિલ ઊભી થઈ હતી. તે વખતે ફ્રાન્સની પ્રજા યુરોપના અન્ય દેશોની પ્રજા કરતાં ઘણી આગળ વધેલી હતી. તેઓએ કાગળની માંગ પોતાના દેશ પૂરતી જ નહિ પણ બીજા અનેક પડોશી દેશોની પણ પૂરી પાડી હતી. હૉલેન્ડની પ્રજાને પણ ફ્રાન્સની જેમ આ ઉદ્યોગમાં ઝંપલાવવાનું સૂઝયું હતું અને ઘણા સમય સુધી ડચ અને ફ્રેન્ચ પ્રજાઓ યુરોપમાં કાગળ બનાવવાના કામમાં અગ્રણી રહી હતી. કાગળને કૂટવાનું (ખાંડવાનું) યંત્ર જે 'હૉલેન્ડર' નામથી વિખ્યાત છે તે ડચ લોકોની શોધ હતી.

ઈટાલીમાં કાગળ બનાવવાની કળા ઈ.સ. ૧૨૦૦ ના અરસામાં સ્પેનમાંથી આવી. તેરમી અને ચૌદમી સદીની અધવચમાં ઈટાલીના કાગળ બનાવનારાઓએ કાગળમાં જળચિહ્ન (અં—વોટર માર્ક) મૂકવાની પ્રથા દાખલ કરી હતી. ચૌદમી સદીમાં તો આવા જળચિહ્નોનું અતિ વૈવિધ્ય અસ્તિત્વમાં આવ્યું હતું. આ જળ ચિહ્નો ઉપર તે વખતે કાગળ બનાવનારનું નામ, તેનું સ્થળ અથવા કોઈ ઐતિહાસિક પ્રસંગનું આલેખન કરવામાં આવતું. અઢારમી સદીમાં ફ્રાન્સની સરકારે આદેશ આપ્યો કે જળચિહ્ન ઉપર કાગળ બનાવનારનું નામ તથા સરનામું દર્શાવવું જોઈએ. ઐતિહાસિક સંશોધનમાં આ જળચિહ્નો ઘણાં ઉપયોગી પૂરવાર થયાં છે.

જર્મનીમાં કાગળ બનાવવાનું કારખાનું પ્રથમ સન ૧૩૩૬ માં ઊભું કરવામાં આવ્યું. ઘણા ભાગે આ હુન્નર ત્યાં ફ્રાન્સમાંથી ગયો હશે એમ ધારવામાં આવે છે. એક કારખાનું નુરેમ્બર્ગમાં અને બીજું રેવન્સબર્ગમાં નાખવામાં આવ્યું. પરંતુ જર્મનીના કાગળના ઉદ્યોગને ખરો વેગ આપનાર બનાવ ઈ.સ. ૧૪૫૦માં ગ્યુટેનબર્ગે કરેલી મુદ્રણ યંત્રની શોધનો હતો. આ બન્ને કળાઓ — મુદ્રણ (અં. પ્રિન્ટિંગ) તથા કાગળના સર્જનની— પરસ્પર એટલી બધી સંકલિત છે કે બન્ને ઉદ્યોગોનો વિકાસ પણ લગભગ સાથોસાથ થયો છે.

આકૃતિ ૧ : ઈંગ્લૅંડમાં ૧૫ મી સદીમાં કાગળનું સર્જન

ઈંગ્લૅન્ડમાં હેન્રી સાતમાના રાજ્યકાળ (ઇ.સ. ૧૫૦૦) સુધી કાગળ ઉદ્યોગની શરૂઆત થઈ જ ન હતી. ત્યાં કાગળ ફ્રાન્સ, સ્પેન, અથવા જર્મનીમાંથી મંગાવવામાં આવતો. ઈંગ્લૅન્ડમાં પહેલવહેલી કાગળની મિલ ૧૪૯૮ ની સાલમાં જહોન ટેટ નામની વ્યકિતએ ઊભી કરી હતી. આ મિલ વધુ સમય ચાલી નહિ. બીજી મિલ સ્પીલમેન નામના જર્મને સને ૧૫૭૮માં ડાર્ટફર્ડમાં કાઢી હતી. સ્પીલમેન આ ઉદ્યોગનું જ્ઞાન જર્મનીથી લાવ્યો હતો. મહારાણી ઈલિઝાબેથે તેને ‘નાઈટ’ બનાવીને તેના કામની કદર કરી હતી.

ઈ.સ. ૧૬૭૮ પછી ઈંગ્લૅન્ડમાં કાગળ ઉદ્યોગ સારી રીતે સ્થપાઈ ચૂક્યો હતો અને કારખાનાની સંખ્યા પણ ઝડપથી વધવા માંડી હતી.

ભારતમાં કાગળ બનાવવાની કળા નેપાળમાંથી ઈ.સ. ૧૦૦૦ ના અરસામાં પ્રવેશી હશે એમ મનાય છે. તે સમયમાં પણ આ કળા ઉચ્ચ કક્ષા પર પહોંચી હતી. નેપાળમાં તે કળા ચીનમાંથી સાતમી સદીમાં આવી હશે, કારણ કે ત્યારે નેપાળમાં ચીનની સંસ્કૃતિએ ઊંડી છાપ પાડી હતી. નેપાળી કાગળની તે સમયે બજારમાં ઘણી ખપત હતી અને તેની નિકાસ ભારતમાં કુમાઉં, પટના, દરભંગા, પૂર્ણિયા, જાનકીપુર, ગોરખપુર, બલરામપુર વગેરે ઉત્તરના પ્રદેશોમાં થતી હતી. કાગળ બનાવવાનો હુન્નર ભારતમાં મોગલો લાવ્યા છે તેવી એક માન્યતાને સમર્થન મળતું નથી. મોગલ દરબાર સાથે નેપાળનો કોઈ સંબંધ ન હતો અને જે પદ્ધતિ વડે નેપાળમાં કાગળ બનાવાતો હતો તે પંજાબની કાગળ બનાવવાની પદ્ધતિથી ઘણી જુદી પડતી હતી.

મહાઉં નામનો એક ચીની દુભાષિયો જે સન ૧૪૦૬માં બંગાળમાં આવ્યો હતો તેણે લખ્યું છે કે બંગાળી લોકો વૃક્ષની છાલમાંથી કાગળ બનાવતા હતા અને તે કાગળ મૃગચર્મ જેવો લીસો અને ચળકાટવાળો હતો.

મોગલો અને પેશ્વાના જમાનામાં ભારતમાં અને ખાસ કરીને પંજાબમાં કાગળનો ઉદ્યોગ સારા પ્રમાણમાં વિકસ્યો હતો. એમ કહેવાય છે કે જહાંગીરના અમલ દરમ્યાન સિયાલકોટમાંથી નવલાખ રૂપિયાની કિંમતનો કાગળ ઉત્પન્ન કરવામાં આવ્યો હતો. મુલતાન, રાવળપીંડી, જલાલપુર, દિલ્હી અને લાહોર વગેરે સ્થળોએ કાગળનું ઉત્પાદન સારા પ્રમાણમાં થતું હતું.

અમેરિકામાં કાગળનો ઉદ્યોગ યુરોપમાંથી ગયો. ઈ.સ. ૧૬૯૦માં પેન્સિલવેનિયામાં ફિલાડેલ્ફિયા આગળ જર્મનટાઉન નામના સ્થળે વિલિયમ રિટેનહાઉસે પહેલવહેલું કાગળ બનાવવાનું કારખાનું નાંખ્યું હતું.

કાગળના સર્જનનો અને તેના સંબંધી થએલી શોધોનો કડીબદ્ધ ઈતિહાસ અહીં સાલવાર આપ્યો છે, જે રસિક વાચન પૂરું પાડશે :—

ઈ.સ. ૧૦૫ : ચીનમાં ત્સાઈ-લુને કાગળ બનાવવાની પ્રથમ શોધ કરી. ચીનના દરબારમાં તે દરબારી હતો. શેતુરના તથા અન્ય વૃક્ષોના લાકડામાંથી તેમજ કપડાંનાં ચીથરાંમાંથી તેણે કાગળ બનાવવાનું શોધ્યું હતું.

„ ૭૫૧ : ચીનમાંથી આ કળા પશ્ચિમ તરફ વિસ્તરતી ગઈ અને મધ્ય-એશિયામાં સમરકંદ સુધી પહોંચી અને નીચે નેપાળમાં થઈને ભારતમાં પણ ઊતરી.

„ ૭૯૩ : હારૂન-અલ-રશીદના અમલ દરમ્યાન બગદાદમાં કાગળ બનાવવામાં આવ્યો. આ સમય આરબ સત્તાનો સુવર્ણયુગ ગણાતો

હતો અને ત્યાંથી આરબ સંસ્કૃતિ યુરોપના સીમાડાઓ સુધી પહોંચી હતી.

ઈ.સ. ૧૩૯૦ : કાગળ બનાવવા માટે અનેક મિલો યુરોપમાં સ્પેન, ઇટાલી, ફ્રાંસ અને જર્મની વગેરે દેશોમાં સ્થપાઇ.

,, ૧૪૫૫ : પુસ્તકને છાપવાનું શોધાયા પછી ગ્યુટેનબર્ગ બાઇબલનાં પુસ્તકોની નકલો છાપવામાટે કાગળની માંગ વધવા માંડી.

,, ૧૪૯૮ : ઈંગ્લૅન્ડમાં કાગળનું પ્રથમ કારખાનું હરફર્ટશાયરમાં જહૉન ટેટ નામની વ્યકિતએ સ્થાપ્યું.

,, ૧૬૮૦ : કાગળના માવાને મસળવામાટે 'હૉલેન્ડર' નામના યંત્રની ડચ લોકોએ રચના કરી. તે પહેલાં કાગળના માવાને સ્ટૅમ્પિગ યંત્ર વડે કૂટવામાં આવતો હતો.

,, ૧૬૯૦ : અમેરિકામાં પહેલવહેલું કાગળ બનાવવાનું કારખાનું ફિલા-ડેલ્ફીઆ આગળ જર્મનટાઉન નામના સ્થળે વિલિયમ રિટેન-હાઉસે ઊભું કર્યું.

,, ૧૭૬૫ : જેકૉબ ક્રિશ્ચિયન શેફરે કાગળ બનાવવા માટે ઉપયોગી અનેક વનસ્પતિઓ વિશે એક ગ્રંથ પ્રસિદ્ધ કર્યો.

,, ૧૭૭૪ : સ્વીડનના વૈજ્ઞાનિક કાર્લ વિલ્હેલ્મ સ્કીલે કલોરિન ગેસની શોધ કરતાં કાગળને વિરંગવા (અં. બ્લીચ કરવા) નું સાધન અસ્તિત્વ-માં આવ્યું. ધીમે ધીમે કલોરિનનો આ કામ માટે વપરાશ વધવા લાગ્યો.

,, ૧૭૯૮ : ફ્રાન્સમાં નિકોલાસ-લુઇ રૉબર્ટે 'પેપર મશીન' બનાવ્યું. ત્યારની ફ્રાન્સની સરકારે તેને આ માટે પેટન્ટ આપ્યું છતાં વ્યવહારમાં તો ઈંગ્લૅન્ડમાં જહોન ગેમ્બલ તથા બ્રાયન ડૉન્કિનના કાર્ય પછી જ 'પેપર મશીન' કામમાં લેવાયું.

,, ૧૮૦૦ : રાળ અને ફટકડી વડે કાગળ પર 'આર' (અં. સાઇઝ) ચઢાવ-વાનું શોધાયું. જર્મનીમાં મોરિટ્ઝ ફ્રિડરિશ ઇલિગે લાકડાનાં પીપોમાં 'સાઇઝ' કરવાનું શોધ્યું. તે પહેલાં ગુંદર અને સરેશ (અં. જીલેટિન) વડે કાગળ ઉપર 'સાઇઝ' ની ક્રિયા કરવામાં આવતી હતી.

,, ૧૮૦૧ : મેથિઆસ કુપ્સ નામની વ્યકિતએ એક પુસ્તક પ્રસિદ્ધ કર્યું, જેમાં કાગળ બનાવવા માટે અવનવી વસ્તુઓ વાપરવાનાં સૂચનો કરવામાં આવ્યાં હતાં.

,, ૧૮૦૭ : હેન્રી અને સીલી ફૉર્ડ્રિનિયર નામની વ્યક્તિઓએ કાગળ બનાવવાનું યંત્ર શોધ્યું અને તેનું પેટન્ટ લીધું. 'ફૉર્ડ્રિનિયર' યંત્ર ઉપર કામ કરવા માટે જહોન ગૅમ્બલ અને બ્રાયર ડૉન્કિન નામના માણસોને ફૉર્ડ્રિનિયરે કામે રાખ્યા.

,, ૧૮૦૯ : જહૉન ડિકિન્સન નામના એક અંગ્રેજ કાગળ બનાવનારે સિલિન્ડર પેપર મશીન શોધ્યું.

,, ૧૮૧૭ : ટૉમસ ગિલ્પિનની કાગળની મિલ માટે અમેરિકામાં વિલ્મિંગ્ટન, ડેલાવેર પાસે પહેલવહેલું ડિકિન્સન સિલિન્ડર પેપર મશીન ગોઠવવામાં આવ્યું.

,, ૧૮૨૭ : ફૉર્ડ્રિનિયર પ્રકારનું પેપર મશીન અમેરિકામાં ન્યુયૉર્ક પાસે સૉગરટ્રીઝ નામના સ્થળે એક કાગળની મિલમાં ગોઠવવામાં આવ્યું. આ યંત્ર ઈંગ્લૅન્ડમાં બ્રાયન ડૉન્કિને તૈયાર કર્યું હતું.

,, ૧૮૪૪ : લાકડાના ચૂર્ણમાંથી કાગળ બનાવવાનું જર્મનીમાં ફ્રેડરિક ગોટલોબ કેલરે શોધ્યું. પરંતુ આ પદ્ધતિ છેક ૧૮૭૦ સુધી કાગળ બનાવવા માટે ઉપયોગમાં લેવાઈ ન હતી. આવા પ્રકારના કાગળને ગ્રાઉન્ડ વૂડ પલ્પ અથવા મિકેનિકલ પલ્પ દ્વારા બનેલો કાગળ કહેવાય છે.

,, ૧૮૫૪ : વૉટ અને બર્ગેસ નામની વ્યક્તિઓએ સૌ પ્રથમ ઈંગ્લૅન્ડમાં લાકડા ઉપર સોડાની પ્રક્રિયા વડે કાગળનો માવો બનાવવાનું શોધ્યું.

,, ૧૮૬૭ : બેન્જામિન સી. ટિલ્ઘમેન નામની વ્યક્તિએ ફિલાડેલ્ફિઆ, અમેરિકામાં સલ્ફાઇટ પ્રોસેસ વડે કાગળ બનાવવાની પદ્ધતિનું પેટન્ટ લીધું.

,, ૧૮૮૪ : કાર્લ એફ. ડાહ્‌લે ડાન્ઝિગ, જર્મનીમાં સલ્ફેટ (ક્રૅફ્ટ) પ્રોસેસથી કાગળ બનાવવાની પદ્ધતિ શોધી.

,, ૧૮૯૭ : યંત્ર વડે કાગળના ઉત્પાદનની ગતિ દર મિનિટે ૧૫૦ મીટર જેટલી સાધી શકાઈ.

,, ૧૯૦૯ : ક્રૅફ્ટ પ્રોસેસથી કાગળ બનાવવાની પદ્ધતિ યુનાઇટેડ સ્ટેટ્સ ઑફ અમેરિકામાં દાખલ થઈ.

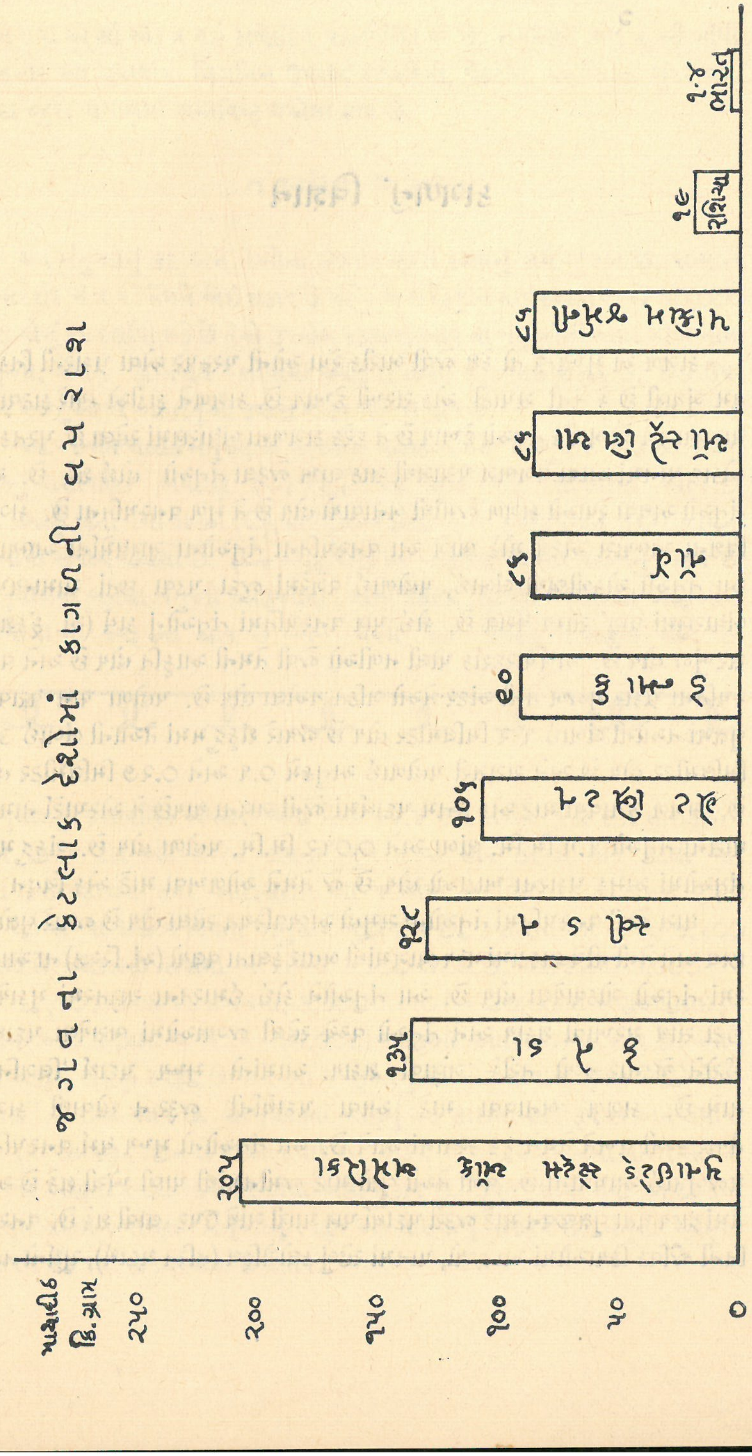
,, ૧૯૨૦ : કાગળ બનાવવાની યાંત્રિક પદ્ધતિમાં દર મિનિટે ૩૦૦ મીટરની ગતિ સાધવામાં આવી. ૧૯૨૦ પછી કાગળ ઉદ્યોગમાં ઝડપી ગતિ આવી છે. આ પ્રગતિ એક વ્યક્તિને નહિ પણ અનેક વ્યક્તિઓના સહકાર (અં. ટીમવર્ક) ને આભારી છે.

૧૯૨૦ : એટલે તે માટેનો યશ મોટી સંસ્થાઓમાં કામ કરતી વ્યકિત-
(ચાલુ) ઓના સહયોગને આપવો જોઈએ.

આધુનિક વિજ્ઞાને કેટલીક નવી પદ્ધતિઓ અસ્તિત્વમાં આણી છે જે નીચે પ્રમાણે નોંધી શકાય :

૧. ક્રેફટ પ્રકારના કાગળના માવાનું 'મલ્ટીસ્ટેજ બ્લીચિંગ'—જેથી સંપૂર્ણ રીતે વિરંગેલો (બ્લીચ કરેલો) શ્વેત કાગળ પ્રાપ્ત થઇ શકે.
૨. માવાને બ્લીચ કરવા (વિરંગવા) માટે કલોરિન ડાયોકસાઇડ નામના રસાયણનો ઉપયોગ, જેનાથી કાગળની વધુ ધવલતા મેળવવા ઉપરાંત મજબૂતાઇ પણ કાયમ રહી શકે.
૩. કાગળના વીંટા (અં. રોલ) ને સુકાવવાના યંત્રમાં દાખલ કરતાં પહેલાં તેના ઉપર ચીની માટીનું સફેદ પડ પાથરવાની પ્રથા.
૪. સલ્ફાઇટ પલ્પ (માવો) બનાવવા માટે લાકડુ દ્રાવ્ય થઇ શકે તેવા રસાયણોનો ઉપયોગ, જેથી લાકડાની સખત જાતો પણ કાગળ બનાવવા માટે કાર્યક્ષમ બની શકે.
૫. પેરોક્ષાઇડ અને હાઇડ્રોસલ્ફાઇટ રસાયણો વડે પલ્પને વિરંગવાની શોધ.
૬. કાગળ ભીની સ્થિતિમાં પણ ફાટે નહિ તેવાં દ્રવ્યો અંદર ઉમેરવાની શોધ.
૭. મલ્ટીસ્ટેજ સલ્ફાઇટ પલ્પ બનાવવાની પદ્ધતિ, જેથી કાગળના ગુણધર્મોનું વૈવિધ્ય વધે.
૮. કન્ટિન્યુઅસ (અખંડ) પ્રોસેસની શોધ, જેના વડે કાગળ ઉત્પાદનનો ખર્ચ ઘટાડી શકાય.
૯. રાસાયણિક અને ભૌતિક પરિવર્તનો સાધતી પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ જેથી કઠિન પ્રકારના કાષ્ટમાંથી પણ સરળતાથી કાગળ બનાવી શકાય.
૧૦. માનવસર્જિત તંતુઓ જે વસ્ત્રો માટેજ સામાન્યપણે વપરાય છે તેઓનો કાગળ બનાવવા માટે ઉપયોગ.

આમ કાગળ બનાવવાનો ઉદ્યોગ જગતના જૂનામાં જૂના ઉદ્યોગો પૈકીનો છે. કોઈ પણ દેશની સંસ્કૃતિનો માપદંડ તેના કાગળના વપરાશ પરથી આજે ઘણા નકકી કરવાનું કહે છે. સામે આપેલી આકૃતિમાંથી જોઈ શકાશે કે આજે જગતમાં યુનાઇટેડ સ્ટેટસ ઑફ અમેરિકા માણસ દીઠ કાગળના વપરાશમાં બીજા દેશોથી મોખરે છે. છેલ્લા પચાસ,વર્ષમાં જગતની વસતિ બમણી થઇ છે પણ કાગળ નું ઉત્પાદન ૧૦ થી ૧૨ ગણું વધ્યું છે. એ જાણવું રસપ્રદ થશે કે આટલા જ સમયમાં યુનાઇટેડ સ્ટેટસ ઑફ અમેરિકામાં કાગળનો માથાદીઠ વપરાશ પાંચ ગણો વધ્યો છે. એવું ભવિષ્ય ભાખી શકાય કે હવે પછીના ૨૫ વર્ષમાં જગતમાં કાગળનું ઉત્પાદન ૯૦ થી ૧૦૦ ટકા જેટલું વધશે. આકૃતિમાંથી જણાશે કે યુનાઇટેડ સ્ટેટ્સ ઑફ અમેરિકામાં કાગળની માથાદીઠ વપરાશ લગભગ ૨૦૫ કિ.ગ્રામ આવે છે જયારે ભારતની ફકત ૧.૪ કિ. ગ્રામ છે !



આકૃતિ ૨: જગતના કેટલાક દેશોમાં કાગળની વપરાશ

૨

કાગળનું વિજ્ઞાન

કાગળ એ મુખ્યત્વે તો કેશ જેવી બારીક રેષા ઓની પરસ્પર એવા પ્રકારની નિકટતમ ગૂંથણી છે કે તેની સપાટી એક સરખી દેખાય છે. કાગળને ફાડીએ ત્યારે ફાટવાની ધાર આગળ જે બારીક તંતુઓ દેખાય છે તે દરેક કાગળના બંધારણમાં રહેલા છે. પુસ્તકના એકાદ પાનમાં આવા લગભગ પચાસથી સાઠ લાખ જેટલા તંતુઓ હોઈ શકે છે. આ તંતુઓ અથવા રેષાઓ કાગળ જેમાંથી બનાવાયો હોય છે તે મૂળ વનસ્પતિના છે. કાગળ વિશેનો અભ્યાસ એટલે મોટે ભાગે આ વનસ્પતિના તંતુઓના ગુણધર્મોનો અભ્યાસ. આ તંતુઓ એકબીજાથી લંબાઇ, પહોળાઇ વગેરેમાં જુદા પડવા છતાં સામાન્યપણે બંધારણમાં ઘણું સામ્ય ધરાવે છે. કોઈ પણ વનસ્પતિમાં તંતુઓનું કાર્ય (અં. ફંકશન) સરખુંજ હોય છે. અર્ધપારદર્શક પોલી નળીઓ જેવી તેમની આકૃતિ હોય છે અને વનસ્પતિના પ્રકાર મુજબ તેની અંદર તેઓ ગઠિત થએલા હોય છે. પહોળા પાન ધરાવતા વૃક્ષમાં તેઓની લંબાઇ ૧-૨ મિલિમીટર હોય છે જ્યારે શંકુદ્રુમમાં તેઓની લંબાઇ ૩.૬ મિલિમીટર હોય છે અને સરાસરી પહોળાઇ અનુક્રમે ૦.૧ અને ૦.૨૭ મિલિમીટર હોય છે. કાગળ બનાવવા માટે એક ઉત્તમ પદાર્થમાં જેની ગણના થાયછે તે એસ્પાર્ટો નામના ઘાસના તંતુઓ ૧.૫ મિ.મિ. લાંબા અને ૦.૦૧૨ મિ.મિ. પહોળા હોય છે. શંકુદ્રુમના તંતુઓમાં અમુક પ્રકારના ખાડાઓ હોય છે જે તેમને ઓળખવા માટે એક ચિહ્ન છે.

ઘાસ જેવી વનસ્પતિમાં તંતુઓના સમૂહો અવ્યવસ્થિત રહેલા હોય છે જ્યારે વૃક્ષોમાં છાલ અને તેની નીચે લાકડામાં મધ્ય ભાગમાંથી બહાર ફેલાતા વલયો (અં. રિંગ્ઝ) ના આકારમાં તંતુઓ ગોઠવાયેલા હોય છે. આ તંતુઓને કોઈ ઈમારતના ચણતરમાં મૂકાયેલી ઈંટો સાથે સરખાવી શકાય અને તંતુઓ વચ્ચે રહેલી જગ્યાઓમાં ભરાયેલા પદાર્થને ઈંટોને જોડનાર દ્રવ્યો તરીકે ગણાવી શકાય. આમાંનો મુખ્ય પદાર્થ 'લિગનિન' નામે છે. કાગળ બનાવવા માટે આવા પદાર્થોની જરૂર ન હોવાથી કાગળ તૈયાર કરતી વખતે તેમને દૂર કરવામાં આવે છે. આ તંતુઓનો મુખ્ય ધર્મ વનસ્પતિને મજબૂતાઇ આપવાનો છે. વળી તેઓ વૃક્ષો માટે જમીનમાંથી પાણી ખેંચી શકે છે અને તેમાં દ્રાવ્ય થતા વૃક્ષજીવન માટે જરૂરી પદાર્થો પણ પાણી સાથે ઉપર લાવી શકે છે. વનસ્પતિની જૈવિક ક્રિયાઓમાં આ દ્રવ્યો, પાનમાં રહેલું ક્લોરોફિલ (હરિત પદાર્થ), સૂર્યનો તડકો

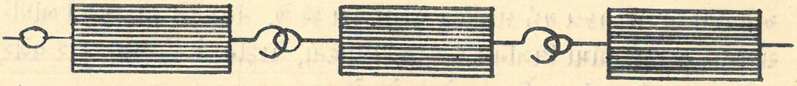
અને હવા એ સૌ એકત્ર થઇ કાર્બોદિત પદાર્થ પેદા કરે છે. તંતુઓને એકત્ર કરી બાંધી-રાખનાર આ પદાર્થોમાં લિગનિન ઉપરાંત કાર્બોદિતો, પેકટીન, પેન્ટોસાન, ગુંદર વગેરે જુદા જુદા પ્રમાણમાં સમાવિષ્ટ થએલા હોય છે.

તંતુઓનું બંધારણ

આ તંતુઓનું કદ અને તેઓનો આકાર નકકી કરવાનું કામ સુલભ છે. સામાન્ય સૂક્ષ્મદર્શક યંત્ર વડે તેમને જોઇ શકાય છે પરંતુ જો ઇલેકટ્રોન માઇક્રસ્કોપ, જે ૧૦,૦૦૦ ગણુ મોટું કદ દર્શાવી શકે છે તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે તો તંતુઓની અંદર બીજા નાના તંતુઓ, જેમને "ફાઇબ્રિલ" કહેવામાં આવે છે તેમને પણ જોઇ શકાય છે. છેડા ઉપર અને બાજુઓએ આ તંતુઓ રૂવાંટી માફક ચોંટેલા હોય છે.

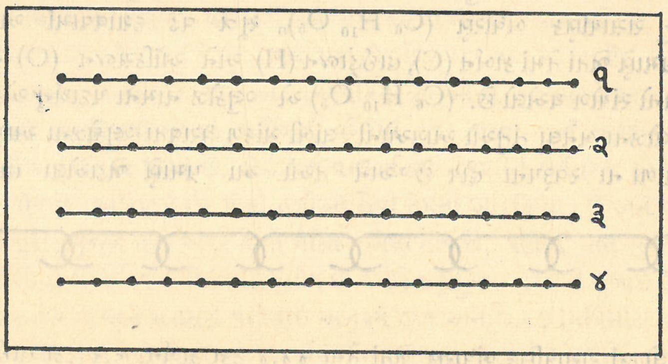
આ અત્યંત બારીક તંતુઓ જે પદાર્થના બનેલા છે તેને "સેલ્યુલોઝ" કહે છે. સેલ્યુલોઝનું રાસાયણિક બંધારણ $(C_6 H_{10} O_5)_n$ સૂત્ર વડે દર્શાવવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે જોતાં તેમાં કાર્બન (C), હાઇડ્રોજન (H) અને ઑકિસજન (O) નામના તત્ત્વોનો સંયોગ થએલો છે. $(C_6 H_{10} O_5)$ એ ગ્લુકોઝ નામના પદાર્થનું એકમ છે. સેલ્યુલોઝના બનેલા તંતુઓ આણુઓની લાંબી સાંકળ ધરાવતા ગ્લુકોઝના આણુઓની હારમાળા ના સ્વરૂપના હોય છે અને તેઓ આ પ્રમાણે જોડાએલા હોય છે:

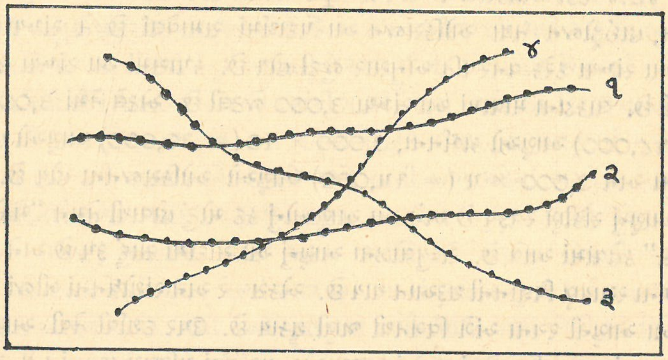
સેલ્યુલોઝનું રાસાયણિક બંધારણ જોતાં તેમાં ૪૪.૪ ટકા કાર્બન, ૬.૨ ટકા હાઇડ્રોજન અને ૪૯.૪ ટકા ઑકિસજન નામના મૂળ તત્ત્વો હોય છે. n અંક કેટલી વાર કાર્બન, હાઇડ્રોજન તથા ઓકિસજન આ પદાર્થમાં સમાવેલાં છે તે સંખ્યા દર્શાવે છે. આ સંખ્યા દરેક વનસ્પતિ અનુસાર જુદી હોય છે. કપાસમાં આ સંખ્યા ૯,૨૦૦ જેટલી છે. લાકડાના માવામાં આ સંખ્યા ૩,૦૦૦ જેટલી છે. એટલે તેમાં ૩,૦૦૦ × ૬ (= ૧૮,૦૦૦) આણુઓ કાર્બનના, ૩,૦૦૦ × ૧૦ (= ૩૦,૦૦૦) આણુઓ હાઇડ્રોજનના અને ૩,૦૦૦ × ૫ (= ૧૫,૦૦૦) આણુઓ ઓકિસજનના હોય છે. આવું આ આણુનું સંકીર્ણ સ્વરૂપ છે અને આ આણુઓનું કદ મોટું હોવાથી તેમને "મૅક્રોમોલિક્યુલ્સ" કહેવામાં આવે છે. સેલ્યુલોઝના આણુનું આ સાદામાં સાદું રૂપ છે અને તેમાંથી કાગળના રસાયણ વિજ્ઞાનની શરૂઆત થાય છે. એકસ—રે અને સંશોધનનાં બીજાં સાધનો વડે આ આણુની રચના અંગે વિગતથી જાણી શકાય છે. ઉપર દર્શાવી તેવી આણુઓની વિસ્તૃત સાંકળને પરિણામે તંતુઓનું સ્વરૂપ એક તાર જેવું પરિણમે છે. તંતુના આણ્વિક સ્વરૂપને કૈંક આ પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :



તંતુઓમાં આણુઓની ગોઠવણી કેવી રીતે થઇ રહેલી હોય છે તેનો સ્પષ્ટ ચિતાર મણકાવાળી થોડી માળાઓ જોવાથી મળી શકશે. હવે આ માળાઓને આપણે જમીન ઉપર આમતેમ ફેંકીશું તો તેમનો આકાર કેવો દેખાશે ? ચારે દિશામાં માળાઓ ફેલાયેલી જણાશે અને કોઇ માળાઓ છુટ્ટી હશે તો વળી બીજી ઉપરા છાપરી ભેગી પણ થઇ ગઇ હશે : (જુઓ આકૃતિ ૩)

તંતુઓમાં આમ સંકલિત આણુઓ કોઇ વ્યવસ્થિત રચના અનુસરતા નથી. જ્યાં સાંકળો આડી અવળી હોય છે ત્યાં આકૃતિ "એમોરફસ" કહેવાય છે,. જ્યાં સાંકળો એક-બીજાને સમાન્તર હશે ત્યાં આકૃતિ સપ્રમાણ હશે. આવી રચનાને "ક્રિસ્ટલિન" કે સ્ફટિ-





આકૃતિ ૩ : તંતુઓના આણુઓની માળાઓ : ઉપર : સમાન્તર; નીચે : આડી અવળી

કાકાર કહે છે. તંતુઓની અંદર વચ્ચે વચ્ચે આવું સ્ફટિકમય સંગઠન હોય છે. આમ આકારવિનાના બંધારણ અને સાકાર બંધારણ એ બે અંતિમો વચ્ચે સમાધાન ધારણ કરતી અણ્વિક સાંકળની આકૃતિઓ જેવું તંતુઓનું બંધારણ હોય છે. સ્ફટિકાકારવાળા ભાગો બલવાન અને ઘટ્ટ હોય છે, જેના વડે તંતુમાં મજબૂતાઈ રહી શકે છે જ્યારે બાકીના ભાગમાં અણુઓને સાંધતી કડીઓ નબળી હોવાથી તેમાં ઢીલાશ હોય છે. તંતુઓમાં અણ્વિક સાંકળોમાં રહેલી પોલાણવાળી જગ્યાઓમાંથી ભેજ પ્રવેશી શકે છે તેમ જ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ પણ આવા સ્થળેથી જ શરૂ થાય છે. ઉષ્ણતાથી અણુઓમાં હિલચાલ શરૂ થાય છે અને તેથી અણ્વિક સાંકળો હાલી ઊઠે છે.

વનસ્પતિમાં જે રીતે તંતુઓ ગોઠવાયેલા હોય છે તે જ પ્રમાણે ફાઈબ્રિલમાં સેલ્યુલોઝના અણુઓની સાંકળો પરસ્પર જોડાયેલી હોય છે. આવી સાંકળોના જૂથને 'માઈસેલ' અથવા 'ક્રિસ્ટલાઈટ' કહે છે, અને તંતુઓના બંધારણમાં જેમ ઈંટો કોઈ દીવાલની રચનામાં ભાગ ભજવે છે તેવો જ ભાગ અહીં માઈસેલ ભજવે છે. ઈલેક્ટ્રોન માઈસ્ક્રોસ્કોપ દ્વારા આનું કદ માપવામાં આવ્યું છે અને તે ૧/૬૦,૦૦,૦૦૦ સેન્ટિમીટર લાંબો અને ૧૨૦,૦૦,૦૦૦ સેન્ટિમીટર પહોળો છે. એક માઈસેલમાં લગભગ ૧૦૦ જેટલા સેલ્યુલોઝના અણુઓ વ્યાપ્ત છે. આ બધા સંશોધનોને અંતે એ ફલિત થયું છે કે વનસ્પતિમાં તંતુઓ, તંતુઓમાં ફાઈબ્રિલો, ફાઈબ્રિલોમાં માઈસેલો, માઈસેલોમાં અણુઓ, અને અણુઓમાં પરમાણુઓ સમાનપ્રકારની રચના (અં. પેટર્ન) ધરાવે છે, જે દીર્ઘસૂત્રી (અં. લેન્ગ્થવાઈઝ) સ્વરૂપે છે.

આ વૈજ્ઞાનિક હકીકતો બહુ સરળ રૂપે સમજી શકાય તેવી રીતે રજુ કરવામાં આવી છે. છતાં કાગળ બનાવનારને લાગે વળગે છે ત્યાં સુધી તો તેનો મુખ્ય હેતુ સેલ્યુલોઝ પ્રાપ્ત કરવાનો છે; વનસ્પતિની અંદર આવેલા બીજા પદાર્થો જોડે તેને કોઈ નિસ્બત નથી. કાષ્ટ કે વનસ્પતિમાંથી કાગળનો માવો બનાવતી વખતે સેલ્યુલોઝને અન્ય પદાર્થોમાંથી છૂટો પાડવો પડે છે અને આ ક્રિયા કરતી વખતે સેલ્યુલોઝને કોઈ હાનિ (અં. ડેમેજ) ન થાય તેની ખાસ કાળજી રાખવી પડે છે.

સેલ્યુલોઝમાંથી વિવિધ ગુણો ધરાવતા કાગળો કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે તે આપણે આગળ ઉપર જોઈશું. અત્યારે તો માત્ર એટલું જ જાણવું બસ થશે કે કાગળના ગુણોનો આધાર તંતુની જાત ઉપર રહેલો છે. જુદી જુદી વનસ્પતિઓ કે વૃક્ષોમાં તંતુઓમાંના માઈસેલોનું બંધારણ એક સરખું નથી હોતું. ઘાસ અને લાકડાના તંતુઓનું બંધારણ કુદરતી રીતે જ ભિન્ન હોય છે અને તે મુજબ તેઓમાંથી બનાવેલો કાગળ પણ પ્રકારમાં જુદો પડે છે. કાગળ બનાવતી વખતે જે પ્રક્રિયાઓ થાય છે તથા જેબળથી તેનો માવો ટિપાય છે વગેરે બાબતો પણ મહત્ત્વની છે. અમુક પ્રકારના તંતુઓ પોચા હોય છે અને સહેલાઈથી ટીપી શકાય છે જ્યારે કેટલાકને ટીપવા માટે કષ્ટ પડે છે. ઉપરાંત, યંત્ર ઉપર કાગળનું પડ જ્યારે પથરાઈ રહે છે ત્યારે તે પડમાં તંતુઓ કેવા આકારમાં ગોઠવાયા હોય છે તે વાત પણ અગત્યની છે. યંત્રઉપર કાગળનુંપડ ભીનું

હોય છે અને પછી તેને સુકવવામાં આવે છે. આ સમય દરમ્યાન તેના ઉપર થએલા ઉપચારો ઉપર પણ કાગળની ગુણવત્તાનો અમુક આધાર રહેલો છે.

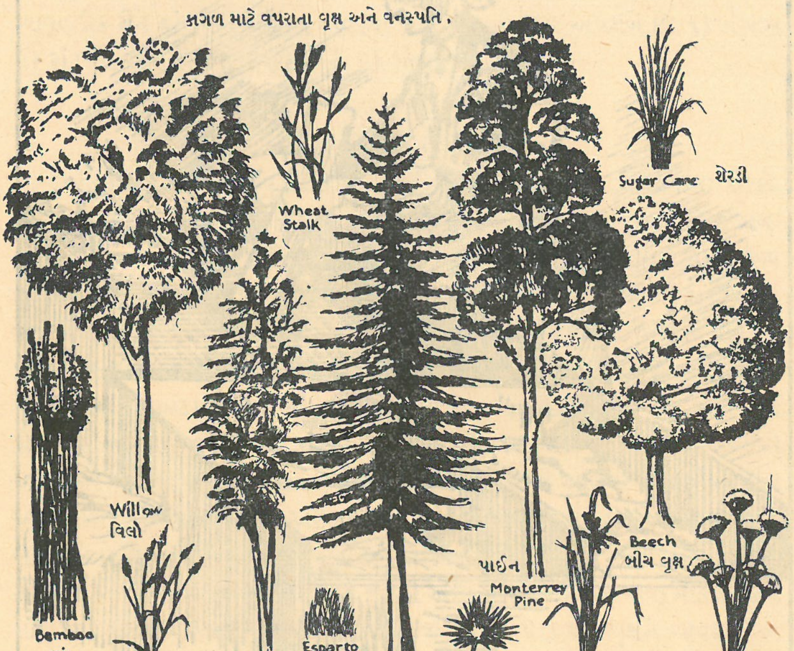
કાગળમાં મોટા ભાગનું પ્રમાણ તો સેલ્યુલોઝનું હોય છે પરંતુ તેને બનાવતી વેળાએ તેમાં અન્ય વસ્તુઓ નાંખવામાં આવે છે. તંતુઓ વચ્ચેના છિદ્રો પૂરવા માટે ચીની માટીનો ભૂકો ઉમેરવામાં આવે છે. આથી કાગળમાં સખ્તાઇ સાથે ઘટ્ટતા આવે છે અને ગરમ રોલર વચ્ચે તેને ફેરવવાથી તેમાં ચળકાટ પેદા થાય છે. રાજન (અં. રોઝિન) ઉમેરવાથી કાગળ ઉપર શાહીથી લખતી વખતે તે પ્રસરતી નથી તેમ જ પાછળ ફૂટી નીકળતી નથી. સરેશ (અં જીલેટિન) ની પણ કૈંક આવી જ અસર છે. કાગળમાં ગળી, ફ્થેલોનેમાઇન વગેરે વાદળી રંગો પણ તેને વધુ શ્વેત દેખાડવા માટે ઉમેરવામાં આવે છે. આ ઉપચારો વડે કાગળનું પોત (અં. ટેક્ષ્ચર) સુધરે છે.

કાગળને બનાવતી વખતે તેમાં પ્લાસ્ટિકો નાંખવાથી રકાબી, થાળીઓ વગેરે આકારો ઘડી શકાય છે. તેના ઉપર સલ્ફ્યુરિક એસિડના નિયંત્રિત ઉપચારથી પાર્ચમેન્ટ (એક પ્રકારનું ચામડું) જેવી સપાટી પેદા કરી શકાય છે. આવી જાતનો કાગળ ભીની સ્થિતિમાં પણ મજબૂત રહી શકે છે. ટૂંકમાં, કાગળ ઉપર કેટલીક અંતિમ ક્રિયાઓ કરીને તેના ગુણધર્મોમાં એવો ફેરફાર લાવી શકાય છે કે જે અન્ય વસ્તુઓમાં સામાન્યરીતે કરી શકાતો નથી.

૩

કાગળના પૂર્વજો : વૃક્ષસૃષ્ટિ અને વનસ્પતિ

આકૃતિ ૪ : કાગળ માટે વપરાતા વૃક્ષ અને વનસ્પતિ



ઈમારતી લાકડામાંથી કાગળ બનાવી શકાય છે એ વાતનું જ્ઞાન કાગળ બનાવનારાઓને બહુ મોડું મળ્યું હતું. છેક ઈ.સ. ૧૮૦૦ માં લાકડામાંથી કાગળ બનાવવાનું રસાયણ શાસ્ત્રીઓને સૂઝ્યું હતું. ત્યાં સુધી તો કાપડનાં ચીંથરાં કાગળ બનાવવા માટે પુષ્કળ પ્રમાણમાં મળતાં હતાં એટલે કાગળ શેમાંથી બનાવવો તે માટે ચિંતા ન હતી. પણ જ્યારે

કાગળનો વપરાશ વધવા લાગ્યો ત્યારે કાગળ બનાવવા માટે બીજે નજર કરવાની જરૂર પડી. ચીંથરાં વાપરનારા માટે તે વખતે એક જોડકણું પ્રસિદ્ધ થયું હતું તે જાણવા જેવું અને ગમ્મત આપે તેવું છે:

'ચીંથરાંમાંથી કાગળ થાય, કાગળમાંથી પૈસા થાય.
પૈસા જાય બેંકમાં, બેંક આપે ઉધારી
ઉધારી કરે ભિખારી, ભિખારી આપે ચીંથરાં...'

અને આમ આ જોડકણાનું પુનરાવર્તન થયાં કરે !

આકૃતિ ૫ : હાથવડે કાપડમાંથી ચીંથરા ફાડવાની પદ્ધતિ

પણ લાકડામાંથી કાગળ બનાવવાની સિદ્ધિ પ્રાપ્ત થતાં જ તેઓએ સંતોષકારક કાગળ જેમાંથી ઉત્પન્ન કરી શકાય તેવાં વૃક્ષો ધારણ કરતાં જંગલોની તપાસ કરવા માંડી અને

તેઓને જગતના ઠંડા પ્રદેશોમાં ઊગતા શંકુદ્રુમ (અં. કોનિફેરસ) નું લાકડું કાગળ બનાવવા માટે યોગ્ય જણાયું. શંકુદ્રુમ અથવા કોનિફેરસ વૃક્ષોનાં વનો કેનેડા, યુનાઇટેડ્ સ્ટેટ્સ ઓફ્ અમેરિકા, સ્વીડન, નૉર્વે, અને ભારતમાં ઉત્તરપ્રદેશમાં હિમાલયનાં જંગલો અને પંજાબ તથા હિમાચલ પ્રદેશમાં આવેલાં છે. પરંતુ આ વૃક્ષોમાંથી સતત, નિયમિત રીતે લાકડું મળ્યા કરે તે માટે વૃક્ષો જેમ જેમ કપાય તેમ તેમ નવાં વૃક્ષો ઉગાડવાનો પ્રબંધ પણ વ્યવસ્થિતપણે થવો જોઈએ. સ્પ્રુસ, ચિર અને દેવદારનાં વૃક્ષો લગભગ ૭૦ વર્ષે પુખ્ત બને છે એટલે જે વનોમાં તેઓ અસ્તિત્વ ધરાવતાં હોય ત્યાં દર વર્ષે સિત્તેરમા ભાગનાં વૃક્ષો કાપવામાં આવે અને દરમ્યાન બીજાં વૃક્ષો તેમને સ્થાને રોપવામાં આવે તો જ અખૂટ રીતે આ વનોમાંથી કાગળ બનાવવા માટે લાકડું મળ્યા કરે; આમ જો ન થાય તો જંગલોમાંથી વૃક્ષસૃષ્ટિ ક્રમેક્રમે ઓછી થતી જાય અને પછી લાકડાં માટે બીજે ફાંફાં મારવાં પડે. ઉપરાંત લાકડાંમાં થતો કહોવાટ તથા રોગ અને કીટકોના ઉપદ્રવ સામે પણ તેને રક્ષણ આપવું પડે છે એટલે આ બધી વ્યવસ્થા સુયોજિત તેમજ વૈજ્ઞાનિક ઢબે થવી જોઈએ. વ્યાવહારિક રીતે જંગલની સુયોગ્ય વ્યવસ્થા ત્રણ મુદ્દાઓ ઉપર અવલંબે છે: ૧) સંરક્ષણ ૨) સંવર્ધન (અં. સિલ્વીકલ્ચર) અને ૩) સંહરણ (અં. કટિંગ).

સંરક્ષણ

જંગલના ત્રણ મહાન દુશ્મનો છે: અગ્નિ, રોગ અને વૃક્ષને ખાઈ જતા કીટકો. અગ્નિનો ભય કોનિફેરસ જંગલમાં વિશેષ છે. ઉષ્ણકટિબંધમાં આવેલાં જંગલોમાં લગભગ દરરોજ વરસાદ પડયા કરેછે, પરંતુ કેનેડા જેવા શીતકટિબંધમાં આવેલા દેશોની ગ્રીષ્મ ઋતુમાં જયારે લાંબા સમય સુધી વરસાદ નથી પડતો ત્યારે આગ બુઝાવવી મુશ્કેલ પડે છે. સૌથી મોટું જોખમ તો જયારે આગ લોકોની બેદરકારીથી શરૂ થાય છે ત્યારે હોય છે. વગર વરસાદની ગાજવીજ પણ આગ લગાડવાનું સાધન બની શકે છે. સમય અને પૈસાનો આગ અટકાવવામાં ઘણો દુર્વ્યય થાય છે. એક વાર આગ શરૂ થાય પછી કોનિફેરસ જંગલનું દહન પણ સત્વર થઈ જાય છે. આ માટે ચોકકસ જગ્યાઓએ અવલોકન માટે ઊંચા માંચડાઓ ઊભા કરવામાં આવે છે, જેથી આગની ચેતવણી તરત જ આપી શકાય અને તાબડતોબ તે અટકાવવા માટે પગલાં લઈ શકાય. કીટકો સામે રક્ષણનો પ્રશ્ન એવો વિકટ છે કે કુદરતને જ પોતાનું કામ કરવા દેવું પડે છે. સૌથી નુકશાનકારક કીટક 'બાર્ક બીટલ' છે, જે છાલને કોરીને વૃક્ષની અંદર પેસી જઈ તેને ખાવા માંડે છે અને સાથોસાથ પોતાનાં ઈંડાં પણ મૂકે છે, જેમાંથી વધુ કીટકો પેદા થઈ વૃક્ષને ખાવાનું કામ સંપૂર્ણ કરે છે. આધુનિક વિજ્ઞાનની સુવિધાઓને લીધે જયાં પગે ચાલીને પહોંચી શકાતું નથી ત્યાં હેલિકોપ્ટર દ્વારા જંતુનાશકો છાંટી કીટકોનો નાશ કરી આ પ્રશ્ન મહદંશે હલ કરી શકાય છે. વૃક્ષોને થતા કેટલાક રોગો ખરેખર ગંભીર પ્રકારના હોય છે. આમાંનો એક 'બ્લિસ્ટર રસ્ટ' નામનો રોગ છે. તેને માટે યોગ્ય ઉપાય શોધવાનો પ્રશ્ન હજુ કૃષિવૈજ્ઞાનિકો સામે અણઉકેલ્યો ઉપસ્થિત છે.

સંવર્ધન (વૃક્ષઉછેર-અં. સિલ્વિકલ્ચર)

બિનજરૂરી—નકામા ઊગી નીકળતા છોડને ઉખાડી જરૂરી વૃક્ષો વાવવાં તથા સડી ગયેલાં અને વિકૃત થઇ ગયેલાં વૃક્ષોને કાઢી નાંખવાં અને નિરોગી વૃક્ષોને ઉછેરવાં એ એ વૃક્ષ ઉછેર વિદ્યાનું મુખ્ય અંગ છે.

જંગલમાં વૃક્ષો પોતાનાં જ બીજમાંથી ઊગે છે છતાં કુદરત ઉપર સંપૂર્ણ ભરોસો રાખી શકાય નહિ. જે જગ્યાએ વૃક્ષો ઊગવાં જોઇએ તે સ્થાન નકકી કરવાનું કામ મનુષ્ય-નું છે. નર્સરીમાં વાવેતર કરીને પછી જ્યાં છોડ ઉગાડવા હોય ત્યાં તે નિર્ણિત જગ્યાએ રોપવામાં આવે છે. યાંત્રિક પદ્ધતિએ ટ્રેકટર દ્વારા આ કામ થઇ શકે છે. યોજનાપૂર્વક વાવેલાં વૃક્ષો જલદી તૈયાર થાય છે.

સંહરણ (અં. કટિંગ)

વૃક્ષો કાપવાનું કામ વૈજ્ઞાનિક રીતે યોજવામાં આવેલું હોય છે. જંગલનું સર્વેક્ષણ કરનારાઓ પ્રથમ જંગલમાં ફરી વૃક્ષોની સંખ્યા ગણે છે અને તેઓનું માપ લે છે. વિમા-નમાંથી લીધેલી છબીઓ સાથે આ સર્વેક્ષણની તુલના કરવામાં આવે છે અને ત્યાર બાદ જંગલના ઇજનેરો જે તે વર્ષ પૂરતો કાપવાનો પ્રદેશ નકકી કરે છે. આ કામ માટે નિયુકત ગણ શિબિરો વસાવે છે અને સંખ્યાબંધ સેવકોનો સમુદાય કામપર લાગી જાય છે.

આખા વર્ષ દરમ્યાન કાપવાનું કામ ચાલુ રહે છે, પરંતુ મોટા ભાગનું કામ પાનખર ઋતુમાં કરવામાં આવે છે. પાનખર ઋતુમાં કાપેલાં વૃક્ષોના લાકડાંમાં રસ (અં. સૅપ) બહુ જૂજ પ્રમાણમાં હોય છે. યાંત્રિક કરવતો વડે આ વૃક્ષોને કાપવામાં આવે છે. એક માણસ વૃક્ષ કાપે, સાફ કરે તથા સરખા માપના ટુકડાઓ કરી તેના ભારા બનાવે તે બધું જ કામ યાંત્રિકરીતે પૂરું થતાં માત્ર ૧૫ મિનિટ લાગે છે ! જમીન ઉપર ડાળીઓ, પાંદડાં તથા બીજો કચરો પડી ન રહેવો જોઇએ. લાકડાના ટુકડાઓ ઉપર જે તે કંપનીની માલિકીનાં ચિહ્નો ચોંટાડવામાં આવે છે અને નજીકની નદી કે નહેરમાં વહેતા કરવામાં આવે છે અને પછી કંપનીના સ્થળે તેમને ઊંચકી લેવામાં આવે છે. જ્યાં આવી પાણી દ્વારા પહોંચાડવાની (ટ્રાન્સપોર્ટની) સગવડ નથી હોતી ત્યાં ટ્રકો અથવા માલગાડીઓ દ્વારા લાકડાં પહોંચાડવામાં આવે છે.

૪

કાગળ બનાવવા માટે પાયાના પદાર્થો

કોઇ પણ વનસ્પતિ કાગળ બનાવવા માટે યોગ્ય થઈશકે છે કારણ કે કાગળ બનાવવા માટે મુખ્ય વસ્તુ સેલ્યુલોઝ છે અને તે દરેક વનસ્પતિમાં છે. છતાં કાગળ ઉત્પન્ન કરવા માટે વપરાતી વનસ્પતિઓની સંખ્યા અલ્પ છે. કેટલીક વનસ્પતિઓમાં સેલ્યુલોઝનું પ્રમાણ એટલું ઓછું હોય છે કે તેમનો કાગળ બનાવવા માં ઉપયોગ કરવો વ્યર્થ છે. કેટલીક વનસ્પતિઓમાં સેલ્યુલોઝનું પ્રમાણ સારૂં હોય છે પરંતુ સેલ્યુલોઝને બાંધનાર પદાર્થો એટલા બળપૂર્વક સેલ્યુલોઝને જકડી રહ્યા હોય છે કે સેલ્યુલોઝને તેમના બંધનમાંથી મુકત કરવા માટે મોટા પ્રમાણમાં રસાયણોનો ઉપયોગ કરવો પડે છે તેમ જ પુષ્કળ દબાણ વાપરવું પડે છે, જેથી સેલ્યુલોઝને નુકસાન થાય છે. ઉપરાંત સેલ્યુલોઝ સહેલાઈથી મળી શકે તેવી વનસ્પતિઓમાં પણ તંતુઓ એટલા નબળા નીકળે છે કે તેમાંથી સારો કાગળ બની જ ન શકે.

ઘણી વાર તો કાગળ બનાવનારનું લક્ષ્ય એવા પદાર્થોનો ઉપયોગ કરવા માટે હોય છે કે જેઓનો અન્ય ઉપયોગ નહોય અને જેની કિંમત નજીવી હોય. આમાંના કેટલાક તો ઉકરડે નાંખેલા પદાર્થો હોય છે. રદ્દી કાગળ, જૂનાં કપડાંનાં ચીંથરાં, ઈમારતીકામ માટે નિરુપયોગી મનાયેલાં લાકડાં, ખેતરમાંથી અનાજ કાઢી લીધા પછી વધેલાં ડાંખળાં અને છોતરાંનો કચરો, ખાંડની મિલોમાંથી નીકળેલા શેરડીના કૂચા, વગેરે દૃષ્ટાંત તરીકે ગણાવી શકાય.

કાગળ બનાવવા યોગ્ય પદાર્થોના આ પ્રમાણે વર્ગો પાડી શકાય :—

(૧) બીને ચોંટેલા તંતુઓ (જેમકે કપાશિયાને ચોંટેલી રૂંવાટી).

(૨) રેષાવાળી વનસ્પતિ (દા.ત. હેમ્પ, શણ, રેમી, ફ્લૅક્સ). આ વનસ્પતિઓમાં મજબૂત રેષાઓ હોય છે.

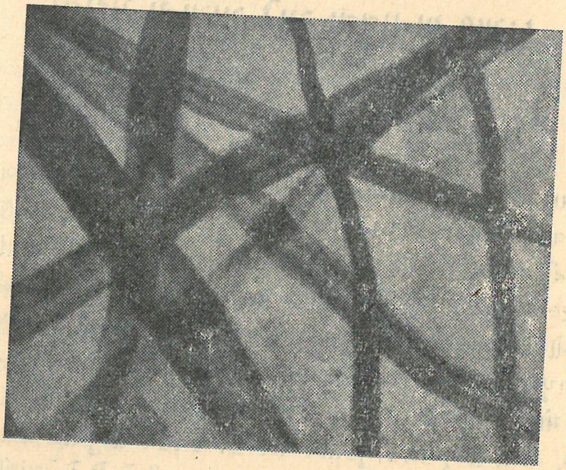
(૩) ઘાસની જાતની વનસ્પતિ. (દૃષ્ટાંત તરીકે અનાજનાં ડૂંડાં, શેરડીના કૂચા, વાંસ, વગેરે.) એસ્પાર્ટો ઘાસ આ વર્ગમાં ઘણી વાર મૂકવામાં આવે છે પણ ખરી રીતે તે વળેલાં પાંદડાના રૂપે હોય છે.

(૪) પાંદડાવાળા તંતુઓ (દા.ત. એસ્પાર્ટો અને સિસલ)

(૫) લાકડાનાં તંતુઓ, અને

(૬) કૃત્રિમ તંતુઓ.

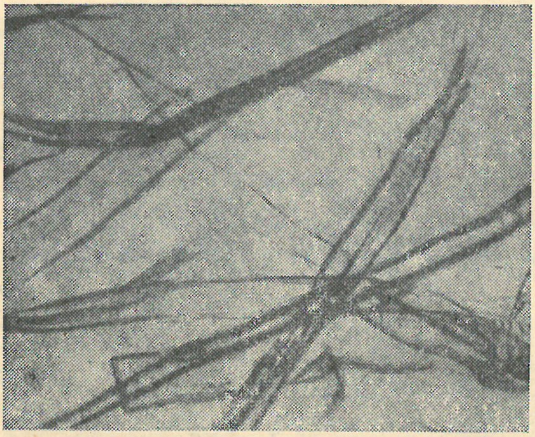
ભારતમાં કાગળ બનાવવા માટે કાચા માલમાં વાંસ, સબાઈ ઘાસ, હેમ્પ, શણના ટુકડા, હેસિઅનના ટુકડા, શેરડીના કૂચા, અને રદ્દી કાગળ ગણાવી શકાય. લાકડાનો ઉપયોગ ફક્ત ન્યુસપ્રિન્ટ માટે બનાવાતા કાગળમાં જ થાય છે.



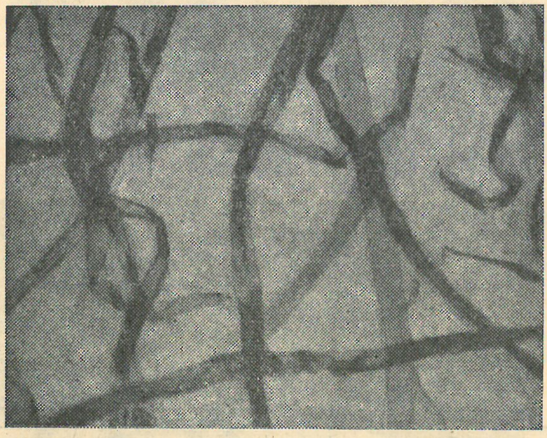
૧. મલબેરી પાઈન વૃક્ષના તંતુઓ

૨. ઘઉંની પરાળના તંતુઓ

આકૃતિ ૬ (અ) : વિવિધ પ્રકારના તંતુઓ



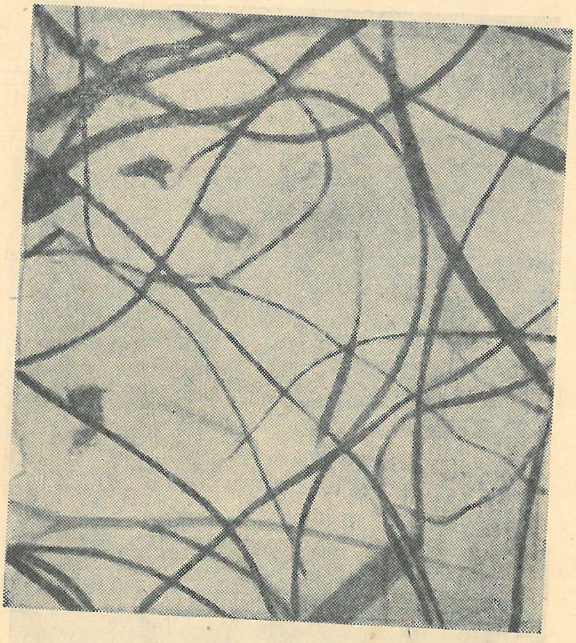
૩. એસ્પાર્ટો ઘાસના તંતુઓ



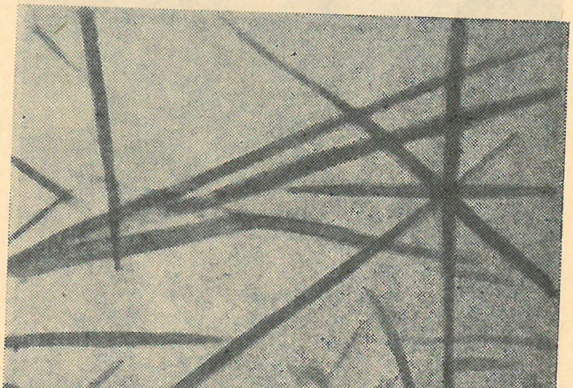
૪. સ્પ્રુસ વૃક્ષના તંતુઓ

આકૃતિ ૬ (બ) : વિવિધ પ્રકારના તંતુઓ

(૧) કપાસ: કપાસ મુખ્યત્વે ચીન, ભારત, ઇજિપ્ત, બ્રાઝિલ, અને ઉત્તર અમેરિકામાં ઉગાડવામાં આવે છે. કપાસના છોડ માંથી રૂ ઉત્પન્ન થાય છે. કપાસનાં બી કાળાં હોય છે અને તેને રૂંવાટી વળગેલી હોય છે. આ રૂંવાટીને લિન્ટર્સ કહે છે. રૂનો ઉપયોગ વસ્ત્રો માટે થાય છે, જયારે આ લિન્ટર્સ માંથી કાગળ બનાવવા માટેનો કાચો માલ—લિન્ટર્સ પલ્પ-બનાવવામાં આવે છે. ઉપરાંત કાગળ બનાવવા માટે કાપડની મિલોમાંથી નકામા પડેલા



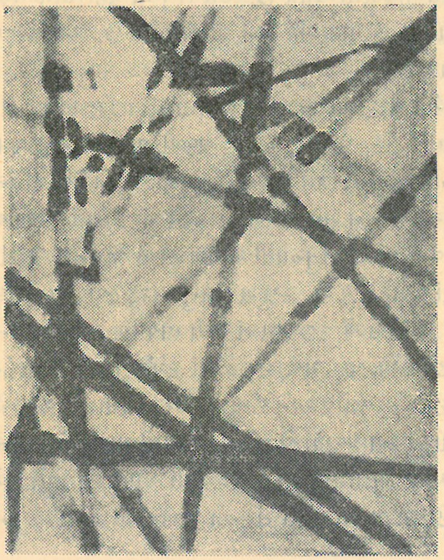
૫. વાંસના તંતુઓ



૬. યુકેલિપ્ટસના તંતુઓ

આકૃતિ ૬ (ક) : વિવિધ પ્રકારના તંતુઓ

૭. બરૂના તંતુઓ



૮. શેરડીના તંતુઓ

આકૃતિ ૬ (ડ) વિવિધ પ્રકારના તંતુઓ

કાપડના કટકા, ચીંથરાં, ધાગા, વગેરે પણ ઉપયોગમાં લેવાય છે. આમાં સેલ્યુલોઝ અત્યંત શુદ્ધ સ્વરૂપે હોય છે. કપાસનો તંતુ ચપટી નળી જેવા આકારનો હોય છે. તેની સરાસરી લંબાઇ લગભગ ૨.૫ સે.મીટર અને પહોળાઇ ૧/૪૦૦૦ મિ.મીટર જેટલી હોય છે. આ તંતુને અત્યંત બારીક દીવાલ હોય છે અને તેની નીચે પોલાણ હોય છે, જેને 'લ્યુમેન' કહે છે. કપાસનો તંતુ ઉત્તમ પ્રકારનો છે અને તેમાંથી મજબૂત અને ટકાઉ કાગળ બનાવી શકાય છે. હાથબનાવટના કાગળમાં મૂળ કપાસના તંતુઓ રહેલા હોય છે અને તેથી તેની ગણના સારી જાતના કાગળમાં થાય છે.

(૨) રેષાવાળી વનસ્પતિ: (શણ, રેમી, ફ્લેક્સ, હેમ્પ.) આ વનસ્પતિની સોટીઓ કહોવડાવી તેમાંથી રેસા કાઢે છે. એના કાગળો રૂના કાગળ કરતાં પણ મજબૂત બને છે. આના તંતુમાં પણ વચ્ચે 'લ્યુમેન' (પોલી નળી) હોય છે, અને તેની લંબાઇ પહોળાઇ પણ લગભગ રૂ ના તંતુ જેટલી જ હોય છે. આમાંથી ઊંચા પ્રકારનો કાગળ બનાવી શકાય છે. બૅન્ક નોટ, કાયદાના કાગળો, દસ્તાવેજી કાગળો અને ઉત્તમ પ્રકારની સ્ટેશનરી માટે તેનો ઉપયોગ થાય છે.

(૩) ઘાસના પ્રકારની વનસ્પતિ: ઘઉં, ડાંગર વગેરે અનાજોનું પરાળ તથા ઘાસમાં સારા પ્રમાણમાં સેલ્યુલોઝ હોય છે અને તેઓનો ઉપયોગ કાગળ બનાવવામાં થઇ શકે છે. આમાંથી બહુ સારા પ્રકારનો કાગળ બનતો નથી પણ બ્રાઉન પેપર, કાર્ડબોર્ડ વગેરે બનાવવામાં આવે છે.

(૪) પાંદડાંની અંદરના તંતુઓ: 'એસ્પાર્ટો' ઘાસ આનું દૃષ્ટાંત છે. વર્ષોથી આ ઘાસ ગ્રેટબ્રિટન, સ્પેન, અને ઉત્તર આફ્રિકામાં કાગળ બનાવવા માટે વપરાય છે. ઘાસને ડાઇજેસ્ટરમાં બાફીને તેમાંથી તંતુઓ કાઢવામાં આવે છે. આ તંતુઓ ટૂંકા અને નરમ હોય છે પણ તેમાંથી બનાવેલો કાગળ ઘટ્ટ, અપારદર્શક અને લીસ્સો હોય છે. આ કાગળો લખાણ કરવા માટે ઘણા સારા ગણાય છે.

(૫) લાકડાના તંતુઓ: સામાન્ય રીતે લાકડામાં ૫૦ ટકા સેલ્યુલોઝ, ૩૦ ટકા લિગનીન નામનો પદાર્થ અને ૨૦ ટકા કાર્બોહાઇડ્રેટ, પ્રોટીન, રેઝીન, ચરબી, ખનિજદ્રવ્યો વગેરે આવેલાં હોય છે. પણ કાગળ બનાવનારને સૌથી વિશેષ સંબંધ સેલ્યુલોઝ અને લિગનીનની જોડે છે. લિગનીન સેલ્યુલોઝના તંતુઓ વચ્ચેનું સાંધણ કરે છે. એને ગુંદર સાથે સરખાવી શકાય. આ લિગનીનને કાગળ બનાવતાં પહેલાં તંતુઓથી અલગ કરવો જોઇએ. ઉપરાંત તંતુઓનું પ્રમાણ પણ પોચા લાકડામાં વધારે હોય છે. સ્પ્રુસ વૃક્ષનું લાકડું ૯૫ ટકા જેટલા તંતુઓ ધરાવે છે જ્યારે સખત લાકડામાં ભાગ્યે ૬૦ ટકા તંતુઓ હોય છે. લાકડા પરની રાસાયણિક પ્રક્રિયામાંથી બીજી આડપેદાશો પણ મળે છે, જેમાં ટર્પેન્ટાઇન કે પાઇન ઓઇલ, યીસ્ટ, વેનીલીન, ડામર, નાઇટ્રો-સેલ્યુલોઝ અને ઇથાઇલ અને મિથાઇલ આલ્કોહોલ ગણાવી શકાય. કાગળ બનાવનારને આ પદાર્થો જોડે લેવાદેવા નથી પણ ટર્પેન્ટાઇન, પાઇન ઑઇલ કે યુકેલિપ્ટસ તેલ પલ્પ મિલોમાં ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. વૃક્ષે વૃક્ષે લાકડાના ગુણધર્મો બદલાતા હોય છે. નરમ લાકડાના તંતુઓ સખત લાકડાના તંતુઓ

કરતાં લાંબા હોય છે. વૃક્ષ પુખ્ત ઉંમરનું થાય છે ત્યાંસુધી તેની અંદરના કેન્દ્રમાંથી તંતુઓની લંબાઈ બહારના ભાગ તરફ વધ્યા કરે છે. વૃક્ષ સામાન્ય રીતે લગભગ ૫૦ વર્ષે પુખ્ત બને છે. વળી ગરમ અને ભેજ વાળી હવામાં વૃક્ષો જલદી વધે છે અને જાડા ખડબચડા તંતુઓ ઉત્પન્ન કરે છે જ્યારે ઠંડા પ્રદેશોમાં વૃક્ષોની વૃદ્ધિ ધીમી હોય છે અને તેમના તંતુઓ ઘટ્ટ અને પાતળા હોય છે. પરંતુ કોઇ પણ પ્રકારના લાકડામાંથી કાગળ બનાવવની ક્ષમતા હોય છે, પછી કાગળ લાકડાના પ્રકાર પરત્વે ભલે સારો કે સાધારણ હોય. કાગળ બનાવવા માટે મોટે ભાગે નરમ લાકડું પસંદ કરવામાં આવે છે. જે દેશોમાં નરમ લાકડું ઉત્પન્ન થતું નથી, ત્યાં સંશોધન કરીને સખત લાકડાંમાંથી પણ કાગળ બનાવવાનું સિદ્ધ થઇ શક્યું છે. છેલ્લા પચીસ ત્રીસ વર્ષોથી જગત પર કાગળનો વપરાશ કૂદકે ને ભૂસકે વધવા લાગ્યો છે. કાગળ બનાવવા માટે પોચા લાકડાની સાથે સખત લાકડાનો પણ ઉપયોગ કરવાનું પ્રથમ પગલું બ્રાઝિલમાં આવેલા એમેઝોન નદીના જંગલોના વૃક્ષોના લાકડામાંથી કાગળ બનાવવાનો પ્રયત્ન કરીને લેવામાં આવ્યું હતું. ઑસ્ટ્રેલિયા અને ટાસ્માનિઆમાં યુકેલિપ્ટસના વૃક્ષના લાકડામાંથી કાગળનો માવો એટલી સફળતાપૂર્વક બનાવી શકાયો છે કે હવે આ દેશોમાંથી કાગળના માવાની નિકાસ થઇ શકે છે. આપણે ત્યાં ઉટાકામંડના જંગલમાં થતા યુકેલિપ્ટસ વૃક્ષોના લાકડામાંથી ૧૯૬૪-૬૫માં ૪૦,૦૦૦ ટન કાગળનો માવો બનાવવામાં આવ્યો હતો. નરમ લાકડું અને સખત લાકડું તેના સ્થૂળ અર્થમાં નરમ કે સખત ગણવામાં નથી આવતું. આ ફરક માત્ર શંકુદ્રુમ (Coniferous) અને પર્ણપતનશીલ (Deciduous) વૃક્ષોનાં લાકડાં વચ્ચેનો છે. ન્યુઝપ્રિન્ટના કાગળો સામાન્ય રીતે લાકડામાંથી બનાવવામાં આવે છે.

કૃત્રિમ તંતુઓ: કેટલાક ખાસ પ્રકારના કાગળો માટે હવે નાયલોન, કાચ, વગેરેનાં તંતુઓ વાપરવામાં આવે છે. આ તંતુઓ અન્ય વનસ્પતિના તંતુઓ સાથે મિશ્રણ કરીને પણ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

છેલ્લે રદ્દી કાગળનો પણ ઉલ્લેખ કરવો જોઇએ. જૂના નકામા કાગળો ફરી કાગળ બનાવવા માટે ઉપયોગમાં લેવાય છે. બીજા વિશ્વયુદ્ધ પછી કાગળના કાચા માલની તંગી થવાથી જૂના કાગળોનો ફરી ઉપયોગ કરવાનું વિચારાયું હતું. જુદા જુદા પ્રકાર પ્રમાણે કાગળોને વિભકત કરી તેમને સાફ કરી, શાહીના ડાઘા દૂર કરી જૂના કાગળોને કાગળ બનાવવાના મૂળ મિશ્રણમાં યોગ્ય પ્રમાણમાં ઉમેરવામાં આવે છે અને આ રીતે જૂનો કાગળ નવો અવતાર પામે છે.

આપણે ત્યાં કાગળ બનાવવા માટે મુખ્યત્વે વાંસ, સબાઇ નામનું ઘાસ, શેરડીમાંથી રસ કાઢી લીધા પછી બાકી રહેલા તેના કૂચા (જેને બૅગાસ કહે છે), શણ, કંતાન, હેસિઅન વગેરે રેષા વાળી વનસ્પતિ, અનાજના છોડાં અને ડાંખળાં, કપડાંનાં ચીંથરાં, વેસ્ટ કૉટન, અને હવે યુકેલિપ્ટસ અને બીજાં સખત પ્રકારનાં વૃક્ષોનાં લાકડાં અને પાઇન, ફર, સ્પ્રુસ વગેરે વૃક્ષોનાં પોચાં લાકડાં વપરાય છે. ભારતમાં વાંસનો ઉપયોગ સૌથી વધારે છે. આસામ, ઓરિસ્સા, આન્ધ્રપ્રદેશ, મધ્યપ્રદેશ, મદ્રાસ, મ્હૈસુર અને ગુજરાત, મહારાષ્ટ્રમાં વાંસ

પુષ્કળ પ્રમાણમાં ઊગે છે અને ઉગાડી શકાય છે. વાંસ માત્ર ત્રણ જ વર્ષમાં પુખ્ત વયે પહોંચે છે અને એક એકરે લગભગ ૧૫ ટન જેટલો પાક આપી શકે છે. તેના તંતુઓની લંબાઈ પોચા લાકડાંના તંતુઓની લંબાઇ જેટલી જ હોય છે અને કેટલાંક પ્રકારોમાં તેથી વધારે પણ હોય છે. કાગળ બનાવવા માટે વાંસમાંથી બનાવેલો માવો અન્ય વનસ્પતિ કે લાકડાંના માવા સાથે મિશ્રણ કરીને પણ વાપરી શકાય છે. અત્યારે આપણા કાગળના ઉદ્યોગમાં વાર્ષિક લગભગ ૨૫ લાખ ટન જેટલો વાંસ ઉપયોગમાં આવે છે અને વર્ષો-વર્ષ તેની જરૂરિયાત વધ્યા કરે છે. વાંસનો વપરાશ વધ્યા પછી ભારતમાં સબાઇ ઘાસનો ઉપયોગ ઘટવા લાગ્યો છે પણ ૧૯૩૦ સુધી કાગળ ઉદ્યોગનો તે મુખ્ય કાચો માલ હતો. સબાઇ ઘાસ હિમાલયની તળેટીના પ્રદેશમાં, બિહાર અને નેપાળના કેટલાક પ્રદેશોમાં ઊગે છે. વાર્ષિક લગભગ ૩ થી ૪ લાખ ટન ઘાસ આપણે ત્યાં પ્રાપ્ત થાય છે.

ખાંડના કારખાનાંમાંથી મળતા શેરડીના કૂચાઓનો કાગળ બનાવવા માટે હવે દુનિયા-ભરમાં બહોળો ઉપયોગ થવા લાગ્યો છે. તેના તંતુઓ બહુ ટૂંકા હોય છે (૧.૫ થી ૨.૦૦ મિ. મીટર) અને રસાયણો સામે ખમી શકવાની ઘણી ઓછી શકિત ધરાવે છે. પરંતુ સુધા-રેલાં સાધનોના વપરાશ વડે આ નબળાઇને નિવારી શકાઇ છે. કયુબા, બ્રાઝિલ, મેકિસકો, દક્ષિણ આફ્રિકા, ફિલિપ્પાઇન્સ, પેરુ, આર્જેન્ટિના, ચીન, ટાઇવાન અને ભારતમાં કાગળ બનાવવા માટે શેરડીના કૂચાઓનો ઉપયોગ ચાલુ થઇ ગયો છે. ખાંડના કારખાનાંમાંથી આપણે ત્યાં વાર્ષિક લગભગ ૫૦,૦૦૦ ટન શેરડીના કૂચા આ માટે વપરાય છે. શેરડીના કૂચાઓનું જગતનું કુલ ઉત્પાદન વરસ દહાડે સાડા ત્રણ કરોડ ટન જેટલું અંદાજવામાં આવ્યું હતું (૧૯૬૮).

પંજાબ અને હિમાચલ પ્રદેશમાંથી સ્પ્રુસ, ફર અને ચિરનું લાકડું વાર્ષિક ૩૪૦,૦૦૦ ટન જેટલું મળે છે. સાલાઇ વૃક્ષનું સખત લાકડું, જે સૂકાં અરણ્યોમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે તે પણ કાગળ બનાવવા માટે સારા પ્રમાણમાં વપરાય છે. બાવળની જાતના વૃક્ષોનું લાકડું જે સૂકાં અરણ્યોમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે તે પણ કાગળ બનાવવા માટે સારા પ્રમાણમાં વપરાય છે.

લખવાના તથા ઊંચા પ્રકારના કાગળો બનાવવા માટે આપણેત્યાં કપડાંનાં ચીંથરાં, કૉટન વેસ્ટ વગેરે વપરાય છે. વાર્ષિક લગભગ ૧,૫૦૦ ટનનો આવો વપરાશ આપણી કાગળની મિલો કરે છે.

કાગળ ઉદ્યોગમાં વપરાતા અન્ય પદાર્થો

કાગળનો માવો બનાવવા માટે વપરાતાં રસાયણોમાં મુખ્ય કૉસ્ટિક સોડા, કલોરિન, સોડાએશ, સોડિઅમ સલ્ફેટ, ચૂનો અને ગંધક છે. ચીની માટી, કેલ્શ્યમ સલ્ફેટ, કેલ્શ્યમ કાર્બોનેટ, અને ટિટાનિયમ ડાયોકસાઇડ, કાગળને વજન આપવા માટે તથા સખત બના-વવા માટે કાગળ બનાવતાં પહેલાં માવામાં ઉમેરવામાં આવે છે. જસતના ઓકસાઇડો, સફેદાઇ માટે પણ ઉમેરવામાં આવે છે.

કાગળ ઉપર આર (અં. સાઇઝ) ચઢાવવા માટે રોઝીન આલ્કલી સાથે ઉમેરવામાં આવે છે. ફટકડી અને મીણના ઇમલ્ઝનો (દૂધ જેવો પદાર્થ) પણ વપરાય છે. આથી કાગળ પર લખતી વેળા શાહી પ્રસરતી નથી. કાગળમાં મજબૂતાઇ લાવવા સ્ટાર્ચ પણ વપરાય છે.

કાગળને ઓપ અને શ્વેત રંગ આપવા માટે કેટલાક કૃત્રિમ બ્લુ રંગો વાપરવામાં આવે છે, જેમાં અલ્ટ્રામેરીન, પ્રુશિઅન બ્લુ મુખ્ય છે.

કાગળની સપાટીને લીસી અને સરખી કરવા માટે તથા તેનાં છિદ્રો પૂરવા માટે કેસીન, સ્ટાર્ચ, પૉલિવિનીલ આલ્કોહોલ, વગેરે ઉપયોગમાં લેવાય છે. ખાસ પ્રકારના વૉટરપ્રૂફ કાગળ માટે ફોરમાલ્ડીહાઇડ, લાખ, પ્લાસ્ટિક, વગેરે વપરાય છે. બે કાગળો વચ્ચે ડામરનું પડ પાથરીને સારો વૉટરપ્રૂફ પેકિંગ પેપર બને છે. આ બધા પદાર્થો અત્યંત અલ્પ પ્રમાણમાં લેવાય છે.

કાગળ ઉત્પાદનના દરેક તબક્કે પુષ્કળ પાણી વપરાય છે. રોજનો ૧૦૦ ટન કાગળ બનાવતી મિલમાં બે કરોડ ગેલન પાણીનો વપરાશ એક જ દિવસમાં થાય છે. આટલું પાણી એક લાખની વસતિવાળા શહેર માટે રોજ જોઇએ. આ પાણી અત્યંત ચોકખું કરીને વાપરવું જોઇએ કારણકે અંદર અશુદ્ધિઓ રહે તો કાગળ બનાવવા માટે થતી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં ખલેલ પડે. કાગળ માટે પ્રથમ બનાવાતો માવા તૈયાર કરતી વખતે લાકડાને પકવવામાં ઘણી વરાળ પેદા કરવી પડે છે અને કાગળને સૂકવવા માટેના સિલિંડરોને ગરમ કરવા ઘણી વરાળની જરૂર પડે છે.

૫

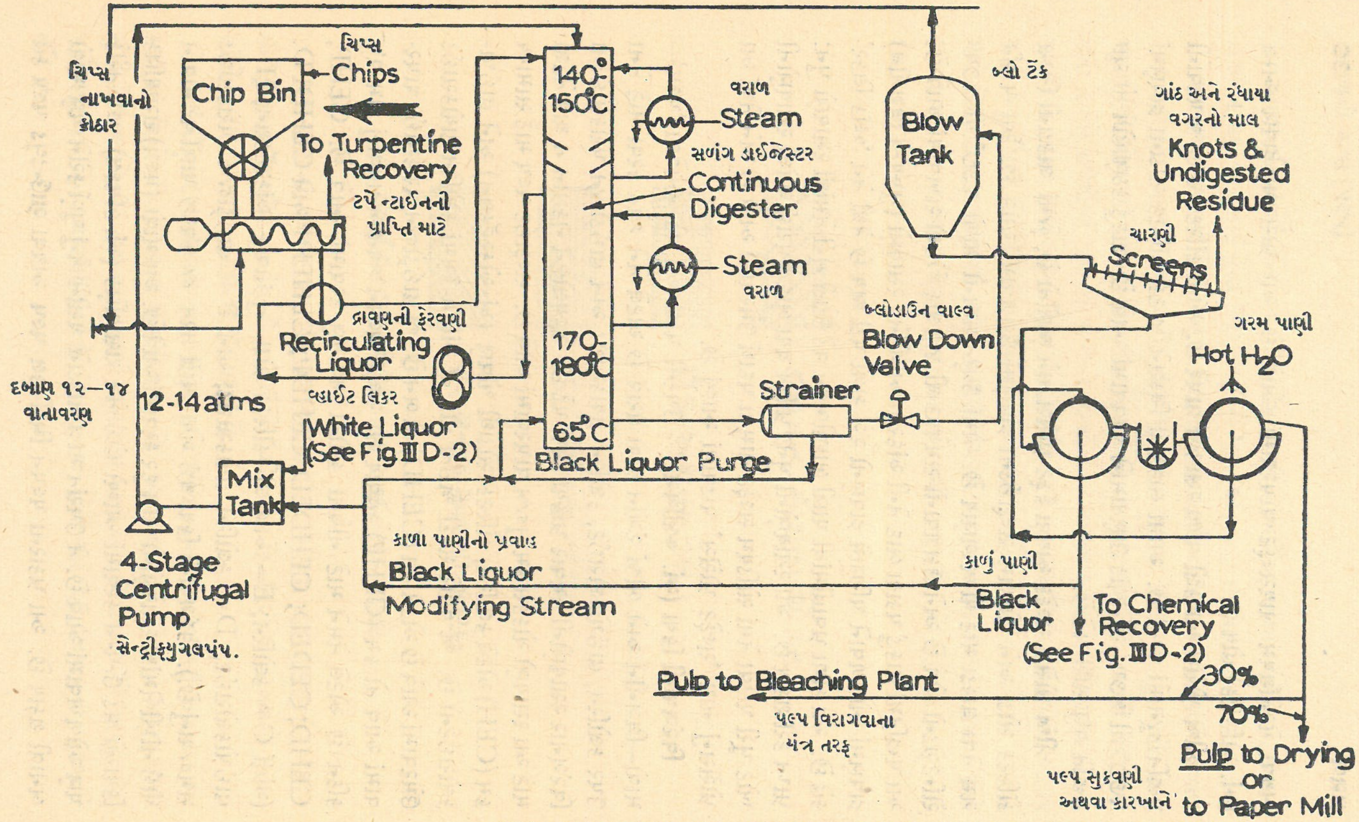
કાગળનો માવો (પલ્પ)

કાગળનો માવો એટલે આપણે પેંડા બનાવવા માટે જે રીતે દૂધના માવાની કલ્પના કરીએ છીએ તેવા સ્વરૂપનો માવો નહિ પણ—તેને સૂકવીને પૂઠાંના રૂપમાં—જાડા બ્લૉટિંગ પેપર જેવો—તે હોય છે. કાગળ બનાવવા માટે આ માવો કાચો માલ છે. તેમાંથી કાગળનું સર્જન કરવા માટે તેને દબાવી તથા સૂકવીને જાડા પૂઠાંના રૂપમાં અથવા તો સૂકી પતરીઓના રૂપમાં તેને તૈયાર કરવો પડે છે. આ સ્વરૂપમાં તેની ગાંસડીઓ બાંધી તેને પરદેશ મોકલવાનું સરળ પડે છે.

કાગળનો માવો બનાવવા માટે પ્રથમ તો લાકડાની છાલ દૂર કરવી પડે છે કારણકે આ છાલ કાગળ બનાવવા માટે કોઇ ઉપયોગની નથી. આ માટે યોગ્ય ઓજારો વાપરી શકાય અથવા તો ઊભા વૃક્ષને સોડિયમ આરસેનાઇટ નામના રસાયણનું ઈંજેક્ષન આપવાથી પણ છાલ નીકળી શકે છે. વળી એક ગોળાકાર પીપમાં લાકડાને ફેરવી થોડું પાણી ઉમેરી છાલને ઘસી કઢાય છે. અમુક સ્થળે ખૂબ દબાણપૂર્વક પાણીની પિચકારી મારવાથી પણ છાલ ઉખડી શકે છે. છાલ ઊતાર્યા પછી લાકડામાંથી લગભગ સરખા માપની ૧ થી ૨ સેન્ટિમીટર વચ્ચેના કદ સુધીની 'ચિપ્સ' કરવામાં આવે છે. ચિપ્સ બનાવતી વખતે એટલું ધ્યાન રાખવાનું હોય છે કે લાકડાના રેસાઓ (અં. ગ્રેન) જે દિશામાં હોય તે તરફથી લાકડું કપાવું જોઈએ કારણકે આ દિશામાંથી રસાયણનું દ્રાવણ સહેલાઈથી લાકડામાં પ્રવેશી ક્રિયા કરી શકે છે.

આ ચિપ્સ હવે લાકડાનો માવો બનાવવા માટે યોગ્ય થઇ રહે છે. આ માટે અનેક પદ્ધતિઓ (અં. પ્રોસેસીઝ) અસ્તિત્વમાં છે, જેમાંની એક **'સલ્ફાઈટ' પદ્ધતિ** છે. આમાં લાકડાની ચિપ્સ કેલ્શ્યમ બાયસલ્ફાઇટ નામના રસાયણના દ્રાવણમાં ૧૪૫° સેન્ટિગ્રેડ ઉષ્ણતામાને પકવવામાં આવે છે. આ પ્રક્રિયા માટે આપણા પ્રેશર કૂકર જેવા પણ તેનાથી અત્યંત મોટા એવા 'ડાઇજેસ્ટર' નામના પાત્રમાં ચિપ્સને ભરવામાં આવે છે. તંતુઓને નુકસાન ન થાય તે પ્રમાણે તેમને લાકડામાંના અન્ય ભાગોથી અલગ કરવાનો આ પ્રક્રિયાનો હેતુ હોય છે એટલે તે મુજબ રસાયણોનું પ્રમાણ તથા તેમના સંસર્ગનો સમય સાચવવો પડે છે. રસાયણોના દ્રાવણમાં કેલ્શ્યમ બાયસલ્ફાઇટ સાથે સલ્ફ્યુરસ એસિડ પણ ઉમેરવામાં આવે છે. એક સુધારેલા પ્રોસેસમાં કેલ્શ્યમ બાયસલ્ફાઇટને બદલે સોડિયમ

આકૃતિ ૭ :



PREPARATION OF WOOD PULP BY SULFATE PROCESS

કાગળના માવાનું સલ્ફેટ પ્રોસેસ વડે ઉત્પાદન

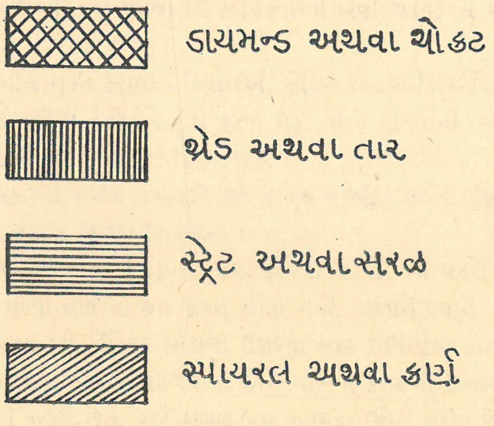
અથવા મેગ્નેશિયમ બાયસલ્ફેટ વાપરવામાં આવે છે. આ પ્રોસેસમાં દ્રાવણ અમ્લ (અં. એસિડિક) હોય છે.

બીજો પ્રોસેસ આલ્કલી વાળા રસાયણો વાપરે છે. અહીં કૉસ્ટિક સોડા વાપરવાની પદ્ધતિ જૂનામાં જૂની છે. આમાં લાકડાની ચિપ્સને ૪ ટકા કૉસ્ટિક સોડાના દ્રાવણમાં ૧૭૦° થી ૧૭૫° સેન્ટિગ્રેડ ઉષ્ણતામાને પકવવામાં આવે છે. લાકડું કઠણ હોય તો આ પદ્ધતિ વધુ સારી પડે છે.

ત્રીજો પ્રોસેસ સલ્ફેટ અથવા ક્રૅફ્ટ પ્રોસેસ નામે જાણીતો છે, જેમાં લાકડાની ચિપ્સ કૉસ્ટિક સોડા અને સોડિયમ સલ્ફાઇડના દ્રાવણમાં ઉકાળવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિ ગમે તેવા લાકડા માટે યોગ્ય ગણાય છે. એમાં ઉષ્ણતામાનનો ગાળો ૧૭૦° થી ૧૭૫° સેન્ટિગ્રેડનો હોય છે અને ઉકાળવાનો સમય ૩ થી ૪ કલાક જેટલો રાખવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિમાં લાકડું પકાયા બાદ તેની અંદરના ઑર્ગેનિક રસાયણો (મુખ્યત્વે લિગનીન) દ્રાવણમાં ઓગળવાને પરિણામે દ્રાવણનો રંગ કાળો પડી જાય છે તેથી તેને 'બ્લૅક લિકર' કહે છે. આ કાળા પ્રવાહીમાંથી પાણી બાષ્પીભવન વડે ઉડાડી મૂકી તેમાંથી રસાયણો પુન: પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. આ રસાયણોની પુન: પ્રાપ્તિ થયા બાદ વપરાઇ ગયેલાં રસાયણોની ખોટ પૂરી પાડવા તેમાં સોડિયમ સલ્ફેટ નામનો પદાર્થ ઉમેરવામાં આવે છે અને તેથી આ પ્રોસેસનું નામ 'સલ્ફેટ પ્રોસેસ' પાડવામાં આવ્યું છે.

વિરંગવાની ક્રિયા (અં. બ્લીચિંગ):— ઉપરની પદ્ધતિઓ વડે બનાવેલો 'પલ્પ'—માવો—લિગનીન અને બીજાં રંગીન દ્રવ્યો ધરાવે છે એટલે તેને શ્વેત કરવા માટે તેના ઉપર ક્લોરિન, હાઇપોક્લોરાઇટ, ક્લોરિન ડાયોક્સાઇડ અને હાઇડ્રોજન પેરોક્સાઇડના વિરંગનાર રસાયણોની ક્રમવાર પ્રક્રિયા કરવી પડે છે. સેલ્યુલોઝને નુકસાન ન થાય તેટલા માટે આ રસાયણો ચોકકસ ક્રમ મુજબ વાપરવામાં આવે છે. સલ્ફાઇટ પલ્પ માટે સામાન્ય ક્રમ (CEH) એટલે ક્લોરિન, કૉસ્ટિક સોડાથી ધોવણ (અં. એક્સ્ટ્રૅક્શન) અને હાઇપોક્લોરાઇટનો છે. જો વધારે સફેદી જોઇતી હોય તો અંતિમ ક્રમમાં ક્લોરિન ડાયોક્સાઇડ ઉમેરવામાં આવે છે એટલે ક્રમ (CEHD) નો બને છે. જો હાઇડ્રોજન પેરોક્સાઇડ વાપરવામાં આવે તો ક્રમ (CEHP) કહેવાય છે. સલ્ફેટ પલ્પને શ્વેત બનાવવાનું કામ વધુ કઠિન છે એટલે તેમને માટે નીચેના ક્રમોની ભલામણ કરવામાં આવે છે: CEHP; CEHD; CEDED; CEHDED; CEHDP; CEHEDP અને CEHDPD. (અહીં C= ક્લોરિન; E= આલ્કલી—કૉસ્ટિક સોડા—નું ધોવણ—ઍક્સ્ટ્રૅક્શન; H= હાઇપોક્લોરાઇટ; D= ક્લોરિન ડાયોક્સાઇડ; અને P= હાઇડ્રોજન પેરોક્સાઇડ સમજવાનું છે.). વિરંગવાની ક્રિયા થઇ ગયા પછી તરત જ સ્વચ્છ પાણી વડે માવાને ધોઇ નાંખી તેમાંથી રસાયણોનો ભાગ દૂર કરવામાં આવે છે. આ માવો (પલ્પ) રાસાયણિક ક્રિયાઓ વડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવ્યો હોઇ તેને **રાસાયણિક (અં. કેમિકલ) પલ્પ** તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. તે ઉપરાંત માત્ર લાકડાને ઘસીને તેનું ચૂર્ણ કરીને પણ માવો બનાવી શકાય છે. આ પ્રકારના પલ્પને **મિકૅનિકલ પલ્પ** અથવા **ગ્રાઉન્ડવૂડ પલ્પ** કહે

છે. આ પદ્ધતિમાં લાકડાને પથ્થરની ઘંટીમાં પાણી નાંખીને દળવામાં આવે છે. પથ્થર ગરમ ન થઇ જાય માટે તેના ઉપર પાણીની ધાર (અં. જેટ) છોડવામાં આવે છે. આવી રીતે દળવાથી લાકડાના તંતુઓ મુકત થાય છે. આ પદ્ધતિની શોધ જર્મનીમાં ગોટલોબ કેલર નામના વણકરે કરી હતી. તેણે બાળકોને પથ્થર ઉપર લાકડું ઘસી તેના ભૂકામાંથી ગોળ લખોટીઓ બનાવતા જોયા અને જે લાકડાનો ભૂકો તેમાંથી પેદા થયો હતો તે તેણે હથેલીમાં દબાવ્યો તો તેનો રોટલી જેવો આકાર બન્યો. તે ઉપરથી તેને આ પદ્ધતિએ કાગળ બનાવવાની પ્રેરણા મળી અને ૧૮૪૪ની સાલમાં આ પદ્ધતિનાં મંડાણ થયાં. ન્યુઝપ્રિન્ટ માટેનો મોટા ભાગનો કાગળ આ પદ્ધતિ વડે બનેલો હોય છે. દળવા માટે સેન્ડસ્ટોન, કાર્બોરન્ડમ વગેરે પથ્થરો વપરાય છે. પથ્થરોને બરાબર દળવા માટે ટાંકવા પડે છે. ટાંકવાના જુદા જુદા આકારો રચી શકાય છે, જે નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવ્યા છે:



આકૃતિ ૮ : પત્થરો ટાંકવાના જુદા જુદા આકારો

આ પ્રકારના પલ્પને પણ સોડિયમ પેરોકસાઇડ, સોડિયમ હાઇડ્રોસલ્ફાઇટ, ઝિન્ક હાઇડ્રોસલ્ફાઇટ વગેરે રસાયણોની મદદથી વિરંગી શકાય છે. વિરંગેલા કાગળના માવામાંથી બનતો કાગળ પુસ્તકો માટે વપરાય છે.

ઉપરની બંને પદ્ધતિઓ—રાસાયણિક અને યાંત્રિક—નો ઉપયોગ કરી અડધો કેમિકલ (અં. સેમી કેમિકલ) પલ્પ બનાવી શકાય છે. આમાં લાકડાની ચિપ્સને અમુક સમય સુધી કોસ્ટિક સોડાના દ્રાવણમાં ડુબાવી રાખવામાં આવે છે અને આવી રીતે લાકડું પોચું પડી ગયા બાદ તેને દળવામાં આવે છે. લાકડું કઠણ હોય ત્યારે આ ઉપચાર વધુ ફળદાયી બને છે.

આ પદ્ધતિઓનું અત્યંત ટૂંકાણમાં અને સરળ રીતે અહીં વર્ણન કર્યું છે પરંતુ વાસ્તવમાં અનેક તબકકાઓવાર ઉપચારો કરવા પડે છે. સાથે આપેલી આકૃતિમાં આ બધા તબકકાઓ (અં. સ્ટેજીઝ)—લાકડાનું માવામાં રૂપાન્તર થતા સુધીના—પ્રવાહ ચિત્ર (અં. ફ્લો ડાયાગ્રામ) રૂપે દર્શાવ્યા છે. દેખીતી રીતે સરળ પ્રક્રિયાઓ કેટલી બધી સંકીર્ણ (અં. કૉમ્પ્લેકસ) હોય છે તેનો ખ્યાલ આકૃતિ દ્વારા આવશે. (જુઓ આકૃતિ ૭).

૬

કાગળના સર્જનની પૂર્વ તૈયારી

('સ્ટૉક' ની બનાવટ)

કાગળના માવાનું પૂઠાંમાં રૂપાન્તર કર્યા પછી તેની ગાંસડીઓ તૈયાર કરવામાં આવે છે અને કાગળ બનાવતી મિલોમાં રવાના કરવામાં આવે છે. કાગળની મિલોમાં આવેલા 'પલ્પ' ઉપર કાગળ બનાવતાં પહેલાં કઇ કઇ ક્રિયાઓ કરવી પડે છે તે આપણે જોઈએ. આવી મુખ્ય ત્રણ ક્રિયાઓ છે:

૧) તંતુઓને મુકત કરવાની ક્રિયા (અં. બ્રેકિંગ અથવા ડિફાઈબ્રિંગ)

૨) મુકત થએલા તંતુઓને ટૂંકા કરવા માટે તેમને ટીપવાની, ખાંડવાની અથવા કૂટવાની (અં. બીટિંગ) ક્રિયા, અને

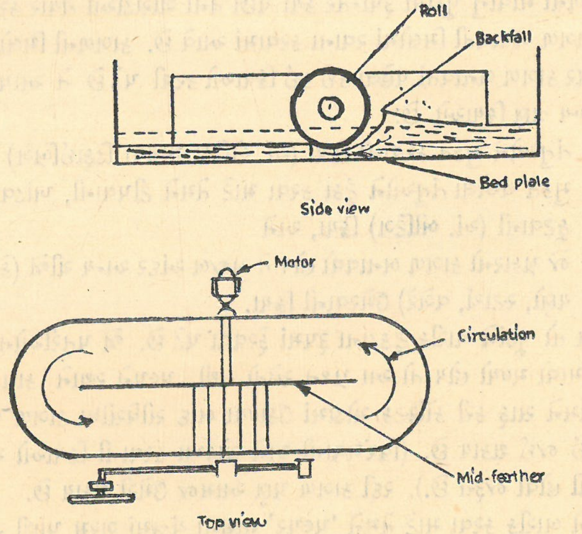
૩) જે પ્રકારનો કાગળ બનાવવો હોય તે મુજબ અંદર અન્ય ચીજો (કેટલાંક રસાયણો, સ્ટાર્ચ, વગેરે) ઉમેરવાની ક્રિયા.

પ્રથમ તો પૂઠાંને બારીક ટૂકડાના રૂપમાં ફેરવવા પડે છે. જો પતરીઓના રૂપમાં જ કાગળનો માવો મળ્યો હોય તો આ પ્રશ્ન રહેતો નથી. પલ્પને સ્થાને કાપડનાં ચીંથરાં હોય તો તેમને સાફ કરી કૉસ્ટિક સોડામાં ઉકાળ્યા બાદ સીધેસીધા કાગળ બનાવવાના યંત્રમાં લઇ જઈ શકાય છે. (વિરંગવાની અને ચોકખા કરવાની ક્રિયાઓ અલબત્ત તે પૂર્વે કરેલી હોવી જરૂરી છે.). રદ્દી કાગળ પણ આમજ ઉમેરી શકાય છે.

પૂઠાંને બારીક કરવા માટે તેમને 'પલ્પર' નામના યંત્રમાં ગરમ પાણી સાથે નાંખવામાં આવે છે. આ યંત્ર સાધન હાઇડ્રૉપલ્પર, ડાયનોપલ્પર, વૉર્ટેકસ બીટર અથવા હૉલેન્ડર જાતનું હોઈ શકે છે. આમાં એક ખુલ્લા ગોળ મોટા વાસણમાં બે ભારે લોખંડના કે પથ્થરના રોલરો પૈંડાની જેમ વાસણના પરિઘને સમાન્તર ફરતા હોય છે અને તેમની નીચે પલ્પ કચરાય છે. બીજા એક સાધનમાં વચ્ચે તળિયાના ભાગમાં એક ગોળ ચક્ર હોય છે અને તેને પંખાની જેમ પાંખો લગાડેલી હોય છે. આમાં ગરમ પાણી સાથે કાગળના માવાનાં પૂંઠાં નાંખવામાં આવે છે અને વચ્ચેના ચક્રને ફેરવવામાં આવે છે ત્યારે પૂંઠાં કપાવા માંડે છે.

ઉપરની ક્રિયા પૂરી થયા પછી જે છૂંદો બને છે તેને કાગળનો 'સ્ટૉક' કહે છે. પછી આ છૂંદાને 'બીટર' નામના સાધનમાં લઇ જવામાં આવે છે. અગાઉની ક્રિયામાં

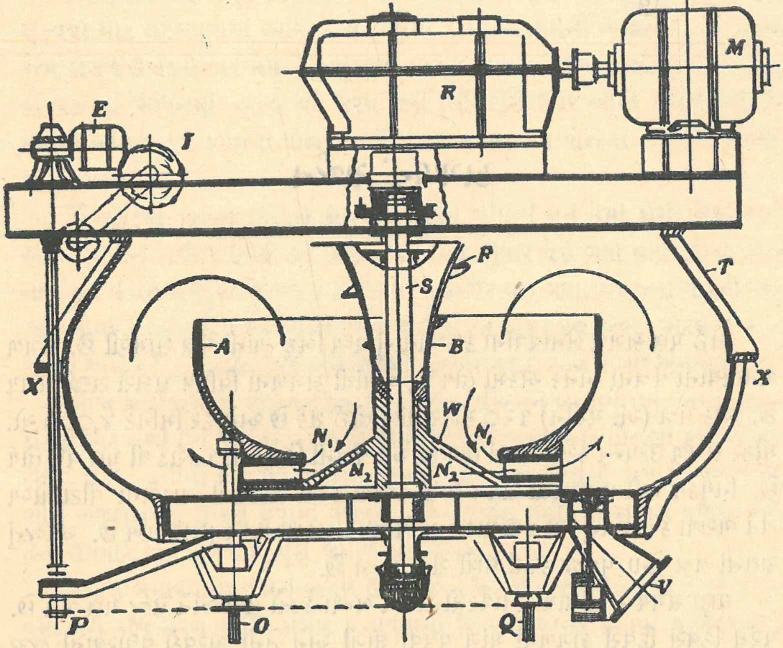
છૂટા પડેલા તંતુઓ કઠણ હોય છે અને જ્યાં સુધી તેમને બરાબર કૂટવામાં કે ખાંડવામાં ન આવે ત્યાં સુધી તેમાંથી સારો કાગળ બનતો નથી. આધુનિક 'બીટર' મૂળ હૉલેન્ડરના પ્રકારનું હોય છે. એક લંબગોળ વાસણમાં ભારે નળાકાર સાધન બેસાડેલું હોય છે. આ નળાકારની સપાટી ઉપર લોખંડની પટ્ટીઓ લગાડેલી હોય છે અને વાસણના તળિયામાં પણ 'બેડપ્લેટ' ઉપર આવી જ પટ્ટીઓ મૂકેલી હોય છે. આ સાધનમાં કાગળ માટેનો 'માલ' સારી રીતે કૂટાય છે. માલ સરખી રીતે કૂટાય નહિ તો કાગળ બ્લૉટિંગ પેપર જેવો છિદ્રાળુ બને છે. જેમ જેમ માલ વધુ કૂટાય છે, તેમ તેમ તેમાંથી તૈયાર કરવામાં આવતો કાગળ ઘટ્ટ બને છે. સામાન્યત: કૂટાવાની ક્રિયામાં ૮ કલાક જેટલો સમય વીતે છે. (જુઓ આકૃતિઓ ૯ તથા ૧૦)



આકૃતિ ૯ : 'હૉલેન્ડર' બીટર

ન્યુઝપ્રિન્ટના કાગળમાં પોણો ભાગ દળેલા લાકડાનો માવો હોય છે અને બાકીનો કેમિકલ માવો હોય છે.

કાગળનો માવો કૂટાય છે તેનું માપ જે ગતિથી તેમાંથી પાણી નીતરી જાય છે તે ઉપરથી લેવાય છે. આ ગુણને 'ફ્રીનેસ' કહે છે. ઓછા કૂટાયેલા માવામાંથી પાણી જલદી બહાર નીતરી શકે છે. બરાબર કૂટાયેલો માવો ઘટ્ટ હોય છે અને તેમાંથી પાણી બહાર નીકળતાં વધુ સમય લાગે છે. આ 'પલ્પ' ને 'સ્લો સ્ટૉક' કહેવામાં આવે છે જ્યારે તેથી વિરુદ્ધ ઓછા ખંડાએલા 'પલ્પ' ને 'ફ્રી' સ્ટૉક કહેવામાં આવે છે.



આકૃતિ ૧૦ : વૉર્ટેક્સ બીટર

T = ટબ; M = મોટર; R = મૉટરની ગતિ નિયંત્રણ કરનારું સાધન; I = ડ્રાઇવ; P,O,Q = સ્પ્રૉકેટ; V = ટબ ખાલી કરવા માટેની વાલ્વ; W = ચક્રાકારે ચાલતું રોટર; N_1—N_2 = છરાઓ; S = શાફ્ટ

કૂટાવાની ક્રિયા થતી હોય છે તે વખતે જ તેમાં રોઝીન, ફટકડી, સ્ટાર્ચ વગેરે પદાર્થો નાંખવામાં આવે છે. આ ક્રિયાને 'ઍન્જિન સાઇઝ' કહે છે. કાગળ બન્યા પછી પણ તેની સપાટી સુરેખ કરવા માટે સ્ટાર્ચ અથવા પૉલિવાઈનીલ આલ્કોહોલ (એક પ્રકારનું પ્લાસ્ટિક) તેના ઉપર લગાડવામાં આવે છે. આવા પદાર્થો 'ટબ' સાઈઝિંગ પદાર્થો કહેવાય છે.

છાપકામ સફાઈદાર થવા માટે શ્વેત પાઉડરના રૂપમાં 'સ્ટોક' ની અંદર છાપવાની શાહી ચૂસી શકે તેવા પદાર્થો, દા.ત. ચીની માટી, ટિટાનિયમ ડાયોકસાઇડ વગેરે ઉમેરવામાં આવે છે. કાગળને વધુ શ્વેત બનાવવા ટિટાનિયમ ડાયોકસાઇડ અથવા બ્લુરંગ કે ટિનોપલ પ્રકારના ઑપ્ટીકલ બ્લીચિંગ પદાર્થો ઉમેરવામાં આવે છે. કાગળને 'ઓપ' આપવા માટે અન્ય કેટલાક અંતિમ ઉપચારો પણ કરવા પડે છે.

૭

કાગળનું સર્જન

કોઈ પણ કાગળ બનાવવાના કારખાનાનું મધ્ય બિંદુ ત્યાંની યંત્ર સામગ્રી છે. કાગળ બનાવવાના યંત્રના અનેક એકમો હોય છે, જેમાંથી કાગળના વિવિધ પ્રકારો સર્જી શકાય છે. એક યંત્ર (અં. મશીન) ૧૨૦ મીટર લાંબુ હોઈ શકે છે અને દર મિનિટે ૪,૦૦૦ ચો. મીટર કાગળ ઉત્પન્ન કરવા સમર્થ હોય છે. આ યંત્રની કિંમત રૂા. ૧ કરોડ થી પણ વધુ હોય છે. નિયુકત થએલા માણસો સતત ઉત્પન્ન થયા કરતો કાગળની ચાદરોનો વીંટો યોગ્ય રીતે ભરાયા કરે છે તેનું ધ્યાન ઉત્પાદનના વિવિધ તબકકાઓ અનુસાર રાખે છે. આજનું રાક્ષસી યંત્ર તેના પૂર્વજ કરતાં ઘણી રીતે ભિન્ન છે.

ઘણા સમય સુધી હાથ બનાવટનો કાગળ બન્યા કરતો હતો અને હજુ પણ બને છે. પરંતુ દિવસે દિવસે કાગળની માંગ વધવા લાગી અને તેનો પુરવઠો વધારવાની જરૂર પડયા કરી. ઝડપથી કાગળ બની શકે તેવા યંત્રની શોધની આવશ્યકતા સાલવા લાગી અને તે દિશામાં પ્રયત્નો શરૂ થયા. ઇ.સ. ૧૭૯૯ માં ફ્રાંસના એક કાગળના કારખાનામાં કામ કરતી લુઇ રોબર્ટ નામની વ્યકિતને એવો વિચાર સૂઝયો કે એક ફરતી તારની જાળી બનાવી હોય તો તેના ઉપરથી જેમ જેમ તે જાળી કાગળના સ્ટૉકના મિશ્રણમાં ફર્યા કરે તેમ તેમ તેના ઉપર કાગળનું પડ પથરાતું જાય અને આમ કાગળ સળંગ રીતે બહાર નીકળતો જાય. રૉબર્ટના આ યંત્રનું મૉડેલ આજે પણ ઇંગ્લૅન્ડમાં સાઉથ કેન્સિન્ગટનમાં આવેલા સાયન્સ મ્યુઝિયમમાં જોઇ શકાય છે. રૉબર્ટે પોતાનું પેટન્ટ તેના કારખાનાના માલિક ડિડો ને વેચ્યું હતું અને ઇ.સ. ૧૮૦૦માં તે ઈંગ્લૅન્ડમાં તેના સગા જહૉન ગૅમ્બલને દેખાડવા લઇ ગયો હતો અને બીજે જ વર્ષે ગૅમ્બલે આ યંત્ર માટે બ્રિટિશ પેટન્ટ લીધું હતું. થોડા સમય પછી , હેન્રી અને સીલી ફોરડ્રિનિયર નામના લંડનના સ્ટેશનરી વેપારીઓએ ગેમ્બલ પાસેથી આ યંત્રના બધાજ હકકો ખરીદી લીધા અને ૧૮૦૩ માં ફ્રૉગમોર ખાતે કાગળ બનાવવાનું કારખાનું નાંખ્યું. યંત્રની રચનામાં તેઓએ ઘણા ફેરફારો પણ કર્યા હતા. આ મશીન એક નહાવા માટેના મોટા ટબ જેવું દેખાતું હતું અને તેના ઉપર તારની જાળી બેસાડેલી હતી. જાળી નીચે ઊનની ચાદર (અં. ફેલ્ટ) લગાડેલી હતી અને તેના ઉપરથી ટબમાં ભરેલા પાણીવાળા પલ્પના મિશ્રણમાંથી કાગળનું પડ થઇને આગળ વધ્યા કરતું હતું. આ પડ સુકાઇને એક મોટી રીલ ઉપર વીંટાતું અને પછી

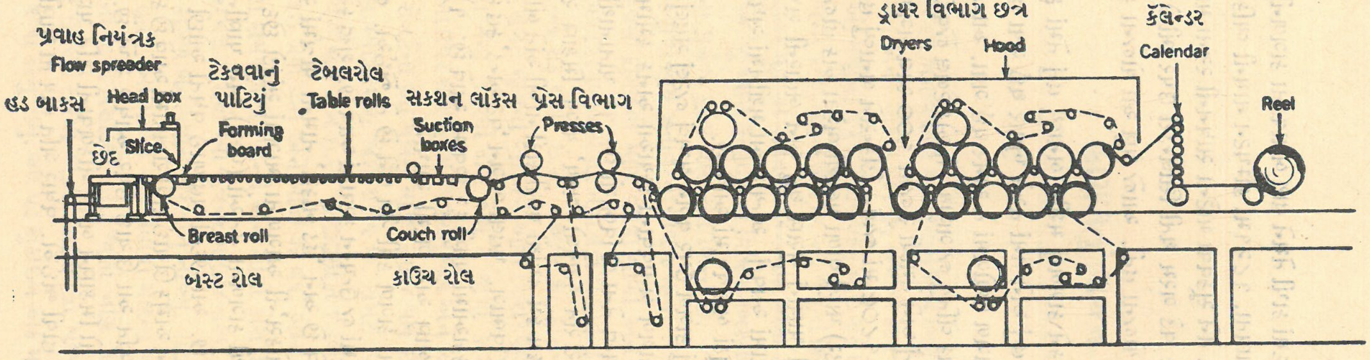
તેને ઉકેલી, કાગળને અમુક કદમાં કાપી તેમને હાથ બનાવટના કાગળની જેમ દોરી ઉપર સૂકવવા માટે લટકાવવામાં આવતા. ૧૮૨૧માં ક્રોમ્પટન નામની વ્યકિતએ તાર ઉપરથી જેમ કાગળ ઉખડતો જાય તેમ તેને સૂકવવા માટેના સાધનની રચના માટેનું પેટન્ટ લીધું. ક્રોમ્પટનના સાધનમાં વરાળ વડે ગરમ થતી સિલિન્ડરો ઉપર ભીનો કાગળ દબાવીને તેમાંથી ભીનાશ દૂર કરવાની યોજના હતી. આજે પણ આ યોજના કાગળને સૂકવવા માટે વપરાય છે.

ઈંગ્લૅન્ડમાં બ્રાયન ડૉન્કિને કાગળનું મશીન બનાવ્યું હતું તેમાં ફોરડ્રિનિયર ભાઈ ઓએ પોતાનું સર્વસ્વ ઉમેર્યું હતું અને તેમાં તેઓ ખુવાર થઈ ગયા હતા. છતાં તેમનું નામ આ યંત્રને મળ્યું અને કાગળ ઉદ્યોગમાં તે અમર થઈ ગયા. આજના યંત્રની સરખામણીમાં તે સમયનું યંત્ર એક વેંતિયું જ ગણાય. તે એક ટેબલ જેવડું, એટલે ૩ ફૂટ-પહોળું અને ૨$\frac{૧}{૪}$ ફૂટ લાંબુ હતું અને તેમાંથી રોજનો ૬૦૦ રતલ કાગળ બનતો હતો.

બીજા એક પ્રકારનું યંત્ર ૧૮૦૯ માં જહૉન ડિકિન્સને બનાવ્યું હતું. તેમાં તારથી ઢાંકેલી એક નળી (અં. સિલિન્ડર) પાણી વાળા પલ્પથી ભરેલા એક હોજમાં ફર્યા કરે તેવી રચના હતી. નળીની અંદરથી પાણીનું ચૂસણ થતું અને બહારની સપાટી પર જામેલું ભીનું કાગળનું પડ ઉખેડી લેવામાં આવતું. અત્યારે આ મશીનમાં સુધારા વધારા કરીને તેના ઉપયોગ વડે કાગળનાં પૂઠાં બનાવવામાં આવે છે.

કાગળ બનાવવાના યંત્રનું કાગળ ઉપર વર્ણન લખવું જેટલું સહેલું છે તેટલું વાસ્તવમાં તેનું કાર્ય સરળ નથી. કાગળ બનાવવાની ક્રિયાઓ અનેક ક્રમોમાં વહેંચાયેલી છે અને અત્યંત અઘરી છે. મુખ્યત્વે તેના બે વિભાગો છે: ૧) પોતાનાથી લગભગ ૧૦૦ ગણા પાણીમાં ગ્રહણ કરેલો સારી રીતે કુટાયેલો 'પલ્પ' યોગ્ય મિશ્રાણ સાથે એક છેડેથી પ્રવેશ કરે તે વિભાગ અને ૨) ક્રમે ક્રમે તેમાંથી પાણી કાઢી નાખી અંતે બીજે છેડેથી સળંગ કાગળની ચાદર બહાર ખેંચનાર વિભાગ. પહેલા ભાગને 'વેટ એન્ડ' કહે છે જયારે બીજાને 'ડ્રાય એન્ડ' કહે છે. ત્રણ તબકકાઓમાં પાણી દૂર કરવામાં આવે છે: ૧) નિતારી લઈને ૨) ચૂસણ કરીને તથા ૩) દબાણ અને ગરમી આપીને.

હવે અહીં વર્ણવેલા યંત્રમાં કાગળ કેવી રીતે બને છે તે જોઈએ. જગત પર મોટા ભાગનો કાગળ ફૉર્ડ્રિનિયર યંત્રમાં જ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. શુદ્ધ કરેલો પલ્પ પુષ્કળ પાણી સાથે મિશ્ર કરવામાં આવે છે અને 'હેડ બૉકસ' નામના પાત્રમાં આ મિશ્રાણ પંપ કરવામાં આવે છે. આ 'હેડ બૉકસ'ની આગળના ભાગમાં સાંકડો છેદ મૂકેલો હોય છે, જેને 'સ્લાઈસ' કહે છે. અહીંથી કાગળના તંતુઓ (પલ્પ) અને પાણીનું મિશ્રાણ એક સળંગ તારની જાળી ઉપર પડે છે. આ છેદની પહોળાઈ વધતી ઓછી કરી શકાય તેવી હોય છે. 'હેડ બોકસ'માં મિશ્રાણને અમુક ઊંચાઈ સુધી રાખવામાં આવે છે કારણકે 'સ્લાઈસ' માંથી તેની બહાર આવવાની ગતિ આ ઊંચાઈ ઉપર આધાર રાખે છે. અમુક મર્યાદા કરતાં જો આ ઊંચાઈ વધુ હોય તો મિશ્રાણને બહાર નીકળવાની ગતિ પણ વધે છે. ગતિ વધારે પડતી તેમ ઓછી પણ ન હોવી જોઈએ. વધારે ગતિ હોય તો પાણીમાં તરતા કાગ-



The Fourdrinier paper machine. Courtesy Beloit Corp.

ફોર્ડ્રિનિયર મશિન દ્વારા કાગળનું સર્જન

આકૃતિ ૧૧ :

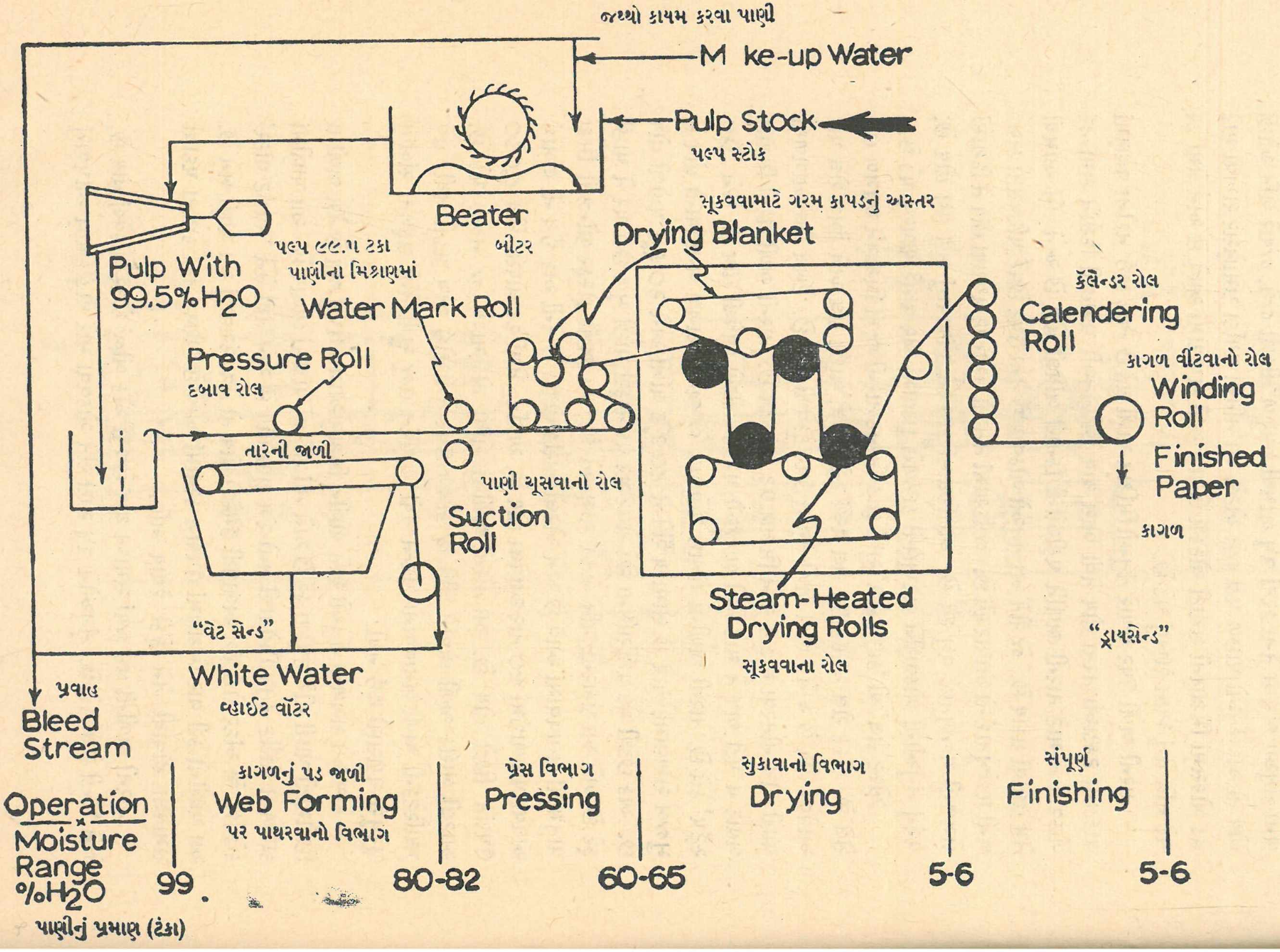
ળના તંતુઓ જોઇએ તેના કરતાં વધુ ઝડપથી આગળ નીકળી જશે, જ્યારે ગતિ ઓછી હોય તો આ તંતુઓ પાછળ પડી જશે એટલે આ ગતિની મર્યાદા પ્રમાણસર રાખવા માટે હેડ બોકસમાં મિશ્રણની સપાટી ચોકકસ ઊંચાઇ સુધી રાખવામાં આવે છે અને તેમાં ફેર પડે નહિ તેનું ધ્યાન રાખવું પડે છે.

તારની જાળી ઉપર જ્યારે તંતુઓ મિશ્રિત પાણી પડે છે ત્યારે કોઇ નદીના વહેણમાં લાકડાના ટુકડાઓ તરતા હોય તેવો ભાસ થાય છે. તંતુઓ પ્રવાહની દિશાને સમાન્તર ગોઠવાય તે માટે તારની જાળીને પટ્ટીઓની કિનારી બાંધેલી હોય છે અને તેને આમથી તેમ હલાવી શકાય છે. જે રીતે આ તંતુઓ ગોઠવાય છે તેના ઉપર છેવટે પરિણમતા કાગળની મજબૂતાઇનો આધાર રહે છે. જે દિશામાં તંતુઓ સમાન્તર પથરાયા હોય તે દિશામાં કાગળની મજબૂતાઇ વધુ રહે છે. આ દિશામાં કાગળને ખેંચાવાનું બળ વધુ હોય છે; પરંતુ તંતુઓની ગોઠવણીને કાટખૂણેથી કાગળને ફાડવામાં જોર વધારે વાપરવું પડે છે.

'બ્રેસ્ટ રોલ' થી 'કાઉચ રોલ' સુધી ફોડ્રિનિઅર તારની જાળી મિશ્રણને આગળ હડસેલે છે. બ્રેસ્ટ રોલ અને કાઉચ રોલ વચ્ચે સ્ટ્રેચ રોલ, ગાઇડ રોલ અને ટેબલ રોલ પણ આવેલા હોય છે અને તારની જાળી તેમના ઉપર ટેકવેલી હોય છે. ટેબલ રોલ આગળથી પાણી નીચે નીતરવા માંડે છે અને મિશ્રણ ઘટ્ટ થતું જાય છે. તારની જાળી પરથી મિશ્રણ બહાર ન પડી જાય તે માટે તેની બાજુઓ પર કિનારીઓ બાંધેલી હોય છે, જેને 'ડેકલ સ્ટ્રૅપ' કહે છે. તારની જાળીની લંબાઇ પહોળાઇ જે જાતનો કાગળ બનાવવાનો હોય તે મુજબ રાખવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે તે ૮૦ ફૂટ લાંબી અને ૨૦ ફૂટ પહોળી હોય છે. એક છેડેથી શરૂ થઇ સામેના છેડે રોલર પર થઇને ફરી પાછી મૂળ છેડા પર તે પાછી ફરે છે અને આ પ્રકારની ગતિ સતત ચાલુ રહે છે. આ જાળી ફોસ્ફર-બ્રૉન્ઝની મિશ્ર ધાતુમાંથી બનાવવામાં આવે છે અને એટલી બારીક હોય કે છે તેની એક ઈંચ ની લંબાઇ અથવા પહોળાઇમાં ૯૦ તાર આવેલા હોય છે, અર્થાત્ તેમાં દર ચોરસ ઈંચે ૮,૦૦૦ ઉપરાંત છિદ્રો હોય છે. આ તારની જાળીમાં સાંધો તો ભાગ્યે જ નજરે પડે છે. આટલી બારીક જાળી હોવાને લીધે જ કાગળ ઉપર તેની કોઇ છાપ પડતી નથી. હવે પ્લાસ્ટિકની જાળી બનાવવાનો પ્રયત્ન થયો છે પરંતુ હજુ સુધી તેની સફળતા સંબંધી પૂરેપૂરી ચકાસણી થઇ નથી.

જેમ આ કાગળના તંતુઓ અને પાણીનું મિશ્રણ આગળ ધપતું જાય છે તેમ જાળીના છિદ્રોમાંથી પાણી નીચે ટપકયા કરે છે અને ત્યાં રાખેલા પાત્રમાં ઝીલાય છે. આ પાણીમાં કાગળના બારીક તંતુઓ હોવાથી તેનો રંગ શુભ્ર હોય છે અને તેથી તેને 'વ્હાઇટ વૉટર' કહે છે. જો અંદર કોઇ રંગ અગાઉથી ઉમેરેલો હોય તો તેવા રંગવાળું આ પાણી બને છે. આ પાણીનો ફરી વાર મિશ્રણમાં ઉપયોગ કરવામાં આવે છે કારણકે તેમાં કામના પદાર્થો સમાયેલા હોવાથી તેને ફેંકી દેવાય નહિ.

તારની જાળીની હદ જ્યાં સમાપ્ત થાય છે ત્યાં એક બીજું રોલર ગોઠવેલું હોય છે, જેને 'ડૅન્ડી રોલ' કહે છે. તંતુઓને વધુ સારી રીતે ગોઠવવા માટે થોડું દબાણ આપવાનું



આકૃતિ ૧૨ : કાગળનું સર્જન દર્શાવતું પ્રવાહ ચિત્ર

જરૂરી છે અને તે કામ આ ડેન્ડી રોલ કરે છે. આ ડેન્ડી રોલ બીજી અને ત્રીજી સકશન બૉકસ વચ્ચે મૂકેલું હોય છે. આ સકશન પેટીઓની સંખ્યા બેથી માંડીને આઠ સુધી હોઇ શકે છે અને તેઓ કાગળના મિશ્રણની અંદર રહેલા પાણીને ચૂસી લઇને બહાર કાઢે છે. હવે આ ડેન્ડી રોલ કાગળ ઉપર 'જલચિહ્ન' ચિહ્ન (અં. વૉટર માર્ક) ઉપસાવવા માટે પણ વપરાય છે. ડેન્ડી રોલ ઉપર ફરતી એક જાળી ચોંટાડેલી હોય છે અને આ જાળીમાં જલચિહ્ન ની આકૃતિ કોતરેલી હોય છે, જેની છાપ કાગળ ઉપર પડે છે. જ્યાં આ ડિઝાઇન કાગળ ઉપર દબાય છે ત્યાં કાગળ પાતળો બને છે અને તેવા કાગળને જ્યારે પ્રકાશ સામે ધરીને જોવામાં આવે છે ત્યારે તેમાં જલચિહ્ન દૃષ્ટિએ પડે છે.

કાઉચ રોલ એ કાગળની બનાવટમાં મહત્ત્વનું સ્થાન ધરાવે છે કારણકે કાઉચ રોલ ઉપર થઇને કાગળનું પડ જે અત્યંત નાજુક હોય છે તેને સકશન બૉકસ ઉપરથી બનાત (અં. ફેલ્ટ) ના પટ્ટા ઉપર લઇ લેવામાં આવે છે અને આ ક્રિયામાં તે તૂટી ન જાય તે માટે ખૂબ કાળજી સેવવી પડે છે. આ જગ્યાએ કાગળના પડમાં લગભગ ૮૦ ટકા જેટલું પાણી હોય છે.

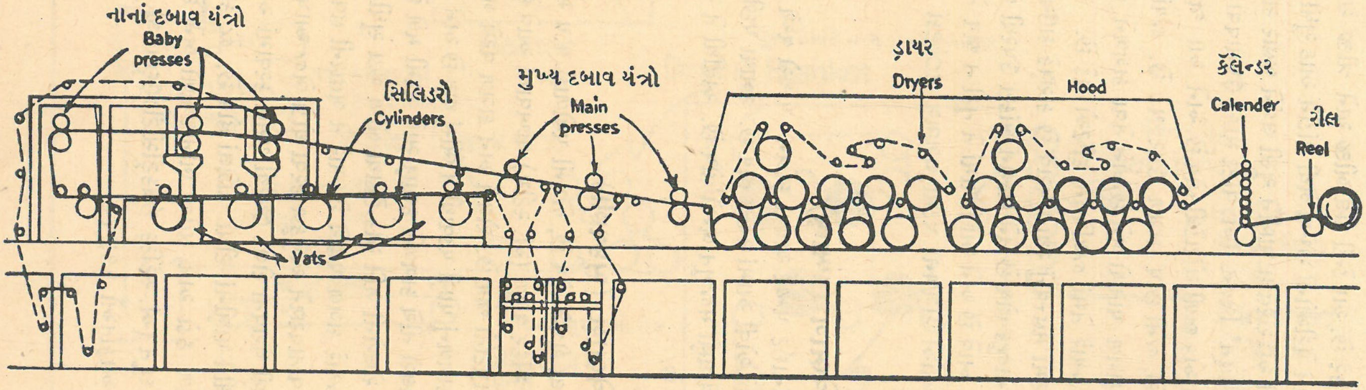
પ્રેસ વિભાગ (દબાણ)

આ વિભાગમાં કાગળનું પડ ગ્રેનાઇટ પત્થર અથવા કૃત્રિમ પત્થરો વચ્ચે દબાય છે. દબાણ અને ચૂસણ બન્ને થઇ શકે એવી આમાં રચના હોય છે. દબાયા પછી કાગ-ળમાં થોડી ભીનાશ રહે છે પણ તે હવે ઘણો મજબૂત બન્યો હોય છે. અહીંથી તે સુકાવા માટે રોલરો ઉપર લપેટાવા પહોંચે છે.

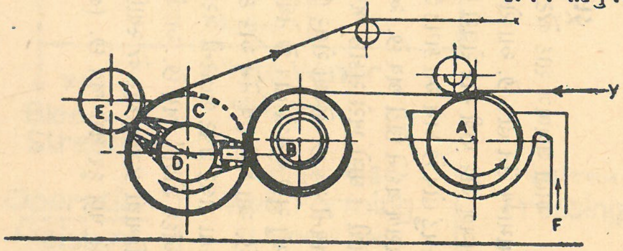
ડ્રાયર વિભાગ (સૂકવણી)

અહીં લગભગ સાઠ જેટલા પોલા રોલરો હોય છે, જેમની પહોળાઇ ૧.૫ મીટરની સામાન્ય રીતે હોય છે. આ રોલરોમાં અંદર વરાળ (અં. સ્ટીમ) નાંખવામાં આવે છે અને કાગળ એક પછી એક રોલરો ઉપર લપેટાતો જાય છે. રોલરો અને કાગળ વચ્ચે બનાતનું કપડું હોય છે અને આ કાપડ ઉપર કાગળનું પાણી પડવાથી તે ભીનું થાય છે અને તેમાંથી વરાળ થઇને ઊડી જાય છે. અહીં રોલરો નીચે કાગળને દબાણ સાથે ગરમી મળે છે અને તેથી તે ઘણો ખરો સૂકાઇ જાય છે. રોલરોની ગતિ એક છેડાથી બીજા છેડા સુધી ક્રમશઃ વધતી રહે છે. છેલ્લા રોલર ઉપર જ્યારે કાગળ પહોંચે છે ત્યારે તે બહારની હવા કરતાં વધુ સુકો બનેલો હોય છે તેથી તેને વાતાવરણને અનુકૂળ કરવા થોડો ભેજ આપવો પડે છે. આ માટે હવે તેને એક ઠંડુ પાણી ધરાવતા રોલર ઉપરથી પસાર કરવામાં આવે છે. આ રોલર ઉપર બહારની ગરમીને લીધે પાણીનાં ટીપાં બાઝેલાં હોય છે, જે કાગળની અંદર શોષાઇ જાય છે. આથી કાગળ ઠંડો અને સહેજ ભીનાશવાળો બને છે. આ ક્રિયાથી કાગળ ઉપર જે સ્થાનિક વિદ્યુત (અં. સ્ટૅટિક ઇલેક્ટ્રીસીટી) ઉદ્ભવેલી હોય છે તે પણ દૂર થઇ જાય છે. (જુઓ આકૃતિઓ ૧૧; ૧૨)

આકૃતિ ૧૩



The cylinder paper machine.
કાગળ માટેનું સિલિંડર મશિન



સિલિંડર મશીન

સિલિંડર અને ફોર્ડ્રિનિઅર મશીન વચ્ચે મુખ્ય તફાવત જે રીતે કાગળનું પડ બને છે તેમાં રહેલો છે. સિલિંડર મશીનમાં તારની સીધી જાળી ઉપર કાગળનું પડ જામવાને બદલે તે ગોળ ફરતી મોટી સિલિંડર પર લગાવેલી તારની જાળી ઉપર ચોંટે છે. સિલિંડરનો લગભગ પોણો ભાગ કાગળના તંતુવાળા પાણીનું મિશ્રણ ધરાવતા એક હોજમાં ડુબાડેલો હોય છે. સિલિંડર જેમ જેમ આ પાણીના મિશ્રણમાં ફરતું રહે છે તેમતેમ કાગળના મિશ્રણમાંથી કાગળ સિલિંડર ઉપરની જાળી ઉપર પડ પાથરતો રહે છે અને પાણી જાળીના છિદ્રો દ્વારા નીચે હોજમાં પાછું પડતું જાય છે. પછી કાગળનું પડ સિલિંડર પરથી બનાતના કાપડના પટ્ટા ઉપર લેવામાં આવે છે અને સિલિંડર ઉપર પાણીનો ફવારો છોડવામાં આવે છે, જેથી તે સાફ થઇ જાય છે. સિલિંડર મશીનનો લાભ એ છે કે કાગળના વધુ પડો એકસાથે દબાવીને પડ પર પડ ચઢાવી શકાય છે અને તેથી કાગળના પૂઠાં બનાવવા માટે સિલિંડર મશીન વધુ યોગ્ય બની રહે છે.

કાગળની સૂકવવાની વ્યવસ્થા ફૉર્ડ્રિનિઅર યંત્રમાં હોય છે તે પ્રમાણે જ રાખવામાં આવે છે. (જુઓ આકૃતિ ૧૩.).

૮

કાગળના પ્રાકૃતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો અને તેની પરીક્ષા

અત્યારે કાગળના પ્રકારોમાં એટલું બધું વૈવિધ્ય દાખલ થયું છે કે તેમની ગુણવત્તાની પરીક્ષા માટે માન્ય ધોરણો નકકી કરવાનું આવશ્યક બન્યું છે. લૉર્ડ કેલ્વિન નામના વૈજ્ઞાનિકે તો કહ્યું છે કે તમે જે વિશે વાત કરો તે સંબંધી તમે કૈંક જાણોછો તો જ કહી શકાય જો તમે તેને માપી શકો અને આંકડામાં દર્શાવી શકો.

કાગળ બનાવનાર કાગળના કદ અને વજન માટે 'રીમ' નો એકમ વાપરે છે. 'રીમ' એ ૫૦૦ આખા કાગળોના પૅકેટનું વજન છે. હવે આ કાગળોનાં માપ જુદાં હોય તો દરેક પ્રકારના કાગળ પરત્વે રીમનું વજન જૂદું થાય. એટલે જ્યારે રીમનું વજન દર્શાવવામાં આવે ત્યારે કાગળનું માપ પણ જણાવવું જોઇએ. દાખલા તરીકે ચોપડીઓ છાપવા માટે વપરાતા કાગળનું માપ ૭૬૨ × ૧,૦૧૬ મિલીમીટરનું હોય છે જયારે વર્તમાન પત્રો માટે વપરાતા કાગળ (અં. ન્યુઝપ્રિન્ટ) નું માપ ૫૯૪ × ૮૪૧ મિલીમીટરનું હોય છે. તે જ પ્રમાણે બૉન્ડ પેપર, લેજર પેપર અને બીજા લખવાના કાગળો (અં. રાઈટિંગ પેપર) નું માપ ૪૨૦ × ૫૯૪ મિલીમીટરનું રાખવામાં આવ્યું હોય છે.

કાગળ માટે આધારભૂત વજન અથવા 'બેસિસ વેટ' કાગળના વજનનું ધોરણ મુકરર કરે છે. આ ધોરણ કાગળના એક ચોરસ મીટરનું ગ્રામમાં વજન દર્શાવે છે. બ્રિટિશ માપમાં ૫૦૦ કાગળના નંગો અથવા એક રીમનું વજન 'બેસિસ વેટ' ગણાય છે. આ 'બેસિસ વેટ' ને 'સબ્સ્ટન્સ' પણ કહેવાય છે. (જુઓ ઈંડિયન સ્ટૅન્ડર્ડ: અંક ૪૬૬૧—૧૯૬૮).

જાડાઇ (અં. કેલિપર):— કાગળની જાડાઇ અથવા શાસ્ત્રીય ભાષામાં જેને કેલિપર કહે છે તેને ઈંચના અથવા મિલીમીટરના હજારમા ભાગ તરીકે દશર્વિવામાં આવે છે. ધારોકે કોઇ કાગળની જાડાઇ ૦.૦૨૮ મિ.મી હોય તો તે ૨૮ પોઇન્ટનો કાગળ કહેવાય. કાગળ માટે આ માપ મહત્ત્વનું છે કારણ કે કોઇ પુસ્તક છાપવા માટે સમાન કેલિપર ધરાવતા કાગળો પસંદ કરવા જોઇએ, જેથી તેમાં છપાઇ એક સરખી થઇ શકે. પેકિંગના કાગળ માટે એવો કેલિપર પસંદ કરવો જોઇએ કે તેની વજન ખમવાની શકિત યોગ્ય પ્રમાણમાં હોઇ શકે.

ઘટત્ત્વ (અ. ડેન્સીટી):— ઘટત્વ એ કાગળનો ઉપયોગી ગુણ છે. તેનું માપ નીચેના પદ ઉપરથી કાઢી શકાય છે:—

$$\frac{\text{બેસિસ વેટ (રીમનું વજન)}}{\text{કેલિપર (જાડાઇ)}} = \text{ઘટત્વ}$$

બેસિસ વેટ ઓછું હોય અને કેલિપર વધારે હોય તો સ્વાભાવિક રીતે તે કાગળ સરખા જ વજન વાળા પણ ઓછા કેલિપર વાળા કાગળ કરતાં ઓછા ઘટત્વ વાળો થશે. કાગળ ઉપર બરાબર છાપકામ કરવા માટે સરખું ઘટત્વ ધરાવતા કાગળો લેવા જોઈએ.

છિદ્રત્વ:— ૧૦૦ ઘન સેન્ટિમીટર હવાને એક ચોરસ સેં.મિટર કાગળમાંથી પસાર થતાં જે સમય લાગે તેટલી સેકંડ કાગળનો છિદ્રત્વ અંક બતાવે છે. ઘટ્ટ અને છિદ્રાળુ કાગળ વચ્ચેનો ચોકકસ ભેદ આ અંક સૂચવી શકશે. આ માપવાના ઉપકરણને 'ડેન્સોમીટર' કહે છે.

ચીકાશ સામે પ્રતિકાર શકિત (અં. ગ્રીઝપ્રૂફનેસ):— કેટલાક કાગળની સપાટી એવી રીતે તૈયાર કરેલી હોય છે કે તેના ઉપર તેલના ડાઘ પડી શકતા નથી. આ પરીક્ષા કરવા માટે રંગ નાંખેલું ટર્પેન્ટાઇન વાપરવામાં આવે છે. જે કાગળને આ માટે તપાસવાનો હોય તે કાગળને એક જાડા પૂઠા ઉપર મૂકવામાં આવે છે અને તેના ઉપર રેતીની ઢગલી કરવામાં આવે છે. હવે આ રેતી ઉપર રંગીન ટર્પેન્ટાઇન નાંખવામાં આવે છે. આ પછી કેટલા સમયને અંતરે કાગળ ઉપર ડાઘ દેખાય છે તે અંક કાગળની ચીકાશ સામેની પ્રતિકાર શકિત દર્શાવે છે.

મજબૂતાઈ (અં. ટેન્સાઈલ સ્ટ્રેન્ગ્થ):— કાગળના ચોકકસ માપના નમૂનાને ખેંચીને તે તૂટતા સુધી વપરાતુ બળ તેની મજબૂતાઇ ગ્રામ અથવા પાઉન્ડમાં દર ચોરસ સેન્ટી-મીટરે અથવા દર ચોરસ ઈંચે દર્શાવે છે.

કાગળને ફાડવાનું બળ (અં. ટેરિંગ રેઝિસ્ટન્સ):— ચોકકસ પરિસ્થિતિમાં કાગળ ફાડતાં જે બળ વાપરવું પડે તેને ટેરિંગ સ્ટ્રેન્ગ્થ અથવા રેઝિસ્ટન્સ કહે છે. આ ગ્રામમાં મપાય છે.

સ્ટ્રેચ—ખેંચાવાની શકિત:— કાગળ ઉપર ખેંચાણ આવતાં મૂળ લંબાઈમાં જે વધારો થાય છે તે ટકામાં દર્શાવતો અંક આ શકિત માપે છે.

ભેજ ચૂસવાની શકિત:— કાગળ વાતાવરણમાંથી સહેલાઈથી ભેજ ચૂસી શકે છે. વાતા-વરણમાં ભેજ વધારે હોય તો કાગળની મજબૂતાઇ ઘટે છે. આની પરીક્ષા કરવા માટે ખાંડ, સ્ટાર્ચ, તથા રંગનું મિશ્રાણ વપરાય છે. આ મિશ્રાણ કાગળ ઉપર પાથરવામાં આવે છે અને પછી તે કાગળને પાણી ઉપર તરતો મૂકવામાં આવે છે. કાગળની નીચેથી પાણી અંદર પ્રવેશતાં જ્યારે મિશ્રાણનો રંગ કાગળ ઉપર ફેલાવા માંડે છે તે સમયનો અંક કાગળની ભેજ ચૂસવાની શકિત બતાવે છે.

અપારદર્શકતા (અં. ઓપેસિટી):— આનું માપ કાઢવા માટે ફોટોઈલેકટ્રિક સાધન વાપર-વામાં આવે છે. આ સાધનમાં પ્રકાશનું વિદ્યુતના પ્રવાહમાં રૂપાન્તર થાય છે. કાગળ-માંથી જેટલો પ્રકાશ પસાર થઇ શકે છે તેના પ્રમાણમાં વિદ્યુતનો પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. કાગળ બનાવતી વખતે તેના છેલ્લા ઉપચારમાં વધારે કૅલેન્ડરિંગ કરવાથી કાગળ અમુક

અંશે પારદર્શક બની શકે છે. કાગળની તેજસ્વિતાનું માપ ભૂરા પ્રકાશનું પરાવર્તન કેટલા પ્રમાણમાં થાય છે તે ઉપરથી કાઢવામાં આવે છે.

કાગળની રાસાયણિક પરીક્ષામાં આલ્ફા-સેલ્યુલોઝનું પ્રમાણ, કૉપર નંબર, ચીકાશ (વિસ્કોસીટી) વગેરે નક્કી કરવામાં આવે છે. ૧૭.૫ ટકા કૉસ્ટિક સોડાના પ્રમાણમાં અદ્રાવ્ય રહેતો ભાગ આલ્ફા-સેલ્યુલોઝનું પ્રમાણ દર્શાવે છે. તાંબાના એમોનિયા યુકત દ્રાવણના ૧૦૦ ગ્રામ સેલ્યુલોઝ કયુપ્રિક માંથી કયુપ્રસ સ્થિતિ પર લાવવા માટે જેટલા ગ્રામ દ્રાવણ જોઇએ તેને કૉપર નંબર કહે છે. વિસ્કોસીટી વડે સૅલ્યુલોઝમાં રહેલી અ-ણ્વિક સાંકળ ની લંબાઇ જાણી શકાય છે. કાગળ ઉપર ચોપડેલું મીણનું પડ ગરમ એસેટિક એનહાઇડ્રાઇડ નામના રસાયણમાં ઓગાળીને મીણનું પ્રમાણ માપી શકાય છે.

આ બધા કાગળના મહત્ત્વના ગુણધર્મો છે.

૯

વ્યાવહારિક ક્ષેત્રે કાગળ અને કાગળની આવતી કાલ!

હજારો વર્ષથી કાગળ મનુષ્યોના વિચારો આલેખવાના એક પ્રબળ સાધન તરીકે વપરાતો આવ્યો છે. કોઈ પણ રાજ્યવ્યવસ્થા કે વ્યાપારધંધો કાગળ વગર ચાલી શકે નહિ. લાખો કરોડો વર્તમાનપત્રો દુનિયામાં ઘરોઘર વંચાતાં આવ્યાં છે. વર્તમાનપત્રોની ખપત એટલી બધી છે અને તેમનું જીવન એટલું ટૂંકું છે કે તેમને માટે સસ્તામાં સસ્તો કાગળ—ન્યુઝપ્રિન્ટ—વાપરવામાં આવે છે, જે ટૂંક સમયમાં પીળો પડી જાય છે અને રદ્દીમાં રૂપાન્તર પામી ફરી પાછો કાગળના નવસર્જનમાં પ્રવેશ કરે છે. પુસ્તકો માટે જે કાગળો વપરાય છે તેની જાત સારી હોવી જોઈએ જેથી પુસ્તકો લાંબા સમય સુધી સંગ્રહી શકાય. ઔદ્યોગિક સંસ્થાઓમાં રોજ—બ—રોજના વ્યવહાર માટે અનેક સૂચનાઓ મોકલવી પડે છે. એમને માટે સાધારણ કક્ષાનો કાગળ ચાલી શકે. લખવાના કાગળોમાં ઘણી ઊંચી નીચી જાતો હોય છે. એર—મેલ (હવાઈ ટપાલમાં વપરાતો) કાગળ પાતળો અને વજનમાં હલકો હોવો જોઈએ કારણકે તેનું ટપાલખર્ચ વજન ઉપર આધાર રાખે છે. છતાં આ કાગળ તદ્દન અપારદર્શક હોવો જોઈએ જેથી લખનારને તેની બન્ને બાજુઓ પર લખવામાં હરકત ન આવે. વિજ્ઞાપનક્ષેત્ર (અં. એડવરટાઈઝિંગ) માં ગ્રાહક ઉપર સારી છાપ પાડવાનો પ્રધાન હેતું હોય છે તેથી તેમાં ઉત્તમ પ્રકારનો કાગળ વાપરવો જોઈએ. ગણી ગણાય નહિ એવી કાગળની જાતોમાં મુખ્ય તો **ચાર** જાતો છે:

૧) **એન્ટિક પેપર:** જેની સપાટી થોડી ખરબચડી અને ઉપસેલી હોય છે અને તેના ઉપર દબાયેલા બીબાંની છાપ સારી રીતે પડી શકે છે. લેટરપ્રેસ પદ્ધતિ દ્વારા થતું છાપકામ આવા કાગળ ઉપર સારું થાય છે.

૨) **યંત્રવડે ઓપ અપાયેલા કાગળ:** આ કાગળની સપાટી સામાન્ય ચળકાટથી માંડીને અતિશય ચળકાટવાળી હોય છે. કેલેન્ડરોની હારમાળાઓ વચ્ચે કાગળને દબાવવાથી આ જાતની સપાટી ઉત્પન્ન થાય છે.

૩) **આર્ટ પેપર:** આ પ્રકારના કાગળને સુપરકેલેન્ડર કરેલો હોય છે અને તેના ઉપર ચીની માટીનું પાતળું અસ્તર લગાડેલું હોય છે. આથી તે લીસ્સો તેમ જ ચળકતો બને છે. કાગળને બનાવવાના યંત્રમાં તેને સુકાવાના વિભાગમાં આ પ્રકારનો એકમ (અં. યુનિટ) નાંખેલો હોય છે. તેના ઉપર પડ ચઢાવતી વખતે દબાણપૂર્વક હવાની પિચકારી છોડવામાં

આવે છે એટલે પડ પરનો વધારાનો ભાગ ખરી જાય છે.

૪) **'આર' ચઢાવેલો કાગળ:** કાગળ બનાવતી વખતે 'ટબ'માં અમુક પદાર્થો નાંખવામાં આવે છે જેથી તેમાંથી અંતે પરિણામતો કાગળ કડક બને છે.

એક બાજુ ચળકાટવાળો અને બીજી બાજુ 'રફ' એવો કાગળ **પોસ્ટર પેપર** કહેવાય છે જેથી તેની આ બીજી બાજુ કાગળને ભીંત ઉપર ચોંટાડવા માટે અનુકૂળ બની રહે છે.

જ્યારે એકનો એક કાગળ જુદેજુદે સ્થળે મોકલવાનો હોય છે ત્યારે તેની કેટલીક નકલો કરવી પડે છે. આ માટે **કાર્બન પેપર** વપરાય છે. કાર્બન પેપર એક પાતળો કાગળ હોય છે જેના ઉપર રંગીન અથવા કાળી શાહીનું અસ્તર ચોપડવામાં આવ્યું હોય છે. કાર્બન-પેપર વગર પણ નકલ ઉત્પન્ન કરી શકે તેવા ખાસ અસ્તરવાળા 'ડુપ્લીકેટિંગ' પેપરો પણ હવે બનાવવામાં આવે છે.

સિક્યુરિટી પેપર વિશે પણ અહીં નોંધ લેવી જોઈએ. આવા કાગળ ખાસ પ્રોસેસ વડે બનાવવામાં આવે છે અને તેની નકલ કરવી મુશ્કેલ પડે છે. બેંક નોટસ, ચેકબૂકો, પોસ્ટની ટિકિટો, પોસ્ટલ ઑર્ડર વગેરે આવા કાગળો ઉપર તૈયાર કરવામાં આવે છે. આમાં જે પ્રકારનો કાગળનો કાચો માલ વાપરવામાં આવે છે તેની ફૉર્મ્યુલા ગુપ્ત રાખવામાં આવે છે અને તેમાં ખાસ પ્રકારનું જલચિહ્ન (અં. વૉટરમાર્ક) મૂકવામાં આવે છે.

હવે કાગળે કાપડનું સ્થાન પણ લેવા માંડયું છે. ટિશ્યુપેપર અને રૂમાલ કાગળના બનવા લાગ્યાં છે. 'એક વાર વાપરો અને પછી ફેંકીદો' એવી અમેરિકન ફિલોસોફીનું આ પરિણામ છે એમ માનીશું ? આ ફિલોસોફીને લીધે અમેરિકામાં ઉદ્યોગો ખૂબ વિકસ્યા છે અને અમેરિકા સમૃદ્ધ બન્યું છે. કાગળ પલળે છતાં પણ મજબૂત રહે એવો 'વેટ—સ્ટ્રેન્ગથ' પેપર પણ કાગળના માવામાં પ્લાસ્ટિકનો રસ ઉમેરીને બનાવવામાં આવ્યો છે.

હવે 'ફાઇબરબોર્ડ' જાતજાતના પ્રકારોમાં ઉપલબ્ધ થાય છે. ફોરમાઇકા કે સન-માઇકાનાં પાટિયાં ફરનીચરને શોભાયમાન કરવા વપરાય છે તેના મૂળમાં કાગળ જ છે. કાગળને પ્લાસ્ટિકના રસમાં ડુબાવીને તેના એક કે વધુ પડો ઉષ્ણતા સાથે દબાવવામાં આવે છે એટલે આ પ્રકારનું હાર્ડબોર્ડ થાય છે. હવે આ હાર્ડબોર્ડ લાકડું કે ધાતુ સાથે હરી-ફાઇમાં ઊતરી શકે છે. કાગળ કૃત્રિમ ચામડા સાથે પણ સ્પર્ધા કરી રહ્યો છે. ચંપલ કે બૂટમાં સોલ તરીકે કાગળનું પૂંઠું વિના સંકોચે વપરાય છે. કાગળની સૂટકેસો, કપરકાબી, ડિશો, વગેરે તો હવે સામાન્ય થઇ ગયાં છે. કાગળનું બોર્ડ એટલું મજબૂત બનેલું હોય છે કે પુષ્કળ વજન ભરી શકાય એવાં મોટાં મોટાં પીપો પણ તેનાં બનવા લાગ્યાં છે અને ઉદ્યો-ગમાં માલ લાવવા લઇ જવા માટે પુષ્કળ પ્રમાણમાં વપરાય છે.

કાગળ માત્ર લખવાના ઉપયોગમાં લેવાતો હતો તે જૂનો જમાનો હવે અસ્ત થયોછે અને આજનું માનવજીવન કાગળથી સમૃદ્ધ થયું છે. માનવીની એક જ પેઢીના ઈતિહા-સમાં આ બધું શકય બન્યું છે. કાગળની આવતી કાલ વધુ ને વધુ સિદ્ધિઓ પ્રાપ્ત કરશે તે નિર્વિવાદ છે.

૧૦

ભારતમાં કાગળ ઉદ્યોગ

મુસ્લીમ શાસનકાળ દરમ્યાન હિંદમાં કાગળ બનાવવાનો ઉદ્યોગ શરૂ થયો હશે એમ માનવામાં આવે છે. પ્રથમ નેપાળ દ્વારા કાશ્મીર અને પંજાબમાં તે પ્રવેશ્યો અને પછી રાજસ્થાન, મહારાષ્ટ્ર, મધ્યપ્રદેશ, ઉત્તર પ્રદેશ, બિહાર, બંગાળ, મ્હૈસુર અને મદ્રાસમાં તે સ્થપાયો. ગુણપાટના ટુકડા, કાપડનાં ચીંથરાં અને જૂના રદ્દી કાગળોમાંથી હાથબનાવટનો કાગળ ઉત્પન્ન કરવામાં આવ્યો હતો. ૧૮મી સદીના ઉત્તરાર્ધમાં ઘણી ઉંચી કક્ષાનો હાથબનાવટનો કાગળ બનતો હતો અને તે પ્રકારના કાગળો ધારણ કરતાં પુસ્તકો અદ્યાપિ સારી સ્થિતિમાં રહ્યાં છે અને ઉધઇ દ્વારા તેઓનો નાશ થયો નથી. હાથબનાવટના કાગળનો ઉદ્યોગ બ્રિટિશ રાજ્યના અમલ દરમ્યાન ઘસાતો ગયો. કારણકે ઈંગ્લેન્ડ અને યુરોપમાંથી યંત્રદ્વારા બનાવેલો કાગળ વધુને વધુ આયાત થવા લાગ્યો.

ઈ.સ. ૧૮૩૨માં ભારતમાં સૌથી પહેલું કાગળ બનાવવાનું કારખાનું કલકત્તા પાસે આવેલા સેરામપુર નામના સ્થળે એક ખ્રિસ્તી મિશનરીએ નાંખ્યું હતું. પણ આ સાહસ નિષ્ફળ ગયું અને તેની મશીનરી ત્યારબાદ ૧૮૭૦માં રૉયલ પેપર મિલ્સે (જે ૧૮૬૭માં કલકત્તા પાસે શરૂ કરવામાં આવી હતી) ખરીદી લીધી. આ કારખાનામાં શણના ટુકડા, કાપડનાં ચીંથરાં અને જૂના કાગળમાંથી સામાન્ય પ્રકારનો સફેદ કાગળ ઉત્પન્ન કરવામાં આવતો હતો. આ કંપની ૧૯૦૫માં ફડચામાં ગઇ.

૧૮૮૦માં દેશી ઉદ્યોગોને ઉત્તેજન આપવાની સરકારની નીતિને પરિણામે કાગળ ઉદ્યોગને વેગ મળ્યો. ૧૮૮૧—૯૪ સુધીનાં વર્ષો દરમ્યાન ઘણાં કાગળનાં કારખાનાં ઊભાં થયાં હતાં, જેમાં અપર ઈંડિયા કૂપર પેપર મિલ્સ, લિ. (લખનૌ)—૧૮૮૧, ટિટાઘર પેપર મિલ્સ. કં. લિ., ટિટાઘર, ચોવીસ પરગણા, પ. બંગાલ—૧૮૮૪, ડેકકન પેપર મિલ્સ, કં. લિ., પૂના પાસે—૧૮૮૭, બેંગાલ પેપર મિલ્સ કં. લિ., રાણીગંજ—૧૮૮૯, અને ઈમ્પીરીઅલ પેપર મિલ્સ. કં., કાંકીનારા, ચોવીસ પરગણા, પ. બંગાલ—૧૮૯૪, મુખ્ય ગણાવી શકાય. ૧૯૦૦ ની સાલ સુધીમાં કાગળનું ઉત્પાદન વાર્ષિક ૧૯,૦૦૦ ટન સુધી વધ્યું હતું. ૧૯૦૨માં ટિટાઘર પેપર મિલ્સે કાંકીનારાનું કારખાનું ખરીદી લીધું અને ૧૯૦૫માં રૉયલ પેપર મિલ્સની મશીનરી પણ ખરીદી લેતાં તેનું ઉત્પાદન મૂળ ઉત્પાદનના ૬૦ ટકા જેટલું વધ્યું હતું. ગ્વાલિયેરની એક મિલ અને કેરલની

પુનાલુર પેપર મિલ્સ બેંગાલ પેપર મિલ્સે ૧૮૯૦માં ખરીદી લીધી હતી.

૧૯૧૨માં ટિટાઘર પેપર મિલ્સે પોતાની મશીનરીમાં યોગ્ય ફેરફારો કરી વાંસમાંથી કાગળ બનાવવાની શરૂઆત કરી અને ૧૯૧૮માં કલકત્તા પાસે ઈંડિયન પેપર પલ્પ કં. લિ. મિલ વાંસમાંથી કાગળ માટેનો માવો બનાવવા માટે ઊભી કરી. પરંતુ આયાત કરેલા માલ સામે તેને હરીફાઈ કરવી પડતી હોવાથી ભારતમાં કાગળ ઉદ્યોગનો વિકાસ રૂંધાયા કર્યો. ૧૯૨૪માં ભારતમાં ફકત નવ કાગળની મિલો હતી અને તેઓનું સમગ્ર ઉત્પાદન વાર્ષિક ૩૩,૦૦૦ ટનનું હતું.

તે જ વર્ષમાં ઈંડિયન ટેરિફ બોર્ડે આ ઉદ્યોગને રક્ષણ આપવાનો પ્રશ્ન ઉપાડયો. તે વખતે તેમને જણાયું કે વાંસમાંથી કાગળ સફળરીતે બની શકે છે એજ હકીકત આ ઉદ્યો-ગને રક્ષણ આપવાના દાવા માટે સમર્થ કારણ છે. આથી આપણી તે વખતની સરકારે ૧૯૨૫માં કાગળ ઉદ્યોગને રક્ષણ આપવાની મંજૂરી આપી. ત્યારથી આ ઉદ્યોગનો વિકાસ અવિરત રીતે થયા કર્યો છે. બીજા વિશ્વયુદ્ધ પછી કાગળ બનાવવાના ભારતમાં ૧૬ કારખાનાં હતાં તેમાં ૪ બંગાળમાં, ૨ મહારાષ્ટ્રમાં, ૨ ઉત્તર પ્રદેશમાં, ૨ આંધ્રમાં અને પંજાબ, ગુજરાત, કેરળ, ઓરિસ્સા, બિહાર અને મ્હૈસુરમાં અકકેક કારખાનું હતું. આ બધા કારખાનાંની કુલ વાર્ષિક ઉત્પાદન શકિત ૧૯૪૪માં ૧૦૩, ૮૦૦ ટન જેટલી હતી. કાગળ અને કાગળનાં પૂંઠાંનું ઉત્પાદન (ન્યુઝપ્રિન્ટ બાદ કરતાં) ૧૯૪૫-૪૬માં ૧૦૮, ૪૦૦ ટન જેટલું હતું. ૧૯૪૭માં કાગળ ઉદ્યોગને અપાયેલું રક્ષણ પાછું ખેંચી લેવામાં આવ્યું હતું.

૧૯૫૦-૫૧માં ભારતમાં બધા મળીને કાગળ બનાવવાનાં ૧૭ મોટાં કારખાનાં હતાં અને તેમની કુલ ઉત્પાદન શકિત ૧૩૭,૦૦૦ ટનની હતી. ૧૯૫૬માં આ શકિત વધીને ૨૧૦,૦૦૦ ટન થઈ હતી. અને કારખાનાંની સંખ્યા ૨૧ થઈ હતી. ૧૯૬૪માં આ સંખ્યા ૪૨ થતાં ઉત્પાદન શકિત (ન્યુઝપ્રિન્ટ બાદ કરતાં) ૫૪૯, ૧૫૦ ટન થઈ હતી. ૧૯૬૮માં આ ઉત્પાદન ૭૩૦,૦૦૦ ટન થયું હતું અને ૧૯૬૯માં ૭૬૮,૦૦૦ ટન સુધી નોંધાયું હતું. વિસ્તૃતીકરણની યોજના અમલમાં આવતાં ઉત્પાદન શકિત ૮ લાખ ટન ઉપરાંત છેલ્લા અંકડા મુજબ નોંધાઈ છે. અને પાંચમી પંચવર્ષીય યોજનામાં કાગળની ઉત્પાદન શકિત ૧૩.૩ લાખ ટનની અંદાજવામાં આવી છે.

ભારતમાં સરકારી આંકડા મુજબ કાગળ ઉદ્યોગમાં રૂા. ૧૦૦ કરોડની પૂંજી રોકાયેલી છે અને તેમાં ૪૨,૦૦૦ માણસોને રોજી મળે છે. ૧૯૭૩-૭૪માં કાગળની માંગનો અં-દાજ પ્લાનિંગ કમિશને ૯.૬૦ લાખ ટન જેટલો મૂકયો છે.

જગતના કાગળ ઉદ્યોગમાં ભારતનો નંબર ૨૦મો આવેછે પરંતુ માથા દીઠ વપરાશ આશરે દોઢ કિલોગ્રામ જેટલી છે, જે ઘણી ઓછી કહેવાય.

હિંદુસ્તાન પેપર કોર્પોરેશન

૧૯૭૦ ના મે માસમાં જાહેર ક્ષેત્રમાં રૂા. ૬૦ કરોડની પૂંજી ધરાવતી હિંદુસ્તાન પેપર

કૉર્પોરેશનની સ્થાપના કરવામાં આવી છે તે એક મહત્ત્વનું પગલું છે. શરૂઆતમાં તેના ત્રણ એકમો કામ કરશે. આમાંનો એક આસામમાં, બીજો કેરળમાં અને ત્રીજો મેઘાલયમાં આવશે. આસામના એકમની ઉત્પાદનશકિત વાર્ષિક ૮૦,૦૦૦ ટન કાગળનો માવો અને ૫૦,૦૦૦ ટન કાગળ, કેરળના એકમની ઉત્પાદન શકિત વાર્ષિક ૭૫,૦૦૦ ટન ન્યુઝપ્રિન્ટ અને મેઘાલયના એકમની શકિત ૭૦,૦૦૦ ટન કાગળની હશે. ઉપરાંત મધ્ય-પ્રદેશની નેપા (નેશનલ ન્યુઝપ્રિન્ટ એન્ડ પેપર કં.) નું વિસ્તૃતીકરણ કરીને ત્યાં ઉત્પન્ન થતા ન્યુઝપ્રિન્ટની ૩૦,૦૦૦ ટનની શકિત ૭૫,૦૦૦ ટન સુધી વધારવામાં આવશે.

અત્યારે ભારતમાં કાગળ બનાવવાનાં નીચે મુજબનાં કારખાનાં નોંધપાત્ર છે:

૧) ટિટાઘર પેપર મિલ્સ કં.લિ. (પ. બંગાળ) ૨) ઓરિએન્ટ પેપર મિલ્સ, વ્રજ-નગર (ઓરિસ્સા). ૩) ઈંડિયા પેપર એન્ડ પલ્પ કં. લિ. નૈહાટિ (પ. બંગાળ). ૪) રોહટા ઈંડસ્ટ્રીઝ લિ., દાલમિયા નગર (બિહાર). ૫) સ્ટાર પેપર મિલ્સ. લિ. સહરાન-પુર, (ઉત્તર પ્રદેશ), ૬) શ્રી ગોપાળ પેપર મિલ્સ લિ. યમુનાનગર (પંજાબ). ૭) સિરપુર પેપર મિલ્સ લિ. સિરપુર, કાગઝનગર (આંધ્રપ્રદેશ). ૮) વેસ્ટકોસ્ટ પેપર મિલ્સ લિ. ડાંડેલી (મ્હૈસુર ૯) શેષશાયી પેપર એન્ડ બોર્ડ લિ. (કાવેરી) (મદ્રાસ), ૧૦) બલ્લારપુર પેપર એન્ડ સ્ટૉબોર્ડ મિલ્સ, લિ. (બલ્લારપુર) (મહારાષ્ટ્ર).

ન્યુઝ પ્રિન્ટ

આપણે ત્યાં પૂરતો ન્યુઝપ્રિન્ટનો કાગળ બનતો નથી તેથી આપણી જરૂરિયાતો આયાતદ્વારા પૂરી પાડવામાં આવે છે. આથી આપણા દેશને રૂ. ૮ કરોડનો વાર્ષિક ખર્ચ થાય છે. કેનેડા, ફિન્લૅન્ડ, નૉર્વે, સ્વીડન, પોલૅંડ, અને રશિયા આ માલ પૂરો પાડનાર મુખ્ય દેશો છે. મધ્ય પ્રદેશની "નેપા" ફેકટરીજ માત્ર આપણા દેશમાં ન્યુઝપ્રિન્ટનું ઉત્પાદન કરે છે. ૧૯૭૦માં તેની શકિત ૩૦,૦૦૦ ટનમાંથી ૭૦,૦૦૦ ટન સુધી લઈ જવાની યોજના હતી. બીજી એક ન્યુઝપ્રિન્ટ ફેકટરી ખાનગી ક્ષેત્રમાં શરૂ કરવા માટે સરકાર પાસે દરખાસ્ત પડેલી છે.

હાથબનાવટનો કાગળ

અખિલ ભારત ગ્રામોદ્યોગ સંઘ (અં. All India Village Industries Association) ની ૧૯૬૫માં સ્થાપના થયા પછી હાથબનાવટના કાગળના ઉદ્યોગને ઘણું પ્રોત્સાહન મળ્યું છે. ૧૯૩૯માં પૂના ખાતે Hand-made Paper Research Institute ઊભું કરવામાં આવ્યા બાદ આ વિષયમાં વિસ્તૃત સંશોધન ચાલુ થયું છે. પરિણામે આ ઉદ્યોગ હવે કાગળનો માવો બનાવવા માટે યંત્રો વાપરે છે અને કાગળની બનાવટમાં આથી ઝડપ અને સરળતા આવ્યાં છે. ૧૯૫૨ માં અખિલ ભારત ખાદી અને ગ્રામોદ્યોગ સંઘ સ્થપાયા પછી આ ઉદ્યોગ યોજનાપૂર્વક અને વૈજ્ઞાનિક રીતે આગળ વધ્યો છે. આ માટે યોગ્ય કારીગરો પેદા કરવા મગનવાડી, વર્ધા

ખાતે એક તાલીમકેન્દ્ર ઊભું કરવામાં આવ્યું છે. મિનિસ્ટ્રી ઑફ કૉમર્સ એન્ડ ઇન્ડસ્ટ્રીઝના તાબા નીચેની પેપર પેનલે કાગળ હસ્તકૌશલ દ્વારા ઉત્પન્ન કરવામાં આવે તેવી ભલામણ કરી છે. આ પ્રકારના કાગળોમાં ચલણીનોટોના કાગળો, દસ્તાવેજી કાગળો, બીજા અગત્યના સરકારી કાગળો અને ઉદ્યોગમાં વપરાતા ફિલ્ટર પેપરો, વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. ૧૯૫૪માં પૂનામાં શરૂ થએલા પેપર રિસર્ચ સેન્ટરે ગ્રામ ઉદ્યોગો માટે વિજળી અને ઓઇલએંજિનો વડે ચાલતાં યંત્રો, જેવાંકે સ્ક્રુપ્રેસ, બીટર, ડાયજેસ્ટર વગેરે બનાવ્યાં છે.

ખાદી અને ગ્રામોદ્યોગ કમિશન મશીનરીની ખરીદી માટે લોન અને ગ્રાન્ટ આપે છે. ૧૯૬૯માં આવાં નાનાં કેન્દ્રોની સંખ્યા ૨૫૦ જેટલી થઇ હતી. અત્યારે હાથબનાવટના કાગળોનું વાર્ષિક ઉત્પાદન ૨૦૦ ટનમાંથી વધીને ૪,૨૦૦ ટન જેટલું થવા આવ્યું છે, જેની કિંમત રૂા. ૯૪.૭૫ લાખ જેટલી થવા જાય છે. આ ઉદ્યોગમાં આજે ૧૫,૦૦૦ માણસો રોજગારી પામે છે.

હાથ બનાવટના કાગળોમાં બ્લૉટિંગ પેપર, ફિલ્ટર પેપર, બૉન્ડ પેપર, એસ્બેસ્ટોસ પેપર (અગ્નિવિરોધી), સંરક્ષણ ખાતા માટે વપરાતો કાગળ, પુરાતત્ત્વ અને નેશનલ આરકાઇવ્ઝના ખાતાઓમાં જોઇતો કાગળ, કાર્ડબોર્ડ અને લખવા અને છાપવા માટેના સામાન્ય કાગળો મુખ્ય છે. આ ઉદ્યોગમાં કાચા માલ તરીકે કાપડનાં ચીથરાં, રદ્દી કાગળો, શણ, ઘાસ, કપાશિયા પર ચોંટેલી રૂંવાટી (અં. કૉટન લિન્ટર્સ) અને કેટલાક છોડ તથા વૃક્ષનાં ડાંખળાં વગેરે વપરાય છે.

હૈદરાબાદની રિજયનલ રિસર્ચ લેબોરેટરી પણ કાગળના વિષયમાં સંશોધન કરે છે અને કાગળ બનાવવાની પદ્ધતિમાં આ સંસ્થાએ અનેક સુધારાઓ સૂચવ્યા છે.