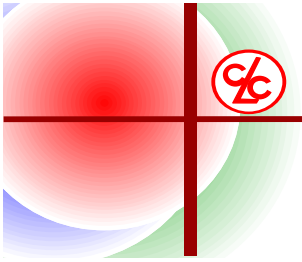


磨漿及鍊漿作業 對紙力的影響

蔡石文

正隆公司后里廠



大綱

- 壹、前言
- 貳、鍊漿對於纖維結構的影響
- 參、鍊漿機種類及其優缺點
- 肆、鍊漿理論
- 伍、鍊漿對紙張性質的影響
- 陸、鍊漿對回收纖維的影響
- 柒、結論



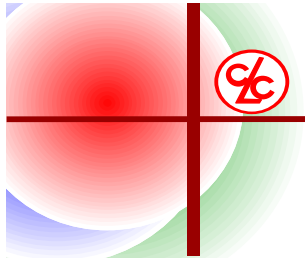
前言

- 在漿料配製過程中，包括：散漿、混漿、淨漿、添加化學藥品、填料及其他機械等作業處理，再經由抄紙機，使漿料抄造形成各種需求之功能性紙張
- 機械處理作業主要是指打漿及鍊漿 (beating and refining)，利用機械方式來改變漿料特性，以確保物理強度、外觀性質及其他性質等，能夠達到紙及紙板等不同品質的要求



前言

- 未鍊漿的纖維，不適合直接在抄紙機使用
 - 紙力甚差
 - 較高嵩度(鬆軟)
 - 較開放的不規則紙質組織
 - 交織較不均勻
- 打漿及鍊漿目的 (beating and refining)
 - 利用機械方式來改變漿料特性
 - 以確保物理強度、外觀性質及其他性質等，能夠達到紙及紙板等不同品質的要求



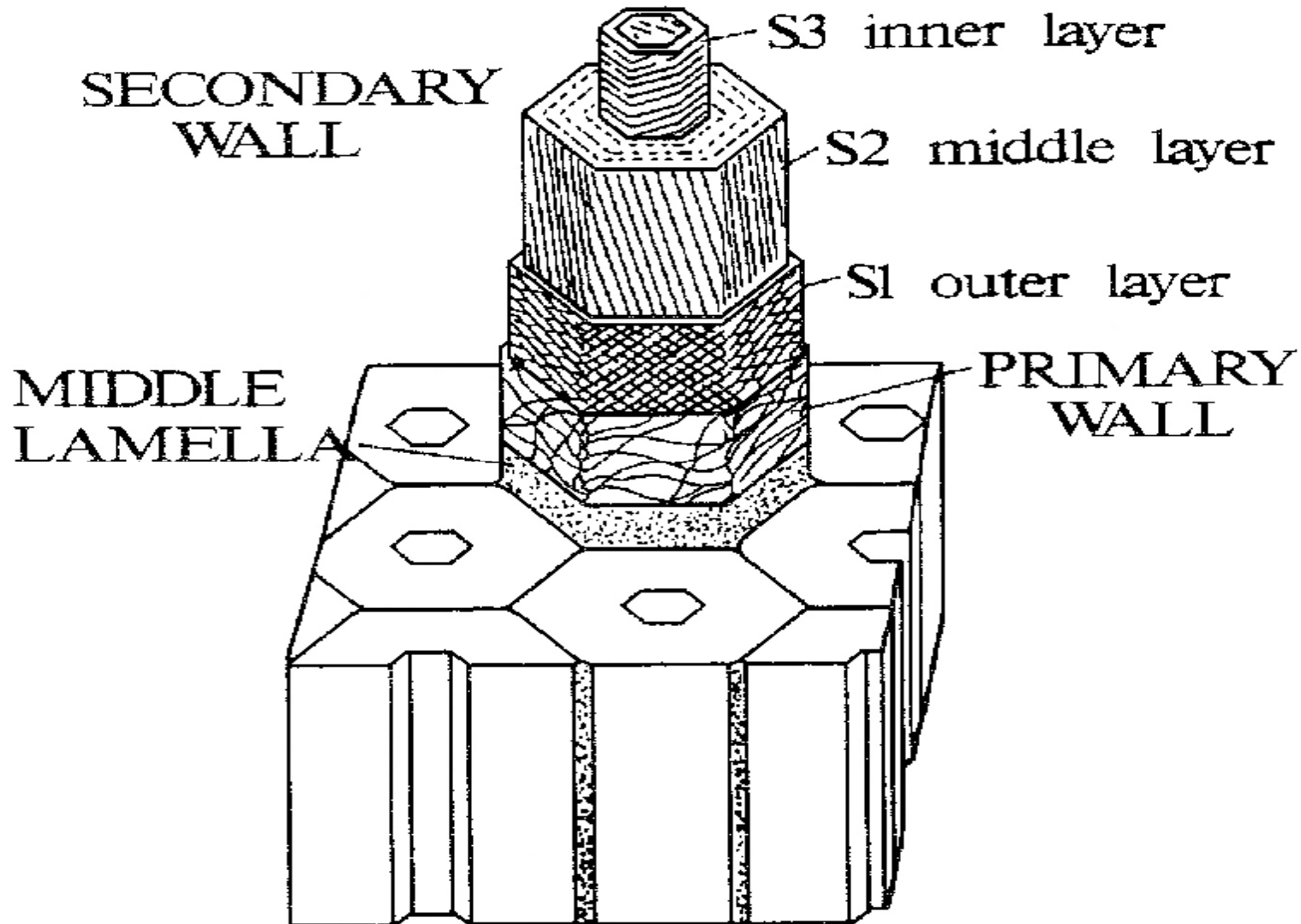
貳、鍊漿對於纖維結構的影響



纖維結構與性質

- 纖維外型為長圓筒狀，其尺度跟樹種、來源的本質有關
 - 樹種：針葉樹、闊葉樹、紡織纖維、非木纖維
 - 影響的參數有：長度、直徑、細胞壁厚度、柔韌性等
 - 製漿流程影響的參數：剛挺性、柔韌性、機械處理的阻抗等

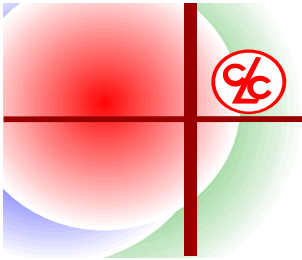
典型針葉樹纖維細胞壁結構示意圖



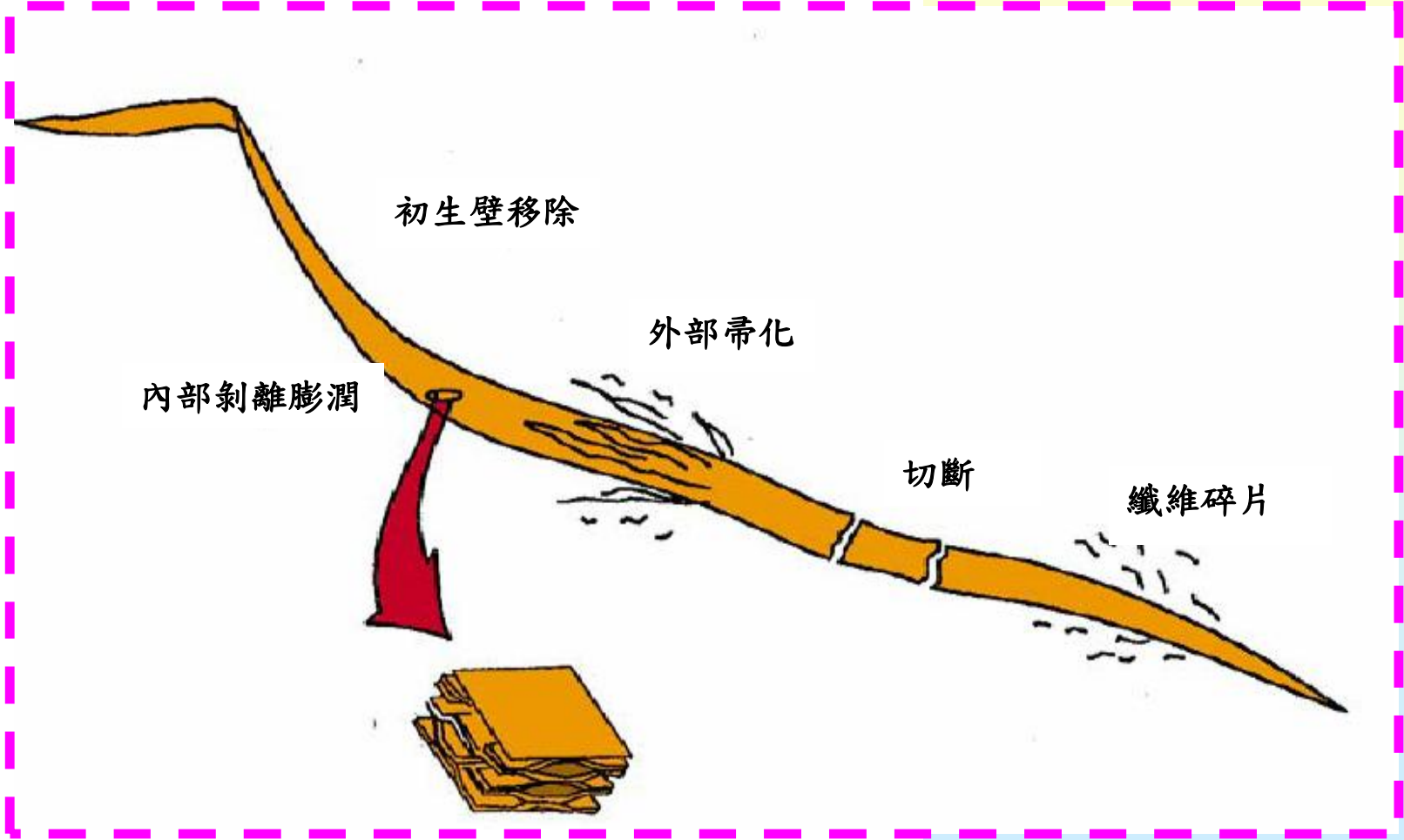


鍊漿對單根纖維的作用

- 移除初生壁(primary wall)
- 水穿透細胞壁造成膨潤(swelling)
- 打破纖維氫鍵(hydrogen bonds)
- 外部帚化(fibrillation)及剝離(foliation)
- 纖維切短(shortening)
- 產生纖維碎片(fines)



鍊漿對纖維的作用圖示





鍊漿四種主要效應

- 內部帚化作用 (internal fibrillation) 或脫層作用 (delamination)
 - 增加纖維的柔韌性
- 纖維表面的外部帚化作用 (external fibrillation)
- 纖維短化 (fiber shortening)
- 纖細物形成 (fines production)

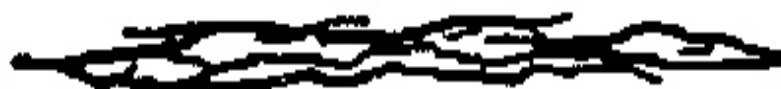


鍊漿主要效應

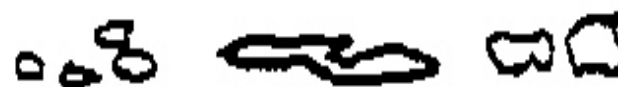
INTERNAL FIBRILLATION



EXTERNAL FIBRILLATION



FINES PRODUCTION



FIBER SHORTENING





內部帚化

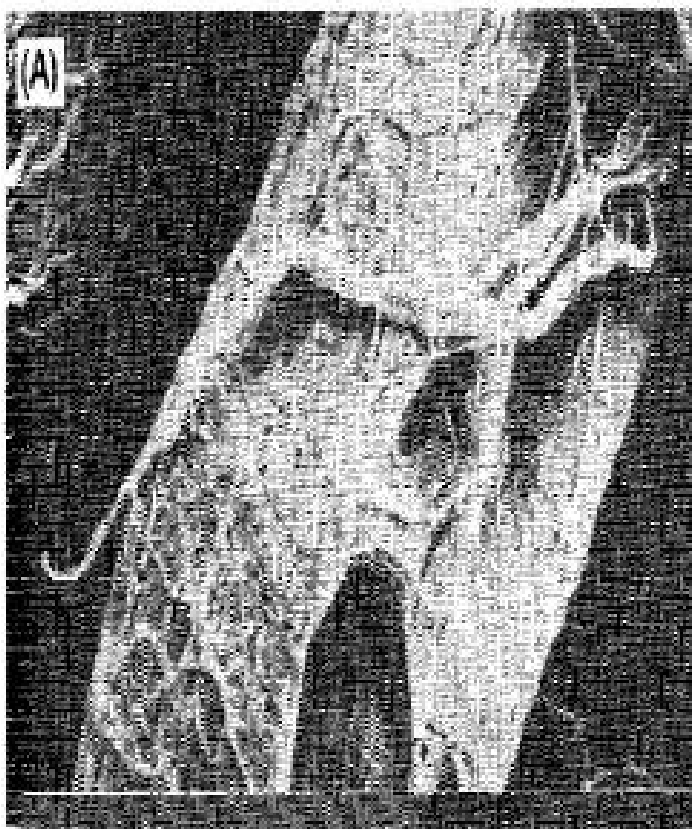


圖 4 纖維細胞壁的破壞表示內部帚化作用的 SEM 圖

(A)漂白牛皮漿經大型精鍊機處理後，細胞壁有輕微破裂。

(B)未漂牛皮漿亦經大型經鍊機處理，外層較僵硬的部份已被去除



外部帚化

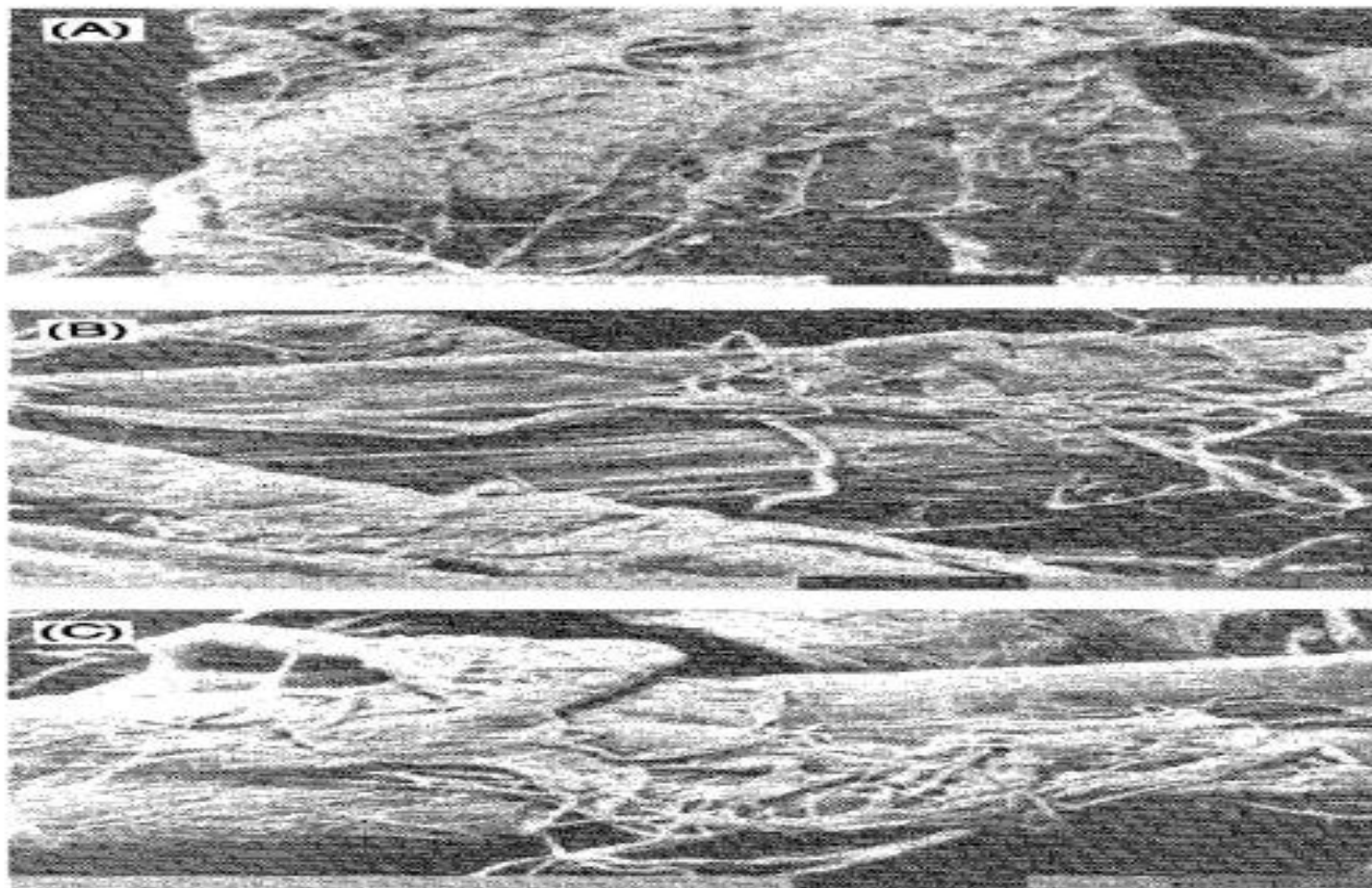


圖 5 典型外部帚化作用 SEM 圖

(A)漂白亞硫酸鹽漿經PFI-mill (6000 rev.)精鍊
(B) (C)牛皮漿經現場精鍊



纖維短化



圖 6 100-200 mesh 殘留纖維 SEM 圖

漂白亞硫酸鹽漿經PFI-mill (6000 rev.)精鍊



纖維物形成

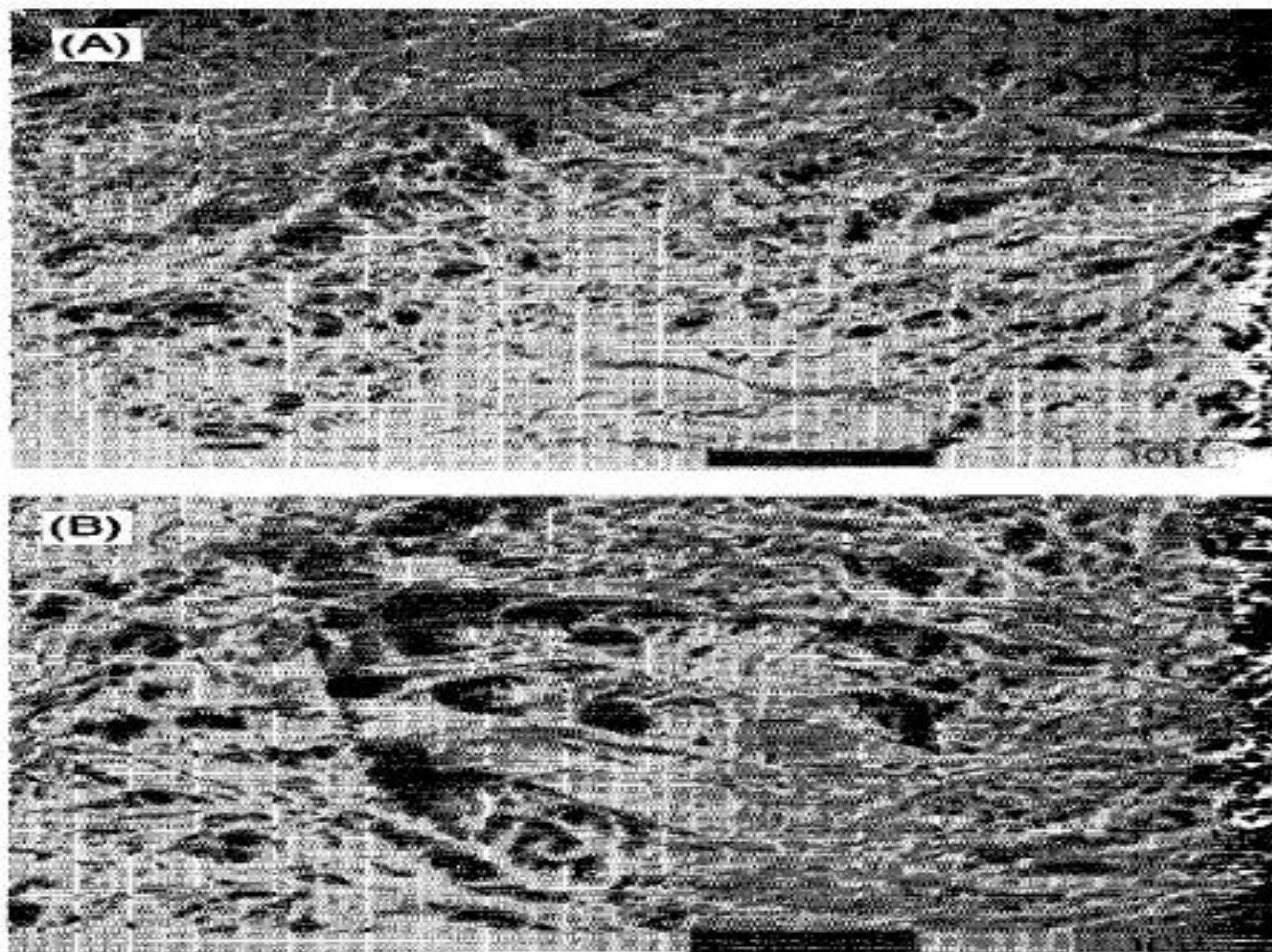


圖 7 通過 200 mesh 纖維 SEM 圖

(A)未漂牛皮漿經PFI-mill (7000 rev.)精鍊，(B)未漂牛皮漿經現場精鍊



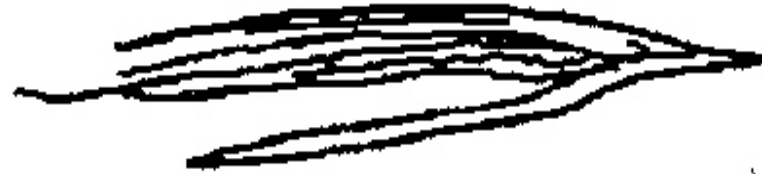
纖細物形成

- 從鍊漿過程中所產生的纖細物，亦稱為二次纖細物(secondary fines)，定義為通過200 mesh的部份。
- 原存在未經鍊的紙漿中，但是此部份與二次纖細物比較，其尺度要小許多。
- 二次纖細物主要是在鍊漿初期，從初生壁及後生壁外層(S1)剝層，及在鍊漿中/末期的外部帚化作用或纖維短化而來的。



鍊漿次要效應

脫層



細胞內腔降低



細胞軸向被擠壓



細胞形狀被改變

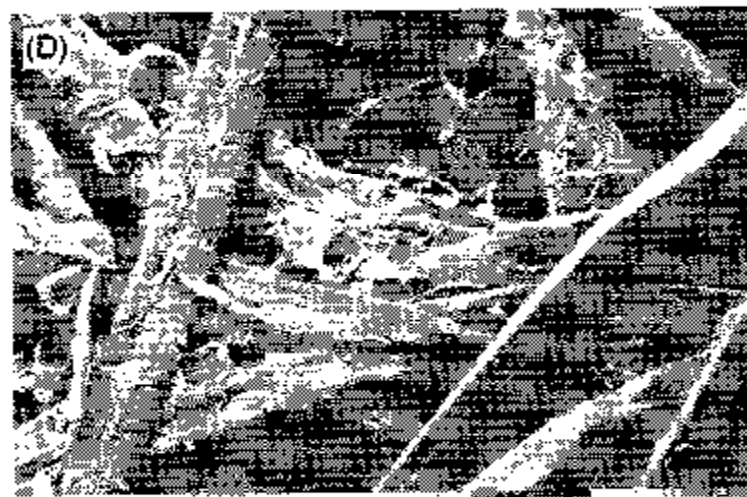


細胞結構被改變





漂白牛皮漿經PFI-mill 鍊漿



(A) 未鍊漿，(B) 2000 rev，(C) 8000 rev，(D) 12000 rev

漂白牛皮漿經錐形鍊漿機鍊漿



(A) 未鍊漿，(B) 鍊漿處理

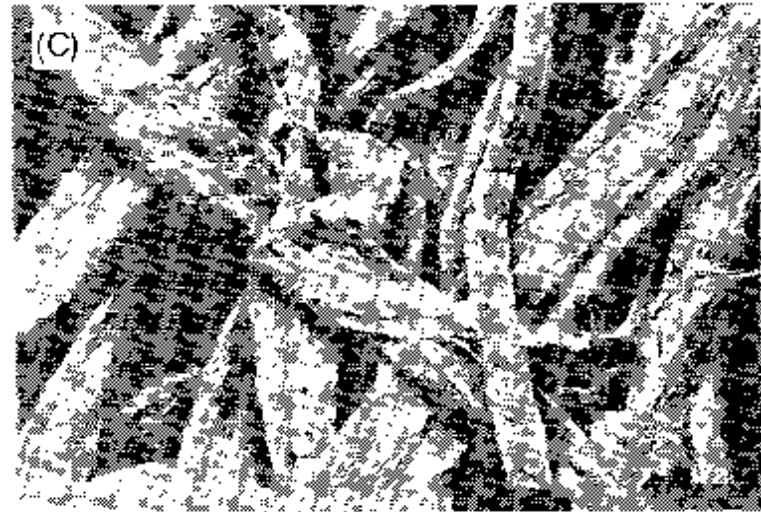
未漂牛皮漿經鍊漿機、低濃度鍊漿



(A) 未鍊漿，(B) 鍊漿處理

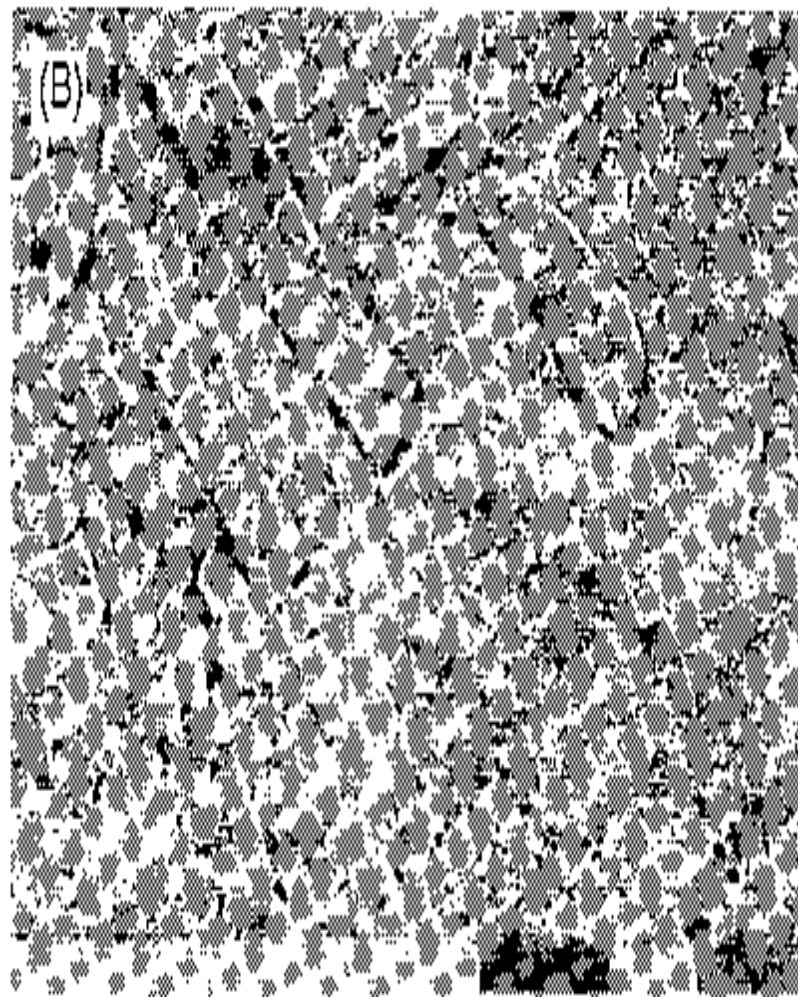


未漂牛皮漿



- (A) 未鍊漿
- (B) 高濃度鍊漿處理
- (C) 低濃度鍊漿處理

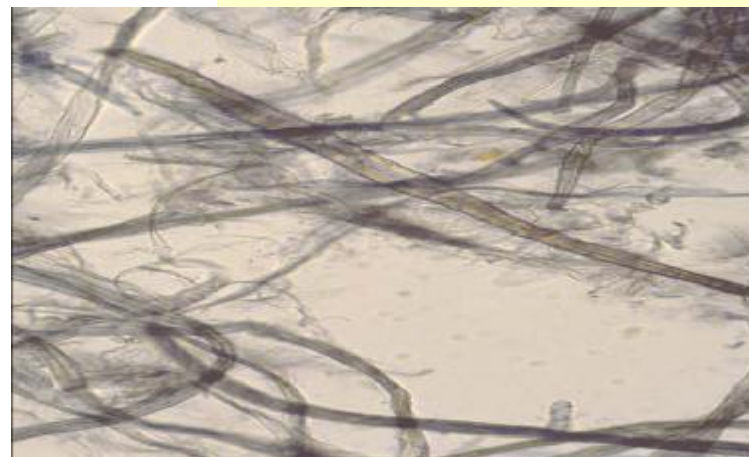
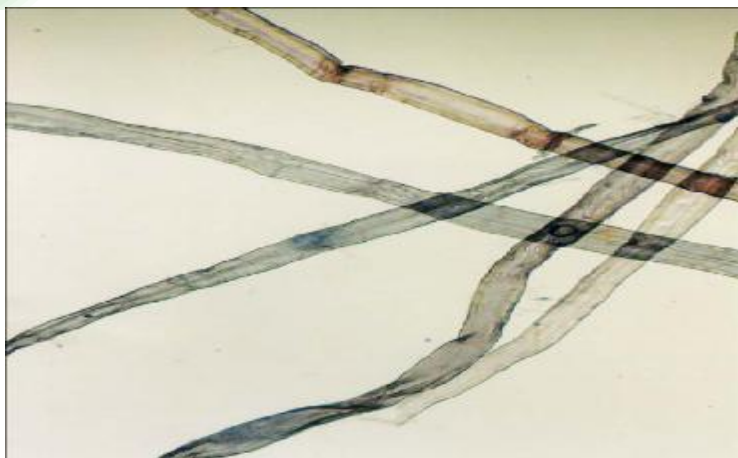
漂白牛皮漿經錐形鍊漿機、纖維纖細物



(A) 未鍊漿，(B) 鍊漿處理



鍊漿前後纖維圖示



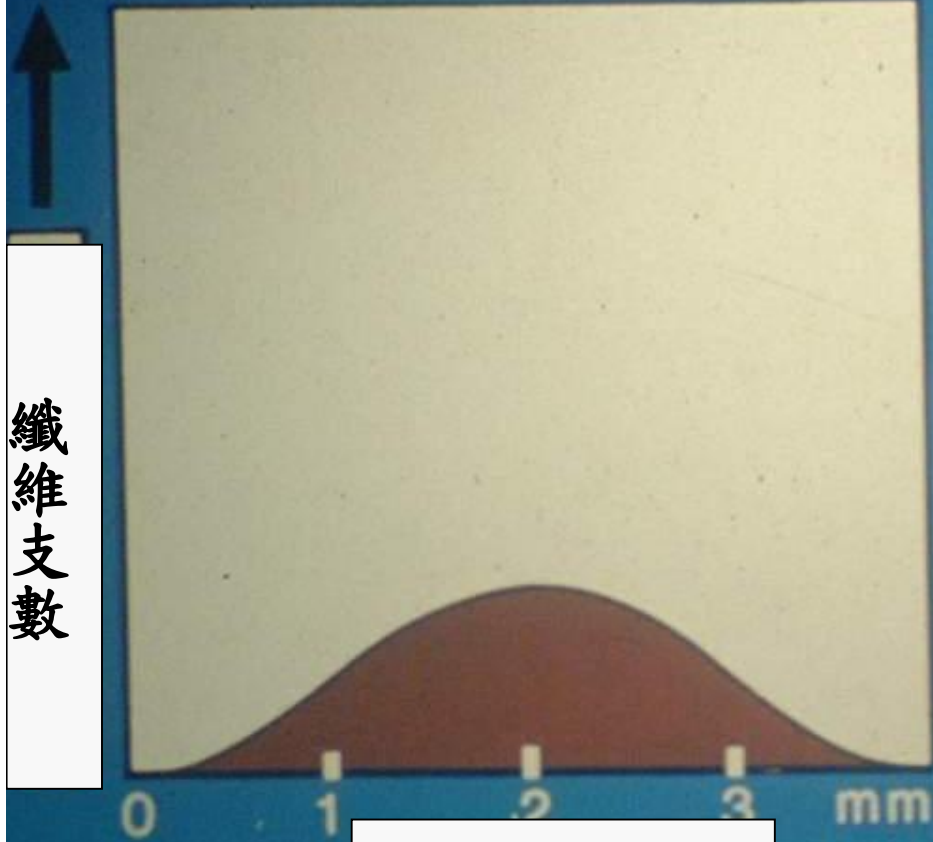
	鍊漿前	鍊漿後
游離度, ml	735	455
纖維長度, mm	2.34	2.19
抗張指數, Nm/g	28.4	73.8
撕力指數, mNm ² /g	20.5	16.0
透氣度, Bendtsen ml	1350	1040
嵩度, cm ³ /g	1.79	1.52



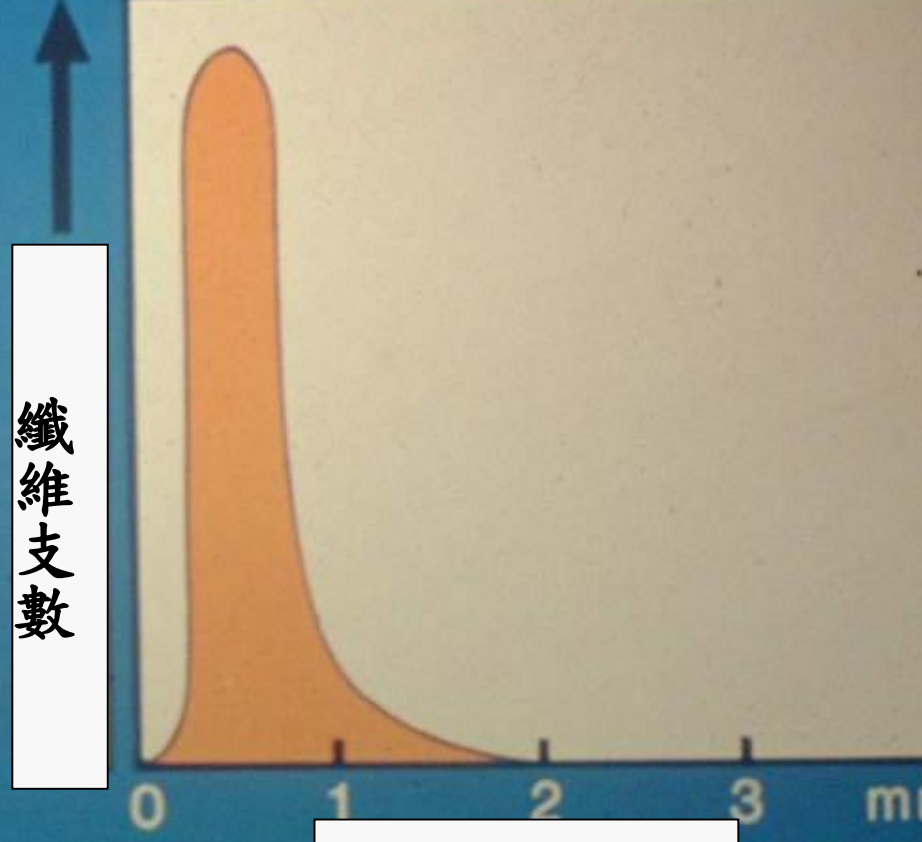
打漿前



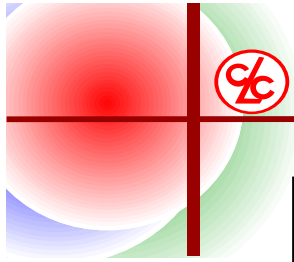
打漿後



纖維長度



纖維長度



參、鍊漿機種類及其優缺點

一、荷蘭式打漿機

二、盤磨機

1. 單盤盤磨機

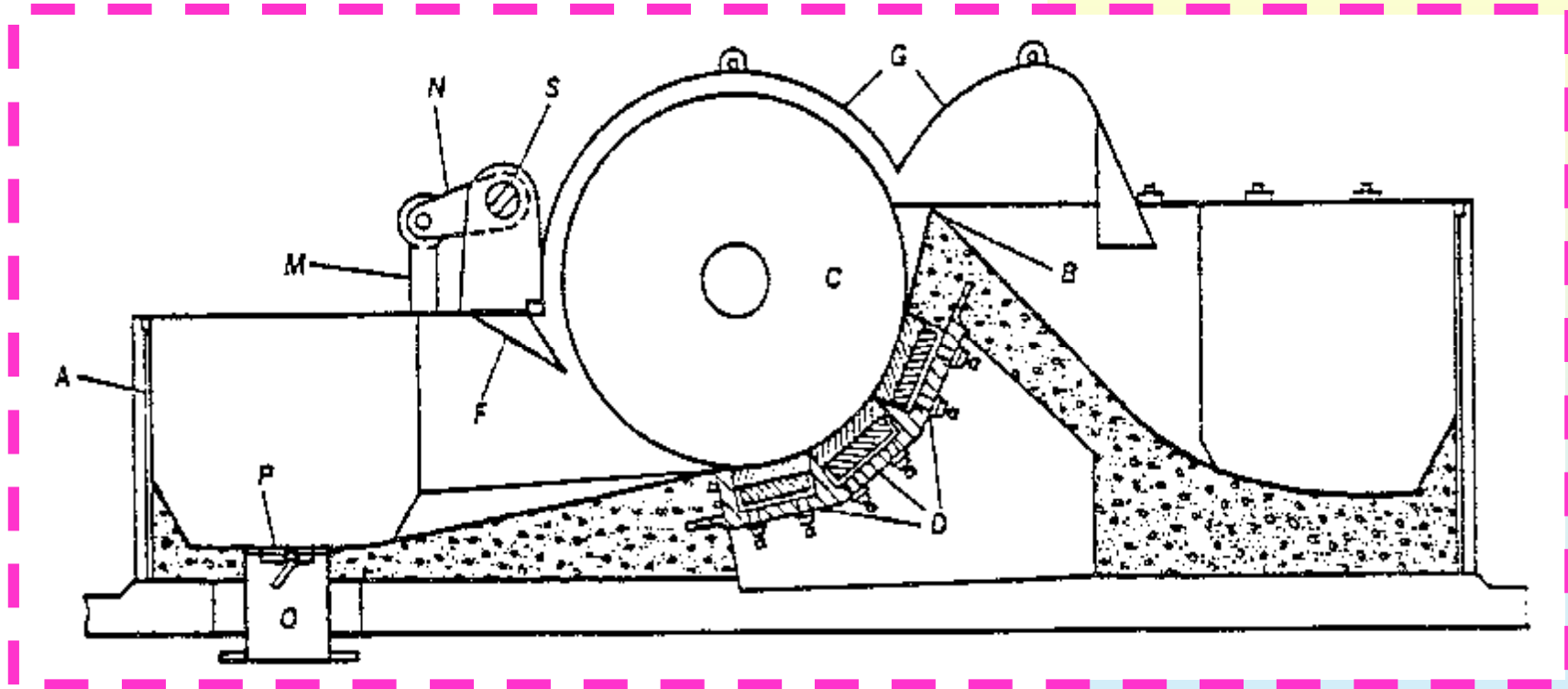
2. 雙盤盤磨機

3. 多轉盤盤磨機

三、圓錐式鍊漿機

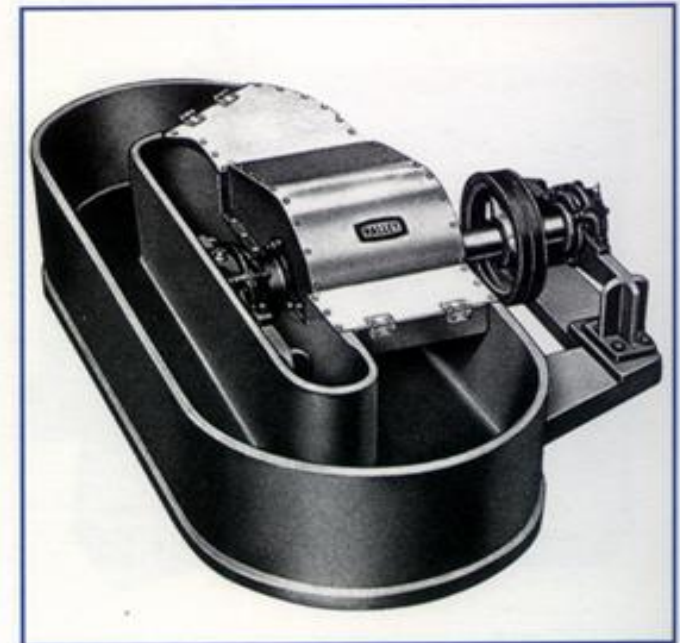
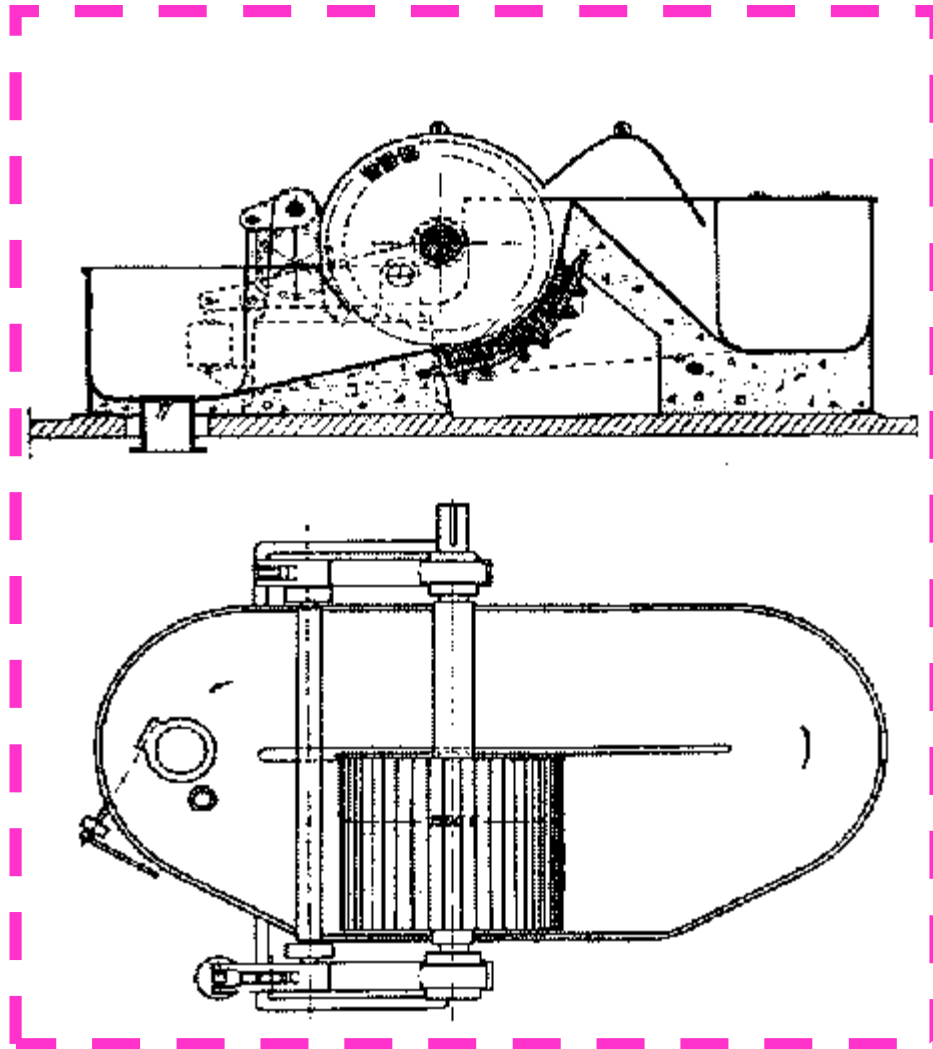


荷蘭式打漿機





荷蘭式打漿機



Pulp Beater



荷蘭式打漿機

- 開放式的長橢圓形容器，中間間隔作為連續式漿料輸送的通道
- 槽體內配置飛刀轆及底刀(1-3組)，飛刀轆可重達2750-7250 kg，刀壓由唧筒控制，可達2.0-10.5 kg/cm²，以帶動漿料的流動及調控鍊漿程度
- 整個鍊漿作業可由鍊漿曲線作程序自動控制
- 處理量小、所占地面大，相同處理量的設備較昂貴，已漸失其重要性
- 只應用在棉麻半料(half-stuff)的碎解及小批量特種高級紙或特殊紙漿料的叩解

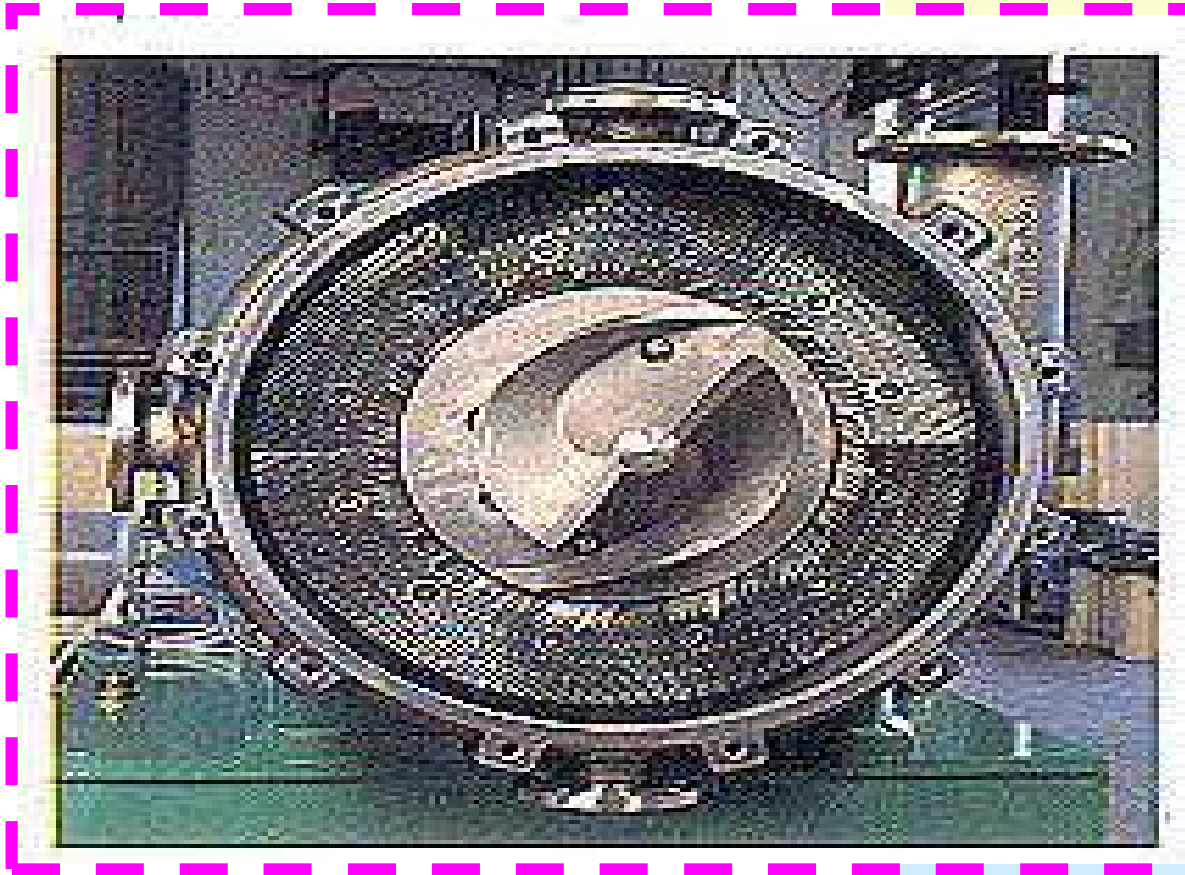


盤式鍊漿機

- 盤式磨漿機故名思義，它的定子和轉子形狀是平面相結合的刀盤
- 盤式磨漿機分成：單盤式、雙盤式、多盤式
- 依漿料濃度分成：高濃度、中濃度、低濃度



盤式鍊漿機-單盤





盤式鍊漿機-單盤



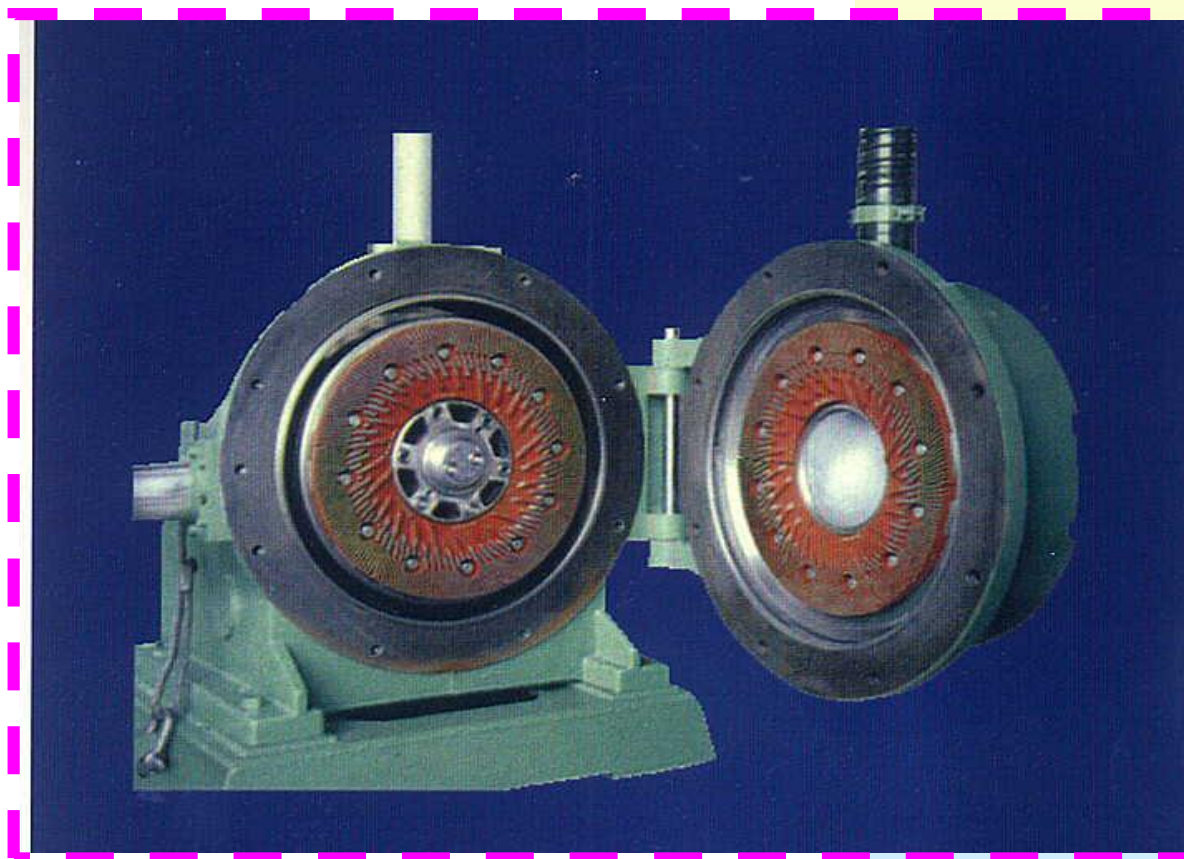


盤式鍊漿機-單盤

- 單盤磨漿機是由一個固定磨盤，和一個旋轉磨盤組成一個磨區的盤磨機
- 空運轉負荷動力很大
- 軸向推力很大，需要重型機構設計
- 小機型的鍊漿機運載效率低
- 壓縮刀盤間隙控制穩定
- 精密及特殊鍊漿刀盤製作容易



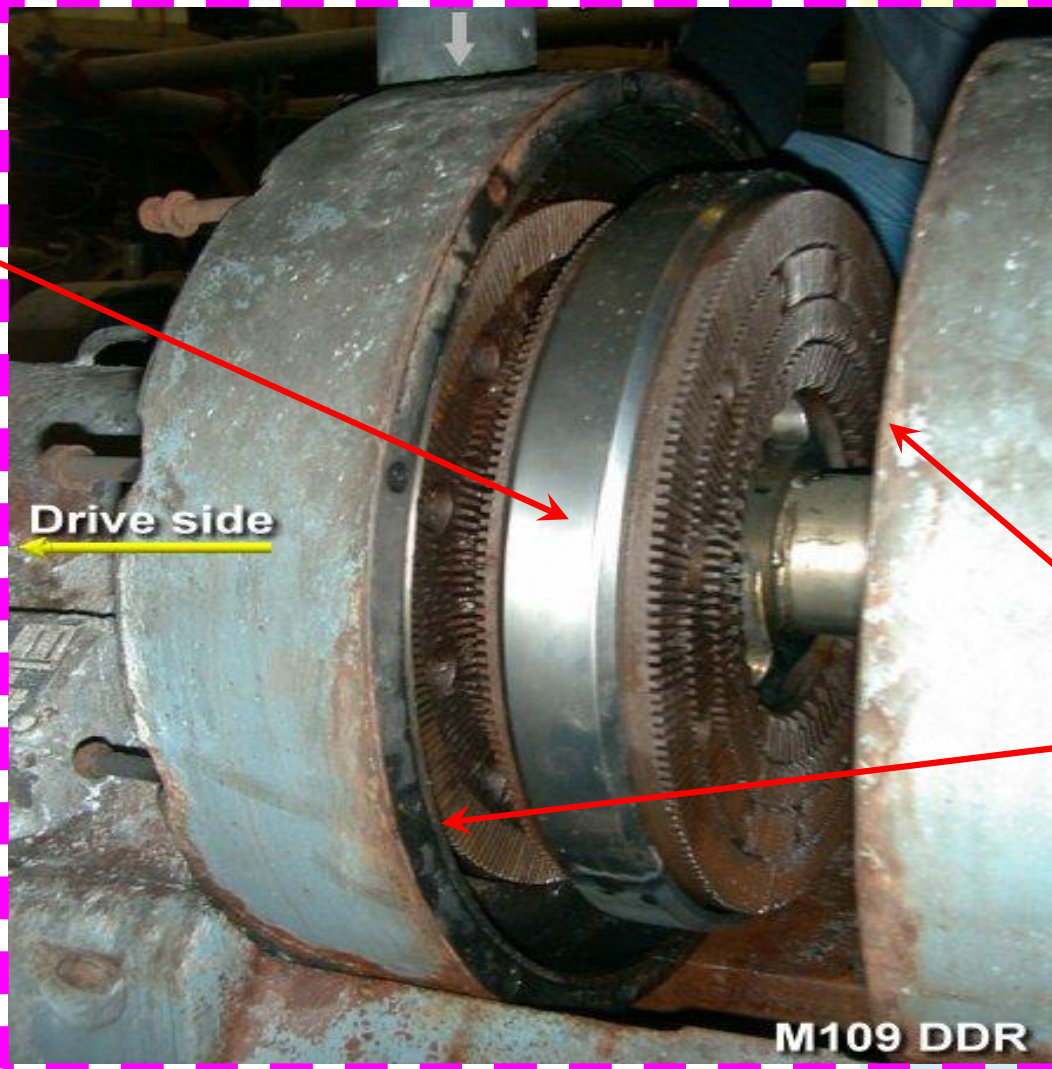
盤式鍊漿機-雙盤





DDR (Refiner in Virgin Pulp Line)

Rotor



Drive side

Stator

M109 DDR



盤式鍊漿機-雙盤

- 雙盤磨漿機是兩側兩個固定磨盤，中間一個回轉磨盤組成兩個磨漿區的盤式磨漿機，這種磨漿機的生產量比單盤來的大
- 鍊漿品質不均勻
- 小型鍊漿機的鍊漿效率低
- 由於浮動鍊漿刀盤設計，刀盤間隙不易控制
- 精密及特殊鍊漿刀盤製作容易
- 無軸向推力，機構設計及製作簡單



盤式鍊漿機-多盤



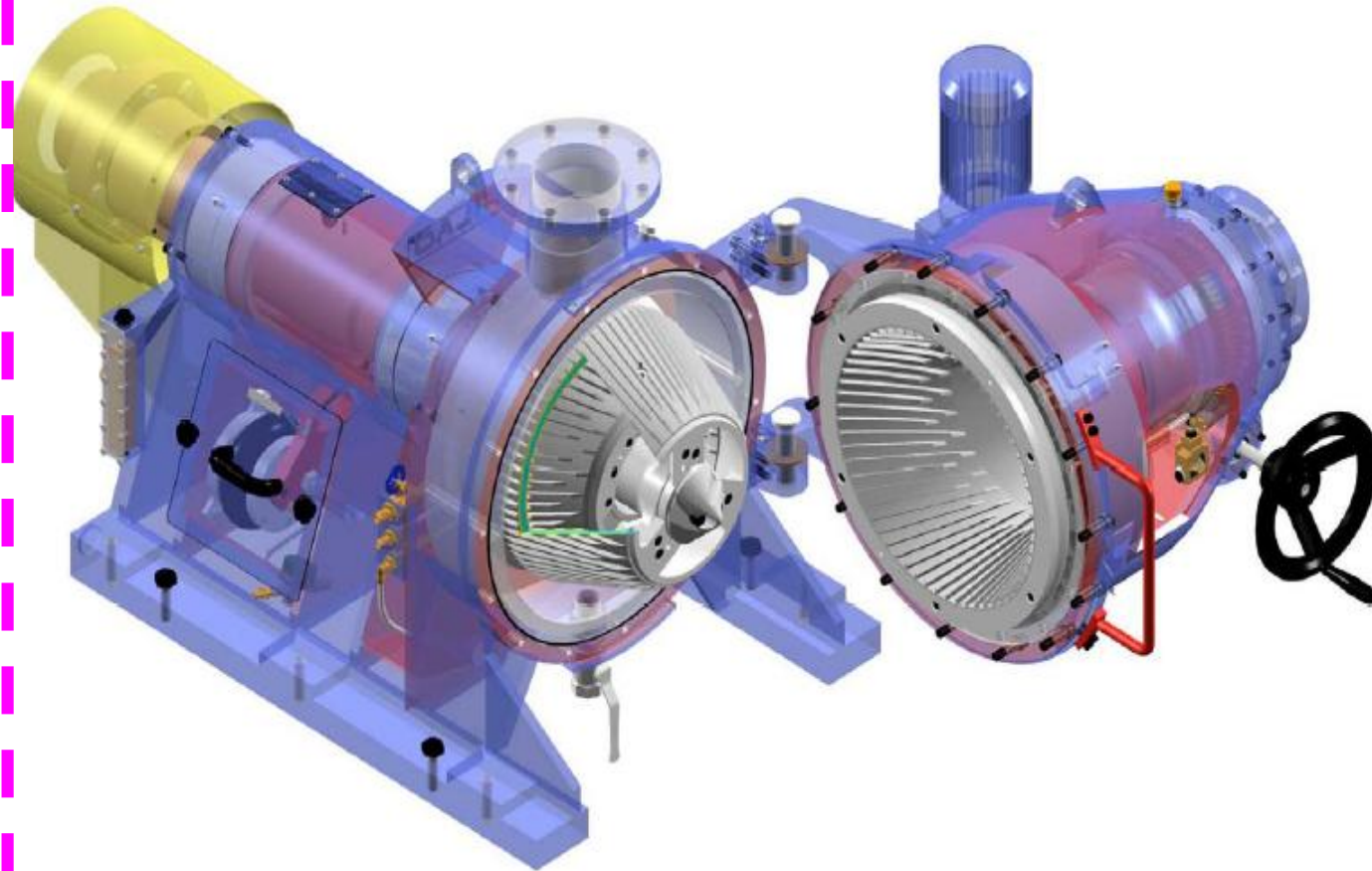


盤式鍊漿機-多盤

- 刀盤間隙非常不穩定
- 可在單台鍊漿機使用較大的鍊漿動力，通過紙漿



圓錐式鍊漿機



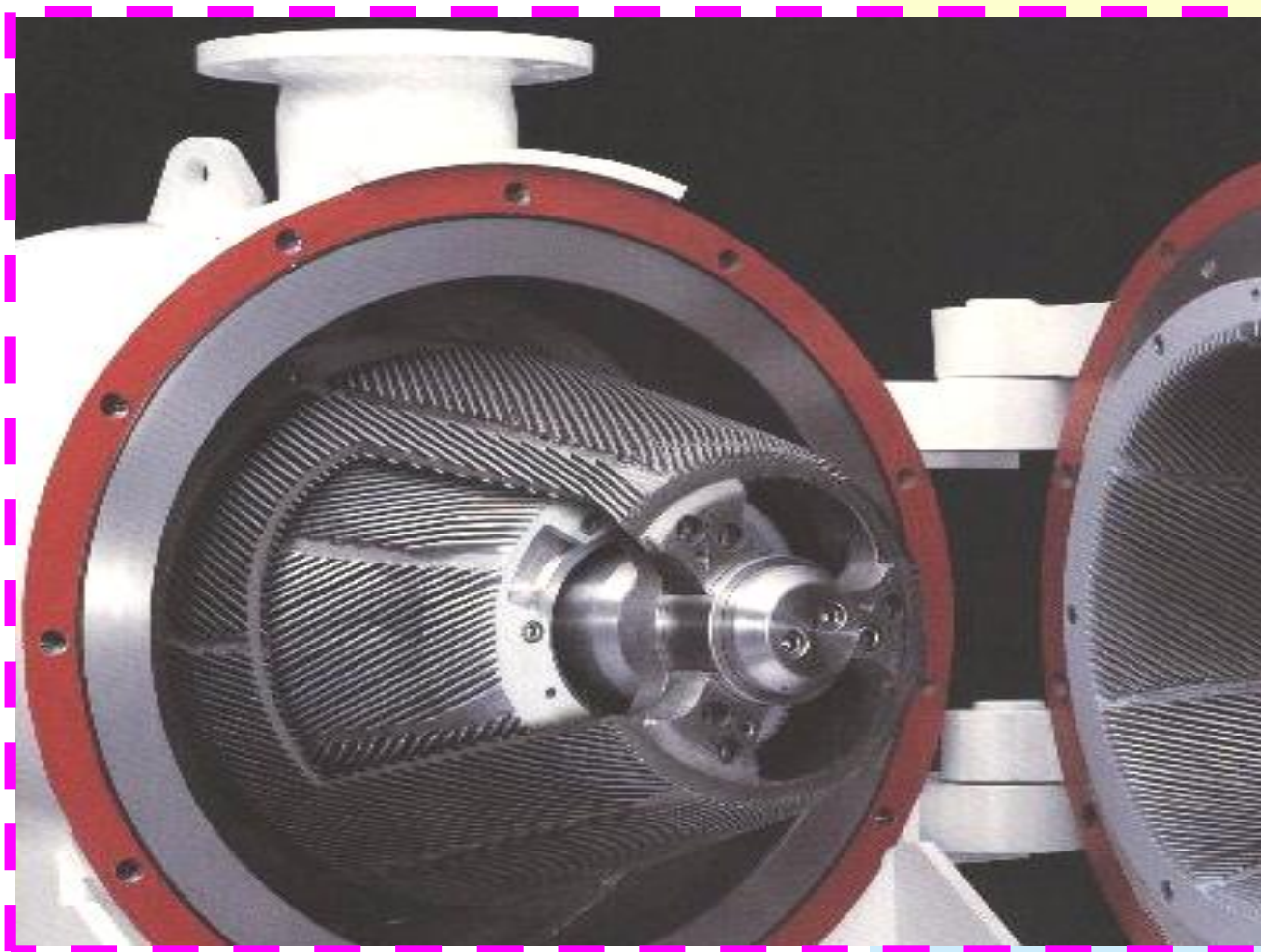


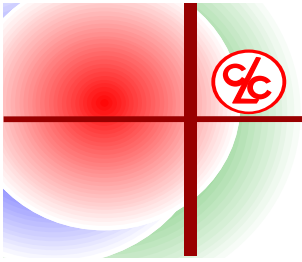
圓錐式鍊漿機





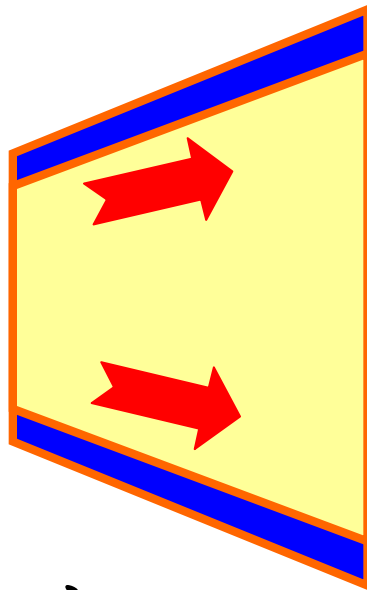
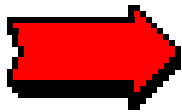
圓錐式鍊漿機





漿料流動方向

漿料入口

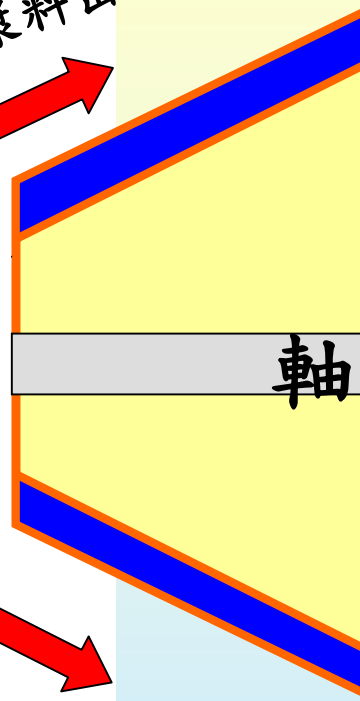


定刀



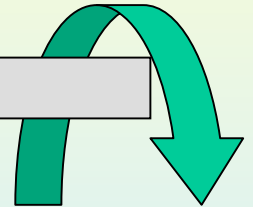
刀棒

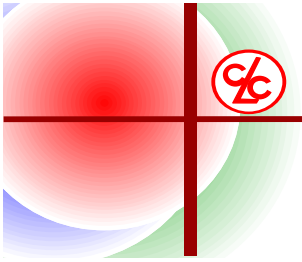
漿料出口



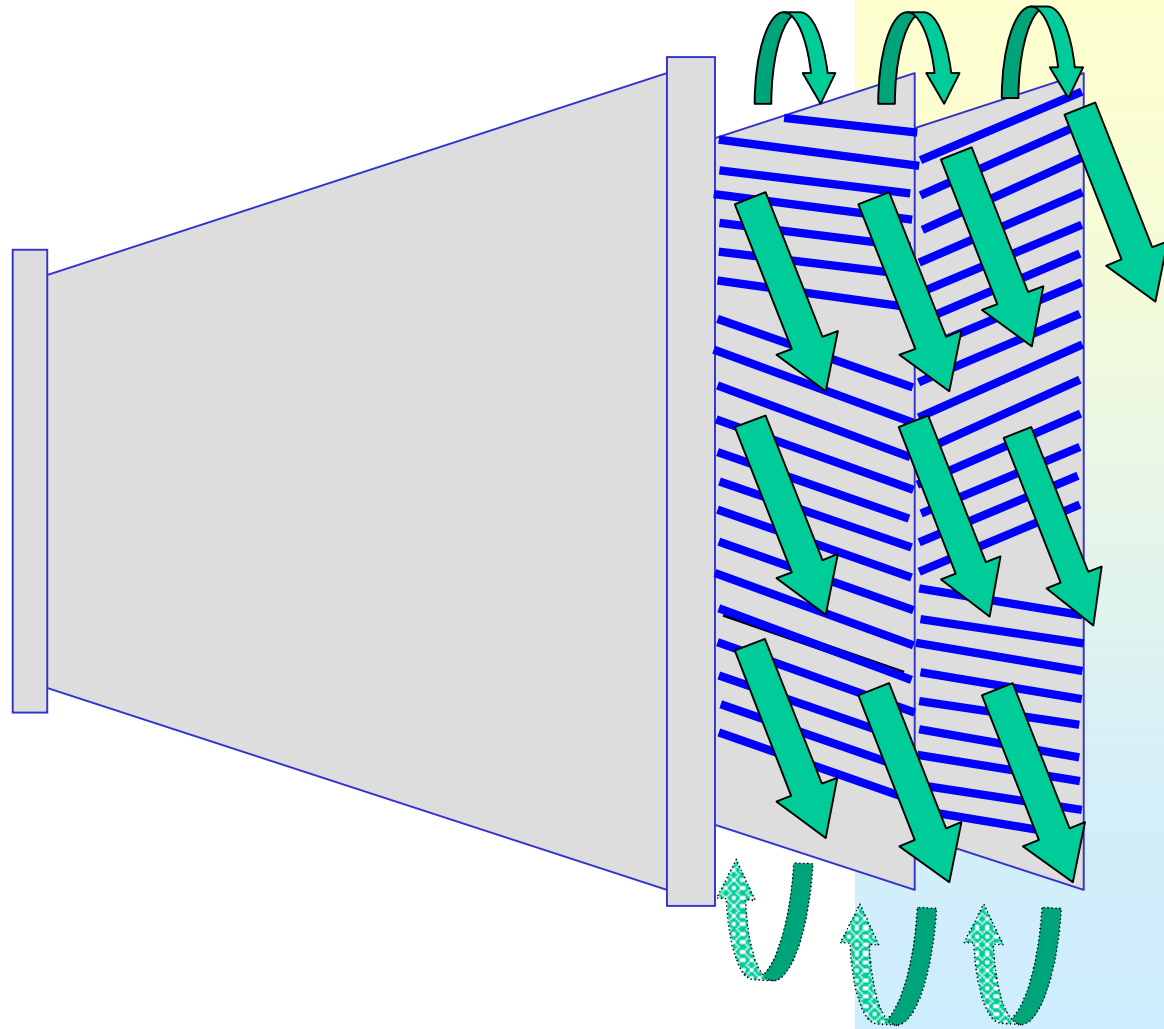
軸心

動刀





三錐刀盤螺旋型漿流



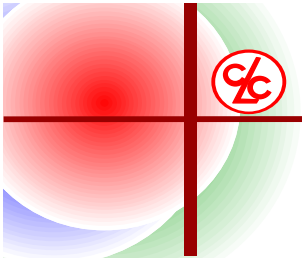


圓錐式鍊漿機

- 刀盤呈圓錐狀，漿料由較小的一端進入，通過固定刀盤和轉動刀盤，達到鍊漿效果，也有設計為三組圓錐形刀盤組合成的形式
- 機組較長，需要特別大的工作場所，以更換鍊漿機刀盤
- 更換鍊漿機刀盤不易
- 較窄刀刃及刀溝不易製作
- 單機所能承受之動力有限
- 鍊漿品質均一
- 刀盤間隙控制準確
- 較低空載負荷運轉動力
- 軸向推力較小

圓錐式鍊漿機與盤式鍊漿機比較

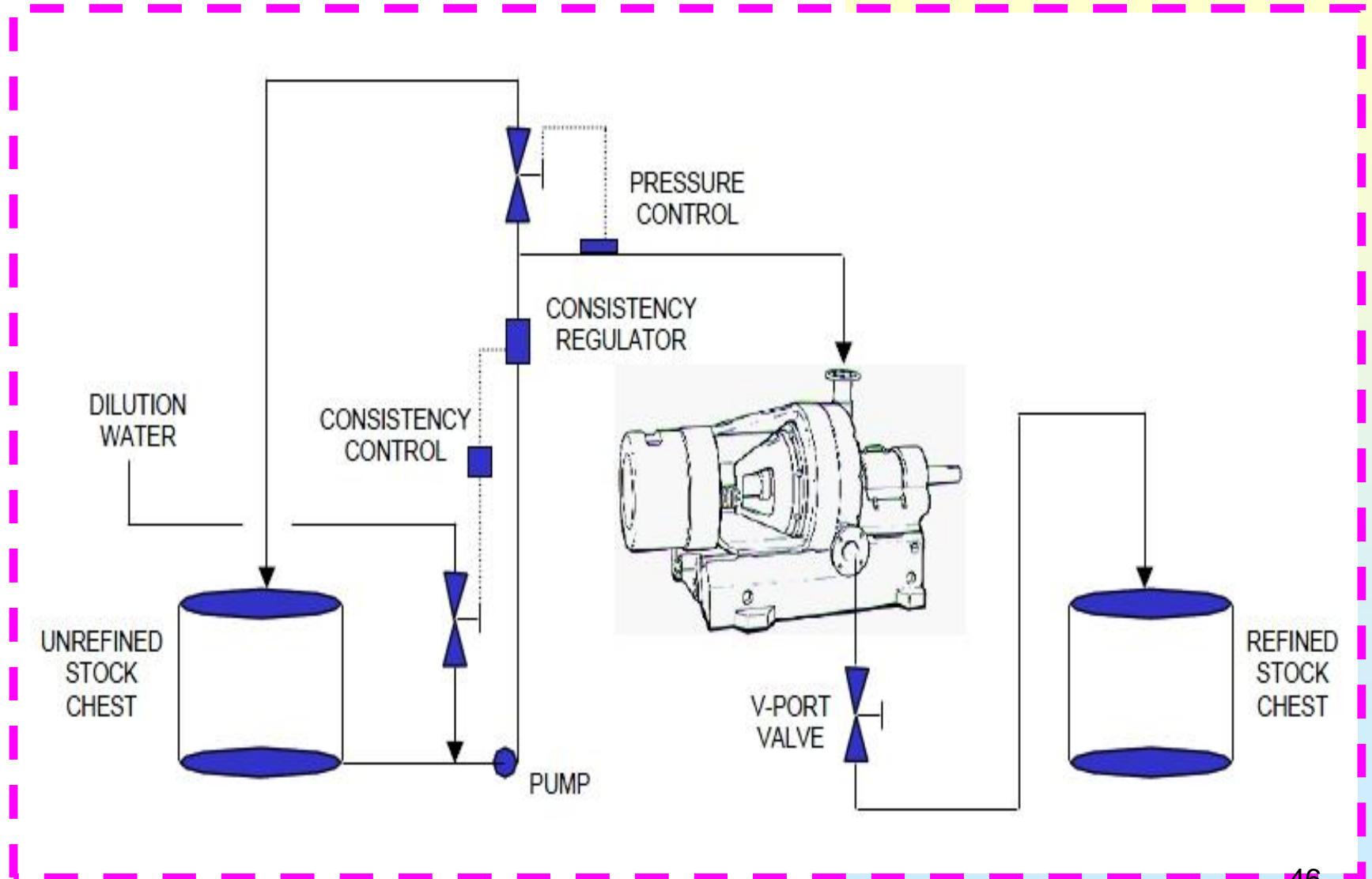
- 圓錐式有較長的鍊漿區域，漿料置留時間較長
- 圓錐式有穩定的鍊漿刀盤間隙調整
- 圓錐式處理的紙漿，同樣的物理性，游離度較高
- 圓錐式處理的紙漿，可得到較好抗張力與耐折力
- 圓錐式處理的紙漿，可得到較好挺度與透氣度
- 同樣的物理性圓錐式，所耗用的總電量較低
- 圓錐式更適用於串聯運轉
- 圓錐式更易於安裝、控制管理和保養
- 同樣的額定鍊漿動力之下，盤式鍊漿機可得到較大的游離度降的功能



磨漿機的配置

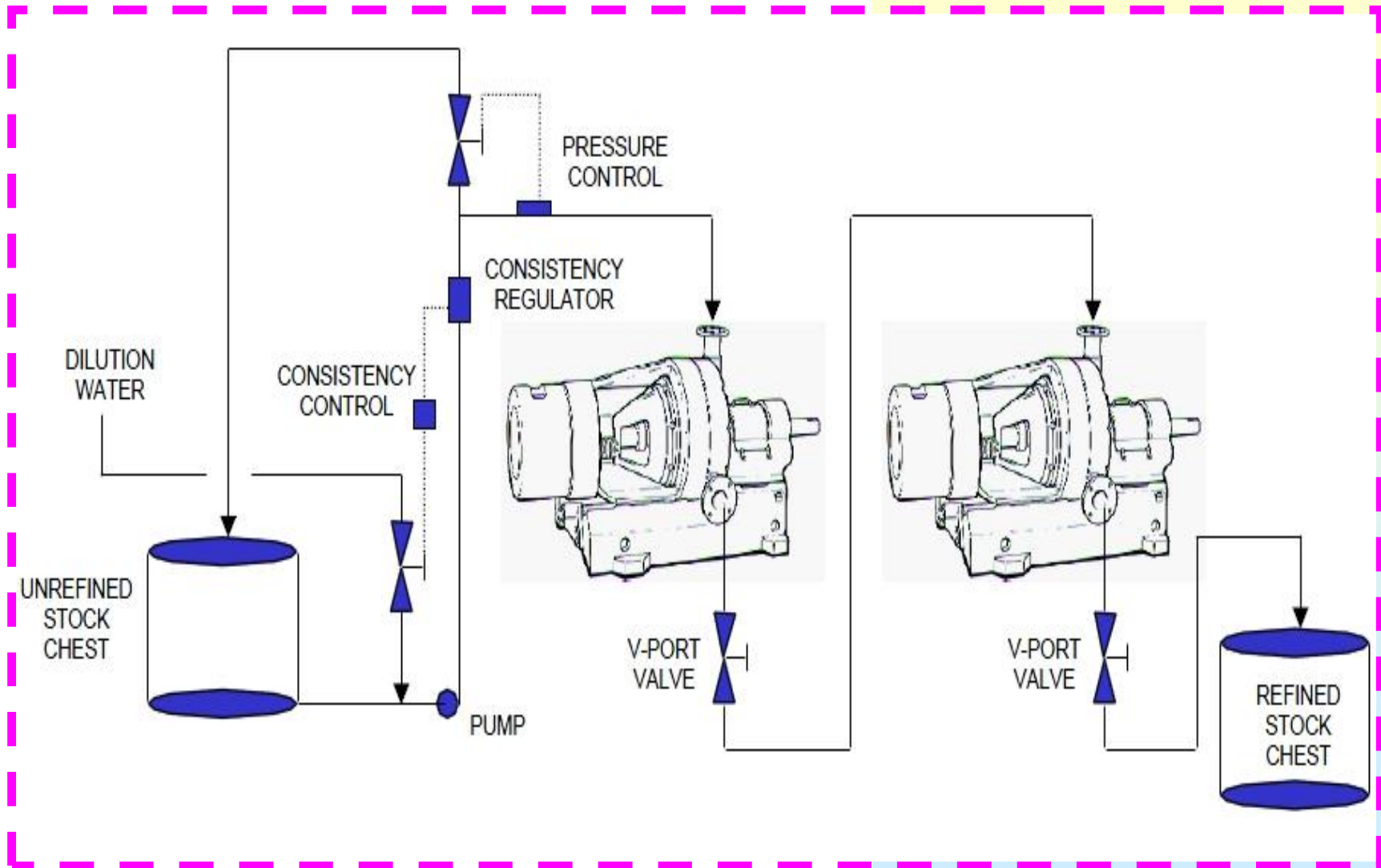


單台磨漿



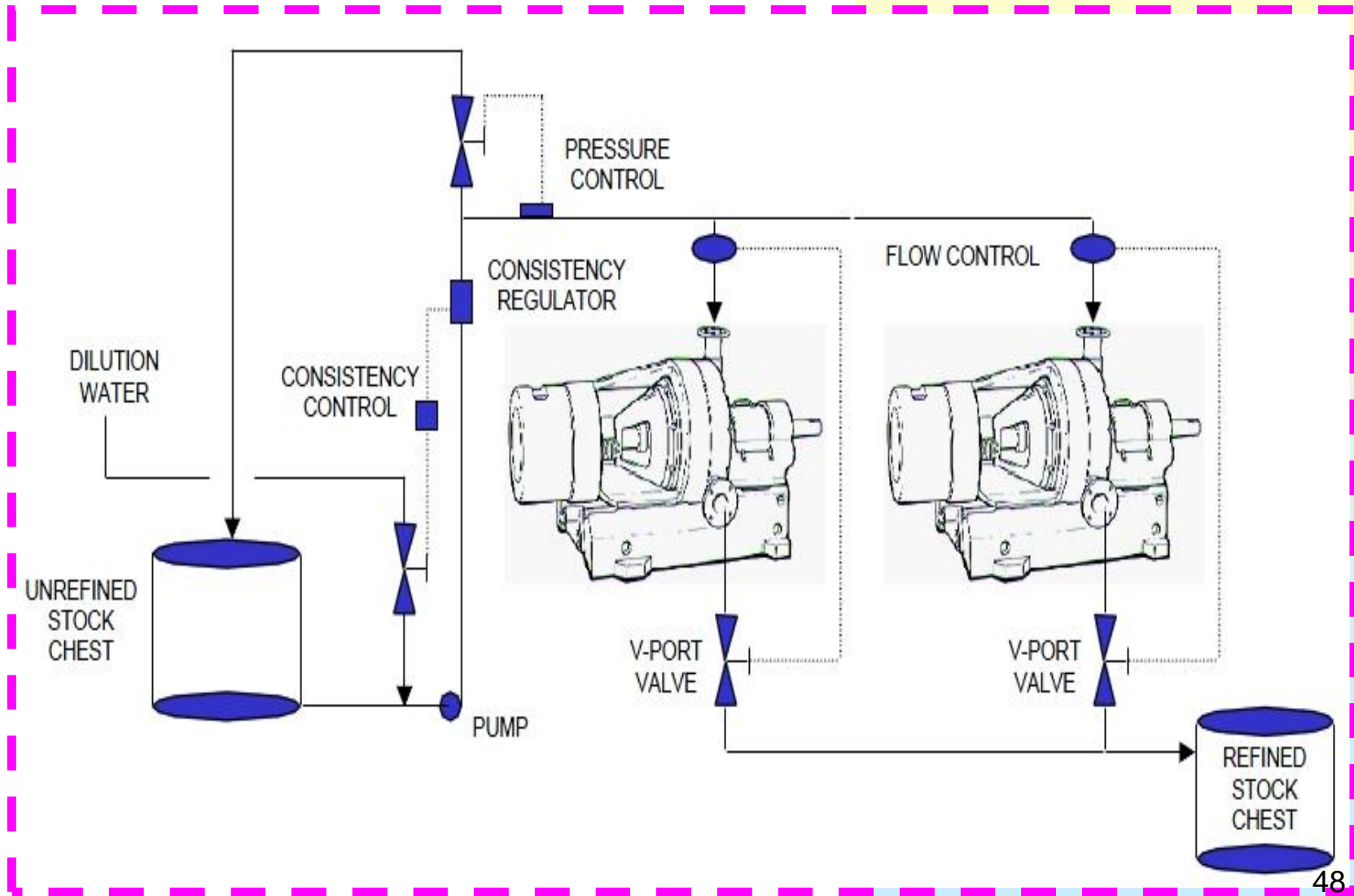


兩台串聯磨漿



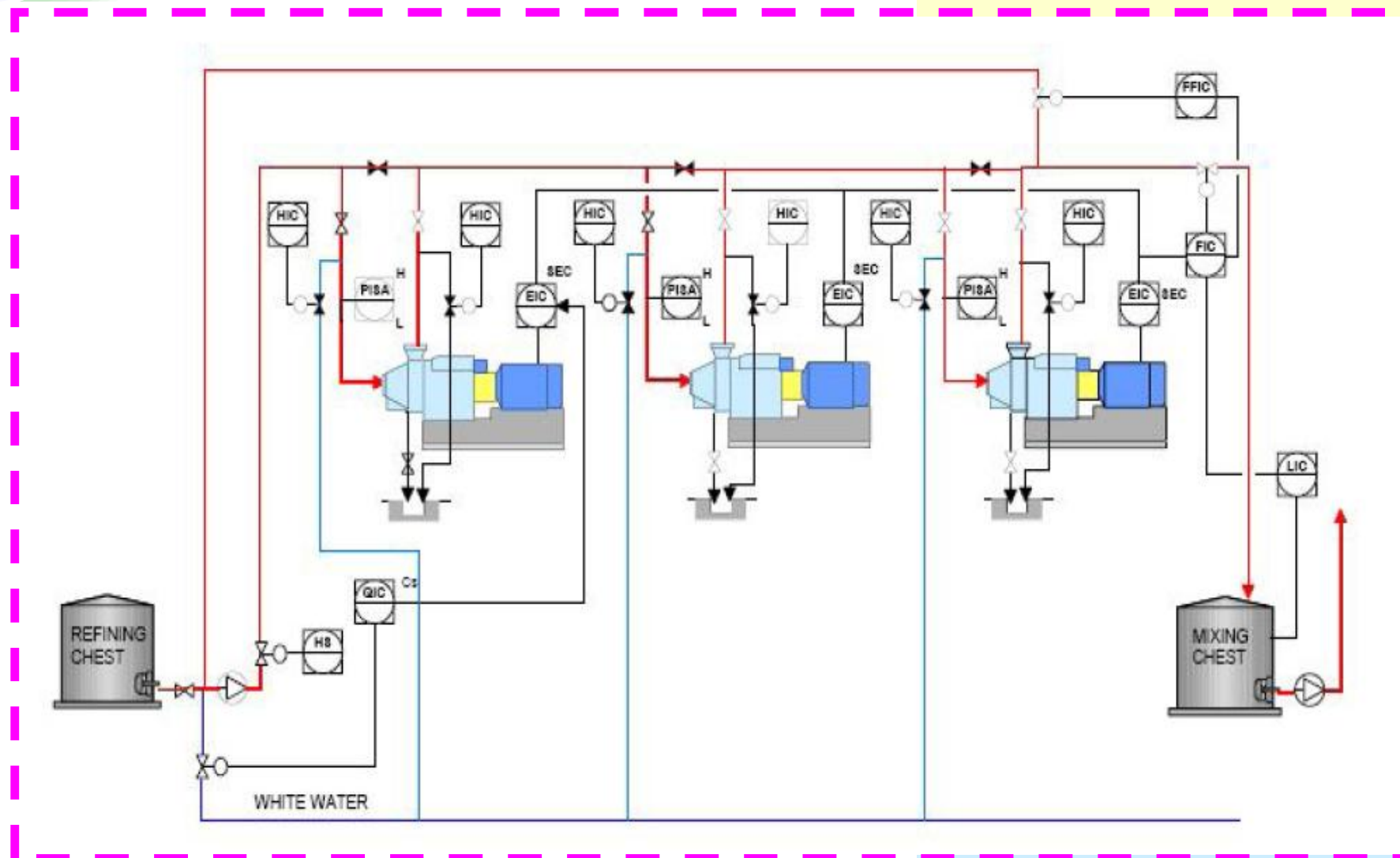


兩台並聯磨漿



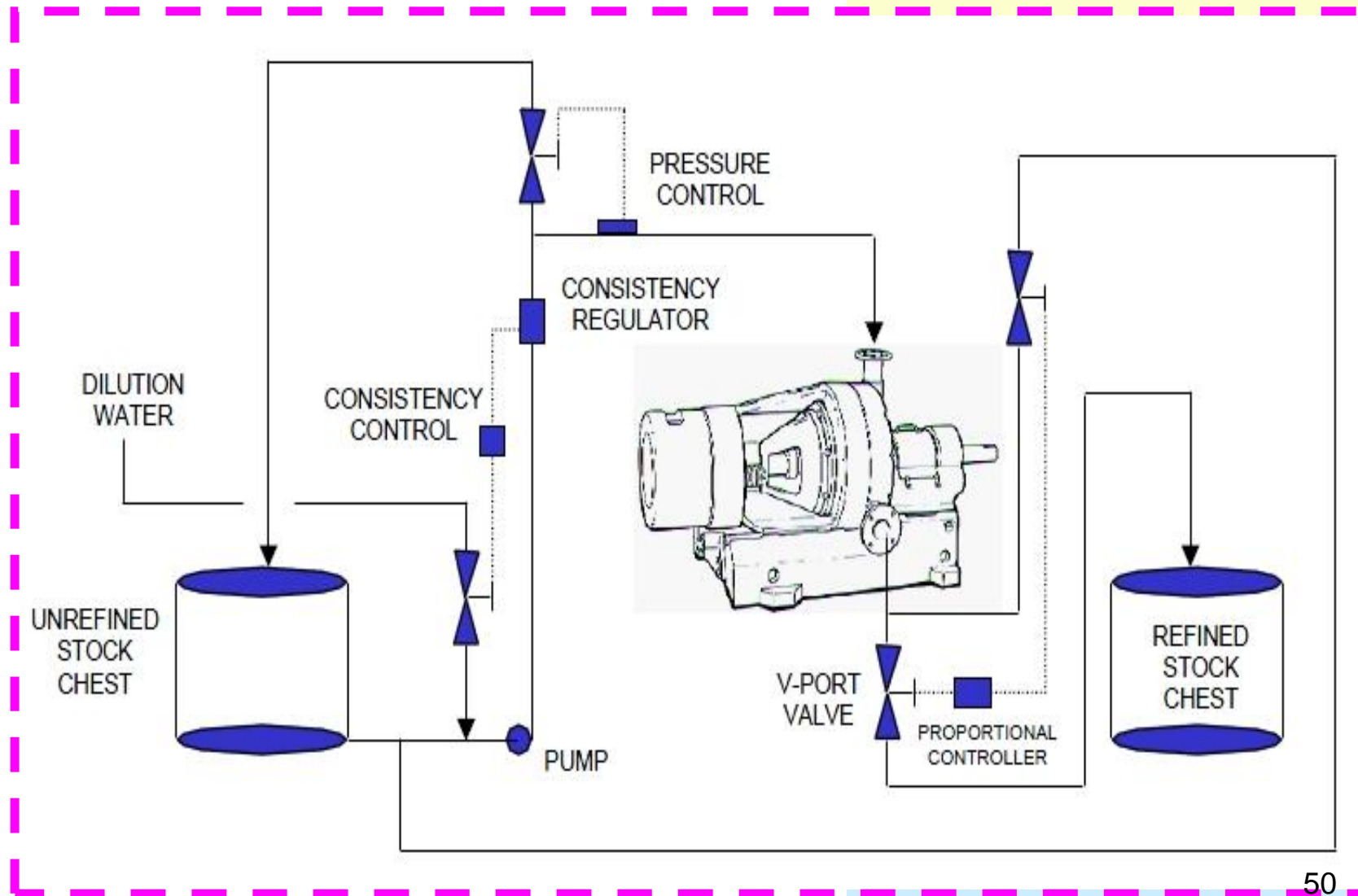


三台串聯磨漿



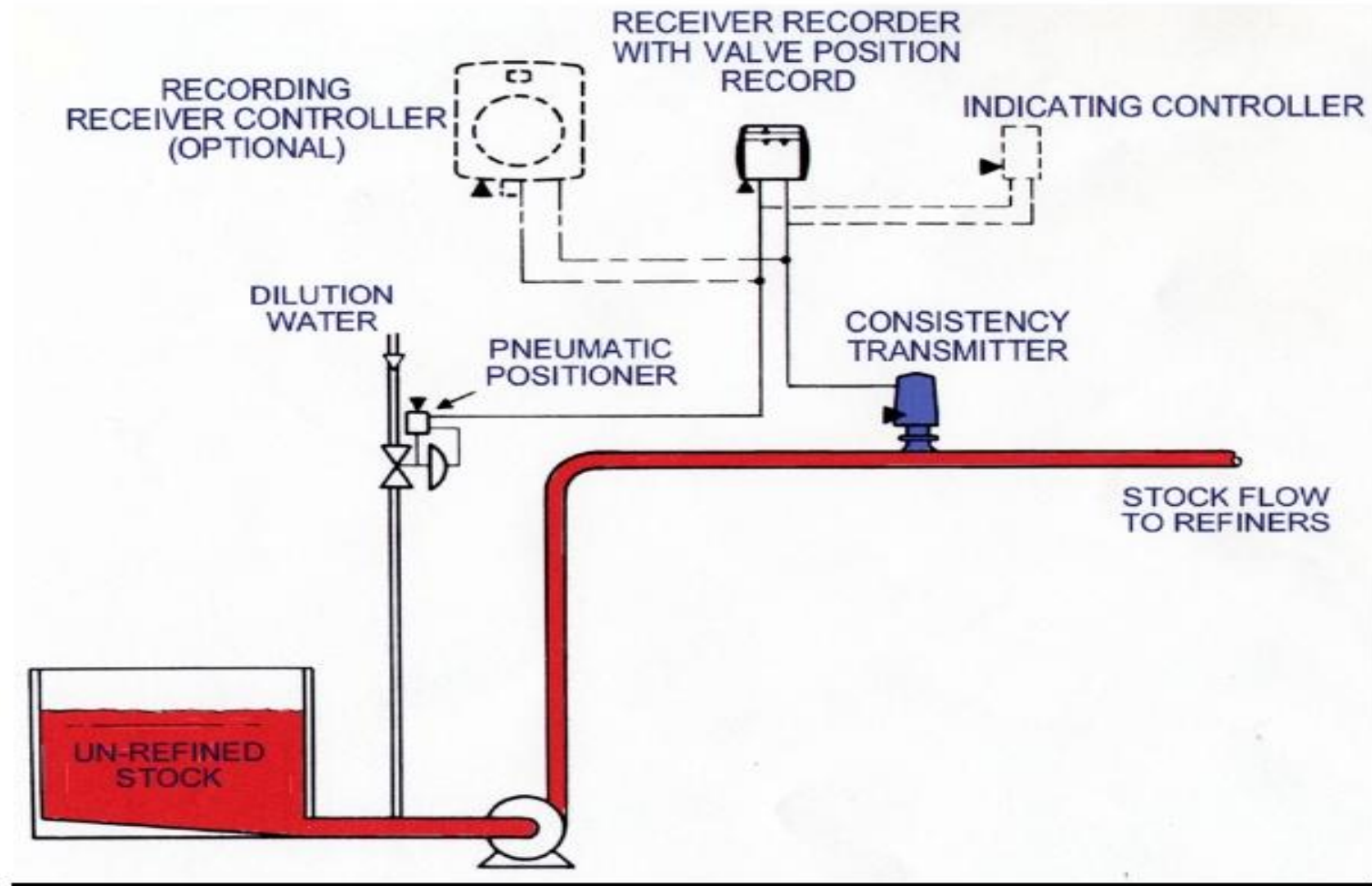


部分回流磨漿



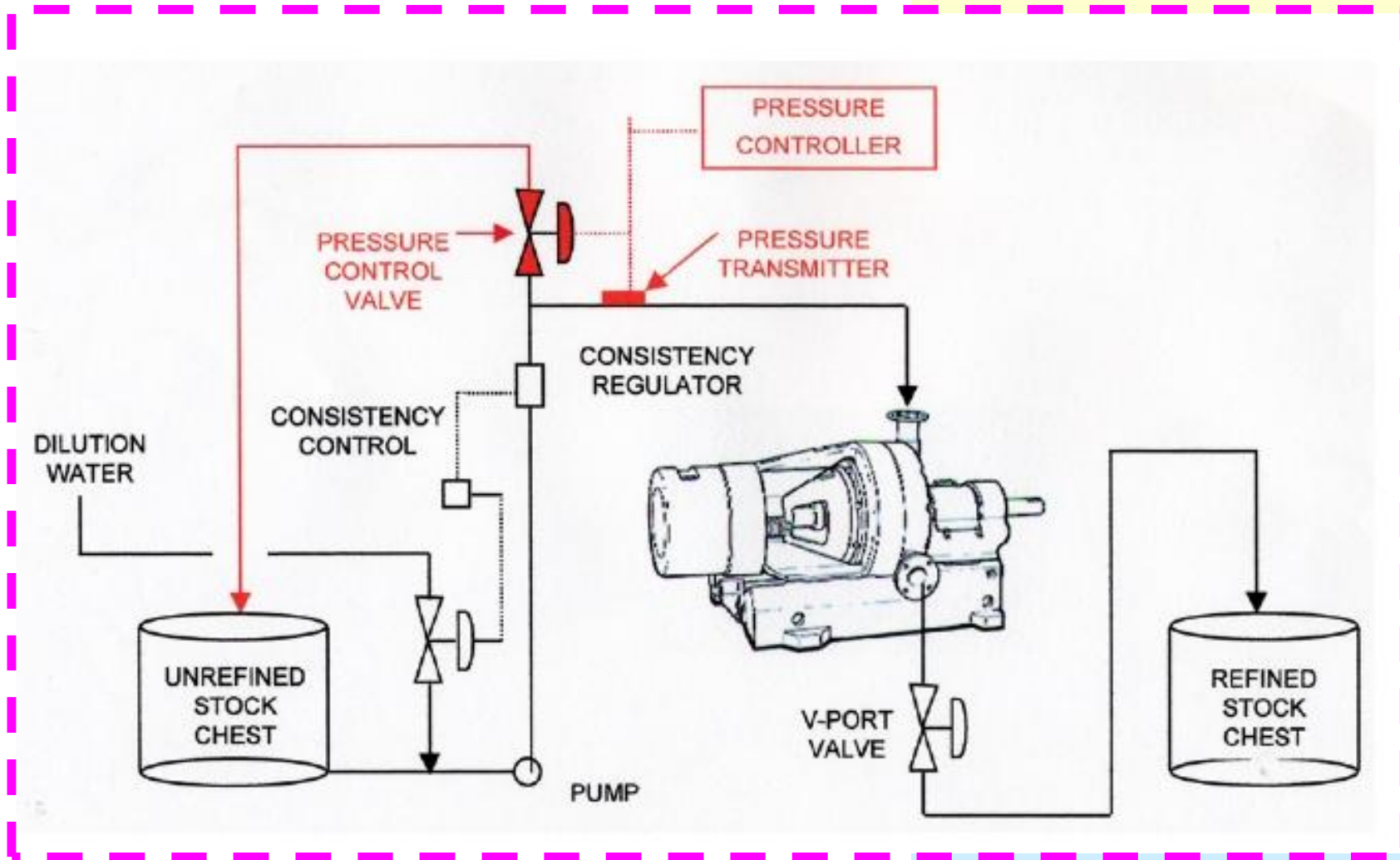


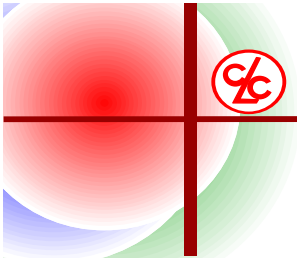
濃度控制 (CIC)





漿壓控制 (PIC)





肆、鍊漿理論

- 鍊漿的功能及目的
- 無負荷動力 (No-load Horsepower)
- 比邊負荷理論
(Specific Edge Load Theory , SEL)
- 比面負荷理論
(Specific Surface Load Theory , SSL)



鍊漿功用

- 使纖維分離，成單獨懸浮狀態，以便於處理
- 控制或減少纖維長度(有些特殊用途例外)
- 減少微細纖維產生，增加比表面積
- 使纖維伸長壓扁，柔軟而具彈性



鍊漿功用

- 使纖維斷裂均一，適合紙張之組成
- 使紙料攪拌均勻，便於紙料之調合
- 使纖維吸水膨潤，膠化而具可塑性
- 使纖維分枝起毛，給予絡合能力



鍊漿目的

- 適當的紙張密度
- 改善撕力強度、抗張力、拉力強度等
- 孔隙度
- 表面性質：平滑度...等
- 印刷適性
- 纖維交織性



鍊漿的作用

- 帚化：使纖維分枝起毛，增加交織能力
- 膠化：使纖維膨潤膠化，增加黏合能力



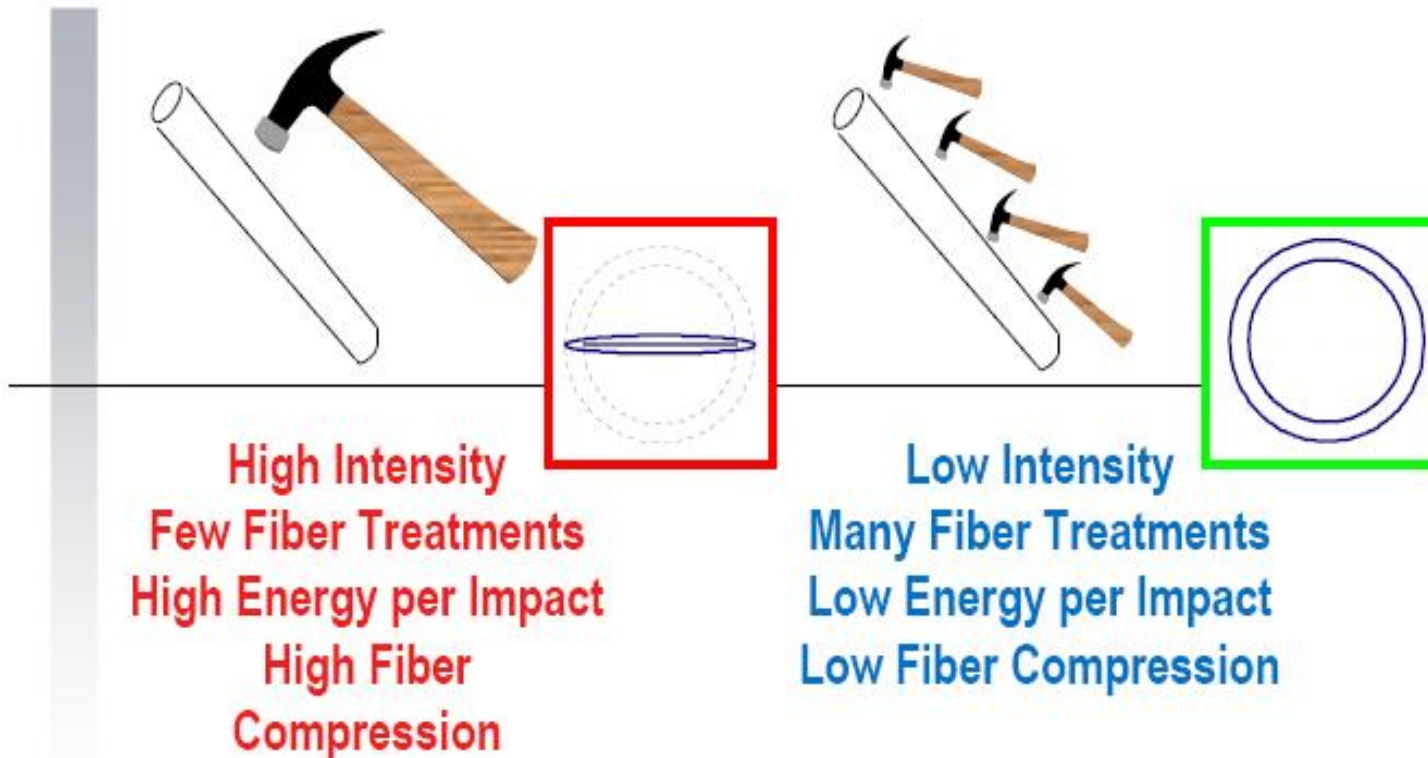
鍊漿機的操作條件

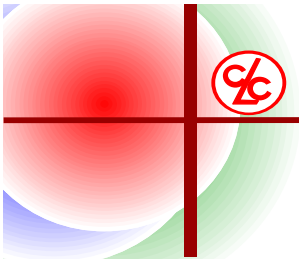
在鍊漿操作時，能夠予以改變的是動刀與定刀的間隙以及處理時間，而影響鍊漿結果的兩個主要變數，一是纖維被打得多重(稱為處理強度)，一個是鍊漿的總數(即有效處理的能量)



磨漿『強度』示意圖

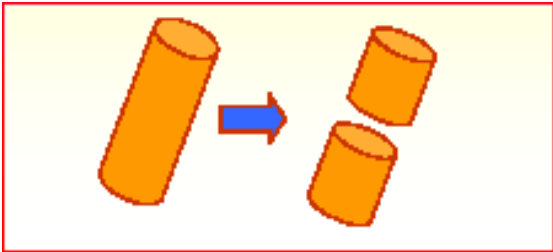
Interpretation of Intensity



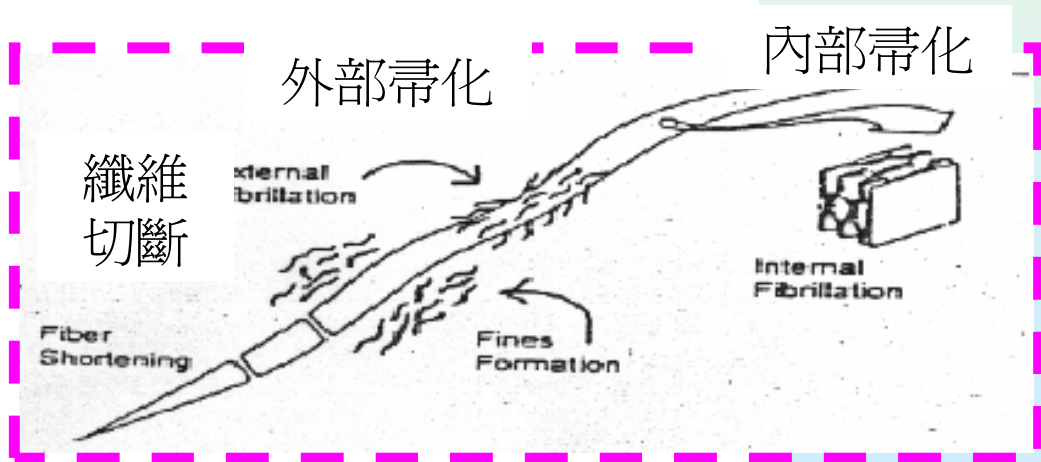
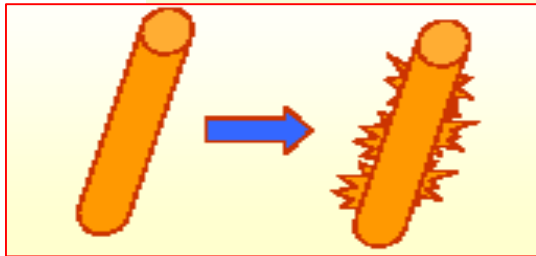


鍊漿作用

高強度磨漿—切斷



低強度磨漿—帚化





鍊漿理論沿革

- 許多鍊漿理論發展來嘗試說明及決定最適的鍊漿系統及控制參數
- 1887年Jagenberg
 - 引進每秒邊長(edge length per second)及鍊漿面積(beat area)的理論，來說明鍊漿系統
- 1920年Hietanen及Ebeling
 - 利用鍊漿膠羽假設(floc refining hypothesis)來說明鍊漿機構不是單根纖維，而是以膠羽態進行



鍊漿理論沿革

- 1958年Wultsch及Flucher
 - 利用鍊漿強度來解釋鍊漿機構，鍊漿強度為有效負荷與每秒邊長的比例關係。
- 1960年Danforth
 - 發展接觸數目 (relative number of impacts) 及接觸強度 (relative severity of impacts)，來說明鍊漿系統。



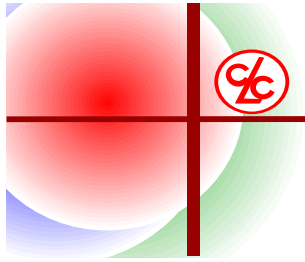
鍊漿理論沿革

- 1966年Brecht及Siewert

- 衍生鍊漿強度成為比邊負荷理論(SEL)，利用兩種獨立的參數：比鍊漿能量及比邊負荷，來說明鍊漿系統
- 目前已廣為業界所引用。

- 1990年Lumiainen

- 為了克服比邊負荷理論的缺點
- 以比邊負荷理論為基礎，提出比面負荷理論(SSL)
- 經十餘年的發展，已被證實SSL比SEL理論更能精確的闡釋鍊漿程度更進一步闡明。



淨動力

- 淨動力 (P_e) 為鍊漿機所施加的總動力扣除無負荷動力

$$\begin{aligned} \text{淨動力 (} P_e, \text{Kw, effective refining power)} \\ = \text{總動力 (} P_t, \text{kW)} - \text{無負荷動力 (} P_n, \text{kW)} \end{aligned}$$

典型化學漿每段鍊漿淨動力

木漿種類	淨動力/段 (kwh/t)
針葉樹 牛皮漿	60-200
針葉樹 亞硫酸鹽漿	40-60
闊葉樹 牛皮漿	40-80
闊葉樹 亞硫酸鹽漿	25-40



無負荷動力

- 鍊漿機的刀盤儘量接近時(兩刀盤不會相互接觸)，水通過時所量測的馬力數。

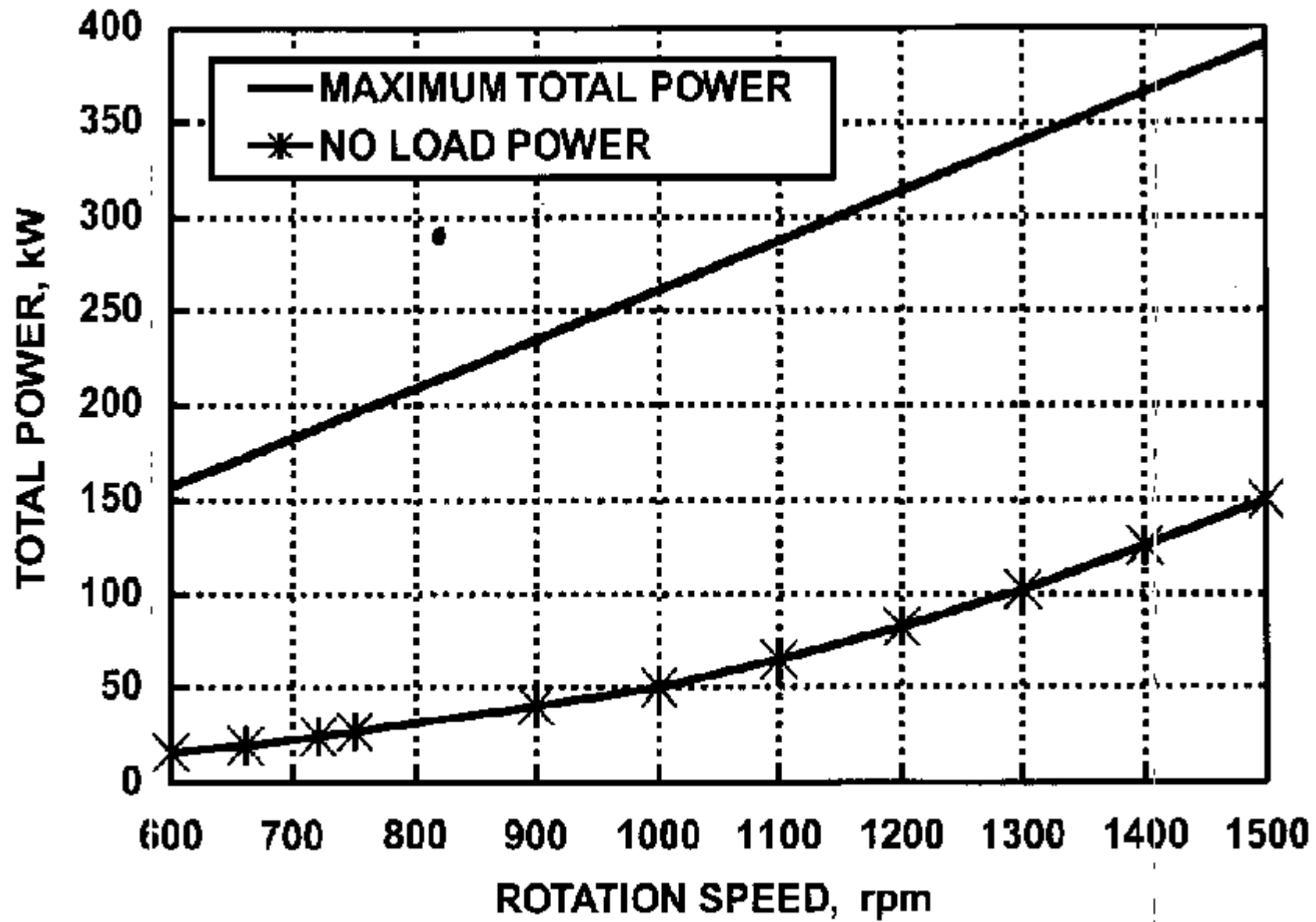
- 無負荷動力只跟轉速及圓盤尺寸有關

$$\text{N.L. hp} = k N^{2.8} D^{4.2}$$

其中 $k =$ 常數

$N =$ 鍊漿機轉速(refiner speed) (rpm)

$D =$ 圓盤直徑(refiner plate diameter) (in)



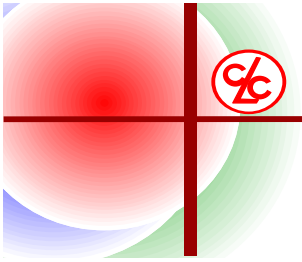


盤磨機無負荷動力比較表

盤磨機 (吋)	處理量 (t/d)	rpm	Max hp	N.L. hp
12	10-50	1800	175	65
20	20-100	900	300	75
26	40-200	720	500	130
34	75-450	600	1000	210
42	150-1000	514	2200	300
52	375-1500	450	3500	500

盤磨機及錐形鍊漿機無負荷動力比較表

轉速 (rpm)	DD20'' (kW)	JC-01 (kW)	轉速 (rpm)	DD42'' (kW)	JC-04 (kW)
1500	-	150	750	-	610
1200	130	82	720	-	550
1000	73	50	600	390	340
900	50	40	514	250	220
750	35	27	500	220	200
720	32	24	400	115	115



比邊負荷理論 (Specific Edge Load Theory)



比邊負荷理論

(Specific Edge Load Theory)

- 首先由Wulsch及Flucher在1958年提出
- 再被Brecht及Siewert等人進一步闡釋，於1966年定義鍊漿強度來說明比邊負荷
- 目前已廣為被造紙業界所接受及應用。



比邊負荷理論

- 鍊漿機對紙漿鍊漿的程度
 - 比鍊漿動力
(SRE , specific refining energy , kWh/t)
 - 比邊負荷
(SEL , specific edge load , J/m or Ws/m)



比邊負荷理論

- 比鍊漿動力 (SRE, kWh/t) = P_e / M
- 比邊負荷 (SEL, J/m or Ws/m) = P_e / L_s

其中 淨動力 (P_e , kW, effective refining power)
= 總動力 (P_t , kW) - 無負荷動力 (P_n , kW)

切斷速度 (L_s , km/s, cutting speed of bars)

$$= Z_r \times Z_{st} \times I \times N = CEL \times N$$

處理量 (M , kg/s, fiber mass flow)

$$= \text{流量} (F, \text{L/min}) \times \text{濃度} (C, \%)$$



切斷速度(Ls , km/s)

- 切斷速度(km/s)定義為鍊漿機刀盤的切斷長度(cutting edge length,CEL, km/rev)乘以刀盤的轉速(N,rev/s)

切斷速度(Ls,km/s)

= 切斷長度(CEL,km/rev) × 刀盤轉速(N,rev/s)



切斷長度(CEL, km/rev)

- 切斷長度(CEL, cutting edge length, km/rev)跟刀盤的型式有關
 - 刀盤每轉一圈時，轉盤及固定盤刀棒的數目與刀棒的長度(common contact length of opposite bars)

$$\text{切斷長度(CEL, km/rev)} = Z_r \times Z_{st} \times l$$

其中 Z_r = 轉盤轉一圈的刀棒數目(1/rev)

Z_{st} = 固定盤轉一圈的刀棒數目(1/rev)

l = 刀棒有效長度(km)

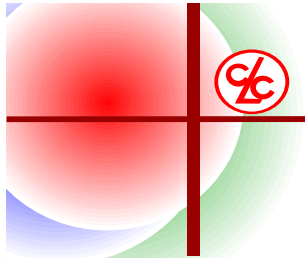


比邊負荷(SEL)

- 比邊負荷(SEL)的物理意義
 - 為刀棒每米長度交錯時，所承受的鍊漿能量
 - 亦可視為鍊漿衝擊的強度(intensity of the refining impacts)
 - 已被證明可有效的評估不同型式精鍊機的鍊漿程度
 - 在相同馬力輸入下，SEL增加表示切斷長度減少，切斷作用將會增強；反之，SEL減少表示切斷長度增加，帶化作用將會增強。

常用紙漿典型比邊負荷(SEL)值

鍊漿應用	比邊負荷 (Ws/m)
基本鍊漿 針葉牛皮漿 闊葉牛皮漿 亞硫酸鹽漿 尤加利漿	5.0-9.0 2.5-4.5 2.5-4.5 0.5-1.7
輕度鍊漿(調整用) 文化用紙 紙板	9.0-10.0 9.0-12.0
磨木漿 後精鍊	0.5-1.7



比面負荷理論 (Specific Surface Load Theory)

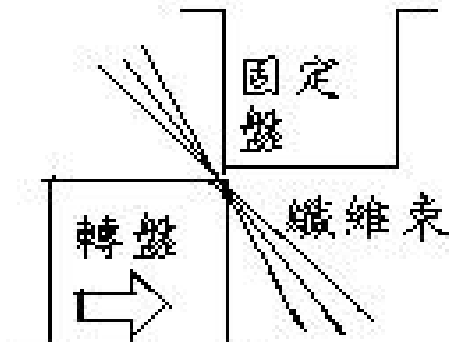


比面負荷理論

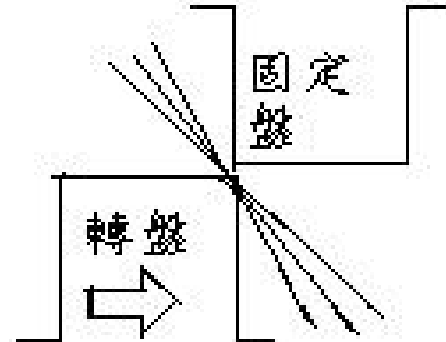
- 比邊負荷理論為假設當纖維束或纖維絮凝物在刀棒前緣間(即刀棒角-刀棒角狀態)開始擠壓，有效的鍊漿動作開始，接著是刀棒角-刀棒面，一直到刀棒前緣至相對的刀棒尾端為止
- 比邊負荷理論並沒有可考慮刀棒寬度的影響，僅說明在鍊漿衝擊期間有多少的淨鍊漿動力傳送到纖維上



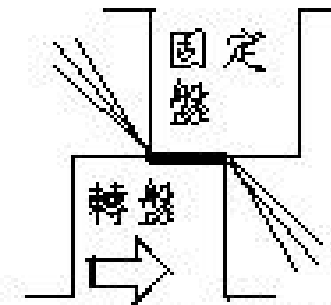
鍊漿機構示意圖



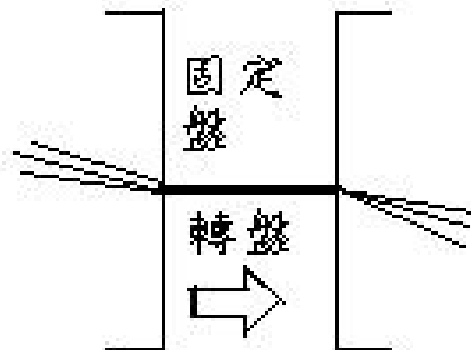
纖維擷取



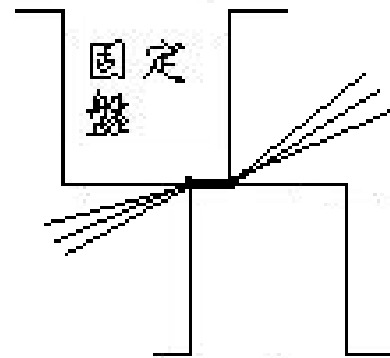
刀角對刀角



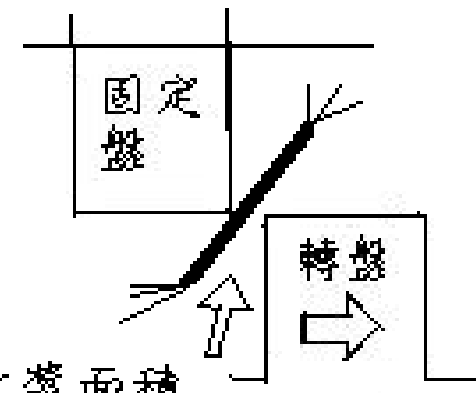
刀角對刀棒面



刀棒面對刀棒面

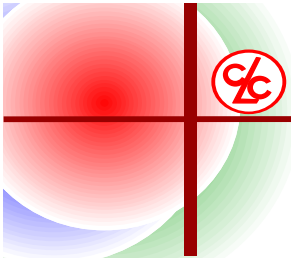


刀棒面對刀棒面

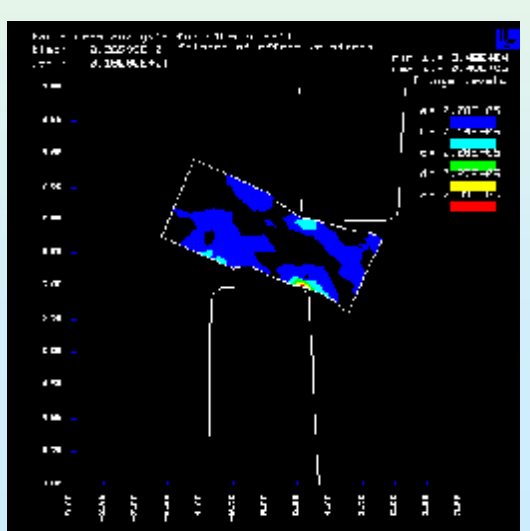
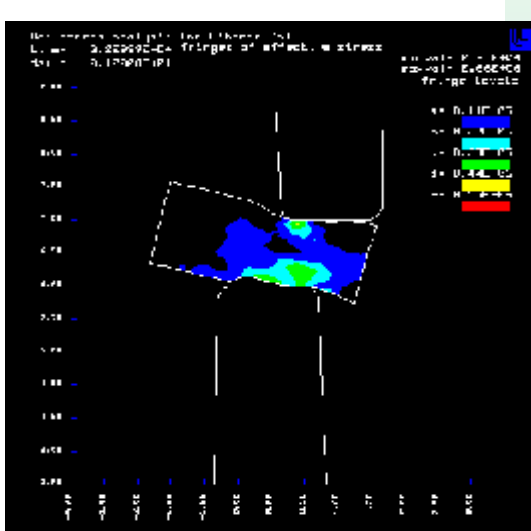
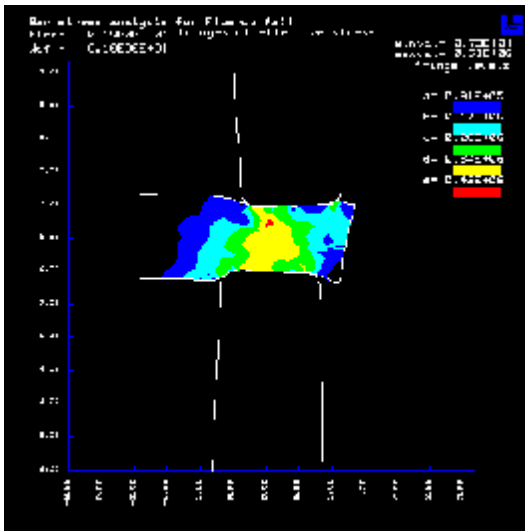
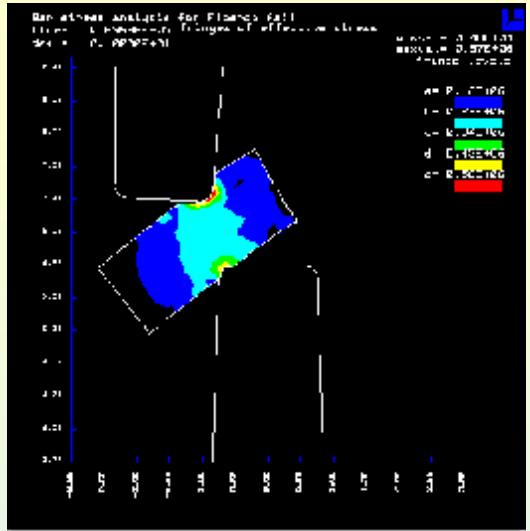
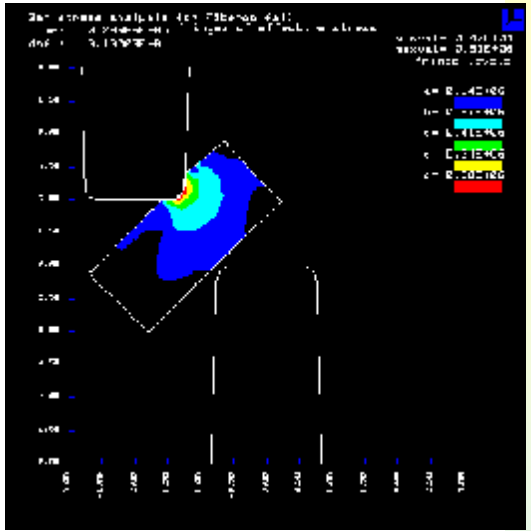
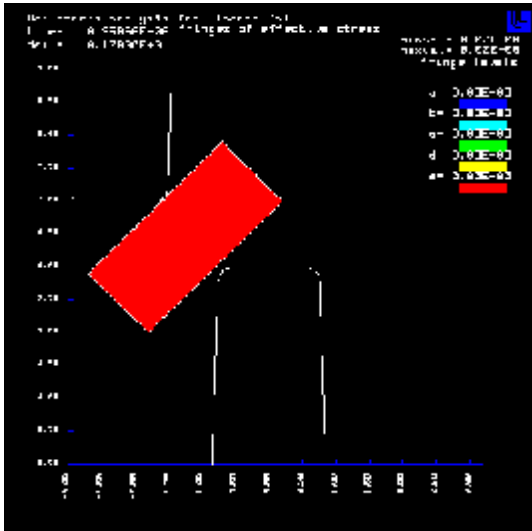


打漿面積

打漿完成



各部分受力示意图





比面負荷理論

- 為了克服比邊負荷理論的缺點，Jorma Lumiainen在1990年，提出比面負荷理論(specific surface load theory, SSL)
- 經十餘年的發展，已被證實比SEL理論更能精確的闡釋鍊漿程度



比面負荷理論

- 鍊漿程度以比鍊漿能量(specific refining energy, SRE)來說明
 - 鍊漿數量(amount of the refining)(亦即淨能量)
 - 鍊漿的衝擊數目(number of refining impact, IN, km/kg)
 - 比邊負荷(SEL, J/m or Ws/m)
 - 鍊漿性質(nature of the refining)
 - 比面負荷(specific surface load, SSL, J/m² or Ws/m²)
 - 衝擊長度(length of refining impact, IL, m)



比鍊漿能量(SRE)

- 比鍊漿能量(SRE,kJ/kg)
= 衝擊數目(IN,km/kg) × 比面負荷
(SSL,J/m²) × 衝擊長度(IL,m)

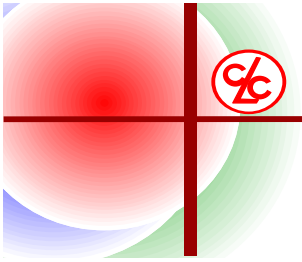


衝擊數目 (IN , km/kg)

- 衝擊數目 (IN)
 - 切斷速度(Ls)除以處理量(M)求得
 - 當固定處理量通過鍊漿系統時，所產生的衝擊數量。

衝擊數目 (IN,km/kg)

= 切斷速度(Ls,km/s) / 處理量(M,kg/s)



比面負荷(SSL)

- 比面負荷(SSL, J/m²)
= 比邊負荷(SEL, J/m) / 衝擊長度(IL, m)



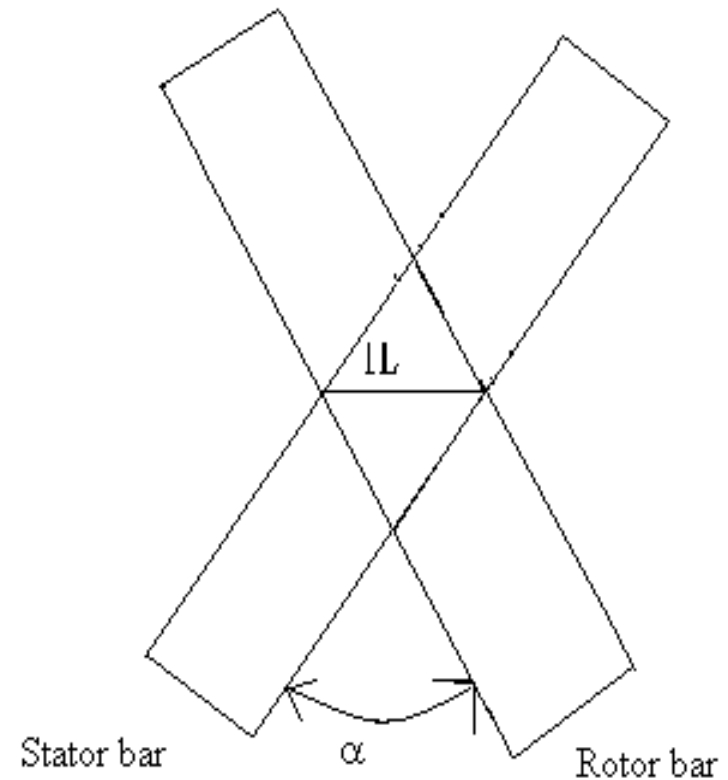
衝擊長度(IL)

衝擊長度(IL)

— 刀棒的寬及角度排列
有關

衝擊長度(IL,m)

$$= [轉盤刀棒寬(Wr,m) \times \\ 定盤刀棒寬(Wst,m)] / \\ 2 \times 1/\cos(\alpha/2)$$





比面負荷理論

- 比面負荷理論已部份取代比邊負荷理論
 - 比面負荷理論應用在較窄刀棒的鍊漿系統
 - 當纖維膠羽大於刀溝寬時，膠羽會覆蓋在整個刀棒上，而整體受到鍊漿衝擊。
 - 但是我們必須記住鍊漿性質同時跟比面負荷及刀棒寬有關
 - 所以當刀溝寬遠小於纖維膠羽時，會嚴重切斷纖維。
 - 比面負荷理論應用在較寬刀棒的鍊漿系統
即當刀溝寬大於纖維膠羽時，帶化情形會較顯著



比面負荷理論與比邊負荷理論

- 雖然比面負荷理論與比邊負荷理論有其應用上的弱點
- 提供相當有用的工具來篩選刀盤、調整鍊漿系統參數等應用

Voith Sulzer DDR 典型 比邊負荷(SEL)值及比面負荷(SSL)值

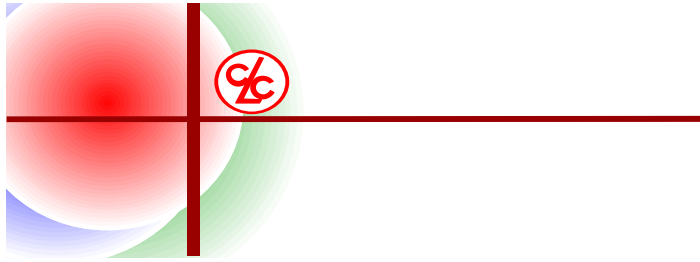
項目	針葉樹漿	闊葉樹漿
刀棒寬 (mm)	3.0	2.0
比邊負荷(SEL, J/m)	1.5-4.0	< 1.0
比面負荷(SSL, J/m ²)	500	< 500
鍊漿濃度 (%)	3.5-4.5	4.0-6.0

Beloit DDR 典型 比邊負荷(SEL)值及比面負荷(SSL)值

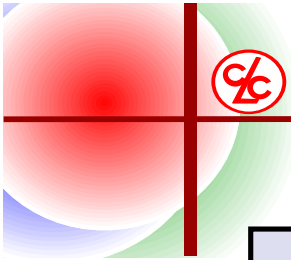
項目	針葉樹漿	闊葉樹漿
刀棒寬 (mm)	3.5-4.8	2.4-3.5
比邊負荷(SEL, J/m)	1.7-4.5	0.5-1.5
比面負荷(SSL, J/m ²)	370-720	180-360
鍊漿濃度 (%)	3.5-4.5	4.0-5.5

Valmet Conflo 典型 比邊負荷(SEL)值及比面負荷(SSL)值

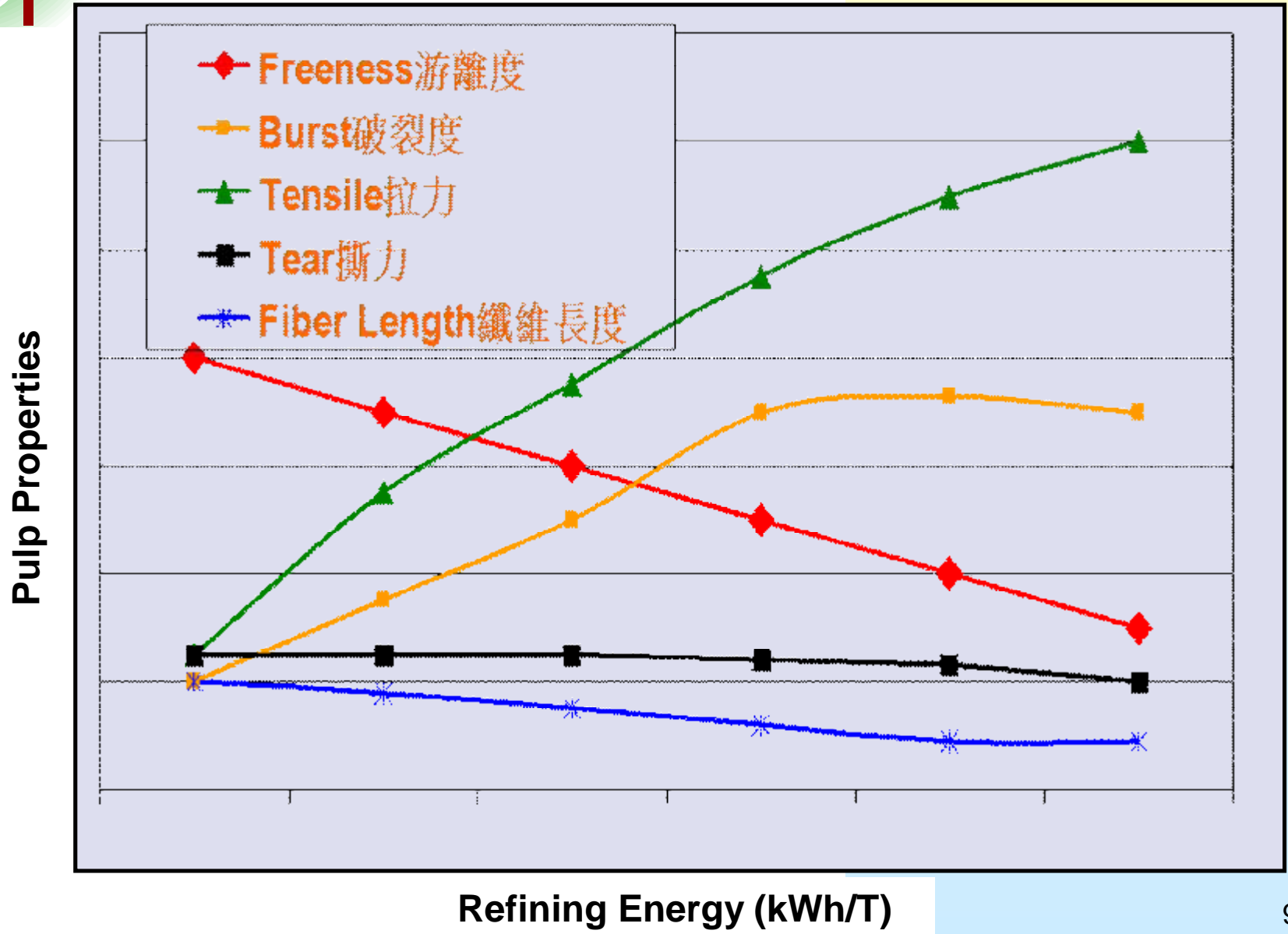
項目	針葉樹漿 牛皮漿	針葉樹漿 亞硫酸法漿	闊葉樹漿 牛皮漿	闊葉樹漿 亞硫酸法漿
刀棒寬 (mm)	4.0-5.5	3.5-4.5	2.0-3.0	2.0-2.5
比邊負荷 (SEL, J/m)	2.0-6.0	0.9-1.5	0.4-1.5	0.3-0.8
比面負荷 (SSL, J/m ²)	500-1000	250-400	200-500	150-300

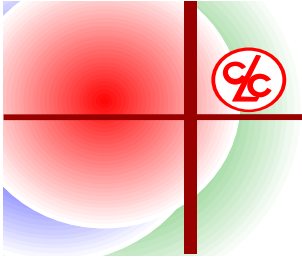


伍、鍊漿對紙張性質的影響



鍊漿對漿料及紙張特性變化





影響鍊漿的參數

- 原料
- 設備
- 製程參數



影響鍊漿的參數-原料

- 樹種(針葉樹、闊葉樹)
- 製漿方式(化學漿、機械漿、回收漿)
- 製漿程度
- 漂白處理(未漂漿較漂白漿不易鍊漿)
- 前處理(例如：乾燥方式、機械性處理)
- 纖維長度分佈
- 纖維粗細度
- 早材/晚材比例
- 化學組成(木質素、纖維素、半纖維素)



影響鍊漿的參數-設備

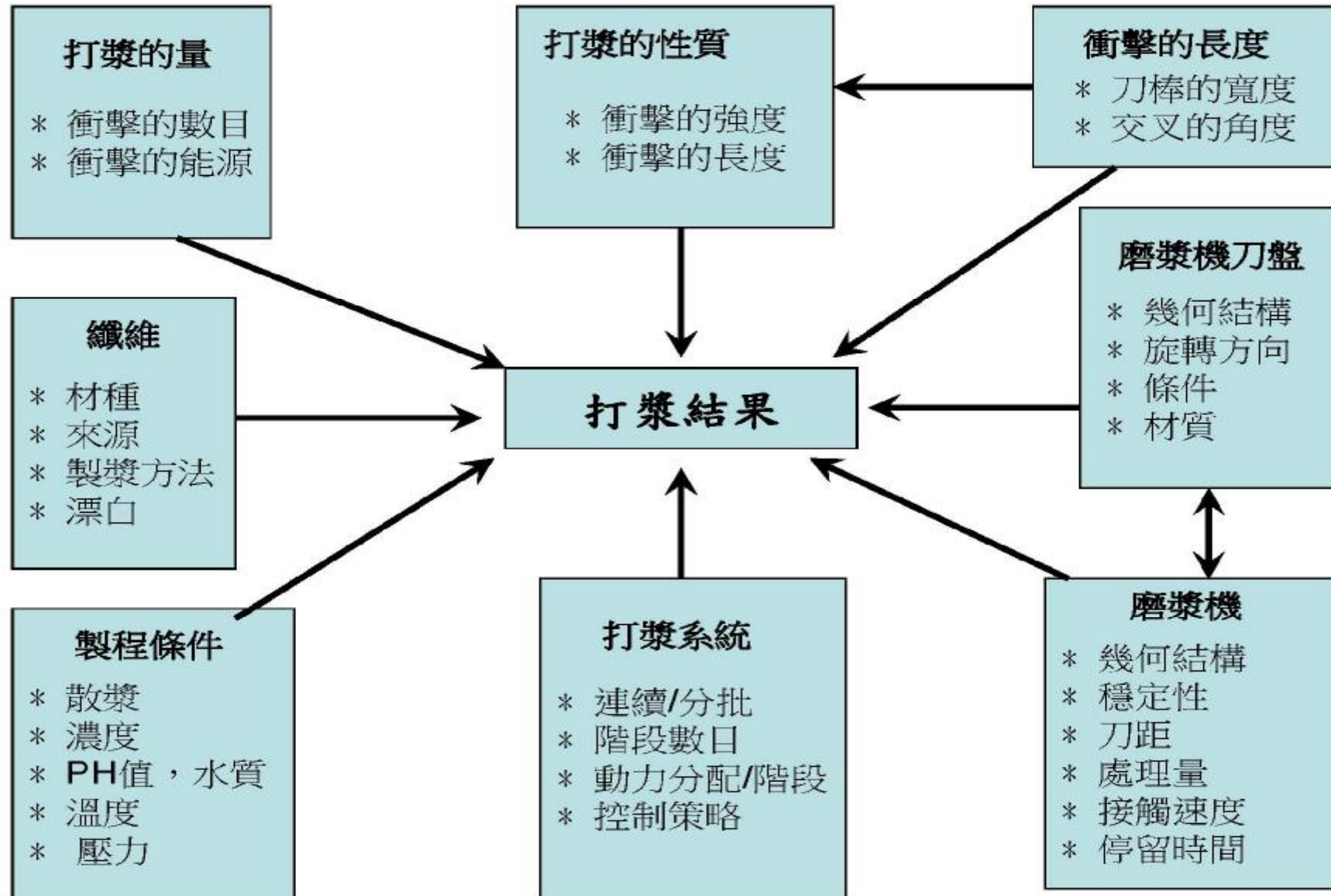
- 刀棒尺寸及外型
- 刀棒面積及刀溝
- 刀溝深度
- 有無擋條
- 打漿刀的材質
- 磨損式樣
- 刀棒角度
- 轉速(周圍速度)



影響鍊漿的參數-製程參數

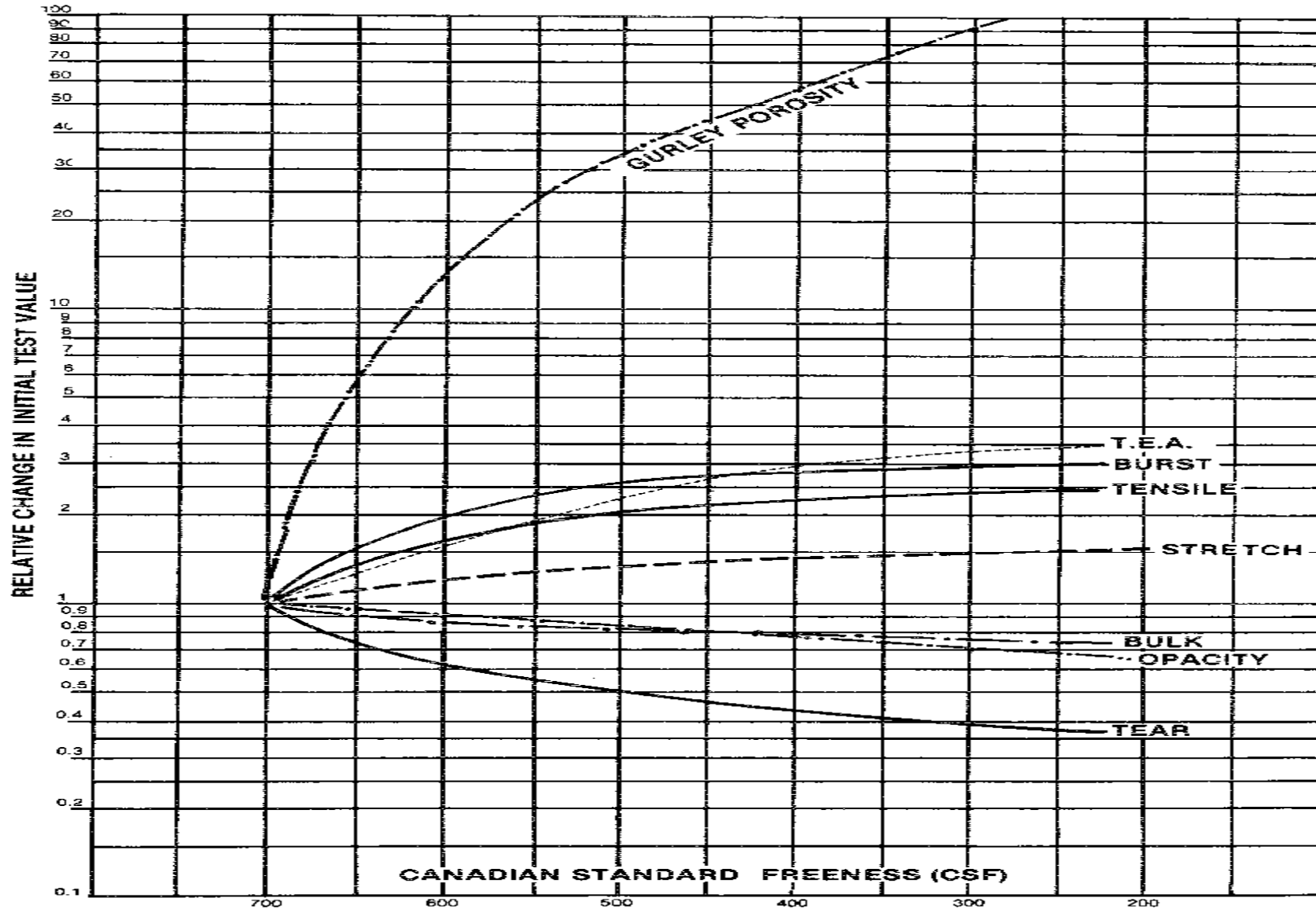
- 溫度
- pH
- 濃度
- 添加物
- 前處理
- 處理量
- 施加能量

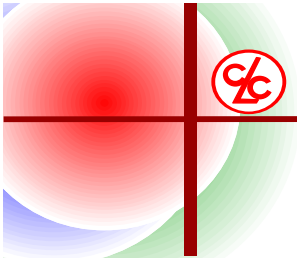
影響鍊漿品質的參數



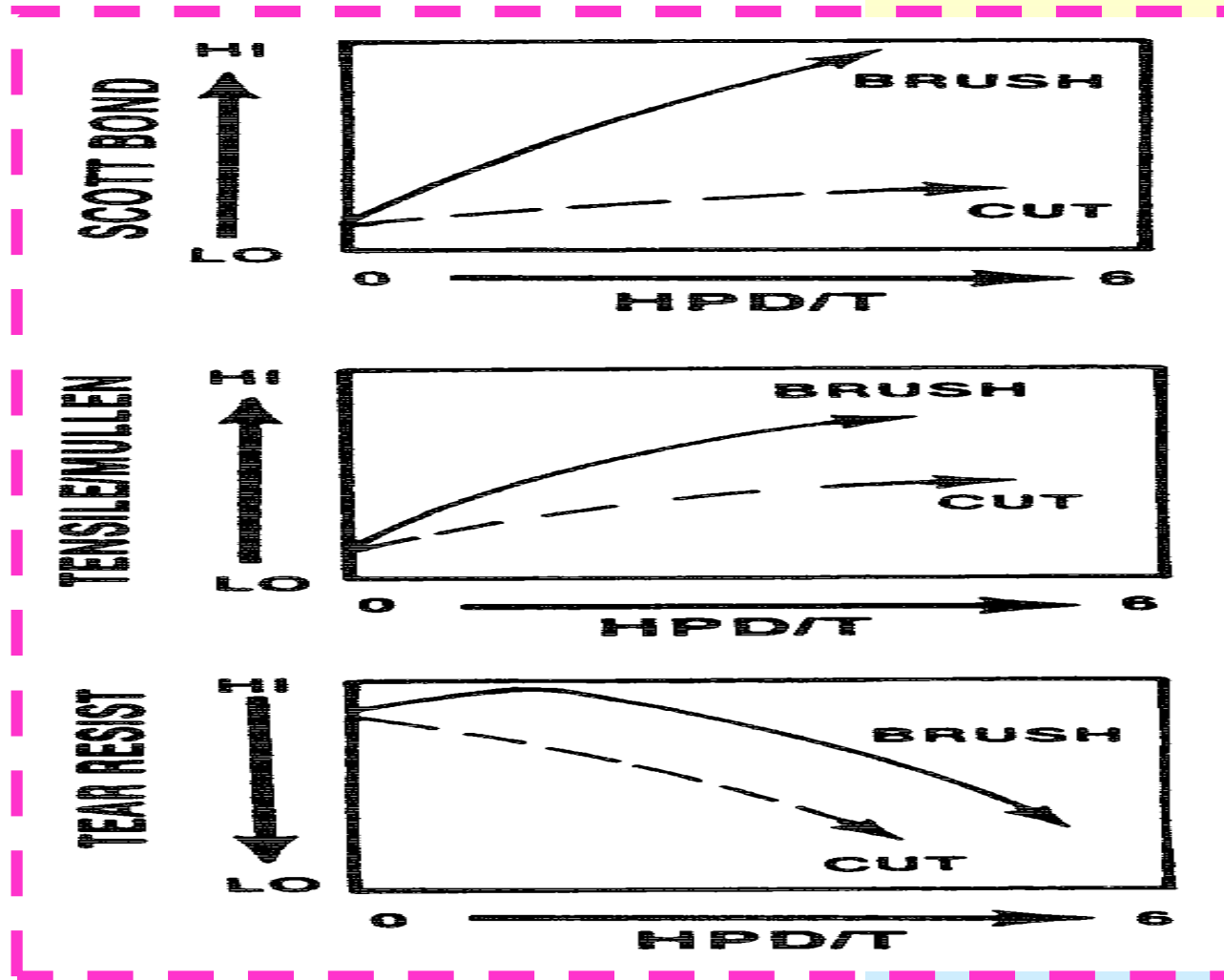


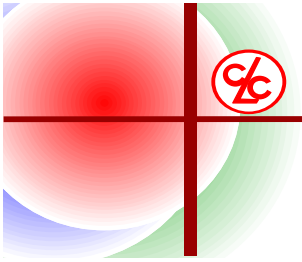
游離度對紙漿物性及透氣度的影響



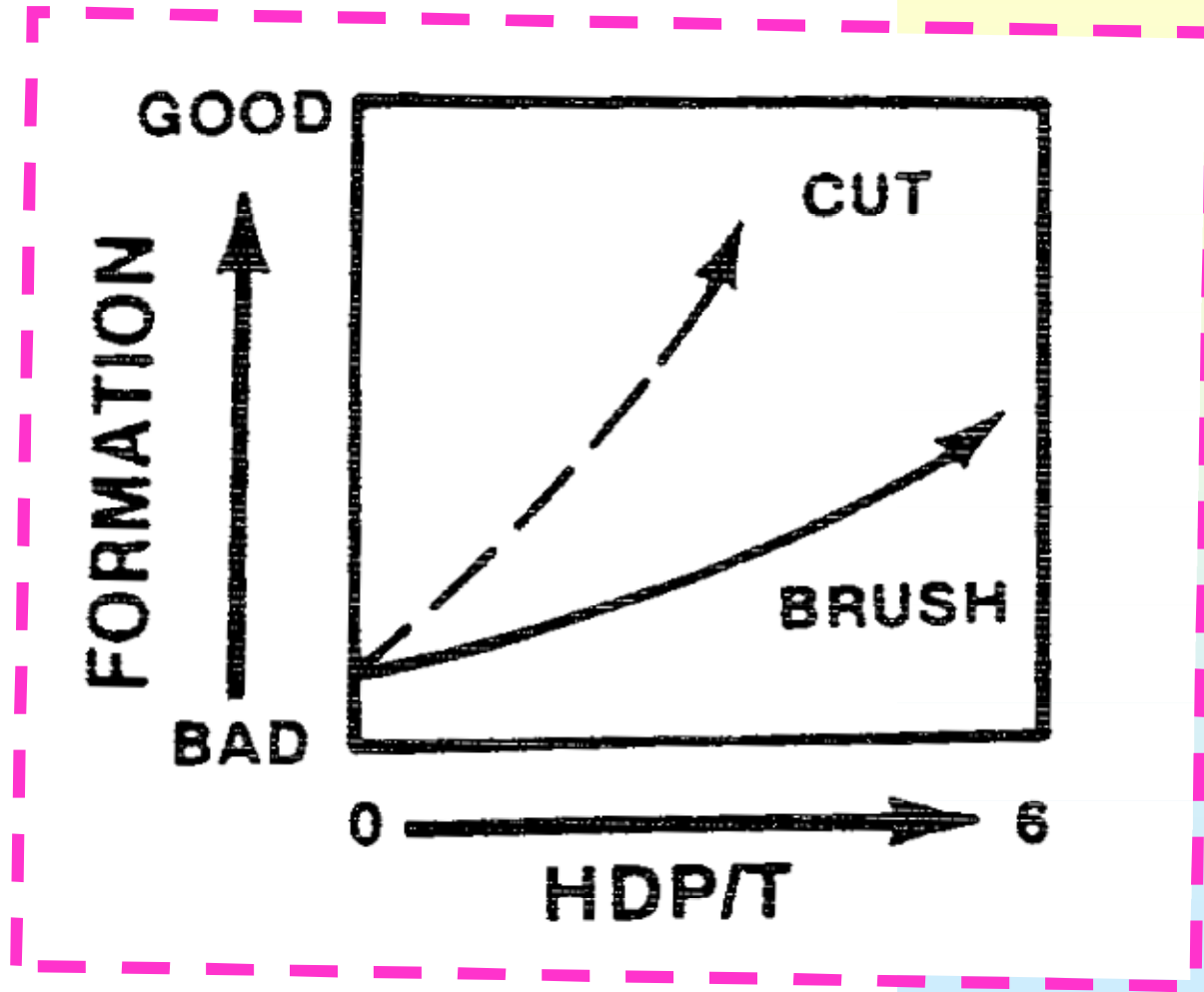


紙力與鍊漿關係圖



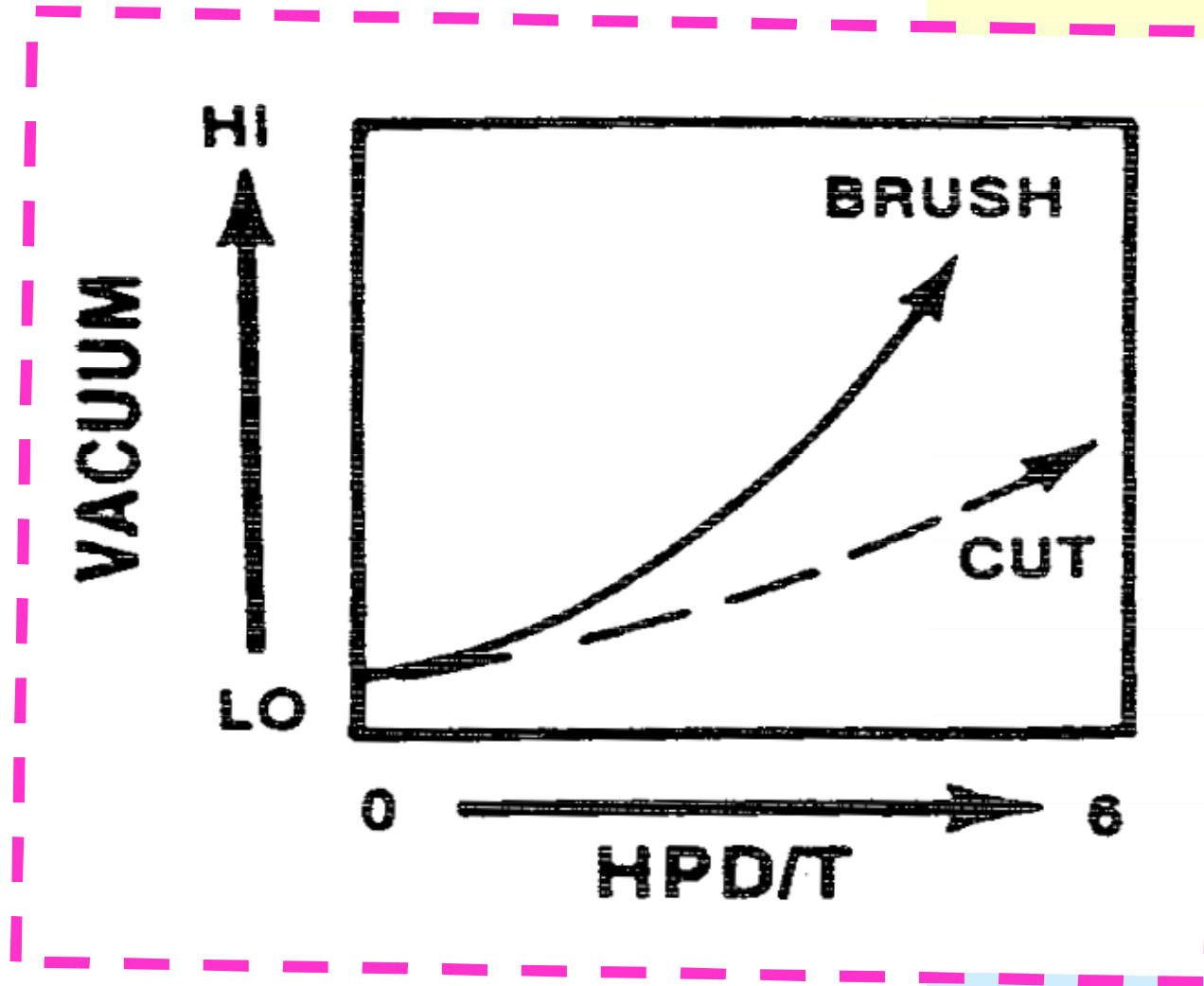


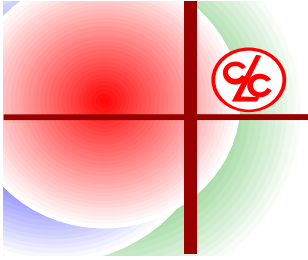
交織與鍊漿關係圖



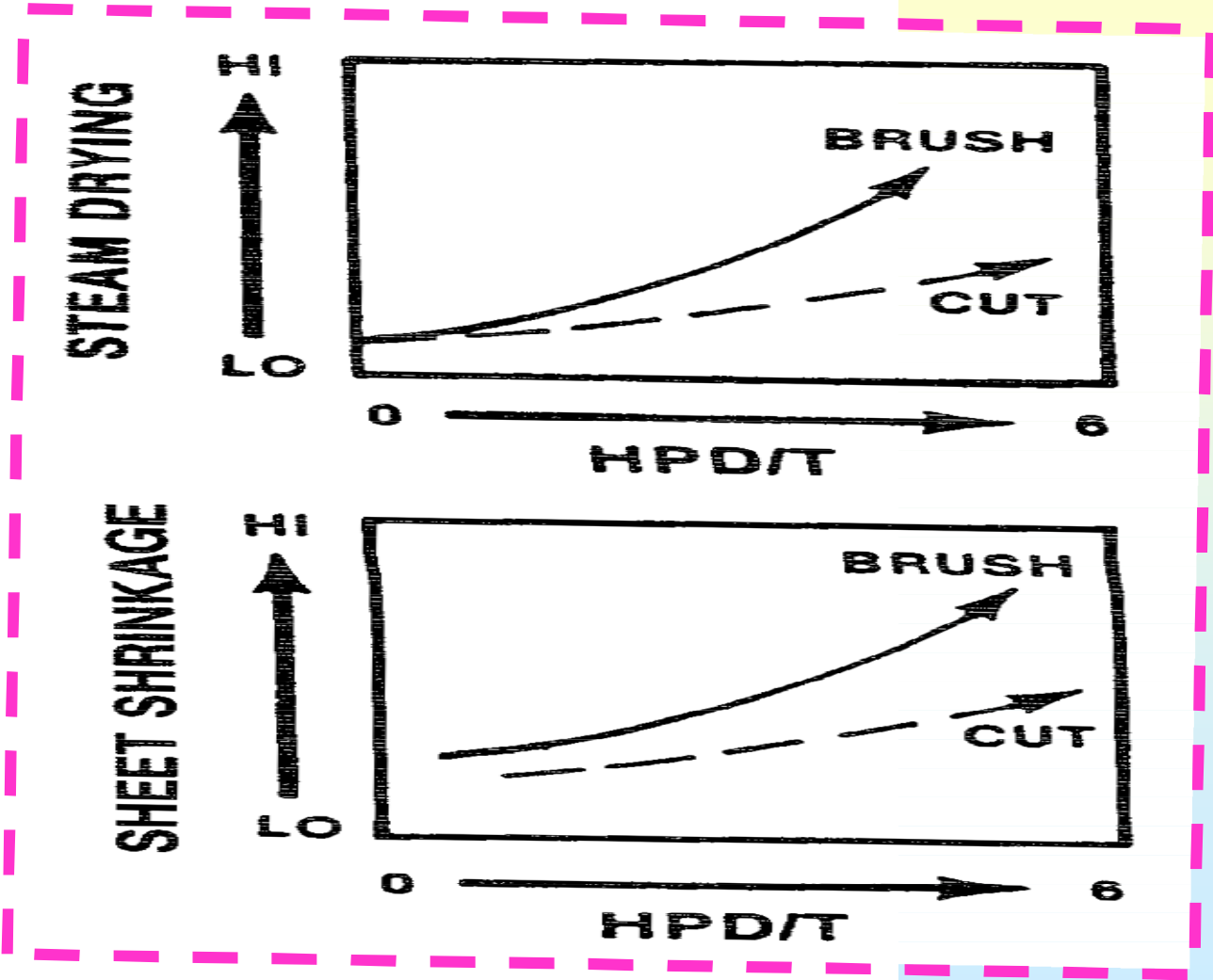


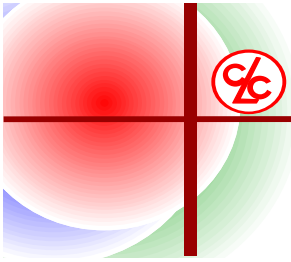
伏軻真空度與鍊漿關係圖



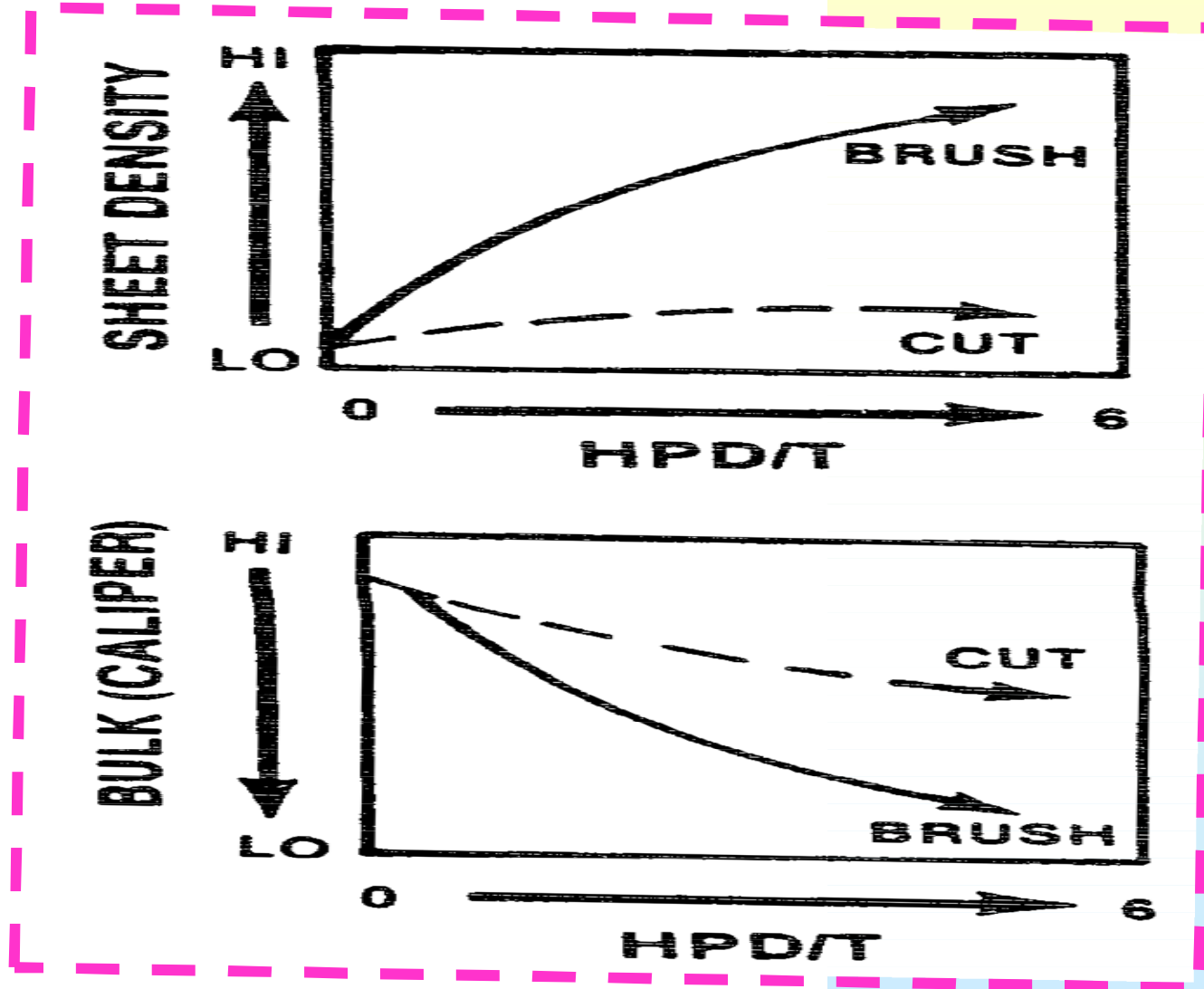


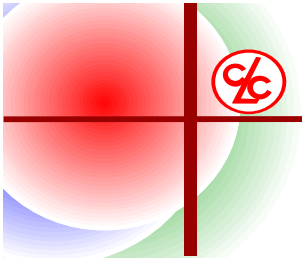
乾燥作業與鍊漿關係圖



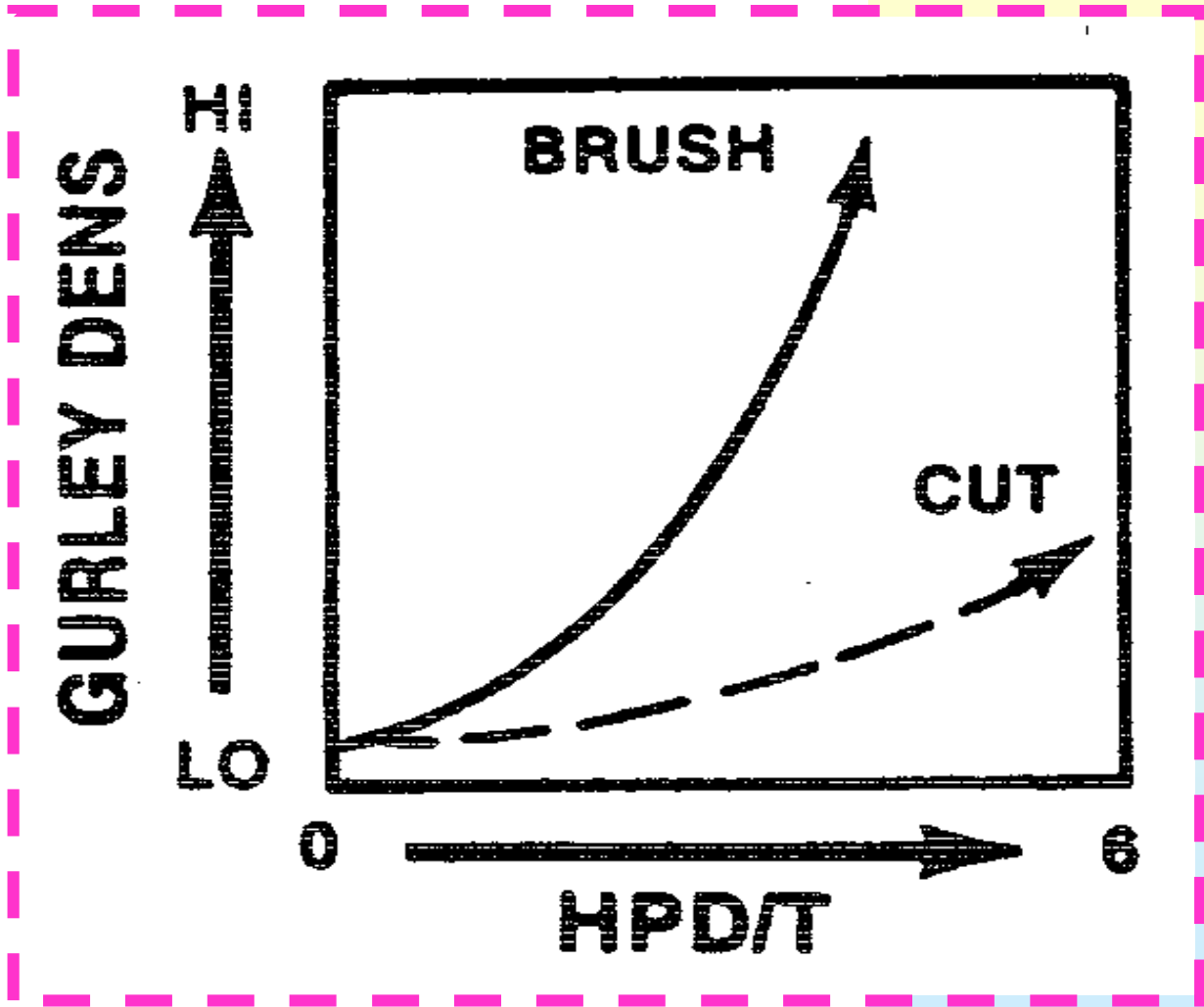


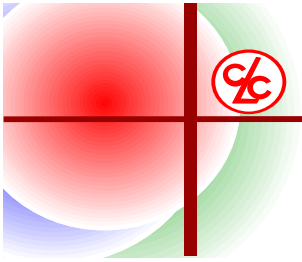
密度及嵩度與鍊漿關係圖



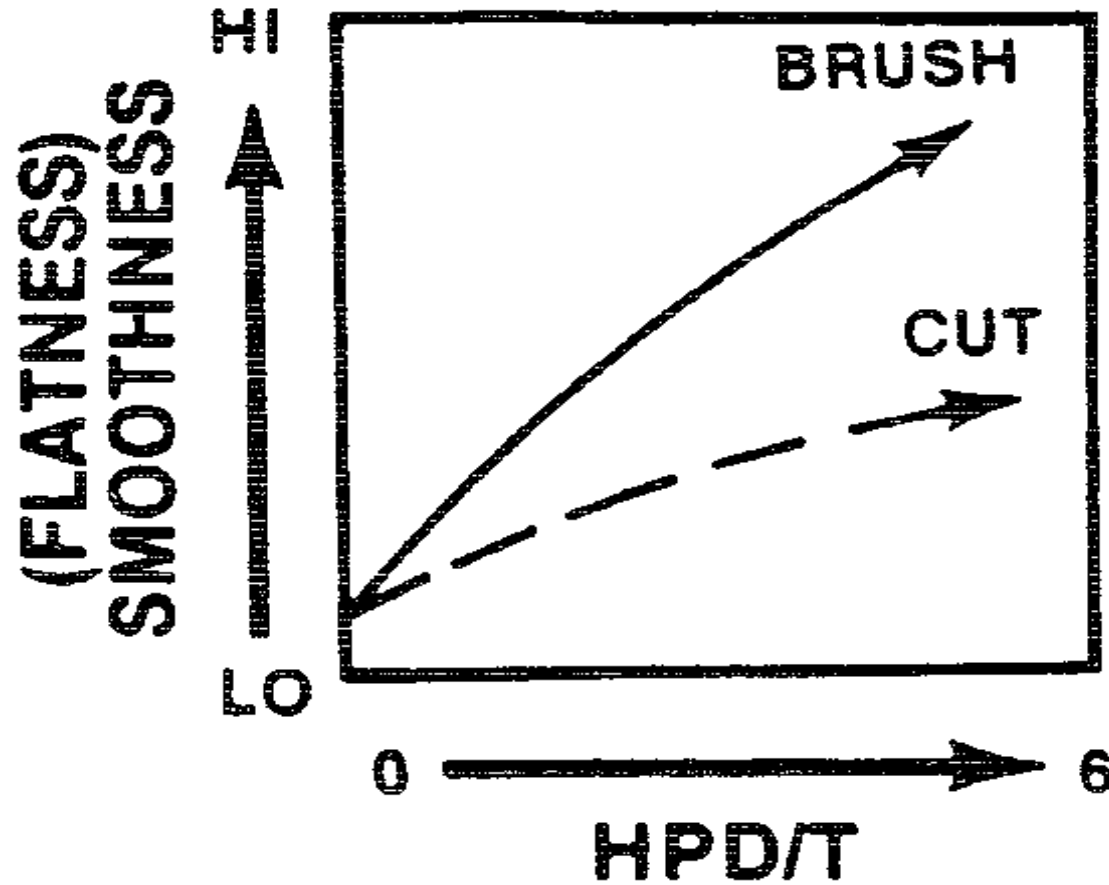


透氣度與鍊漿關係圖

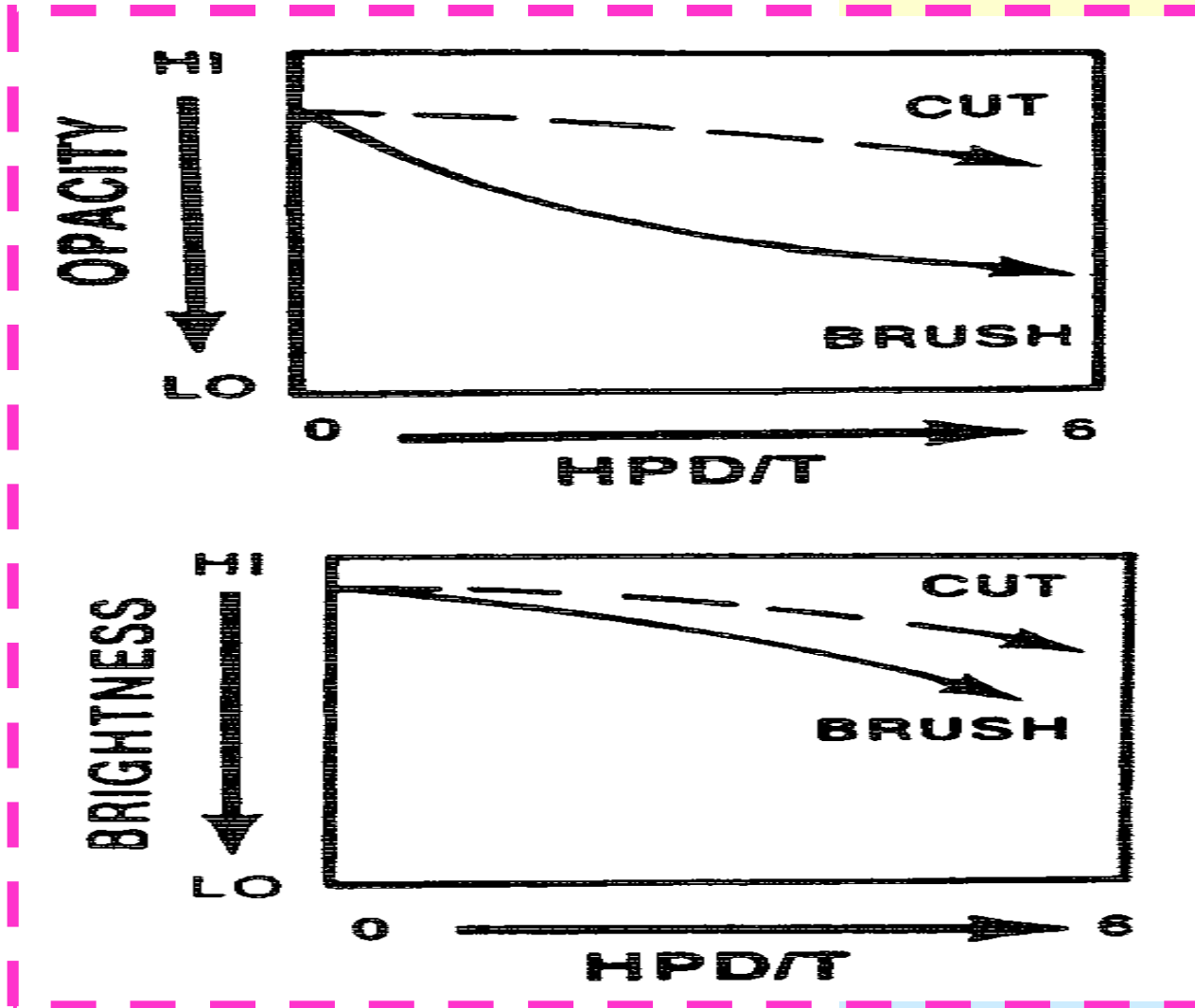




平滑度與鍊漿關係圖



不透明度及白度與鍊漿關係圖





鍊漿程度的判定

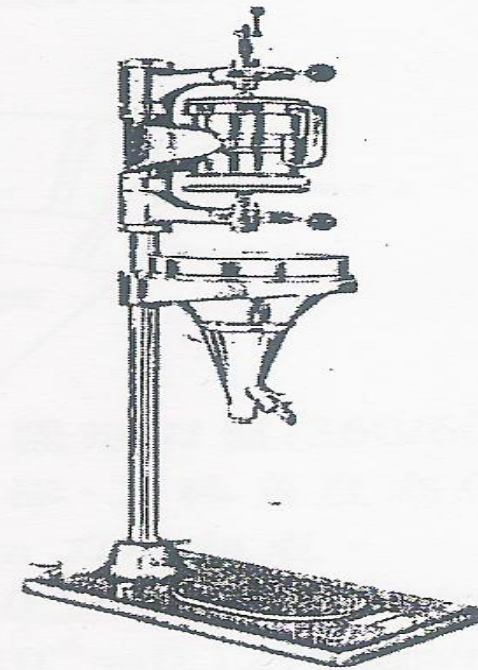
- 游離度(簡稱C.S.F)是鍊漿過程對纖維改變程度的量度方法，是指紙漿懸浮液經過濾網或多孔板之濾水率的測量，是代表紙漿濾水性的指示，而其濾水性是紙張特性如拉力、強度、破裂度、嵩度、撕力和耐折度的最初指標
- 叩解度($^{\circ}$ SR,Schopper-Riegler)也是一種度量鍊漿程度的一種指標，兩者測試方法不一樣，但與C.S.F的關係可用下列公式計算：

$$\text{C.S.F} = 927 - 20^{\circ}\text{SR} + 0.12(^{\circ}\text{SR})^2$$



鍊漿程度的判定

在20°C條件下，以3克絕乾漿，稀釋至1000毫升，倒入儀器上方1公升容量的圓桶容器，通過80目網，圓桶容器下方是一個標準規格的開口，而此上方有一溢流孔，當上方圓筒內的漿料放流時，濾出的水速度比較固定的就流向正下方的開口，而速度比較快的則流經溢流孔，以1公升有刻度的量筒收集溢流孔流出的水，所收集水的毫升數，即稱為**加拿大標準游離度**或稱**C.S.F**。

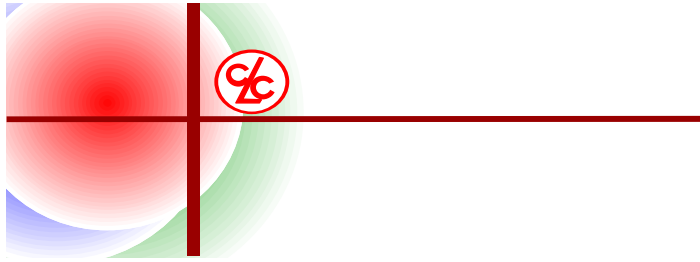




游離度與打漿度的對照

加拿大標準游離度和蕭氏打漿度的換算表

加拿大標準游離度 (ml)	蕭氏打漿度 (°SR)	加拿大標準游離度 (ml)	蕭氏打漿度 (°SR)
25	90.0	425	30.0
50	80.0	450	28.5
75	73.2	475	26.7
100	68.0	500	25.3
125	63.2	525	23.7
150	59.0	550	22.5
175	54.8	575	21.0
200	51.5	600	20.0
225	48.3	625	18.6
250	45.4	650	17.5
275	43.0	675	16.5
300	40.3	700	15.5
325	38.0	725	14.5
350	36.0	750	13.5
375	34.0	775	12.5
400	32.0	800	11.5



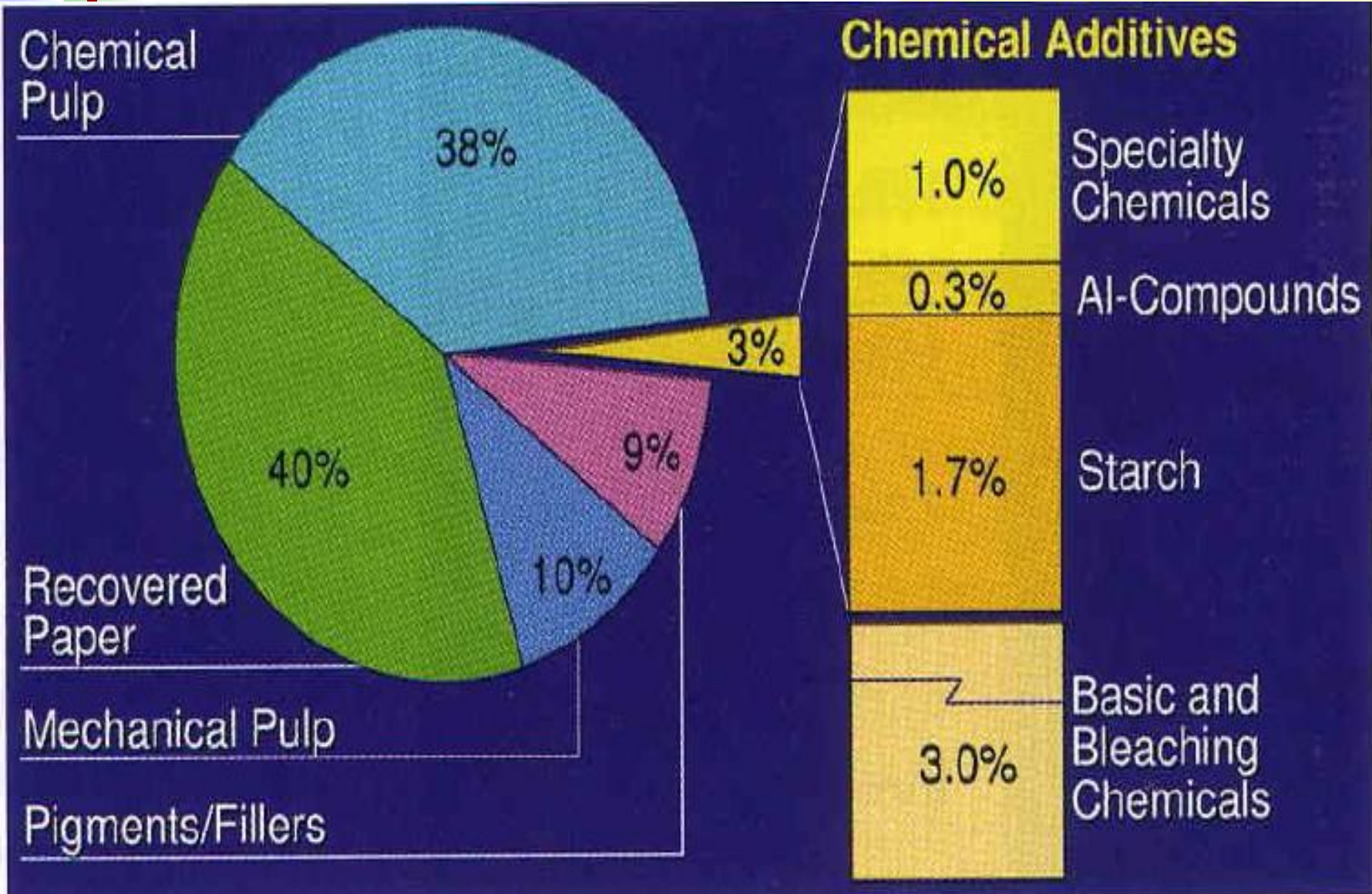
陸、鍊漿對回收纖維的影響

What's In Our Waste?





廢紙的種類





爲何要回收?

- 原生漿添加再生纖維可以減少伐採林木
- 回收可以減少廢棄物處理量
- 減少製漿消耗的水、能源、藥品與污染
- 減少掩埋場的空間需求，延長年限
- 製造就業機會 (收集、分類、整理)
- **Cost saving!** 成本低

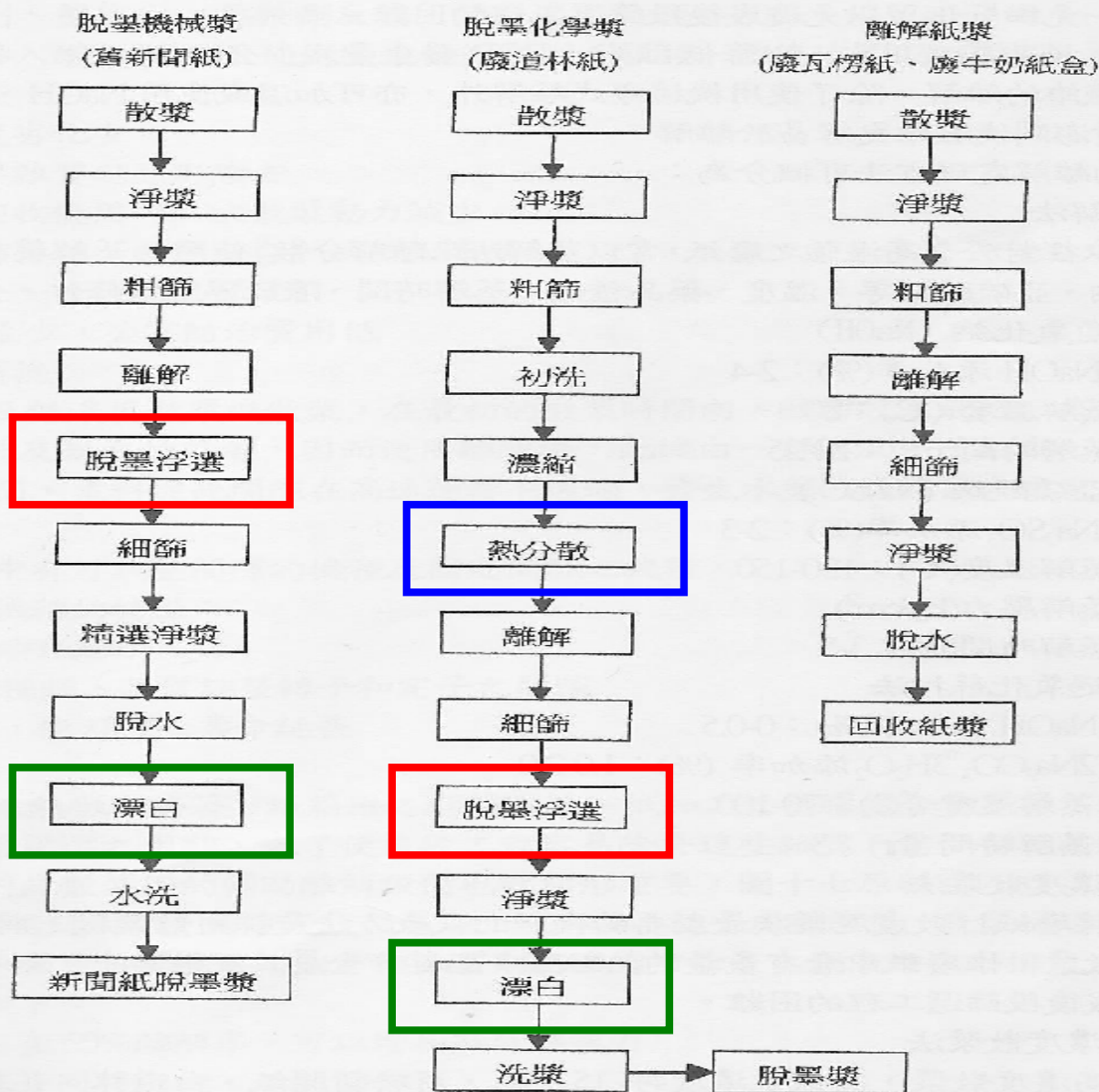


纖維的回收與處理流程

- 纖維的回收與處理，一般分為白紙類、混合紙類、報紙類及牛皮紙類四大類
- 以廢紙為原料的再生抄造過程中首先是解包 → 散漿 → 除污除渣 → 篩洗及篩選 → 脫墨 → 淨漿 → 磨漿 → 漿槽調成 → 抄紙 → 烘乾 → 包裝出廠

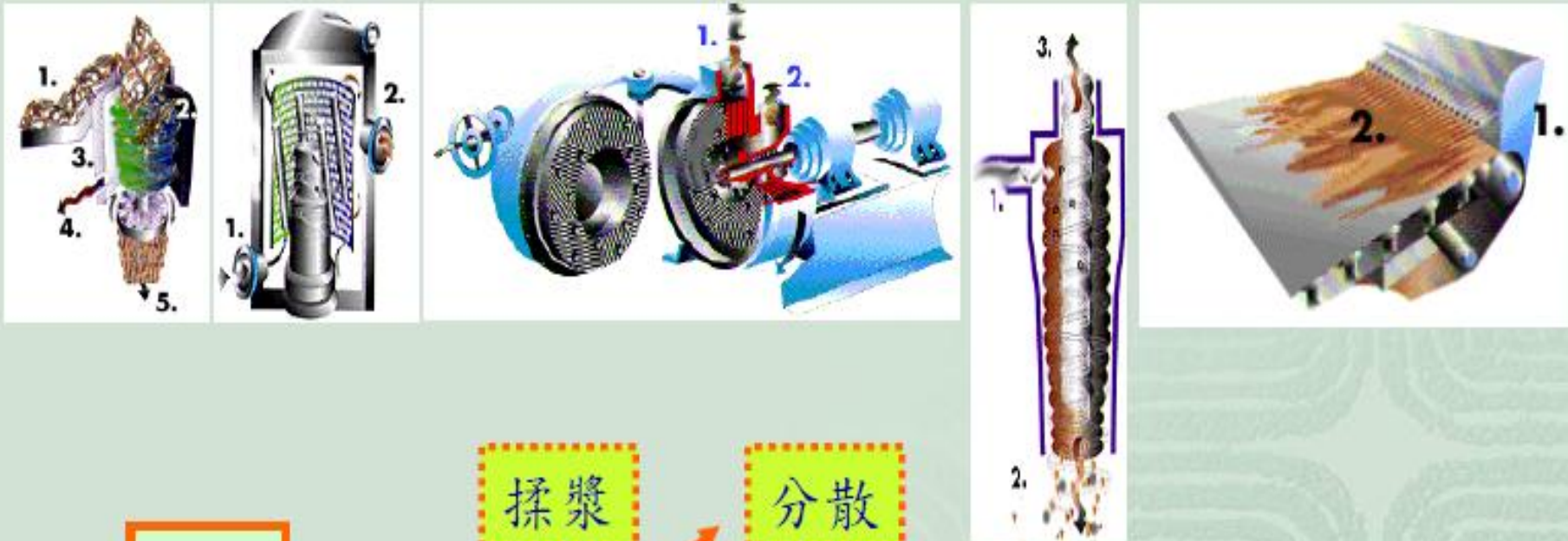


廢紙的處理流程





廢紙的處理流程





回收纖維的性質

- 纖維每經回收一次它們的鍵結能力就會降低，其中所受應力(stress)愈激烈，纖維的膨潤及鍵結能力就會降低愈多
- 機械漿在化學與物理性質上不同於化學漿，回收對這兩種漿種的效應也截然不同



回收纖維的性質

- 化學漿經歷重覆乾燥與再潤濕時，纖維會產生角質化，損失其結合力
- 機械漿纖維原本較弱，在循環回收中不見貶損，反倒增進結合力
- 纖維素形成潤濕紙匹時，會發生重大改變，承受如壓水、乾燥、印刷、儲存、再製漿與脫墨等製程。



回收纖維的性質

- 回收纖維與原生纖維有所區別，其差異主要可歸因於乾燥
- 乾燥係因伴同部份不可逆之纖維細胞壁微孔之閉塞，及於再潤濕之膨潤阻抗
- 原生和再生纖維進一步的差異是來自於廣範圍之污染物質



回收纖維的性質

• 抄紙中造成的纖維特性

- 濕端添加劑：許多如陽性澱粉可留存於纖維上→持續影響造紙纖維電荷性質
- 壓水段：通過壓水捏縫使纖維素纖維降低保水力
- 乾燥段：為影響回收纖維之最主要條件
- 壓光段：長、短纖在壓光後對纖維回收之影響可能不同，長纖變短



回收纖維的性質

- 後段加工造成的纖維特性
 - 印刷：印墨或顯色劑(toner)除對回收紙外觀顯著影響外，殘存疏水印墨減低回收纖維之表面能
 - 加工：易增加回收纖維污染負荷



回收纖維的強度

- 纖維本身強度下降
- 破裂強度、抗張強度、耐折強度、撕裂強度
都隨著回收次數增加而下降
- 篩分作業 (fractionating) 可以移除微細纖維
→ 濾水、抄紙速度可以加快、提升撕裂強度



回收纖維的光學性質

- 雜質、印墨殘留 → 著色與污點、降低白度與潔淨度
- 光散射係數提升 → 不透明度增高
- 光澤度 (gloss) 差
- 平滑度下降



回收纖維的物理性質

- 羥基含量減少、保水值下降
(親水性減小、剛硬、吸水性降低)
- 紙張厚度增加，紙質偏向蓬鬆
- 尺寸安定性良好 → 纖維疲(僵)化



回收纖維的抄造性

- 濾水性不良，抄速降低
- 濕紙匹強度較差，容易斷紙
- 易受陰離子性垃圾干擾，濕端藥劑添加需特別注意zeta電位監測
- 抄網易受污染、阻塞
- 系統內易發生沉積物、黏質物困擾



改善回收纖維的性質

- 摻用原生漿
- 添加紙力增強劑
- 適當的精鍊
- 纖維篩分
- 纖維處理
 - 酵素處理
 - 藥劑處理



回收纖維的機械處理

- 加壓或常壓熱分散與揉捏段為今日回收纖維的處理常例，脫水提高濃度達25-35%時，再以選定的溫度下施以強大機械力處理，可有效分散黏性物質或印刷墨斑點，消除細菌及其產物，以提升回收漿料清潔度
- 某些紙與紙板採用高、低濃度鍊漿，作為回收纖維的處理過程，最主要是為了改善回收纖維角質化問題



回收纖維的打漿及精鍊

- 打漿的策略，就是要恢復再生時所損失的纖維膨潤能力，或因回收所造成細胞壁顯微構造的改变，用打漿的方法改進其纖維結合
- 利用低強度打漿可以稍微提升再生紙的強度。但以此種方法來回復紙力，也要付出相當的代價，那就是漿料的濾水度降低微細纖維含量變高及抄紙效率(生產量)也會因為打漿而降低



回收纖維的打漿及精鍊

- 纖維因為重複再生的因素，濕潤-乾燥所引起的纖維壁的變形是不可逆的
- 適度的鍊漿可經細胞壁的剝離而產生新的“次生”纖維細物，而這些纖維細物具有與原生漿相同的結合力



鍊漿對脫墨漿的影響

- 脫墨漿的造紙適性問題頗為複雜，因漿料中常有來自舊報紙及雜誌的機械漿與化學漿纖維混合，後段鍊漿時多採低濃度鍊漿，減少粗糙纖維與纖維束，唯鍊漿造成纖維截短、撕力損失常不可避免
- 使用低SEL精鍊會較高SEL使長纖的粗細度減低與紙張光散射度增加，這亦顯示低濃度扣解產生次生細纖維



鍊漿對脫墨漿的影響

- 僅精鍊脫墨漿長纖部份比精鍊全部漿料的效益較差
- 混合漿料抄的紙與全漿精鍊至相同游離度下，所抄紙張作比較，前者耗能較高，且平滑度與抗張強度的改善比後者差。
- 脫墨漿的長纖部份常有機械及化學漿纖維混合物，提高紙力或印刷適性所須方法有別

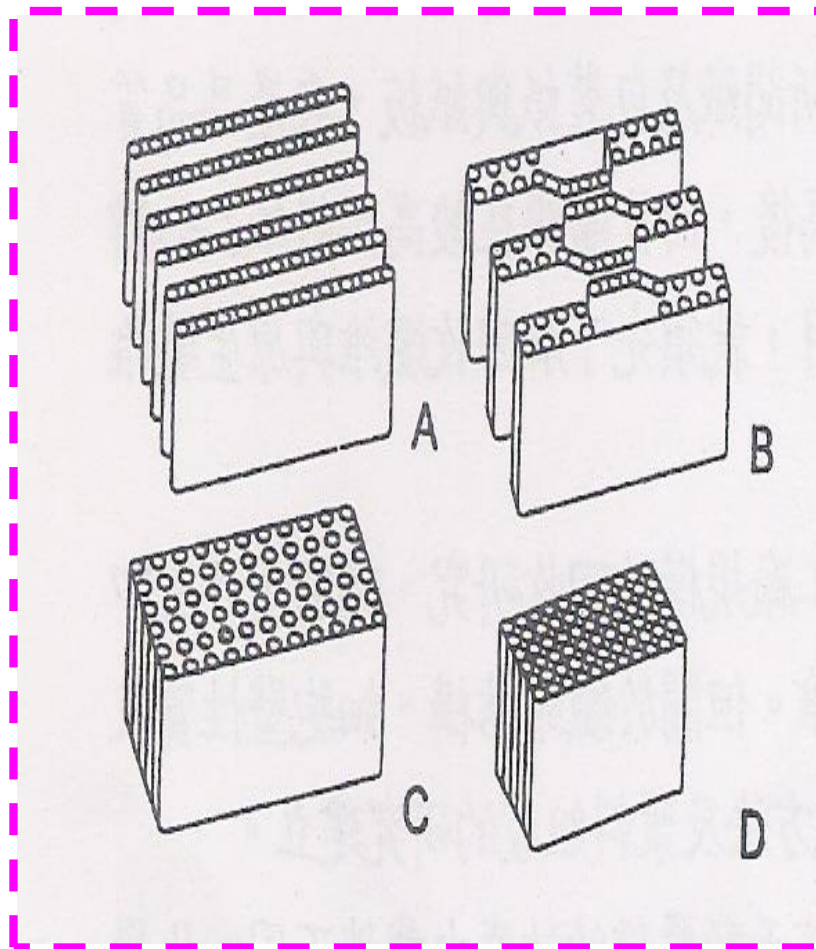


角質化對化學漿纖維的影響

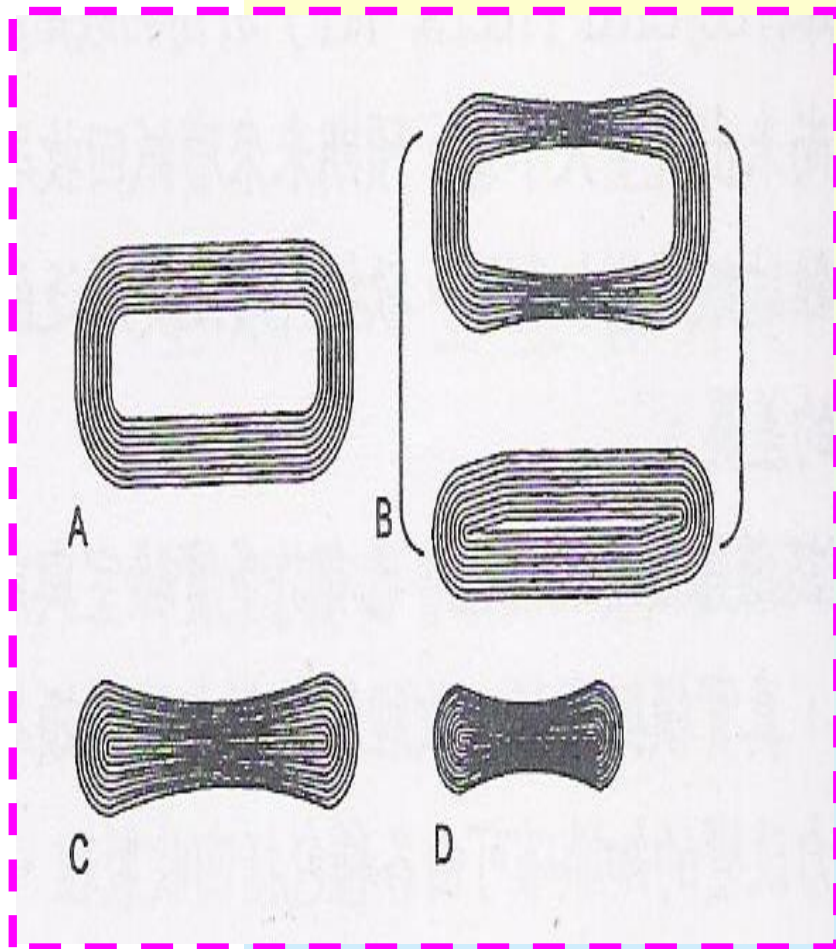
- 回收化學漿及機械漿纖維與原生漿的差異，在於細胞壁結構的角質化效應
- 角質化為纖維在水中無法讓水分子進入細胞壁，造成膨潤性降低，呈現保水力降低，細胞膨潤受阻。



角質化對化學漿纖維的影響



纖維細胞壁結構之改變



纖維橫斷面收縮現象



角質化纖維

- 角質化: 以漿料在離心處理下保水率 (water retention value, WRV) 減損百分比量化表示

$$\text{角質化} = \frac{\text{WRV}_0 - \text{WRV}_1}{\text{WRV}_0} * 100\%$$

式中 WRV_0 為原生漿的保水力值

WRV_1 為回收漿料在乾燥後再散漿的保水值



化學條件對鍊漿結果的影響

- 乾強劑、澱粉常用於改善纖維間結合，而不致犧牲化學漿因鍊漿造成的濾水性不良。這些藥劑分子大，能滲入纖維細胞壁的微細孔隙程度有限，故不能完全取代鍊漿，來回復角質化纖維的膨潤性
- 氧氣、過氧化氫及鹼液等化學處理，可用於回收纖維製程，這些化學處理可撐開纖維內鍵結，有助於纖維膨潤



化學條件對鍊漿結果的影響

- 在鹼性條件下，可使纖維細胞壁微細結構間產生滲透壓，可使酸性的碳酸根解離，進而使纖維膨潤
- 在鍊漿時造成的內部帚化，也使細胞壁內帶電荷位置易被陽離子接觸到，達到膨潤效果，但相對雙價陽離子或酸性造紙中，反而會阻礙纖維膨潤

熱分散或鍊漿時高溫對鍊漿結果的影響

- 熱處理溫度會改變纖維吸收水份能力，纖維在熱分散或鍊漿中將完全吸水飽和，膨潤度隨溫度增高而減少，即纖維隨溫度增加而收縮。
- 纖維收縮現象對漿料游離度與強度性質將會有影響，因纖維的軟化與撓曲性視膨潤度而定，溫度超過 100°C 對強度即會有負面的影響



熱分散或鍊漿時高溫對鍊漿結果的影響

- 溫度 95°C 以下，熱分散的鍊漿效應將使漿料結合力漸增。溫度增至 120°C ，纖維結合力因膨潤延滯而降低
- 為提升膨潤性，經熱分散後漿料稀釋，在中間溫度叩解為快速恢復吸水力的作法



高濃度處理對回收纖維捲曲的影響

- 機械漿纖維高濃度及高溫鍊漿後會發生捲曲，機械漿的搓扭餘能可藉由於低濃度及中溫下輕微攪拌去除
- 纖維捲曲及細胞壁微壓潰對於紙張品質有重大影響，在回收纖維製程須予控制
- 熱分散後去除搓扭餘能，有助紙張及密度增加



高濃度處理對回收纖維捲曲的影響

- 當增加纖維捲曲時，紙匹的濕伸長及乾撕強度會增加
- 紙張密度及纖維結合度有關的強度會減低
- 控制纖維捲曲度有時提供產品品質發展的機會，如衛生紙要求高嵩度及柔軟度

- 潤濕纖維之撓曲度與這些纖維形成紙張強度有強烈相關。較可撓纖維預期能貼合於鄰接纖維，發展較高比例之結合面積。潤濕牛皮漿纖維因乾燥與回收而使彈性模數倍增

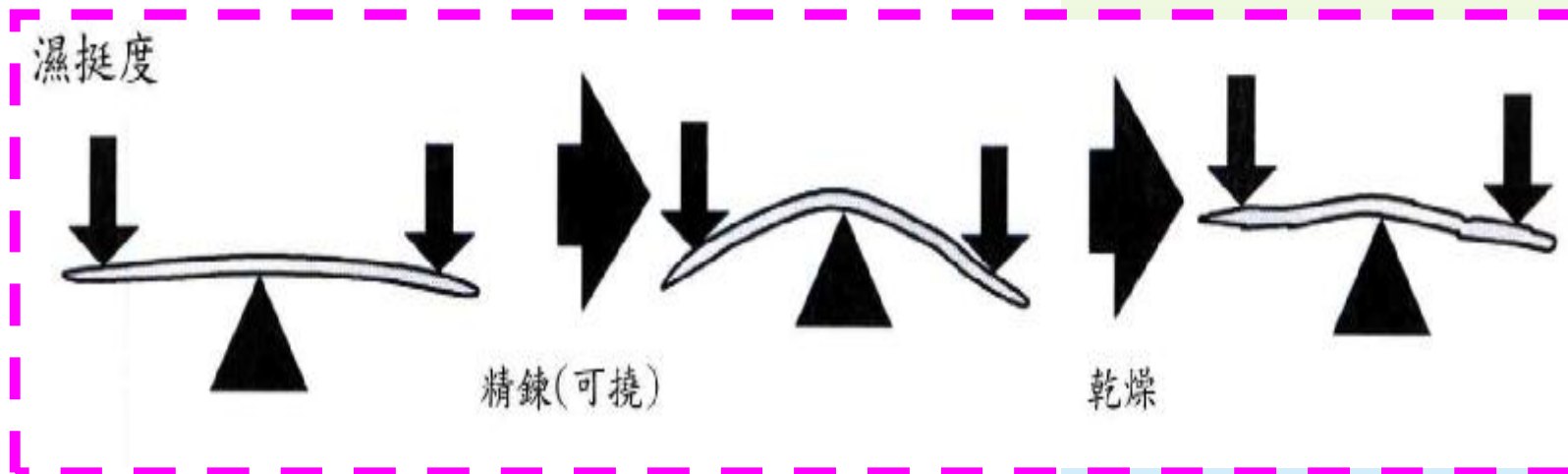


圖 牛皮漿潤濕撓度因精鍊增加但乾後再濕則變為硬挺。濕挺度為決定纖維結合能力之主要因素。



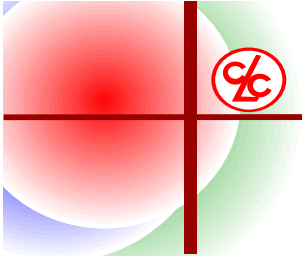
結論

- 各種鍊漿機各自有其特色，有的強調動力節省；有的強調纖維切斷少、纖維帚化佳；有的強調刀盤壽命長、維修成本低；有的強調磨漿效率佳、可得較佳的纖維強度
- 要獲得纖維最適品質的關鍵，在於掌握鍊漿後纖維的游離度來調整紙張相關物性，而如何得到正確範圍的游離度結果，就需仰賴鍊漿機的控制方法及控制系統



結論

- 文化用紙須有良好的印刷品質、交織、光學性質、挺度及平滑度等重要的紙張品質，加上具有足夠的強度，鍊漿扮演非常重要的角色
- 回收漿的鍊漿條件如同原生纖維般，必須正確的選擇鍊漿條件，始可改善回收纖維的自然鍵結能力



敬請批評指教
謝謝!



製漿方式

對於不同的紙漿最好分開鍊漿，然後再來混合，不過因設備不足多數混在一起鍊漿，通常得不到最佳效果。木漿鍊漿的難易依序為磨木漿 > 未漂牛皮漿 > 漂白牛皮漿 > 未漂亞硫酸鹽漿





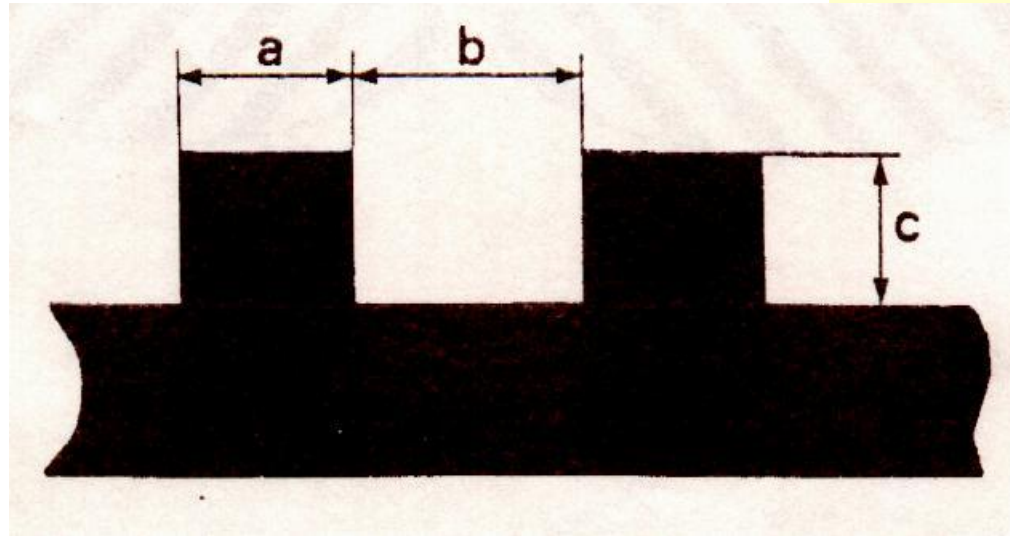
紙漿乾度(前處理)

乾漿比溼漿更難散漿及鍊漿，原因是纖維乾燥時會有纖維間的鍵結發生，當散漿鍊漿時這個鍵結需先破壞。在相同的鍊漿程度下，乾漿可能比溼漿多耗用**30%**的動能。





刀盤基本條件



a = 刀棒寬
b = 刀溝寬
c = 刀棒高

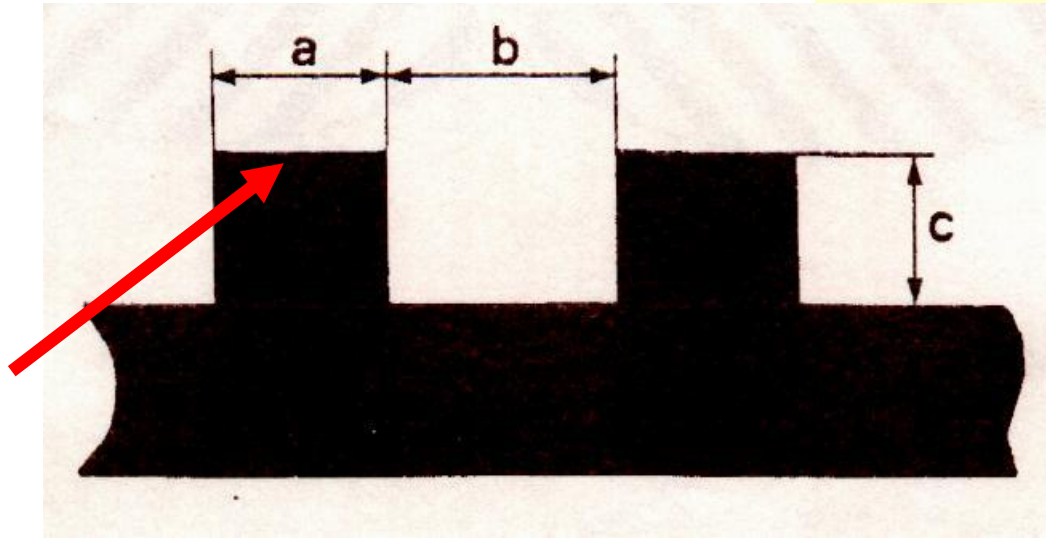
刀溝寬:

- SHORT FIBER: 2 up to 3 mm
- LONG FIBER : 4 up to 5 mm

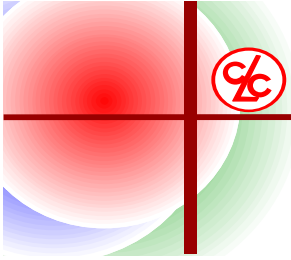
EXAMPLE (mm):
3 x 4 x 10 x 10°



刀棒的寬度

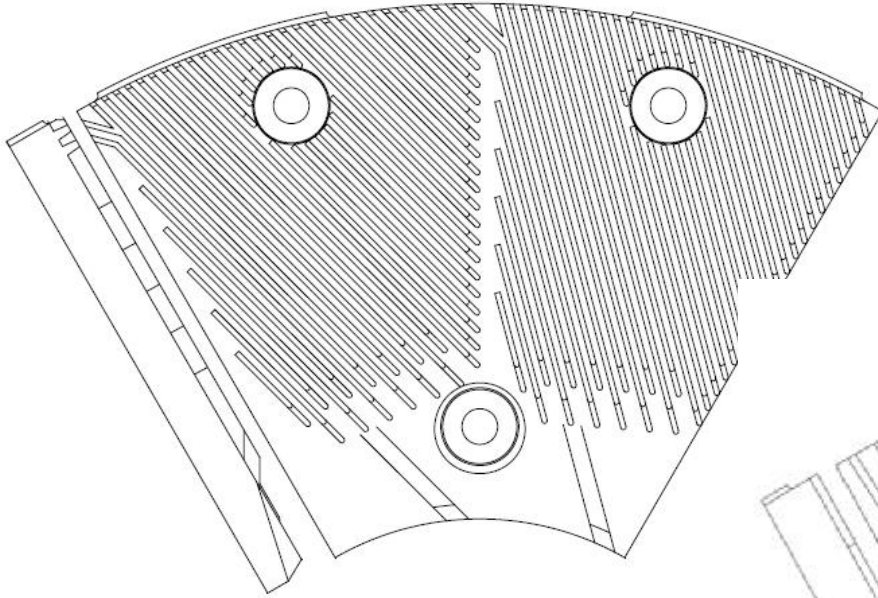


刀棒寬(a)變窄的結果會增加刀片的數目，於是增加了有效的刀刃長度，因而增加了打擊次數，使得在相同的動力消耗下，帶化作用增加，而切斷作用減少。



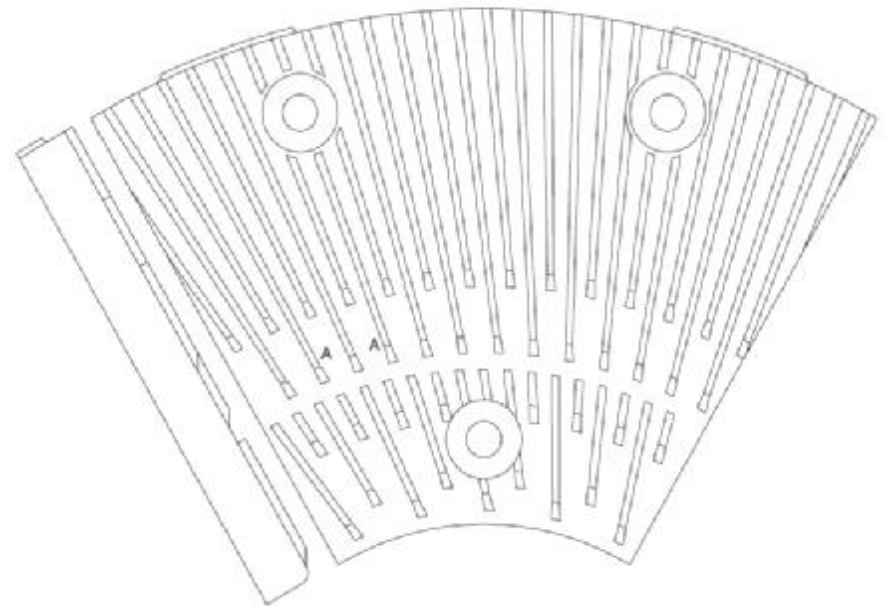
帚化型刀盤

Fiber brushing design



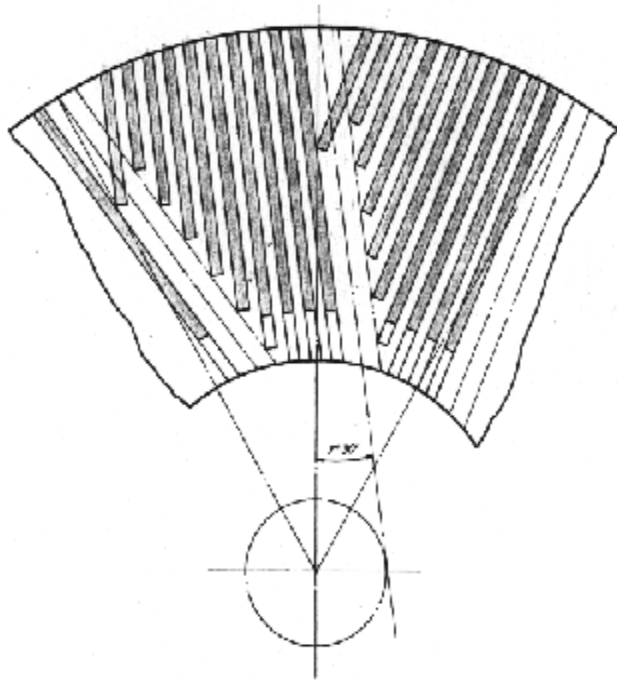
切斷型刀盤

Fiber cutting design

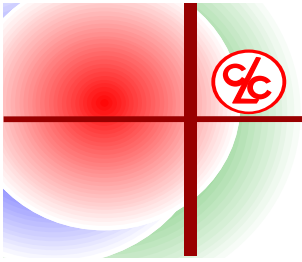




刀棒的角度



一般常見角度為 4° 到 60° 之間，隨著切割角度的增加，纖維切斷的作用會減少。處理長纖維常需較大的角度，但角度大較耗用動力且減少處理量，角度小運轉時噪音較大。



刀棒角度差異

角度越大：
帶化越多
切斷越少

角度越小：
帶化越少
切斷越多

PLATES

10°

7°30''

0°

CONICAL

25°

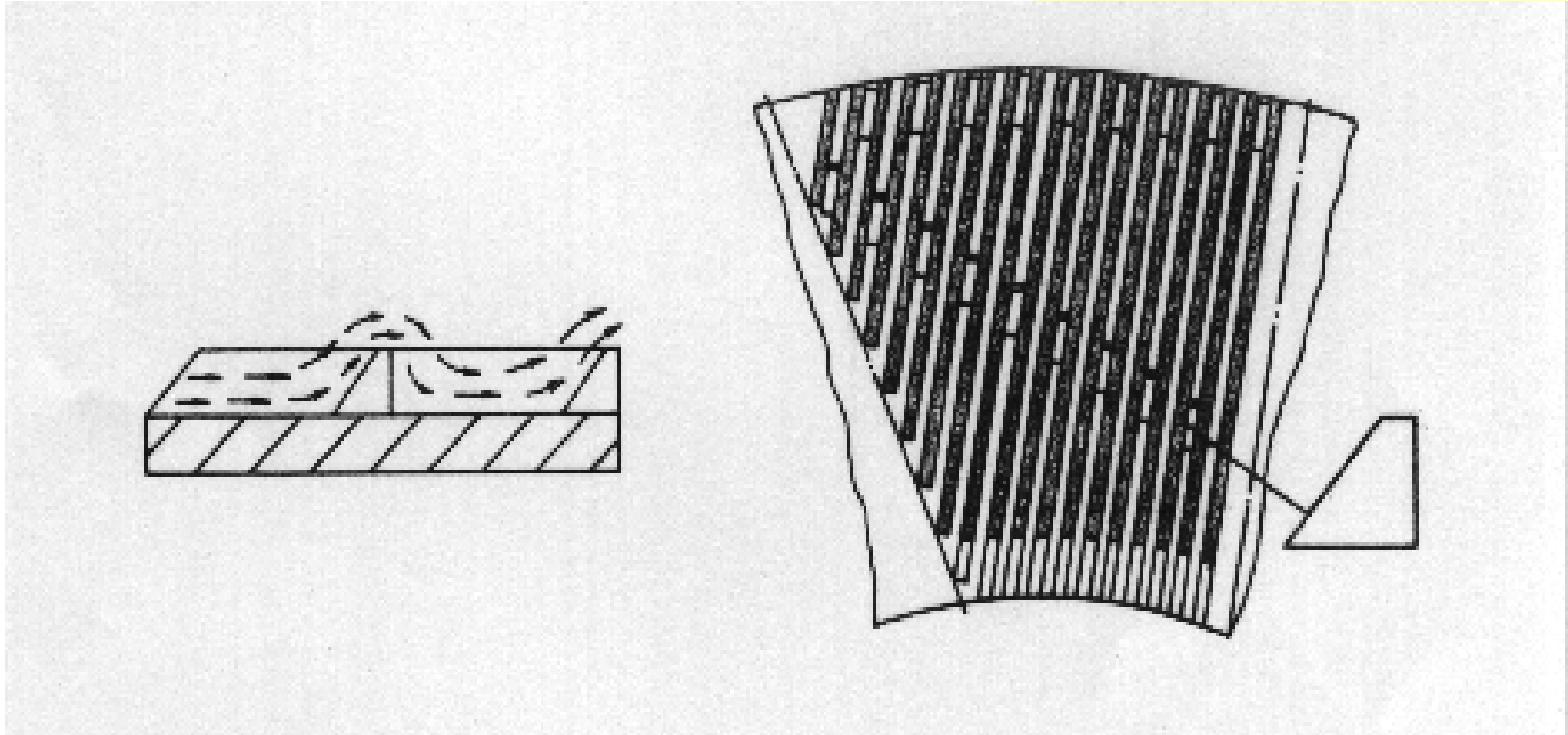
18°

0°

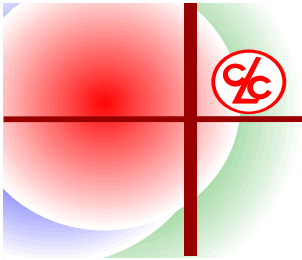




dams (擋條)



延長漿料在盤磨內的停留時間，防止漿料順齒溝直通外排。消除紙塊或纖維束，提高打漿的均勻度。



dams (擋條)





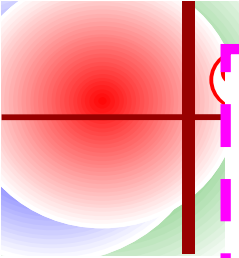
刀盤的材質

- 磨漿機刀盤材質的評估包含硬度、耐磨性、沖擊強度和耐腐蝕性
- 刀盤廠商製造之加工精度及材質選用有密切關係，同時也影響刀盤購買成本及使用壽命差異
- 依照磨漿需求(原料、游離度降、紙張特性…等)作不同選擇



主要化學元素對鋼性能之影響

碳(C): 刀盤中含碳量增加，屈服點(耐磨性)和抗拉強度升高，但塑性和衝擊性降低，一般不超過3%。含碳量高，相對也容易有生鏽問題。



鉻(Cr): 在刀盤材質加入鉻, 能顯著提高刀盤強度、硬度和耐磨性, 但同時會降低塑性和韌性。鉻又能提高刀盤的抗氧化性和耐腐蝕性, 因而是製造刀盤的重要合金元素。

鎳(Ni): 鎳亦能提高刀盤的強度, 而又保持良好的塑性和韌性。鎳對酸城有較高的耐腐蝕能力, 在高溫下有防銹和耐熱能力。但由於鎳是較稀缺的資源, 故刀盤含鎳成分, 其刀盤成本亦較高。



刀盤的使用

刀盤的選擇視所需處理的原料而定，一般而言較長纖維紙漿須選用較寬刀棒及寬刀溝的刀片。

刀盤的變數不像操作的變數那樣容易理解，設計上大部分有賴實驗的結果，以及製造者與使用者的經驗。

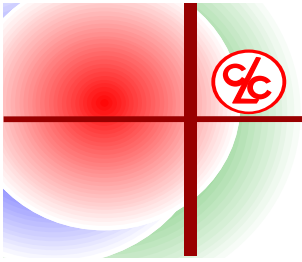




轉速對於鍊漿的影響

- 鍊漿機轉速改變會影響鍊漿強度。
- 當提高轉速時，所有的物理鍵結強度增加及長纖維比例增加。
- 降低鍊漿強度，有較高的強度及較高比例的長纖維。



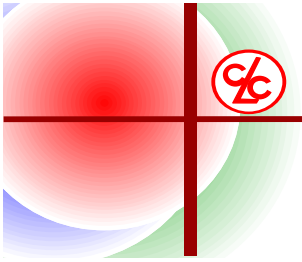


溫度

一般而言，在一定的鍊漿時間內，在較低溫鍊漿時，可得到較低的游離度及較高強度的紙

在溫度較低時，會增加纖維的膨脹性，有助於帚化作用的進行，溫度高會溶解半纖維素，對鍊漿較不利





PH 值

PH值是鍊漿的另一個重要變數，在打漿的曲線中，可以發現在不同的PH值時，有不同游離度及強度的變化

一般而言，較高PH時，纖維素及半纖維素在鹼性介質下會膨潤，所以在高pH下($\text{pH} > 7$)，較易鍊漿





濃度

- 在鍊漿操作時盡可能在較高的濃度進行，但不會超過6%，最低濃度為2~3%，一般長纖於3.5~4.5%，短纖於4.5%~5.0%，濃度主要的效應在影響比打漿能量
- 濃度愈高所需的打漿能量愈低。在較低的濃度鍊漿，通常造成切斷作用多於帚化作用。

