

CURSO SOBRE REFINO

Dia 10 e 11 de Maio de 2001

Instituto de Engenharia - IE
São Paulo / SP - Brasil

Refino

Braz José Demuner
ARACRUZ



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL
Rua Ximbó, 165 - Aclimação, CEP 04108-040 - São Paulo, SP
Tel +55 11 5574-0166 / Fax +55 11 5571-6485 / E-Mail abtcp@abtcp.com.br

Curso de Refino
Ministrado por Braz José Demuner
Aracruz Celulose S.A.

ABTCP - Maio 2001



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

1

Agenda

- ✓ O que é refino
- ✓ Efeitos do refino
- ✓ Alterações das propriedades com refino
- ✓ Teorias de refino
- ✓ Parâmetros mais importantes do refino
- ✓ Tipos de refinadores
- ✓ Sistemas de refino
- ✓ Controle de refino
- ✓ Recentes desenvolvimentos
- ✓ Literatura sugerida para consulta
- ✓ Exercícios



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

2

Refino

É uma das operações mais importantes na fabricação de papéis de alta qualidade



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

3

Refino

Principal objetivo:

Melhorar a habilidade de

ligações entre fibras



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

4

Refino

Principal objetivo: Obter papéis de alta qualidade

papéis:

- o resistentes
- o superfícies lisa
- o boas características de impre.
- o combinações de propriedades (porosidade, bulk, opacidade, etc)

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz



5

Refino

✓ Tratamento mecânico

✓ Modificações das fibras



Propriedades desejadas

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz



6

Refino

Tratamento mecânico, com elevado consumo de energia



7

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Efeitos:

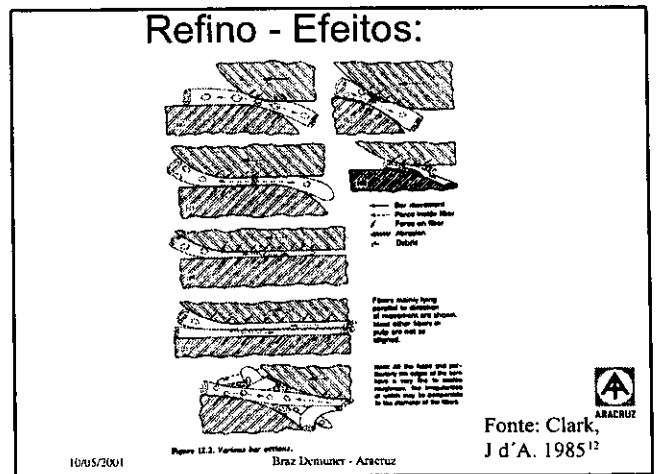
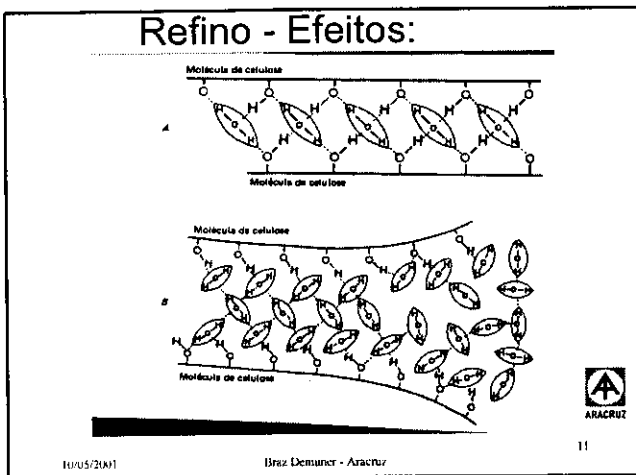
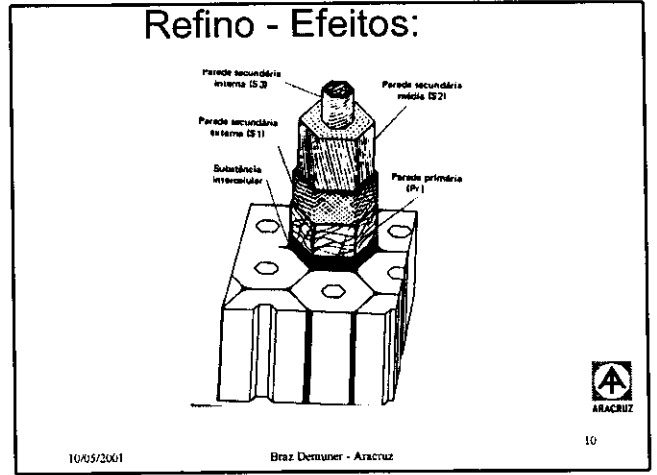
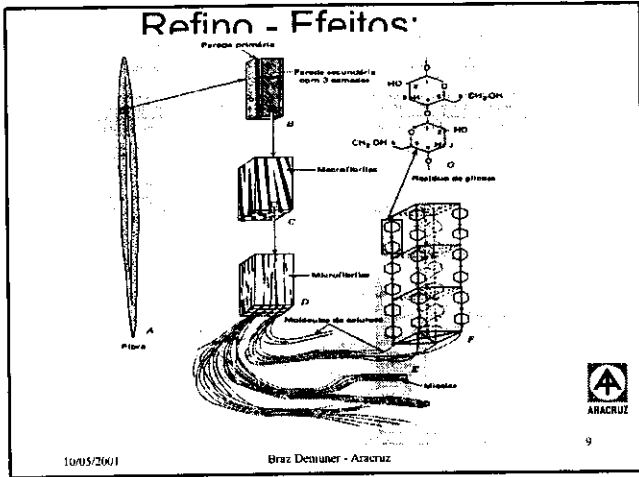
- o Remoção de parte da parede celular
- o Fibrilação externa
- o Fibrilação interna
- o Alterações estruturais internas da parede
- o Dissolução material coloidal
- o Redistribuição de hemiceluloses
- o Abrasão da superfície das fibras
- o Corte das fibras
- o Formação de finos
- o Endireitamento das fibras



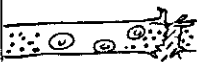


8

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz



Refino - Efeitos:

Shortening	External splitting	Internal splitting
		
Debris	Debris	No debris



Fonte: Clark, J
d'A. 1985

13

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Efeitos:

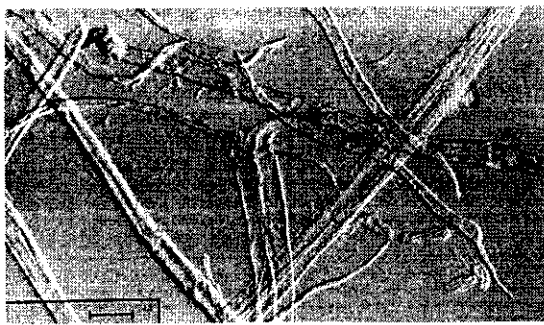


14

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Efeitos:



15

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Efeitos:

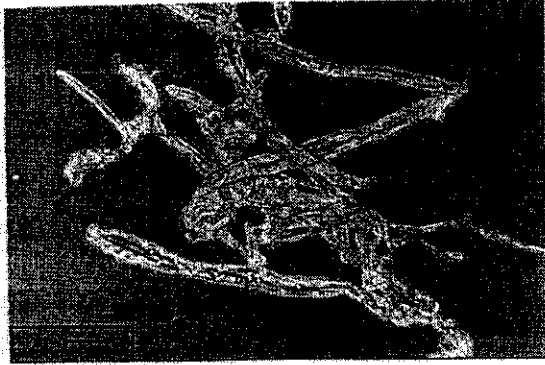


16

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Efeitos:



10/05/2001

Braz Dentuner - Aracruz

17

Refino - Efeitos:

- Criação de novas partículas
- Criação de novas superfícies
- Geração de modificações estruturais



Modificações irreversíveis



10/05/2001

Braz Dentuner - Aracruz

18

Refino - Efeitos:

- § Aumento da flexibilidade das fibras
- § Aumento do colapso das fibras
- § Aumento da área de ligação entre fibras



Propriedades desejadas



10/05/2001

Braz Dentuner - Aracruz

19

Refino - Alterações Propriedades:

Manta:

- aumento da resistência à drenagem
- aumento da resistência à remoção água
- aumento da retenção de cargas de químicos



10/05/2001

Braz Dentuner - Aracruz

20

Refino - Alterações Propriedades:

Folha de papel com maior:

- ☒ resistência à tração
- ☒ resistência ao estouro
- ☒ resistência interna da folha



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

21

Refino - Alterações Propriedades:

Folha de papel com:

Resistência ao rasgo:

⇒ para softwood - aumenta com o início do refino e logo é reduzida

⇒ Para hardwood (ex. eucalipto): aumenta muito e reduz somente com o refino prolongado



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

22

Refino - Alterações Propriedades:

Folha de papel com menor:

- @ bulk
- @ resistência ao ar (permeabilidade ao ar)
- @ absorção de líquidos
- @ opacidade / espalhamento de luz
- @ rugosidade da superfície

@ alvura - redução pequena



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

23

Refino: Efeitos e Alterações Propriedades:

Conclusões:

Muda irreversivelmente as características das fibras

Refino bem feito => objetivo atingido

Qualquer irregularidade => prejuízos (qualidade e custos)

É extremamente dependente do tipo de fibra e fundamentalmente do que se quer no produto final



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

24

Um vez que o refino é uma das operações mais importantes na fabricação de papéis de alta qualidade ...



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

25

Como o refino

Considerando que o refino muda irreversivelmente as características das fibras...



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

26

e como o refino

é um tratamento mecânico, com elevado consumo de energia...



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

27

Então, mais do que nunca é necessário entender e caracterizar o processo de refino

Na prática existem várias maneiras de caracterizar o refino...



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

28

Refino - Teorias - Termos úteis:

- Energia total
- Energia útil
- Energia Específica
- No load
- Eficiência de refino
- Configuração dos discos ou cones
- Ângulo de corte
- Comprimento de corte
- Carga específica de corte
- Intensidade de refino
- Frequência distribuição impactos
- Carga específica superfície
- C-Factor
- Eficiência cruzamento lâminas



29

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias - Termos úteis:

Eficiência de refino (E, %) :

$$E = [(Energia\ total - No\ load) / Energia\ total] \times 100$$



30

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino

O grau de refino tem sido quantificado por :

- **Energia específica**
- **Intensidade refino**



31

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino

$$E = N \cdot I$$

E = Energia específica refino
N = N° de impactos sobre a polpa
I = Intensidade dos impactos



32

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:

Datam desde 1887
Jagemberg introduziu os termos:

- ➡ comprimento de corte / s
- ➡ área de moagem

Ambos são ainda usados como base nos desenvolvimentos atuais



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

33

Refino - Teorias:

Termos comuns em refino de baixa consistência:

Energia total aplicada é dividida em:

- ➡ Energia líquida - trata as fibras
- ➡ "No Load" - determinado passando água entre os discos (bem abertos)



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

34

Refino - Teorias:

Carga Específica de Corte:

1958 - Wulsch & Flucher definiram o termo intensidade de refino (I)

Intensidade refino (I) = carga específica refino/comprimento de corte/s (CC)

CC = N°barras rotor x N°barras estator x Comp.barras x (rotação/60)

I = Pot. útil/CC



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

35

Refino - Teorias:

Carga Específica de Corte:

Brecht & Siewert demonstraram que o comprimento de corte tem um efeito 7 vezes maior que o efeito da superfície de corte



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

36

Refino - Teorias:

Carga Específica de Corte:

1966 - Brecht & Siewert definiram o termo intensidade de refino (I) comosendo a carga específica de corte (CEC)

CEC ou I (Ws/m) = Pot. útil (kW)/Comprimento corte (CC, Km/s)



37

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias: Carga específica de corte

$$S.E.L. = \frac{\text{NET POWER (kW)}}{\text{CUTTING LENGTH (km/sec)}}$$

$$S.E.L. = \frac{\text{TOTAL POWER - MOTOR LOAD}}{\text{NR X NS X L X RPM}}$$

NR = Number of Rotor Bars
NS = Number of Stator Bars
L = Effective Length of the Bars in km
RPM = Revolution per minute

$$\text{NET SPECIFIC ENERGY} = \frac{\text{NET POWER (kW)}}{\text{FLOW RATE (TON/H)}}$$

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:

Entretanto, a teoria da CEC não incorpora os seguintes fatores:

- **material das barras leading bar edges**
- **afiação das barras**
- **largura das barras**
- **rugosidade das barras**
- **profundidade dos canais**
- **características das fibras (ex. comprimento, coarseness, etc)**
- **consistência da suspensão**



39

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:

Meltzer (1994) - expandiu o conceito de CEC com o impacto do ângulo das barras

Definiu que a eficiência de uma barra cruzar uma outra contra barra = comprimento da barra (L) x tan ângulo barra

Depois incluiu o efeito largura barras e canais e definiu como:

largura barras / (larg.barras + larg.canais)



40

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:

Após isto, Meltzer definiu o termo comprimento de corte modificato (CCM)

$$CCM = CC \times 2 \times \tan(\text{ângulo barras}) \times \text{largura barras} / (\text{largura barras} + \text{largura canais})$$

com isto definiu CEC Modificada

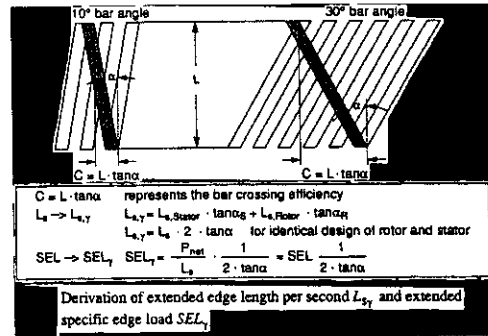


10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

41

Refino - Teorias:

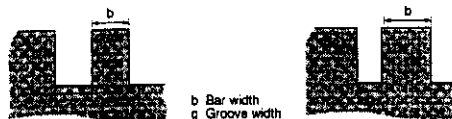


Fonte: Meltzer (1994)

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:



$\frac{b}{b+g}$ considers refining work of bar surface and probability of a fibre being treated
 $L_{s,7} \rightarrow L_{s,7M}$ $L_{s,7M} = L_{s,Stator} \cdot \tan(\alpha_s) \cdot \frac{b_s}{b_s + g_s} + L_{s,Rotor} \cdot \tan(\alpha_r) \cdot \frac{b_r}{b_r + g_r}$
 $L_{s,7M} = L_s \cdot 2 \cdot \tan(\alpha) \cdot \frac{b}{b+g}$ for identical design of rotor and stator
 $SEL_7 \rightarrow$ Modified Edge Load MEL $MEL = SEL \cdot \frac{1}{2 \cdot \tan(\alpha)} \cdot \frac{b+g}{b}$

Derivation of modified edge length per second $L_{s,7M}$ and modified edge load MEL



Fonte: Meltzer (1994)

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

43

Refino - Teorias:

Luminaine (1990)

Desenvolveu modelo que permite comparar desenhos (config.) com diferentes larguras de lâminas (definiu a carga espec. superfície (CES))

$$CES (Ws/m^2) = CEC / \text{comprimento contato barras}$$



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

44

Refino - Teorias:

Luminaine (1990)

$$CES (Ws/m^2) = [(Ws + Wr)/2\cos(a/2)] \times CEC$$

Ws = larg. barras estator
Wr = larg. barras rotor
a = ângulo corte



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

45

Refino - Teorias:

Musselman (1997), modificou a teoria da CES, a partir do fato que o rotor é principal responsável pelo desenvolvimento das fibras.

$$CES \text{ modificada } (Ws/m^2) = [Wr/2\cos(a/2)] \times CEC$$

Wr = larg. barras rotor
a = ângulo corte



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

46

Refino - Teorias:

Kerekes (1990) - definiu C-Factor

C-Factor = f(geometria discos, rotação, consistência, comprimento fibras, coarseness)

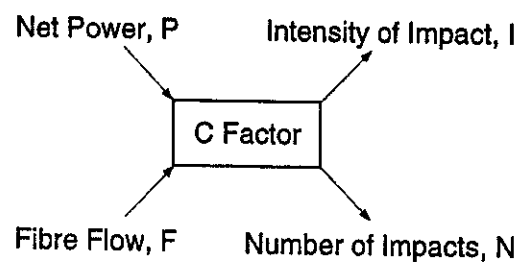


10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

47

Refino - Teorias:



Fonte: Kerekes (1990)



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

48

Refino - Teorias:

The C-Factor for a disc refiner for a simplified case (small gap size, similar bar pattern on rotor stator), is given below:

$$C = \frac{2 \pi^2 G D \rho C_p 4n^2 \omega (1 - 2 \sin \phi) (R_2^2 - R_1^2)}{3 w (1 - D)}$$

While this appears to be complex, in most cases it merely requires substitution of the appropriate values for the variables, which are:

- G groove width (m)
- D groove depth (m)
- g groove width (m)
- ρ density of the pulp suspension (approx. equal to 1000 kg/m³)
- C_p consistency (fraction)
- n number of bars per unit arc length (m⁻¹)
- ω fibre content (kg/m)
- φ bar angle from radius (deg)
- R₂ outer radius of refining zone (m)
- R₁ inner radius of refining zone (m)
- l fibre length (m) (length-weighted average)
- ω angular velocity (rev/s)



Fonte: Kerekes (1990)

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:

Relationship Between SEL and I Determined from C-Factor

Using integral calculus to determine the number of bar crossings, (as in the derivation of the C-Factor), the SEL can be expressed in terms of plate and refiner variables in a way that allows direct comparison of SEL to I calculated from the C-Factor. For a disc refiner, this is given by (see Appendix 1 for details):

$$I = \frac{1}{\rho C_p} \left(\frac{1}{D} \right) \left(\frac{1}{G} \right) \frac{SEL}{2 (\cos^2 \phi + 2 \cos \phi \sin \phi)} \quad (6)$$

Fonte: Kerekes (1990)



50

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:

	Softwood	Hardwood
f (mm)	1.94	0.7
w (kg/m)	1.7 x 10 ⁷	1.0 x 10 ⁷
C	0.03	0.03
W/G	1	1
D (mm)	8	8
φ (°)	10	10
SEL (W·s/m)	2.0	0.2
I (J/imp)	5.5 x 10 ⁴	0.8 x 10 ⁴
I _s = J/Impact/kg	1.6 x 10 ⁴	1.1 x 10 ⁴



51

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:

N(no impactos) = C-Factor/Fluxo

I (intensidade) = Energia Útil /C-Factor



52

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Refino - Teorias:

C-Factor :

teoria mais rigorosa e fundamentada já desenvolvida

baseada nas outras teorias bem conhecidas (carga específica de corte e superfície de corte)

adequada para determinadas condições de refino, mas desgaste das lâminas pode afetá-lo



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

53

Refino - Teorias:

C-Factor : Entretanto,

Uma vez que não é fácil determinar o impacto dos desgastes das lâminas, necessitando de cálculos complicados, esta teoria não tem sido muito usada.



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

54

Refino - Teorias:

Ouellet (1999) comparou todos os mais recentes modelos e concluiu que a Energia Específica por Impacto (S), derivada do C-Factor, foi a mais útil, uma vez que apresentou uma curva comum, para todas as polpas e condições de refino testadas.



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

55

Refino - Teorias - Conclusões

Teoria da Carga Específica de Corte (CEC) => Modelo mais utilizado atualmente

Grandes evoluções já ocorreram a partir do modelo CEC

Tendência mundial para usar CEC cada vez mais baixo para o refino de polpas de fibras curta (hardwood)

O conceito mais fundamentado atualmente é o do C-Factor, sendo que a Energia Específica por Impacto (S) parece ser a que melhor representa os resultados do refino

Apesar dos desenvolvimentos, refino é ainda uma operação cara. O consumo de energia é ainda muito além do que realmente parece ser necessário para obter os resultados desejados nas fibras



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

56

Parâmetros importantes do refino

Carga Específica de corte = Intensidade refino

Energia de refino: energia útil (ação refino) e
energia total = custo e projetos

Desenho / configuração discos e cones
(incluindo: N° e largura barras, Largura e
profundidade dos canais e Ângulo de corte)

Rotação

Consistência da massa



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

57

Parâmetros importantes do refino

Carga Específica de corte = Intensidade refino

Quanto maior => maior tendência de corte

Quanto menor => maior tendência de fibrilação
(maior resistência do papel)

Depende de cada tipo de fibra



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

58

Parâmetros importantes do refino

Consistência da manta afeta:

espessura da manta entre os elementos refinadores
tempo de residência das fibras (flocos) dentro do
refinador

altera as propriedades

afeta o consumo de energia

depende de cada tipo de fibras



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

59

Parâmetros importantes do refino

Desenho / configuração discos e cones
(incluindo: N° e largura barras, Largura e
profundidade dos canais e Ângulo de corte)

Ângulo de corte afeta:

corte ou fibrilação

Configurações com barras e canais de iguais larguras,
mas com diferentes ângulos apresentam diferentes
características de operação e de CEC



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

60

Parâmetros importantes do refino

Bar angle: α
 Cutting angle:
 $\gamma = \alpha_S + \alpha_R$ Or
 $\gamma = 2 \times \alpha$ for $\alpha_S = \alpha_R$

10/05/2001 Braz Detmuer - Aracruz 61

Parâmetros importantes do refino

Desenho / configuração discos e cones
 (incluindo: N° e largura barras, Largura e profundidade dos canais e Ângulo de corte)

Profundidade e largura dos canais afetam:

- no load
- eficiência do refino
- pressurização interna do refinador (menor profundidade alivia a pressão, reduz a turbulência e melhora o bombeamento)

10/05/2001 Braz Detmuer - Aracruz 62

Parâmetros importantes do refino

Energia de Refino:

Afeta o n° de impactos

Relacionada com a economia do refino

Muito influenciado pelo desenho, rotação e tamanho do refinador

10/05/2001 Braz Detmuer - Aracruz 63

Parâmetros importantes do refino

Desenho / configuração discos e cones
 (incluindo: N° e largura barras, Largura e profundidade dos canais e Ângulo de corte)

Às vezes é a forma mais cuto / benefício de se alterar o refino

pode passar de ação de corte para ação de fibrilação

economia de refino pode ser 40 a 60%, com a troca de desenhos de discos (cones)

10/05/2001 Braz Detmuer - Aracruz 64

Parâmetros importantes do refino

Desenho / configuração discos e cones
(incluindo: N° e largura barras, Largura e profundidade dos canais e Ângulo de corte)

N° e largura das lâminas afetam:

comprimento de corte

intensidade de refino

A escolha depende de cada tipo de polpa



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

65

Parâmetros importantes do refino

Desenho / configuração discos e cones
(incluindo: N° e largura barras, Largura e profundidade dos canais e Ângulo de corte)

Material das lâminas afeta:

desgaste (corte) => influencia vida útil e o resultado do refino

Material mais usados: aço, aço inox e liga de Ni



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

66

Parâmetros importantes do refino

Desenho / configuração discos e cones

Rotação afeta:

comprimento de corte

no load

carga específica de corte

>rotação => > no load

<rotação => reduz energia sem afetar propriedades

rotação incorreta => grande fonte de desperdício de energia

variador de velocidade => velocidade constante



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

67

Parâmetros importantes do refino:

Inclusões:

São muitas as opções - desde modelos que permitem do corte à fibrilação das fibras

O importante é saber fazer a escolha certa

Modelos estão evoluindo para permitir baixa intensidade de refino x elevado número de impactos



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

68

Tipos de Refinadores:

Holandesa:

Primeiro equipamento de refino
Realiza moagem suave e homogênea
Elevado consumo de energia



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

69

Tipos de Refinadores:

Cônicos:

Tipicamente:

Permitem pequenos ajustes na abertura entre as superfícies de trabalho
Existe uma única zona de tratamento
Acesso para manutenção é difícil (depende do modelo)



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

70

Refinadores:

Cônicos:

- a) Jordan
- b) Claflin
- c) Conflo

Triconic - a ser discutido no final, como recentes desenvolvimentos



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

71

Refinadores:

Cônicos: a) Jordan

ângulo ao redor de 10°
vários tamanhos e capacidades disponíveis
lâminas grossas=> corte das fibras
lâminas estreitas=> bom desenvolvimento da resistência
número de lâminas é limitado
elevado consumo energia (elevado no load)
baixa eficiência (<50%)
dificuldade acesso para manutenção
baixa capacidade
uso cada vez mais reduzido



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

72

Refinadores:

Cônicos: b) Claflin

ângulo ao redor de 30° (grande ângulo)
operam com grande área de trabalho e baixa
velocidade
necessitam baixa potência instalada
configurações (geometrias) vão desde para
corte até completa fibrilação
robusto
vida útil longa
lâminas compridas



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

73

Refinadores:

Cônicos: b) Claflin (cont)
velocidade típica do rotor = 360 rpm
baixa velocidade periférica (1600 a 2000 m/min)
novos desenhos, com geometrias com barras e
canais muito mais estreitos
Muito bom para refinar polpasso softwood



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

74

Refinadores:

Cônicos: c) Conflo
ângulo ao redor de 20° (médio ângulo)
lâminas ainda mais longas que no Claflin
cantilever => fácil acesso para manutenção
diferentes desenhos (geometrias) disponíveis
mais popular



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

75

Refinadores:

Cônicos: c) Shallow-angle
desenvolvimento recente derivado do grande ângulo
o termo deriva do ângulo de cruzamento entre as
lâminas, que é menor e no grande ângulo
vantagens: baixo no load e grande área de refino e
ainda mais fácil manutenção
profundidade das lâminas é menor que nos outros
modelos cônicos (baixo no load)
muito mais desenhos / geometrias que nos outros
modelos cônicos
alta eficiência
permite baixa intensidade de refino



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

76

Refinadores:

Discos:

- a) Disco único (Single disc)
- b) Discos duplos (Double disc)

Múltiplos discos (Multi disc) - Será discutido em recentes desenvolvimentos



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

77

Refinadores:

Discos:

- a) Disco único (Single disc)

Normalmente usado em refinamentos de alta consistência, porque a eficiência é baixa em refinamentos de baixa consistência



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

78

Refinadores:

Discos:

- b) Discos duplos (Double disc)
- Exemplo a): Twin Flo (Voith) e o Double disc da Andritz
disponíveis em 5 diferentes tamanhos
capazes de acomodar pelo menos 2 tamanhos de discos
discos variando de 18 a 55 polegadas de diâmetro
potência variando de 200 a 3000 kW
ajustes dos discos através de dispositivo eletrônico



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

79

Refinadores:

Discos:

- b) Discos duplos (Double disc) - continuação
- Exemplo b): Série DD 4000 da 'Beloit"
disponíveis em 5 diferentes tamanhos
capazes de acomodar pelo menos 2 tamanhos de discos
discos variando de 16 a 46 polegadas de diâmetro
potência variando de 260 a 1900 kW
cantilever para manutenção - fácil acesso
ajustes dos discos através de dispositivo eletromecânico



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

80

Refinadores:

Discos:

b) Discos duplos (Double disc) -continuação

alta eficiência
bom potencial para tratamento das fibras, em
função das 2 zonas de refino
alta flexibilidade operacional (muitos desenhos
discos disponíveis)



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

81

Refinadores:

Discos:

b) Discos duplos (Double disc) -continuação

Com duas zonas de refino, permite operação
em série (MONOFLO) e em paralelo (DUÓFLO)

No sistema Duoflo => dobro da capacidade



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

82

Refinadores: Conclusões:

São muitas as opções - indo desde modelos
que permitem o corte à fibrilação das fibras

O importante é saber fazer a escolha certa

Modelos estão evoluindo para permitir baixa
intensidade de refino (elevado número de
impactos de baixa intensidade)



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

83

Sistemas de Refino

Em Série

Em Paralelo

Combinações dos dois

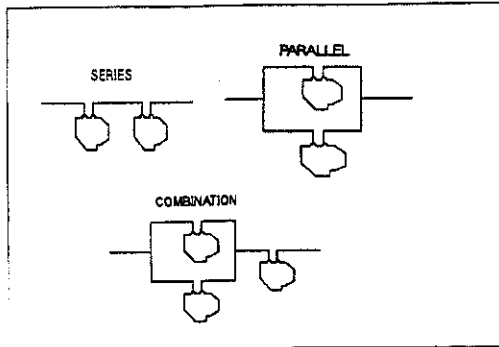


10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

84

Sistemas de Refino



85

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Sistemas de Refino

De polpas em Separado

De misturas de polpas

Pode ter um ou outro mais um refinador imediatamente anterior à máquina, para ajustes finais

Em ambos os casos, o nº de refinadores em série depende dos objetivos de refino e da capacidade



86

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Sistemas de Refino - Em separado ou em mistura

Seleção inicia com:

produto final

polpas disponíveis

variação da capacidade planejada



87

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Sistemas de Refino Separado ou em mistura

Seleção inicia com:

Depois....

consistência

configuração dos elementos refinadores

necessidade de energia útil

nº estágios recomendados



88

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Sistemas de Refino Em separado ou em mistura

Seleção inicia com:

Finalmente....

tamanho

rotação

potência dos refinadores



89

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Sistema de Refino: Conclusões:

Deve ser sempre um processo bem planejado e avaliado

Depende muito do que se quer no produto final

Depende muito das características das polpas disponíveis

Necessita avaliações permanentes x realizada da fábrica e necessidades do mercado



90

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Controle de Refino:

Condição	Controle	Sinal
Distância entre discos	Manual ou eletrônico	carga motor; energia refino; temperatura; SR ou CSF; vácuo couch; permeabilidade ao ar, comprimento de fibras, etc



91

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Controle de Refino

Controle de Refino:

Condição	Controle	Vantagens
Distância entre discos	Manual	Simples variações de consistência e de fluxo mudam automaticamente a carga do refinador
	Automático	a mais simples é pela potência carga motor no set point variações de consistência e fluxo alteram diretamente a energia específica

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz




92

Controle de Refino

Controle de Refino:


Condição	Causas	Sintomas
Energia específica (kWh/t)	Comportamento do efluxo e nível de mistura antes do trocador de mistura.	<p>excesso e flutu - não/7 ou/8 a 1000/1000 (2000 - 3000 (pot. 400))</p> <p>Flutu/8 - no nível - energia refinador</p> <p>igualidade a energia 800 (pot. 400) (nível de propriedade ajustado) - flutu - no nível. Assim a unidade 800 (pot. 400) e flutu a a consequente, consequente sistematicamente a carga do refinador, aumentando o valor de energia específica</p>



10/05/2001 93

Controle de Refino:

Condição	Controle	Sintomas
SR, CSF, temperatura, nível, permeabilidade do ar	se valores de controle para ficar a um ponto de controle de energia específica de refino	



10/05/2001 94


Braz Demuner - Aracruz

Controle Refino: Conclusões:

É crítico para uma boa performance de refino

A estratégia precisa ser muito bem definida e fundamentada no que se deseja no processo e no produto final

Fundamental para a qualidade e economia do refino




10/05/2001 95

Braz Demuner - Aracruz

Recentes Desenvolvimentos

- ✓ Refinador Múltiplos Discos (pela Beloit)
- ✓ Refinador Cônico (pela Pilão)
- ✓ Novas configurações de elementos refinadores (discos ou cones...)



10/05/2001 96

Braz Demuner - Aracruz

Recentes Desenvolvimentos

Refinador Múltiplos Discos (pela "Beloit")

- ✓ Este desenvolvimento é derivado de dois movimentos:
 - ✓ aumento do uso de celulose de fibra curta no furnish
 - ✓ recomendações para refino suave (baixa carga específica de corte) das celulose de fibra curta



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

97

Recentes Desenvolvimentos

Refinador Múltiplos Discos (pela "Beloit")

- ✓ Consiste em alternar elementos estatores e rotores
- ✓ Enquanto o DD tem duas zonas de refino, o múltiplos discos tem até 6 zonas
- ✓ A intensidade de refino é 25 a 30% menor que os menores valores obtidos com refinadores DD



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

98

Recentes Desenvolvimentos

Refinador Cônico (Triconic, pela Pilão)

- ✓ Este desenvolvimento foi baseado no Tri-Disc, da Pilão
- ✓ Derivou também do refinador cônico de fluxo duplo, incorporando o rotor de dupla face, de grande ângulo e dois estatores, o que aumenta a performance e a capacidade, reduzindo o consumo de energia
- ✓ Está em fase de testes industriais



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

99

Recentes Desenvolvimentos

Novas configurações (desenhos) de elementos refinadores:

- ✓ Caminha na direção de atingir baixa carga específica de corte, permitindo:
 - ✓ tratamento mais suave
 - ✓ maior fibrilação (ao corte)
 - ✓ maior economia do processo



10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

100

Recentes Desenvolvimentos: Conclusões:

Muito pouca evolução ao longo dos últimos 40 anos

Refino é ainda uma "caixa preta", com elevado consumo de energia e tremendas alterações nas fibras (nem sempre as desejadas)

Visão de futuro:

a) alterações rápidas para adiar baixo CEC para celulosas fibras curtas

b) Caminhar para o entendimento e uso do C-factor (incorpora características das fibras)



101

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Exercícios

1) Comprimento de corte (km/s)

✓ Calcular o comprimento de corte (km/s) do disco ilustrado a seguir, considerando:

✓ Disco único, com rotor exatamente igual ao estator

✓ Usar como exemplos os dados obtidos para os segmentos A e B (ilustrados a seguir)

✓ O resultado da medição para o segmento A foi de 30200 cm

✓ O resultado da medição para o segmento B foi de 29800 cm

✓ Rotação adotada de 1000 rpm



102

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Exercícios

2) Carga Específica de Corte (Ws/m)

✓ Para o exercício anterior (nº 1), se a energia total gasta foi de 120 kW e o no load é de 40 kW, então calcular a Carga Específica de corte, em Ws/m)



103

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Exercícios

3) Carga Específica de Corte Modificada (Ws/m)

✓ Para o exercício nº 1, calcular a carga específica de corte modificada (segundo Meltzer), considerando:

✓ Largura das lâminas = 2 mm

✓ Largura dos canais = 3 mm

✓ Profundidade dos canais = 10 mm

✓ $\tan(\delta) = 0,0787$



104

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Exercícios

4) Energia Especifica por Impacto (J/Impacto/fibra)

- ✓ Para o exercício nº 1, calcular a energia especifica por impacto (segundo Kerekes), considerando:
- ✓ Comprimento da fibra = 0,7 mm
- ✓ Coarseness da fibra = 1×10^7 km/m
- ✓ Consistência (fração) = 0,05
- ✓ Largura lâminas / Largura canais = 0,67
- ✓ Profundidade dos canais = 10 mm
- ✓ $\tan(\delta) = 0,0787$
- ✓ Ângulo barra = 5°
- ✓ Carga Especifica de corte = 1 ws/m

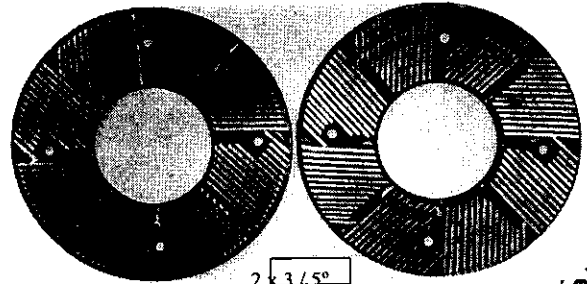


105

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Exercícios

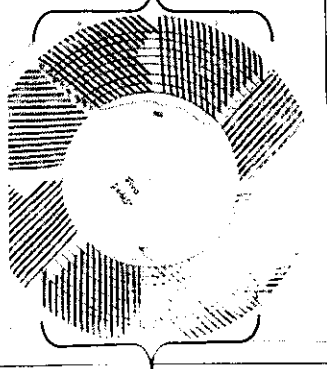


106

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Exercícios

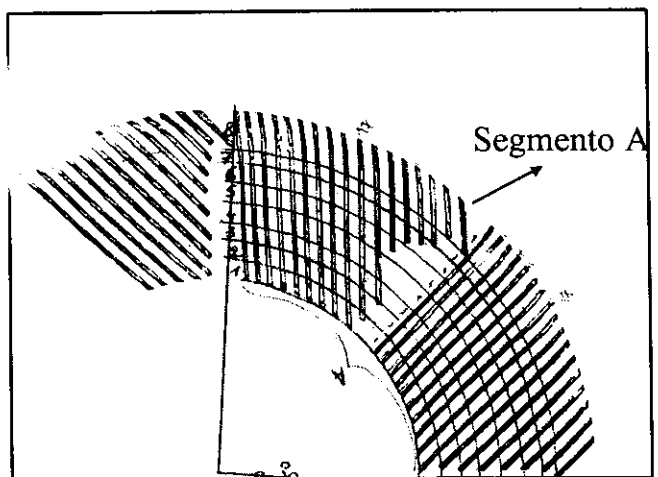


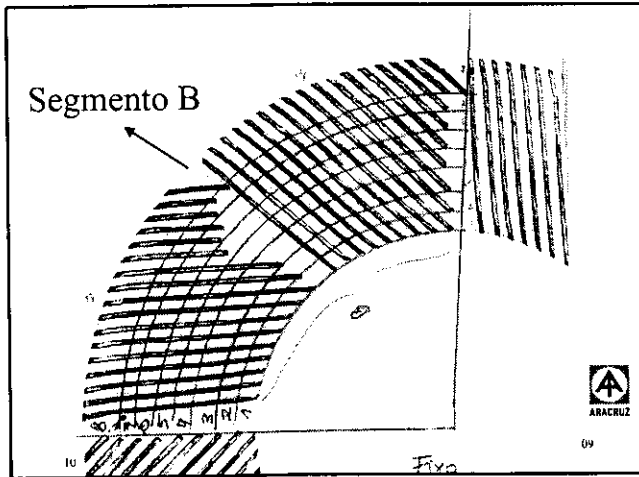
107

10/05/2001

Braz Demuner - Aracruz

Segmento A





Literatura sugerida para consulta:

Paulpuro, H. **Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End.** Published by Tappi and FPEA. Helsinki. 2000. 461p.

Peel, J.D. **Paper Science and Paper Manufacture.** Published by Angus Wilde Publications Inc. Vancouver. 1999. 272p.

Biermann, C. **Handbook of Pulping and Papermaking.** 2nd Ed., Academic Press. Oregon. 1996. 754p.

Clark, J.d'A. **Pulp Technology and Treatment for Paper.** 2nd Ed., Miller Freeman Pub. San Francisco. 1985. 878p.

PIRA. **Proceedings das Conferências de Refino de 1991, 1993, 1995, 1997, 1999 e 2001.** Coordenação de Colin Baker.

10/05/2001

Braz Dentuer - Aracruz

110