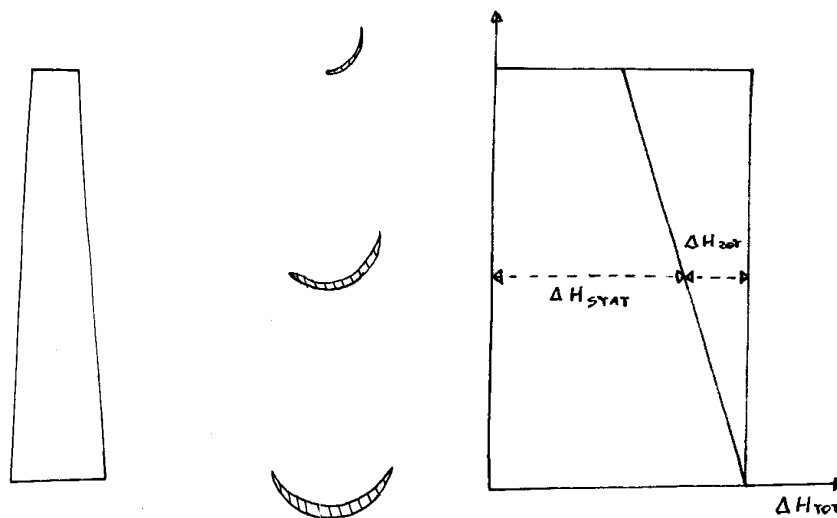


Dal punto di vista del disegno una pala svergolata può quindi presentarsi con una rappresentazione tipo indicato. Se effettuiamo tre sezioni radice apice e in una intermedia potremo vedere tre sezioni di questo genere. Alla radice potremo avere una sezione



simmetrica che corrisponde ad una macchina ad azione, nella sezione intermedia si ha un grado di reazione intermedio tra 0 e 0.5 mentre all'apice si può avere nel caso di stadio di bassa pressione un grado di reazione maggiore od uguale a 0.5. In questo caso la pala avrà la sua tipica sezione con β_1 uguale di 90° .

Naturalmente possiamo anche fare il diagramma del salto entalpico totale ripartito tra statore e rotore. Dal diagramma si vede che il salto entalpico alla radice della pala è completamente statorico, esso diminuisce andando verso l'apice, di pari passo in cui aumenta la quota rotorica. All'apice dove la palettatura ha grado di reazione 0.5 abbiamo l'equaripartizione del salto entalpico tra statore e rotore.

COSIDERAZIONI PER L' ALTA PRESSIONE

Per quanto riguarda i problemi che si verificano in alta pressione il problema è diametralmente opposto. Mentre in corrispondenza della bassa pressione l'elevato volume specifico del fluido derivante dall'alta dilatazione del fluido che accompagna l'espansione richiede a parità di portata sezioni molto elevate, in alta pressione invece il piccolo volume specifico del fluido cioè la densità elevata del fluido fanno sì che a parità di portata di progetto e quindi a parità di condizione che merita tale portata la sezione da destinare al fluido sia molto modesta. Se valutiamo la portata su una sezione generica di un qualsiasi stadio in corrispondenza di un elemento sia statorico che rotorico, è esprimibile come:

$$M = r \cdot c_a \cdot \Omega \quad \Omega = p \cdot D \cdot l \cdot e$$

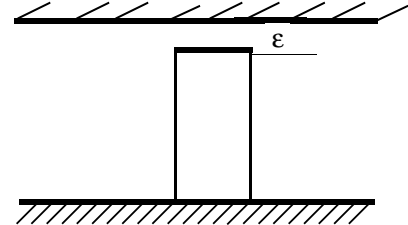
e : coefficiente di ostruzione inferiore ad 1 tiene conto dello spessore palare esso tenderà a 1 nella misura in cui lo spessore palare tende 0.

D : diametro medio

Mentre in bassa pressione ci troviamo di fronte ad alti rapporti l/D che sono necessari per realizzare grandi sezioni di cui il fluido ha bisogno per effetto della bassa densità, quando ci troviamo nei primi stadi della macchina, cioè in alta pressione, il fluido è estremamente compresso, la densità è molto elevata, per cui a parità di portata di progetto, abbiamo bisogno di sezioni modeste. Possiamo lavorare anche su c_a ma limitatamente perché è condizionato dal grado di reazione dello stadio e dalla condizione di stabilità sulla palettatura, cioè dalla legge di proporzionalità tra σ e u^2 di cui abbiamo discusso.

Nel primo stadio di una turbina a vapore, in alta pressione, abbiamo al suo ingresso vapore a 150-180 bar e temperature dell'ordine di 540°. Facendo i calcoli dell'altezza della pala necessaria per uno stadio di questo genere possiamo trovare altezze di palettatura assurde, al limite di pochi millimetri (4-5 mm). Una altezza di palettatura di questo tipo non è tollerabile, perché se l è l'altezza della pala ed ε il gioco, dato che, il valore di ε non dipende in grossa misura da l , ma è imposto da tecniche e limitazioni di ordine costruttivo, sarà dell'ordine di alcuni centesimi. Nella misura in cui riduciamo l , amplifichiamo l'incidenza percentuale dello

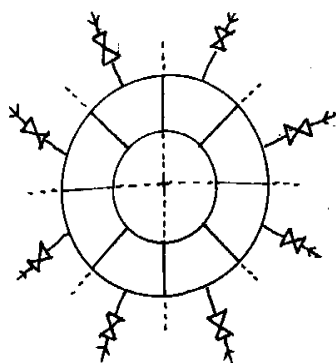
strato limite del flusso sulla sezione, per cui ci troviamo in presenza di rendimenti volumetrici molto bassi, perché il rendimento volumetrico in ogni caso sia $R=0$ che maggiore di 0 cala spaventosamente nella misura in cui il rapporto ε/l aumenta. Per salvaguardare il rendimento volumetrico e per far sì che lo spessore dello strato limite non giochi un



influenza dominante nella sezioni di passaggio del fluido, con il che le prestazioni della macchina decadrebbero ulteriormente, in virtù della occupazione eccessiva dello spazio da parte dello strato limite e anche dall'induzione di turbolenze locali, si rende necessario realizzare anche negli stadi di alta pressione, là dove la pala assume dimensioni più contenute, palette con altezza non inferiori a 20-25 mm. Questo è un limite inferiore a cui si attengono tutti i costruttori del mondo, perché, le esigenze sono sempre quelle non dipendendo dalla filosofia costruttiva, ma bensì dalle leggi con cui il fluido è soggetto e alle proprie vicissitudini fluidodinamiche. E' chiaro che non possiamo lavorare sulla densità, in quanto essa non può essere modificata, essendo quella di progetto per l'ingresso in turbina (tanti bar, tanti C°). La c_a è modificabile solo entro certi limiti, poiché deve essere adeguata alla portata, deve soddisfare la condizione di massimo rendimento, nel senso che u è nota, e una volta che sia prefissato il grado di reazione, il triangolo è disegnato, quindi è nota pure c_a . Quindi la scelta di u e di α_l per motivi funzionali è limitata in un campo ristretto. La scelta del grado di reazione determina il valore di c_a , quindi non abbiamo molto su cui operare, a parte il rapporto l/D il quale condiziona insieme a u il valore di σ . Allora non potendo operare su questi termini, ci rimane che il diametro D , ma su D in che misura possiamo agire? Il diametro non lo possiamo ridurre ad un certo limite, perché ridurre il diametro oltre un certo valore produrrebbe complicazioni costruttive e funzionali della macchina, anche dal punto di vista della accessibilità e della realizzazione pratica della stessa. A questo punto troviamo l su cui operare. L'altezza l d'altra parte, per i motivi accennati, non può scendere al di sotto di 20-25 mm e allora non ci resta che parzializzare la sezione di ammissione del fluido

TECNICA DI PARZIALIZZAZIONE

Nei primi stadi delle macchine, soprattutto nelle grandi grandissime taglie, ove il vapore entra con densità grandissima e con volumi specifici molto piccoli, si rende necessario parzializzare l'ingresso del fluido stesso, quindi distribuirlo non sull'intera corona periferica ma soltanto in una sua porzione. Per fare questo, il distributore della macchina non può più essere una corona palettata ma deve essere realizzato semplicemente praticando dei condotti (ugelli) nel pieno



$$x = \frac{q_{\text{distribuzione}}}{2p}$$

$q_{\text{distribuzione}}$: angolo di distribuzione effettivo

$2p$: corrisponde all'intero sviluppo angolare della corona periferica della turbina

toroidale solidale alla cassa della macchina in corrispondenza dell'elemento in questione. Possiamo ripartire la distribuzione del fluido soltanto su alcuni settori, alcuni dei quali saranno attivi mentre altri potranno

essere resi attivi, oppure intercettati, attraverso opportune valvole destinate a funzionare a tutto-niente, completamente chiuse o completamente aperte. La macchina nasce già parzializzata nella potenza nominale, cioè quella di progetto. L'azionamento delle valvole per intercettare alcuni dei settori sede dei distributori, servirà soprattutto in sede di regolazione, quando si voglia operare direttamente sulla portata, si potrà agire aumentando la parzializzazione. Si definisce coefficiente di parzializzazione l'angolo di distribuzione θ oppure il coefficiente di parzializzazione, può avere un determinato valore in sede di progetto e può essere ulteriormente ridotto in sede di regolazione della macchina, operando la chiusura, ovvero l'intercettazione del fluido attraverso le valvole. A proposito della formula che esprime la legge con la quale cresce la tensione con il quadrato della velocità, vale quando si consideri esclusivamente agenti sulla pala, la forza centrifuga, trascurando gli effetti delle azioni superficiali agenti su di essa, che intercorrono tra fluido e palettatura. Naturalmente, anche con questa semplificazione la formula è valida solo per rapporti l/D molto piccoli, in condizioni di ipotesi di pala cilindrica. Per pale rastremate, avremo un abbassamento del baricentro rispetto a quello della pala piena, e questo non favorirà la sollecitazione centrifuga. La distorsione anche forte, che questa formula può dare luogo rispetta alla realtà quando venisse ciecamente applicata su una pala svergolata, ove gli effetti tridimensionali, non possono che indurre, le stesse azioni centrifughe, sollecitazioni torsionali e flessionali ossia di una sollecitazione composta, che deve essere analizzata in maniera realistica ai fini pratici, da richiedere l'analisi di uno dei tanti criteri di equivalenza che tutti noi conosciamo. Ogni casa costruttrice adotta il suo metodo per l'analisi ed il dimensionamento standardizzando ogni famiglia di macchine.