

67. Ugo SELLERIO. — **Produzione di neve artificiale da nebbie da aerosoli d'acqua.**

Riassunto. — L'impiego della « neve artificiale » da ghiaccio idrico assume al giorno d'oggi sviluppi sempre più notevoli sia per la conservazione di particolari derrate deperibili, sia per la prerrefrigerazione di veicoli da trasporto di dette derrate.

I sistemi in uso presentano vari inconvenienti, tra i quali non trascurabile quello dell'alto costo. Si suggerisce un metodo di produzione di neve artificiale a grana finissima, mediante il diretto congelamento dell'acqua contenuta in nebbie aereosoliche.

Résumé. — L'emploi de la « neige artificielle » produite avec de la glace hydrique prend tous les jours un développement plus important soit pour la conservation de denrées périssables soit pour la pré-réfrigération des véhicules pour transporter ces denrées.

Les systèmes en usage présentent divers inconvénients parmi lesquels le coût élevé n'est pas le moindre. On suggère une méthode de production de neige artificielle très fine en congelant directement l'eau contenue dans les brouillards des aerosols.

Summary. — The use of « artificial snow » from hydric ice is showing a more remarkable development every day both for the conservation of certain perishable goods and for the pre-refrigeration of the transport vehicles used for these goods.

The systems in use have a number of drawbacks, among which one that cannot be overlooked is the high cost. A production method is suggested which gives a very fine grain artificial snow, through the direct freezing of water contained in aerosol mist.

Zusammenfassung. — Die Verwendung von künstlichem Schnee aus Wasser-Eis nimmt heutzutage einen immer beachtlicheren Umfang an, sowohl zur Konservierung besonderer, verderblicher Lebensmittel, wie für die Vorkühlung der Kraftfahrzeuge, die zum Transport derartiger Lebensmittel bestimmt sind.

Die z. Z. üblichen Systeme bieten einige Nachteile, darunter nicht zuletzt denjenigen der hohen Kosten. Es wird eine Methode zur Herstellung künstlichen Schnees feinsten Körnelung vorgeschlagen, durch direktes Gefrierenlassen des in Aerosol-Nebeben enthaltenen Wassers.

Com'è noto, la tecnica della conservazione e del trasporto di numerose derrate deperibili si serve, per molti usi, di ghiaccio di acqua dolce

o salata che viene posto in strati alternati con la merce da conservare. La tendenza moderna è di ridurre vieppiù le dimensioni della pezzatura del ghiaccio, in conseguenza di numerosi studi biologici (dei quali non ci occupiamo) che hanno dimostrato come la buona conservazione di un prodotto è in certo qual modo una funzione inversa delle dimensioni medie della pezzatura della materia refrigerante. Conseguentemente, la tecnica ha diretto i suoi sforzi a produrre con metodi diversi ghiaccio in dimensioni sempre più piccole, ed ha chiamato impropriamente « neve artificiale » il ghiaccio così lavorato.

Un'altra applicazione della neve artificiale, che va acquistando un interesse crescente, è quella relativa alla prerrefrigerazione dei mezzi di trasporto terrestri mediante un miscuglio soffiato aria-neve; tale miscuglio ha un elevato calore specifico e consente di ridurre il tempo necessario per la prerrefrigerazione dei veicoli. Conseguentemente, riesce possibile: 1) aumentare la potenzialità delle esistenti gallerie di prerrefrigerazione; 2) ridurre le dimensioni delle gallerie in progetto; 3) effettuare la prerrefrigerazione, in caso di necessità, con idonei macchinari senza ricorrere a gallerie.

Al di fuori delle applicazioni industriali di grande importanza, è inoltre diffuso l'impiego del ghiaccio macinato per il raffreddamento di bibite e di frutta. In questi casi, l'uso di una macchina automatica semplice ed economica per la produzione diretta di neve artificiale riuscirebbe particolarmente utile e sarebbe per di più preferibile agli attuali sistemi di piallatura del ghiaccio in pezzi, in quanto escluderebbe qualsiasi operazione manuale, poco raccomandabile dal punto di vista igienico.

* * *

Esistono vari metodi per la produzione della neve artificiale e conviene passarli rapidamente in rassegna.

1°) Triturazione o piallatura fina del ghiaccio; si effettuano in diverse maniere che costituiscono materia di differenti brevetti.

2°) Sottoraffreddamento del ghiaccio a -20° C con conseguente formazione di una struttura microcristallina, e successiva frantumazione. Si ottengono cristalli assai piccoli e piuttosto omogenei. Il metodo è una variante perfezionata del precedente.

3°) Polverizzazione di acqua (dolce o salata) in celle refrigerate. L'acqua gela dando origine a microcristalli che si raccolgono sul pavimento delle celle.

4°) Refrigerazione di un cilindro che ruota attorno ad un asse orizzontale, lambendo una vasca d'acqua. Si forma un velo di ghiaccio che viene raschiato da un'apposita lama e si sbriciola in scaglie.

5°) Polverizzazione diretta di acqua contro un cilindro ad asse verticale od orizzontale. Si forma anche qui una crosta di ghiaccio simile a quella del caso precedente; il procedimento può considerarsi una variante perfezionata di quello sopra cennato.

I primi due sistemi sono ancora molto usati; il secondo è stato studiato in America ed è di origine assai recente. Essi richiedono però pialle o macine ed apparecchiature piuttosto costose.

Il secondo, poi, richiede in più il sottoraffreddamento del ghiaccio a -20° C e conseguentemente le isoterme inferiori dei cicli frigoriferi usati devono trovarsi a -22° C ÷ -25° C, rispetto ai -5° C ÷ -10° C comunemente usati, e quindi si abbassano i coefficienti di effetto utile dei cicli stessi, mentre cresce il consumo di energia motrice.

Il terzo sistema, dato il piccolo calore specifico dell'aria, richiede celle di grande volume ovvero forti circolazioni d'aria refrigerata; ora, a causa della elevata umidità relativa, le batterie refrigeranti si ostruiscono rapidamente per la brina e quindi è necessario o ricorrere a batterie doppie ovvero interromperne spesso l'esercizio per il necessario sbrinamento.

Il quarto ed il quinto metodo hanno il vantaggio di richiedere dimensioni d'ingombro più ridotte, rispetto ai precedenti, e di fornire, con un'unica apparecchiatura, direttamente ghiaccio in minutissima pezzatura.

E' opportuno, per maggior chiarezza di quanto segue, fare qualche considerazione sull'ultimo sistema. Qui, come si è accennato, l'acqua viene suddivisa e lanciata direttamente contro un tamburo ruotante refrigerato, formando una crosta di ghiaccio che viene successivamente raschiata e si sminuzza in piccoli frammenti a forma di scaglie o di granuli piccolissimi. Il funzionamento della macchina è continuo.

Il raschiatore deve esercitare un notevole sforzo meccanico in quanto deve scorteggiare la crosta dura formatasi e, di conseguenza, il tamburo viene ad essere sottoposto a sollecitazioni radiali.

I metodi accennati offrono quindi, per un motivo o per un altro, inconvenienti di vario genere che si potrebbero evitare qualora si riuscisse ad ottenere direttamente e con continuità microcristalli di ghiaccio in certo qual modo simili al pulviscolo che si forma quando i grandi cristalli di neve naturale vengono sminuzzati per l'azione meccanica del vento.

Si è quindi posta l'attenzione sul quinto metodo, sforzandosi di ottenere dei dispositivi atti ad evitare la formazione della crosta.

A seguito di esperienze, si è trovato che, se le goccioline vengono spruzzate lentamente sul tamburo, commiste ad aria, la crosta che si forma è assai meno densa. Arrivando a velocità assai basse, dell'ordine

di qualche decimetro al secondo, e se le gocce hanno piccoli diametri, la crosta si trasforma in una massa soffice, che viene agevolmente asportata dal tamburo, con il minimo sforzo. Si tratta quindi di ottenere goccioline d'acqua di dimensioni tali da rimanere sospese in un getto d'aria che si muove a piccola velocità.

In sostanza, il problema si riduce a quello della produzione di nebbie aerosoliche acquose.

A tale scopo sono stati presi in considerazione i vari metodi esistenti che possono raggrupparsi in due grandi categorie; la prima diretta alla produzione di aerosoli di piccolo diametro, da 0,003 a 20 micron, e la seconda alla produzione di aerosoli di grande diametro da 20 a 200 micron.

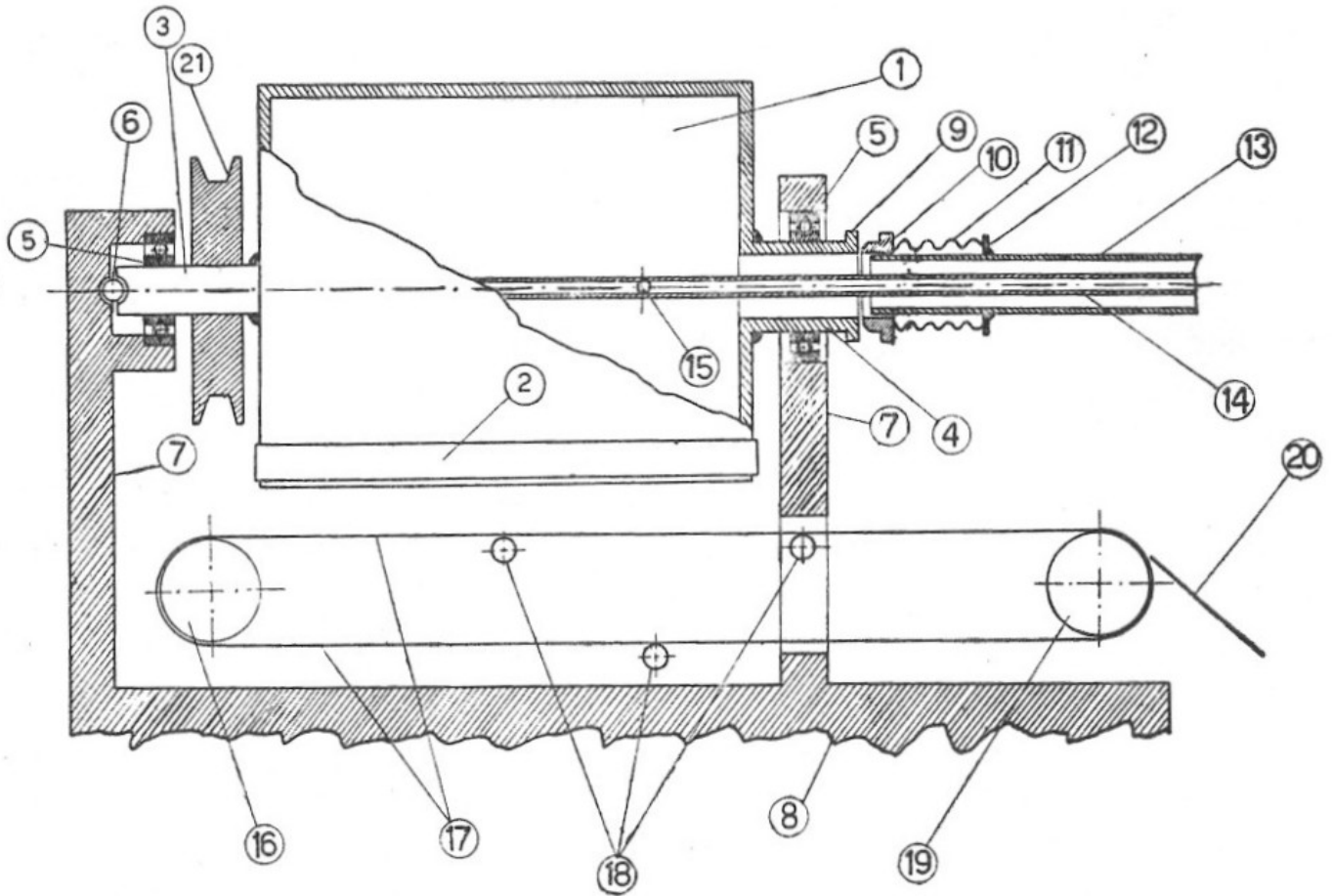
La prima categoria, dovuta principalmente a K. La Mer, riesce particolarmente utile per le applicazioni mediche ma non risponde adeguatamente al caso in questione.

Infatti, essa consiste nel vaporizzare un liquido mediante somministrazione di calore e quindi nel diluirne i vapori in un getto d'aria nel quale vengono fatti condensare sotto forma di nebbia. Nel nostro caso, il sistema sarebbe riuscito costoso poichè avrebbe richiesto quantità di calore notevoli (positive e negative) necessarie perchè si potessero produrre ben tre cambiamenti di stato, e cioè vaporizzazione, condensazione e solidificazione finale; in particolare, la macchina frigorifera avrebbe dovuto sottrarre anche le calorie necessarie per la condensazione del vapore d'acqua, che sono circa 6 volte di più di quelle occorrenti per la solidificazione del liquido, partendo dalla temperatura ambiente.

Si è quindi preferito polverizzare l'acqua ricorrendo ai normali spruzzatori ad aria compressa che permettono di ottenere aerosoli di diametro compreso tra 20 e 200 micron, oltre ad una certa aliquota di goccioline più grandi.

Per misurare l'ordine di grandezza delle particelle è superfluo, date le loro dimensioni, ricorrere ai complessi metodi ottici rifrattometrici in uso per i diametri più piccoli; basta dirigere la nebbia in un ambiente refrigerato ed esaminare al microscopio i cristalli di ghiaccio che si producono. In tal modo si riescono a determinare i diametri delle particelle nonché la loro distribuzione percentuale secondo l'ordine di grandezza. Inoltre, note le portate ponderali dell'aria e dell'acqua, si determina la concentrazione acquosa della nebbia. Si hanno così tutte le sue caratteristiche.

Con idonei separatori, si fanno depositare le particelle di diametro superiore ai 200 micron, e se ne può variare l'ordine di distribuzione e pervenire così ad ottenere quasi aerosoli monodispersi, tali cioè che la grandezza di distribuzione non si discosta più del 10% dal valore medio.



Tav. 1. - Rappresentazione schematica di una sezione longitudinale dell'apparecchio nella quale si vedono il tamburo refrigerato (1) col raschiatore (2) e con i collegamenti alla macchina frigorifera, nonché il nastro trasportatore (17), con la lama (20) della tramoggia ricettrice.

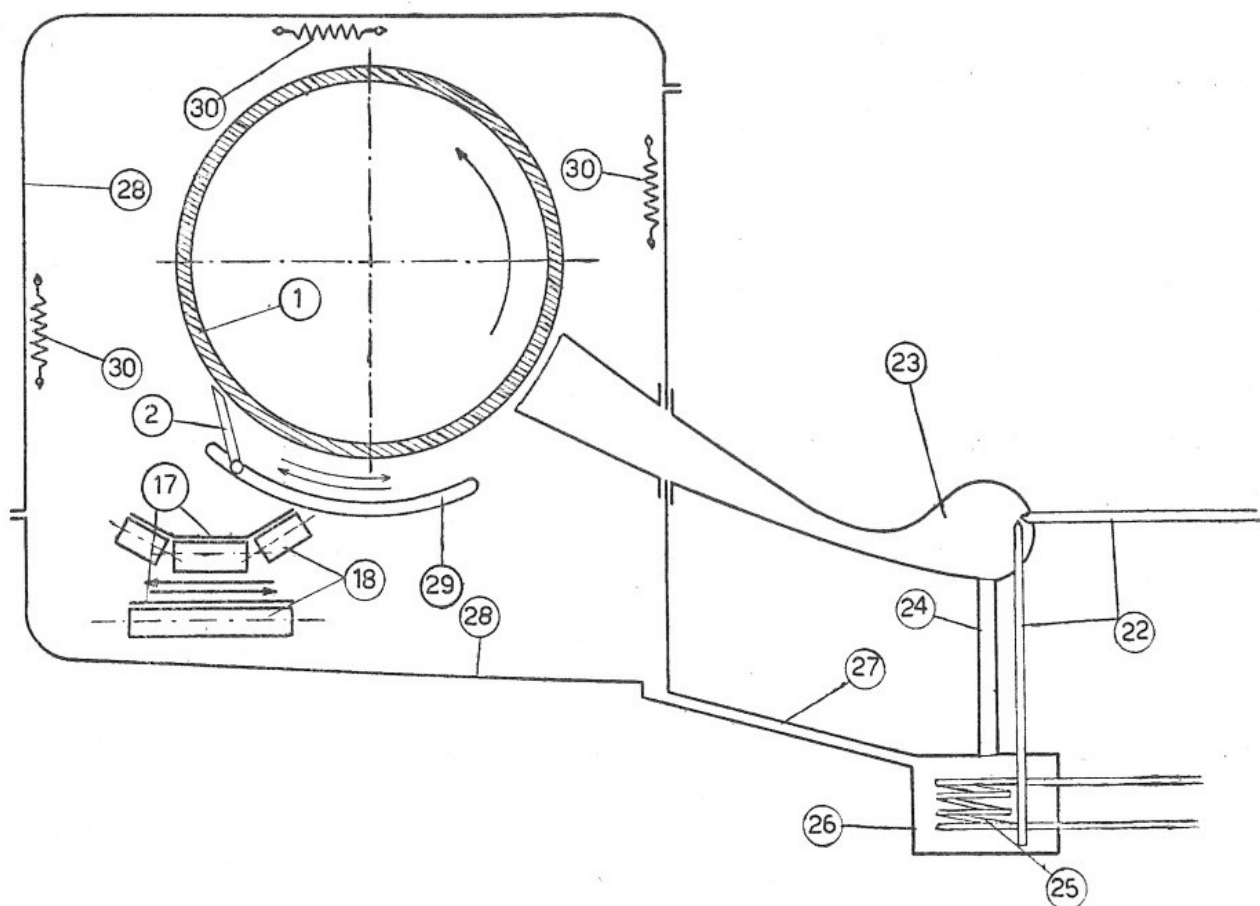
1) tamburo refrigerato; 2) raschiatore; 3) asse del tamburo; 4) asse cavo del tamburo; 5) cuscinetti portanti; 6) reggispinta; 7) supporti; 8) basamento; 9) sede rettificata di appoggio del premistoppa rotativo; 10) premistoppa rotativo munito di: 11) soffiello e di 12) contrasto fisso saldato alla 13) tubazione di ritorno del fluido refrigerante; 14) tubazione di mandata del fluido refrigerante; 15) ugelli distributori; 16) tamburo motore del 17) nastro trasportatore; 18) rullini di guida del nastro; 19) tamburo mosso; 20) lama della tramoggia di arrivo; 21) puleggia motrice del tamburo.

Ora, mentre da una parte si potrebbe desiderare di ottenere un pulviscolo di neve tanto più omogeneo, d'altro canto non conviene spingere la selezione delle particelle in quanto viene ad aumentare la quantità di acqua restituita nel separatore, mentre diminuisce la concentrazione acquosa della nebbia; si ha quindi una circolazione d'aria eccessiva rispetto alla quantità di neve prodotta.

Il problema più spinoso che si è presentato è stato quello della produzione di nebbie aerosoliche ad alta concentrazione, con le più piccole portate e velocità possibili dell'aria nei polverizzatori, in quanto questa lambisce il tamburo refrigerato apportandovi calore.

Una forte velocità dell'aria all'uscita degli ugelli, richiede pressioni elevate a monte, e quindi rapporti di compressione notevoli. Cresce quindi non solo il lavoro del compressore d'aria, ma anche la temperatura finale di questa, secondo la nota relazione:

$$T_f = T_i \left(\frac{p_f}{p_i} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad (1)$$



Tav. 2. - Rappresentazione schematica del tamburo ruotante (1) con il dispositivo di nebulizzazione (22) e (23), il raschiatore (2) ed il nastro trasportatore (17) con i rulli di guida (18). Sul carter (28) sono applicate delle resistenze elettriche per lo sbrinamento automatico.

Si nota anche il dispositivo di preraffreddamento dell'acqua (25) (26) azionato dalla stessa macchina frigorifera.

Il raschiatore ed il nastro trasportatore possono subire dei movimenti nel senso indicato dalle frecce, per individuare la zona migliore di raccolta e successivo convogliamento del nevischio.

22) tubazioni con relativi ugelli, per l'aria compressa (orizzontale) e per l'acqua (verticale); 23) separatore; 24) tubo di ritorno; 25) serpentina di preraffreddamento; 26) recipiente; 27) tubazione di restituzione di gocce e di scarico di sbrinamento; 28) carter; 29) guide del raschiatore; 30) resistenze per lo sbrinamento.

(gli indici f ed i si riferiscono rispettivamente alle condizioni finali ed iniziali) e, come conseguenza ultima, la macchina frigorifera dovrà sottrarre una maggiore quantità di calore al tamburo lambito dalla corrente d'aria riscaldata durante la compressione politropica.

Ora, la velocità u dell'aria all'uscita dagli ugelli è data dalla espressione:

$$u = \mu \sqrt{2 g (p_1 - p_2) v} \quad (2)$$

nella quale μ è un coefficiente di deflusso, p_1 la pressione a monte dell'ugello che è uguale alla pressione finale p_f di compressione, p_2 la pressione a valle che è uguale a quella iniziale p_i di compressione (cioè la pressione atmosferica) e v il volume specifico (che si può ritenere costante

quando $p_1 = p_2$ e quindi $T_f = T_i$ è piccolo); tenendo presente la relazione precedente avremo:

$$u = \mu \sqrt{2 g p_i \left[\left(\frac{T_f}{T_i} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 1 \right] v} \quad (3)$$

Essendo costante p_i la formula precedente si potrà scrivere:

$$u = c \sqrt{\left(\frac{T_f}{T_i} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 1} \quad (4)$$

relazione questa che lega tra loro velocità e temperature, e dice che quanto più bassa è la velocità di efflusso, tanto più piccolo è il rapporto $\frac{T_f}{T_i}$ e, quindi, tanto più piccola è la temperatura T_f che più ci interessa.

Dalla relazione (4) si deduce che, usando piccoli rapporti di compressione è conveniente adottare la ricircolazione dell'aria, facendo aspirare dal compressore quella che si è raffreddata nel carter della macchina, e che ha già depositato sulla pareti fredde del tamburo ruotante le goccioline di nebbia.

Le fig. 1 e 2 rappresentano, in maniera del tutto indicativa, una macchina del genere, prevista per il funzionamento continuativo. Un nastro trasportatore (17) può riuscire utile in parecchie applicazioni, specialmente a bordo delle navi da pesca. Sono previste resistenze (30) per lo sbrinamento del carter, ed un dispositivo per il preraffreddamento dell'acqua (25).

Il funzionamento è chiaro e, dopo quanto è stato premesso, si ritiene che le figure non richiedano particolari delucidazioni. In una prossima nota verranno riferiti i risultati ottenuti con un piccolo impianto sperimentale.