

Wijbenga info sheet 17:

IJskoud water maken

Inleiding

Voor specifieke processen zoals het wassen van levensmiddelen wordt water gevraagd dat zo ver mogelijk is gekoeld. Gert Wim Kreukniet van Wijbenga legt uit welke technieken hiervoor kunnen worden gebruikt. Als een watertemperatuur rond het vriespunt gevraagd wordt, is een verdampingstemperatuur onder het vriespunt noodzakelijk en is ijsvorming in de verdamper een gevaar. IJsvorming kan de waterstroming door de verdamper blokkeren en in warmtewisselaars lekkages veroorzaken. Als ijswater met behulp van een wisselaar geproduceerd wordt waarin de verdampingstemperatuur of de temperatuur van het primaire medium onder 0 °C ligt, is het mogelijk dat de oppervlaktetemperatuur aan de waterzijde ook onder het vriespunt ligt. Ook als de wateruitrede-temperatuur nog ruim boven 0 °C ligt, kan op punten waar weinig waterstroming is bevrozing ontstaan. Een uitrede-temperatuur boven 0 °C wil dus niet zeggen dat er geen bevrozing optreedt.

Uitgaande watertemperatuur

Bewaking van de uitgaande watertemperatuur is één van de beveiligingen die kunnen worden toegepast bij lage temperaturen. Nadert de uitgaande temperatuur 0 °C, dan moet worden ingegrepen. Daarnaast kan het drukverschil worden gemeten. Bij constant debiet is een verhoging van het drukverschil een indicatie voor bevrozing. Bij bevrozingsverschijnselen moeten de waterpompen blijven draaien, de waterintrede-temperatuur moet zo mogelijk worden verhoogd, en in geval van een verdamper dient de verdampingstemperatuur onmiddellijk te worden verhoogd. Om water te maken met een temperatuur lager dan 2 °C is een primaire temperatuur onder 0 °C nodig. Dit zal mogelijk bevrozing geven, voor de toegepaste warmtewisselaar kan dit een probleem zijn.

Falling film-koeler

Er zijn systemen waarbij bevrozing bij de productie van ijswater geen probleem vormt of zelfs in het ontwerp is meegenomen. Met behulp van een falling film-koeler (openingsbeeld) kan water worden geproduceerd met een temperatuur van 0,5 °C. Een falling film-koeler bestaat vaak uit een pakket pillow plates waarboven een waterverdeelsysteem is opgenomen waarmee het water over de buitenkant van de platen wordt verdeeld.

Dunne laag water over platen

Bij dit systeem loopt het water in een dunne laag (film) naar beneden over de platen. De platen worden inwendig gekoeld met een koudedragers zoals glycol, of door een verdampend koudemiddel, en hebben hierdoor een lage oppervlaktetemperatuur. Door het grote oppervlak en de dunne laag kan het water afkoelen tot vlak bij het vriespunt. Als het water op de platen bevroest levert dit geen schade op, want tussen de platen is zo veel ruimte gelaten dat deze niet snel dichtvriest. Wel neemt de capaciteit af als zich op de platen een ijslaag vormt. Het ijs is een isolerende laag tussen het koude plaatoppervlak en het af te koelen water. Om ijsopbouw op de platen te voorkomen, moet de verdampingstemperatuur of koudedragertemperatuur worden geregeld. De verdampingstemperatuur van een falling film-verdamper ligt rond -3 °C.



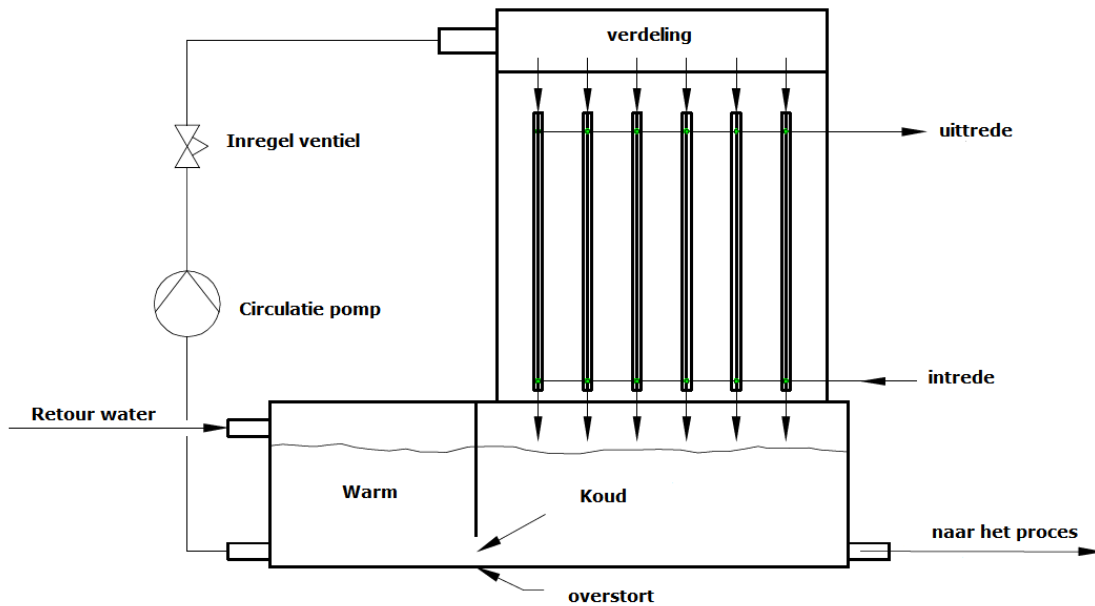
Figuur 1: Falling film-watervedelstelsysteem (Omega).

Belang van juiste laagdikte

Meestal bevindt zich onder de platen een tank waarin het afgekoelde water wordt verzameld. Vanuit de tank wordt het water middels een pomp naar het verdeelstelsysteem boven de platen verpompt. Een goede verdeling over de platen is belangrijk voor de laagdikte. Bij de juiste laagdikte hoort een hoge stroomsnelheid over de platen, dit geeft de beste warmteoverdracht. Een falling film is een open systeem, de mogelijkheid tot schoonmaken van het apparaat is een belangrijk ontwerpgegeven, zeker als het ijswater wordt gebruikt voor voedselbereiding.

Toepassing van een 'split tank'

Als het ijswater recirculeert, komt het als opgewarmd retourwater terug naar de verzameltank onder de platen. Het is belangrijk dat het retourwater niet mengt met het ijswater dat van de platen valt. Dit moet immers zo koud mogelijk blijven ten behoeve van het proces. Daarom wordt in veel gevallen een 'split tank' toegepast (zie figuur 1). Het warme retourwater wordt door een overloopschot gescheiden van het ijswater dat van de platen valt. De falling film-verdeler wordt gevoed vanuit het warme deel van de tank. De tank wordt zo groot gekozen dat een eventueel fluctuerend debiet van de retour kan worden opgevangen. Een fluctuerend debiet heeft daardoor geen invloed op de verdeling over de platen en de werking van de falling film, alleen op het niveau in de tank.



Figuur 2: Principe van een split tank (HTT-Buco).

Gedompelde koeler in een waterbak

IJswater kan ook worden geproduceerd door de warmtewisselaar in een waterbak te plaatsen. Op deze manier ontstaat een gedompelde koeler die eventueel kan worden ontworpen om (wel) aan te vriezen en ijs op te slaan. In dat geval spreken we over een ijsbank. De warmtewisselaar in deze systemen kan bestaan uit een buizenwisselaar, en ook hier kunnen pillow plates worden toegepast. Bij een gedompelde koeler en een ijsbank is het van belang dat de watertemperatuur homogeen wordt verdeeld over de waterbak waarin de warmtewisselaar is opgesteld.

Lucht uit geperforeerde buizen

Een homogene verdeling kan worden bereikt door een roerwerk te installeren of door met behulp van een systeem van geperforeerde buizen lucht onder de warmtewisselaar te blazen. Behalve voor menging is een sterke beweging van het water noodzakelijk voor een goede warmteoverdracht en een gelijkmatige ijsopbouw. Een gedompelde koeler maakt gebruik van directe koeling. Het warme water dat de bak binnenkomt wordt gemengd met het koude water in de bak, de warmtewisselaar handhaaft de mengtemperatuur. Ook hier is 0,5 °C mee te realiseren.

IJslaag verlaagt directe koelcapaciteit

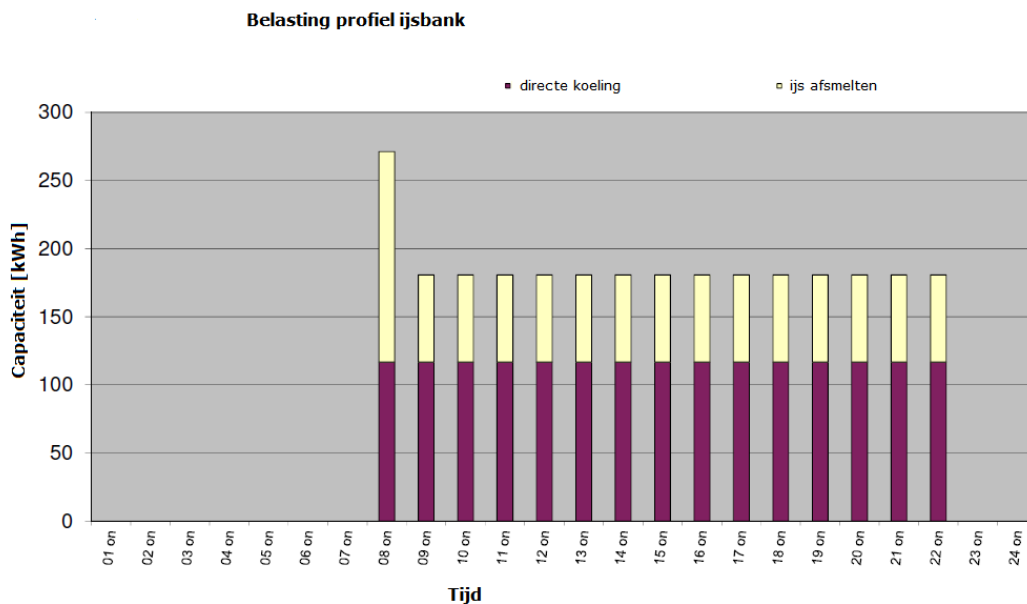
Bij toepassing van een gedompelde koeler kan rekening worden gehouden met enige ijsopbouw waarmee een buffer wordt gecreëerd voor piekbelasting. De smeltwarmte van ijs is 334kJ/kg, deze energie kan worden benut op een moment dat de directe koelcapaciteit niet toereikend is. Net als bij een falling film geldt dat een ijslaag op de warmtewisselaar isolerend werkt en de directe koelcapaciteit van de wisselaar bij ijsopbouw lager wordt.

Aangevroren ijs als buffer

Bij een gedompelde koeler zal maximaal enkele millimeters worden aangevroren als buffer, bij een ijsbank met pillow plates is een ijslaag van meer dan 50 mm mogelijk. De dichtheid van ijs is 917kg/m^3 , als 50 mm ijs is gevormd zal op 1 m^2 plaat 15.314kJ zijn opgeslagen. Eenvoudig is uit te rekenen hoeveel ijs tijdens een piek moet zijn gebufferd als het gevraagde vermogen gedurende een bepaalde tijd bekend is. De snelheid waarmee het ijs afsmelt, en het vermogen dat daarmee beschikbaar komt, is afhankelijk van de aangeboden watertemperatuur. Een kengetal is een maximale afsmeltcapaciteit van $2,85\text{kW/m}^2$.

Opstellen van een belastingprofiel

Bij een gedompelde koeler of ijsbank zal een belastingprofiel moeten worden opgesteld om te bepalen in welke verhouding directe koeling en ijsbuffercapaciteit kan worden ingezet om gedurende het hele productieproces voldoende ijswater beschikbaar te hebben. Een voorbeeld van een belastingprofiel is weergegeven in figuur 2. Gedurende de tijd dat minder directe koeling benodigd is dan de capaciteit van de warmtewisselaar, kan ijs worden opgebouwd. Bij het belastingprofiel in figuur 2 wordt gedurende de nacht ijs opgebouwd, voor in totaal 1.050 kWh . Het ijs wordt gedurende het productieproces van 08:00 tot 22:00 uur afgesmolten met een piek in het eerste uur. Met een koelmachine van ca. 116 kW wordt gedurende het productieproces 186 kW aan water van $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ geleverd.



Figuur 3. Voorbeeld van een belastingprofiel van een ijsbank.

IJskelders onder kantoren?

Tot slot: in het verleden werden zeer grote ijsbanken toegepast, onder andere voor natte koeling van groenten en voor het opvangen van piekbelastingen in bijvoorbeeld melkfabrieken. Met de komst van windmolens en zonnepanelen, en daarmee een laag energietarief als er veel aanbod is, worden ijsbanken toegepast om koude te bufferen. Krijgt in de toekomst ieder kantoor een ijskelder?

Versie 1, 3-9-2020 GWK