

Centralisering af vakuum i pakkemaskiner

Af Civilingeniør Diego Gugliotta

I forbindelse med at vakuumpakke fødevarer, så som ost, kød, pandekager, m.m. er der hos flere af vores kunder opstået et behov for at pakke hurtigt, effektivt, rent og energirigtigt.

Mange pakkemaskiner på markedet gør brug af decentraliserede vakuumpumper, dvs. pumperne er normalt placeret under selve pakkemaskinerne i produktionsområdet. Dette har sine fordele og sine ulemper, og på grund af ulemperne, har vi i over to år arbejdet på at udvikle et pålideligt og energirigtigt vakuumpumpe aggregat til centralisering af vakuumpumperne med indbygget booster for at reducere evakueringstiden, og således bidrage til en forøgelse af produktions-hastighed og dermed –kapacitet.

Systembeskrivelse

De pakkeanlæg, vi her sætter fokus på, er karakteristiske ved at have tre forskellige vakuumbehov:

- 1) *Form vakuum: bruges til at producere emballagen for det der skal pakkes i termoformiske maskiner . Den position arbejder normalt med et tryk på ca. 140mbarA*
- 2) *Rå vakuum : bruges i første evakuering i selve emballagen, med et tryk på ca. 40mbarA*
- 3) *Fin vakuum : bruges i sidste etape af emballage processen, med et tryk som normal ligger under 6 mbarA*

Dem der til dagligt arbejder med vakuum ved, at centralisere vakuumpumperne, i et produktionsanlæg hvor vakuumniveauet varierer så meget fra position til position, som det er tilfælde her, ikke er en nem opgave. Tænker vi os ikke rigtig godt om, hvordan vi vil centralisere vakuum produktionen ender det ikke godt. Dette skyldes bl.a. at opretholdelsen af et konstant vakuumniveau i Finvakuumstrengen på, lad os sige 4mbarA, kan umuliggøres af vakuumsforsyningen til Form vakuumstregen som ligger på

140mbarA. Hvis en standard atmosfære indeholder 1,2kg luft per kubik meter ved 1013mbar, betyder det, at ved vore Finvakuum på 4mbarA har vi en luftmasse på 4,73 gram per kubik meter luft vi evakuerer fra emballagen, hvis vi nu kobler vakuumsforsyningen parallelt med Form vakuumstregen, tilfører vi ligeledes systemet 165,84 gram per kubik meter luft vi bruger til hver termoformisk maskine, hvilket betyder at vi øjeblikkeligt ødelægger vores fin vakuum.

Robert Boyle, publicerede i 1662 sammenhængen mellem tryk og volumen for en gas art med konstant temperatur. Hans konklusion var at:

$$P \cdot V = k$$

Det betyder at tryk og volumen er omvendt proportionale, eller at når trykket falder stiger volumen med samme proportionalitet.

Ved at bruge Boyles lov kan vi så regne hvad det betyder at sænke trykket fra 140mbarA til 4 mbarA:

Vi forestiller os en volumen flow på 100m³/h ved 4 mbarA, så:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

⇕

$$\frac{100 \cdot 140}{4} = V_2 = 3500 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Dvs. vi skal bruge 3500m³/h hvis vi skal sænke trykket fra 140mbarA til 4mbarA. Derfor er det ikke en god ide at kombinere de to vakuum, men der bør laves en vakuumbastreb per delprocess.

Derfor, er den nemmeste vej at gå, at decentralisere vakuumproduktionen, som det er tilfældet i dag i mange produktions-virksomheder, og forsyne hver pakkemaskine med sin vakuumpumpe. Således har man fuld kontrol over vakuumbastreb i hver position. Hermed burde det være slut med at spekulere

mere over det, og decentralisere det hele. Og sådan skulle det også være... hvis ikke det lige var fordi vi i Danmark ikke nødvendigvis er kendte for at benytte os af de nemmeste løsninger, men derimod de smarteste.

Ulemper med decentral vakuumproduktion

Selvom det vakuumpunktsk er nemmere med decentrale pumper af de grunde vi lige har set, er der flere ulemper forbundet med denne traditionelle metode.

Normalt foregår pakningen i en ren og kold atmosfære. Ved at placere oliesmurte lamelpumper i produktionen ved decentrale vakuumpumper, forøger vi effektbehovet og dermed forbruget for kølekompressorerne, da vi også skal køle ned for den varmeemission vi har fra lamelpumperne. Derudover forøges lydniveauet ved pakkemaskinerne. Atmosfæren kan ligeledes ikke holdes ren på grund af oliedampene fra lamelpumpernes udblæsning og dermed forøges risikoen for at varerne bliver kontaminerede med olie. Derudover kan man ikke undgå urenheder ved almindelig servicering af pumperne, samtidig med, at der kan dannes bakterier ved pumpernes indløbsfiltre, både fordi normale lamelpumper ikke kan renses ved for eksempel CIP, og selvom vi befinder os i et koldt rum, er temperaturen ved indløbsfiltrene over 30 grader, pga. varmeemissionen fra selve pumperne. Når vi oven i købet, kan sætte tempoet op ved at inkludere større booster pumper i et centralt vakuumanlæg; ved en konsekvent reduktion af effektforbruget per m³ luft vi evakuerer; er det værd at overveje hvilke muligheder vi har for vakuumcentralisering.

Vakuumposter, hvad er det?

Som navnet antyder, er vakuumposter en maskine der er beregnet til at forøge evakueringshastigheden af en given beholder fra atmosfærisk luft til et givet vakuumniveau. Den mest almindelige vakuumposter laves i form af kapselblæser med en speciel akseltætning som tillader drift ved meget højt vakuump. Disse kapselblæsere kan flytte meget store mængder luft eller gas arter ved et meget lavt effektforbrug. Hemmeligheden bag det lave effektforbrug er at den sættes i funktion serieforbundet med en anden type vakuumpumpe.

Kapselblæseren startes først ved et absolut tryk fra ca. 200mbarA, og så ned til det vakuumniveau man nu har brug for. Da blæseren starter operationen ved de ca. 200mbarA, betyder det, at den kan flytte en given luftmængde med, i dette tilfælde, ca. 80% mindre effektforbrug end hvis det startede sin operation ved atmosfærisk tryk; der er nemlig 80% mindre luftmasse at flytte gennem blæseren, fordi den blev fjernet på forhånd af enten den lamelpumpe eller væskeringsvakuumpumpe som er koblet i serie til kapselblæseren, og som kaldes for en backing pump. Vi bygger med andre ord en to-trins raket. Sådanne vakuumpsystemer kan

også bygges med flere boosters koblet i serie.



*Elektronisk styret vakuumsystem med booster.
Total volumenstrøm 1450 m³/t installeret
effekt 9,5kW*

For applikationer der arbejder i et vakuuområde på under 100mbarA, kan vi mange doble hastigheden for evakuering, ved en kraftig reduktion af vakuumpumpens størrelse såvel som af effektforbrug.

Det forholder sig desuden sådan, at kompressionsforholdet i en kapselblæser varierer ved varierende tryk. Eksempelvis, har normale kapselblæser et kompressionsforhold på 1:2 når indsugnings trykket er atmosfærisk, men med helt op til 1:20 for faldende indløbstryk, hvilket med andre ord vil sige, at vi kan komprimere op til 20 gange i det høje vakuuområde, med en kraftig reduktion af backingpumpens størrelse, og en ekstrem høj forøgelse af evakuerings-hastigheden.

Vi tager et eksempel:

En fabrik har 7 pakkemaskiner, som hver især er forsynet med en lamel-vakuumpumpe som yder 250m³/h ved et effektforbrug på 5,5kW. Det samlede volumen strøm er $250 \times 7 = 1750\text{m}^3/\text{h}$
Det samlede effektforbrug er så $5,5 \times 7 = 38,5\text{kW}$

Pumperne er tilsluttet Finvakuum i pakkemaskinen og skal arbejde ved et absolut tryk på 4mbarA, og vi ønsker et centralt vakuumanlæg.

Ved dette arbejdstryk, vælger vi et kompressionsforhold på 1:10 for kapselblæseren.

Vi vil ligeledes forøge produktionshastighed samtidig med at vi sparer på strømmen, og derfor vælger vi 12% mere volumenstrøm fra det centrale anlæg

Ved at centralisere vakuum i dette eksempel skal vi således installere en kapselblæser på 5,5kW som yder 2000m³/h og bruge en lamelpumpe på 250m³/h som backing pump. På den måde reducerer vi effektforbruget, for vakuum alene, med 27,5kW, samtidig med at vi forøger volumenstrømmen med 12% og kan dermed tillade os at forøge produktions hastigheden.

Samtidig har vi fjernet 38,5kW fra koldrummet, og i produktionslokalet fjernet et bidrag til den samlede støj på 82,5dBA (beregnet matematisk som $7 \times 74\text{dbA}$, med en reference afstand på 1 meter fra maskinerne) .

Derudover har vi reduceret det antal maskiner der skal have løbende vedligeholdelse fra 7 til 2, med en konsekvent reduktion af antal reservedele og arbejdstimer på 3,5 gange.

Kører produktionen 8000 timer om året, sparer vi således 220000 kWh, og modtager vi vores el fra et kulfyret kraftværk, har vi også bidraget med en CO₂ reduktion på ikke

mindre end 196 tons CO₂ om året. (kilde: *Compressed Air Systems in the European Union; Energy emissions savings potential. Peter Radgen, ISBN 3-932298-16-0*) Note 1: i denne beregning har vi ikke taget højde for den konsekvente besparelse vi opnår ved kølekompressorer, kontakt Jeres køleleverandør og spørg. Note 2: Der regnes med CO₂ emissioner fra kulfyrede kraftværker.

Vi kunne dog være bange for at det vil tage længere tid at komme ned på arbejdsstrykket, så vi regner lidt på det.

Tømningstiden for en given beholder kan regnes som:

$$t[\text{timer}] = \frac{V[\text{m}^3]}{\dot{V}[\text{m}^3/\text{t}]} \cdot \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

Hvor P_1 og P_2 er henholdsvis start og slut tryk i mbar.

Ligningen er meget god til 120mbarA, og til vores formål, en acceptabel approksimation under dette tryk.

Vi tømmer 7 beholder på 1m³ hver, til 4mbarA ved anvendelse af én 250 m³/h pumpe **per beholder**, dette giver 79 sekunder til vi kan starte maskinen.

Nu tømmer vi de **7 beholdere** med et booster system som det beskrevne på 2000m³/h Vi starter kun én 250m³/h lamelpumpe (vores backing pump) til vi opnår ca. 200 mbarA, dette tager ca. 162 sekunder, og når vi er her, startes booster, som i løbet af yderligere 49 sekunder har de 7 ”pakkemaskiner” i 4mbarA. Hvis vi gentager denne operation i arbejdsstrykket mellem 200mbarA og 4 mbarA, kan vi se at det for hver af de 250m³/h i det decentrale anlæg vil tage 56 sekunder, mens det vil tage 49 sekunder for det centrale system, altså en forøgelse af ydelsen i det

område vi er interesseret i, på ca. 12%. Dette har kostet, at vi skulle vente 83 sekunder første gang vi startede anlægget op, derefter vedligeholder vi vakuumniveauet, således at booster altid er tændt under produktionen.



Centralvakuumanlæg hos Rexam i Fredericia Hver pumpe er frekvensstyret og har en kapacitet på 3240m³/h, eller med andre ord, de er de største lamel- vakuumpumper i verden.

Vores forslag til et bedre system

Sådanne vakuumsystemer findes allerede, men kigger vi godt efter hvordan de er dimensioneret, kan vi se at dimensioneringsgrundlaget er et kompressionsforhold på en til to. Det skyldes at der normalt ikke er styringer i forbindelse med disse seriekoblede maskiner vi her sætter fokus på.

Idet som før set, kompressionsforholdet varierer drastisk ved varierende tryk, giver det anledning til at overveje at inkludere en eller andet form for styring i vakuumsystemet. Således har Gugliotta & co lavet en serie af standard højvakuumsystemer, med en patenteret anordning, der ved hjælp af elektronik og en frekvensomformer, er i stand til at beregne det aktuelle kompressionsforhold vi kan tillade booster at arbejde med. På den måde op når vi to ting:

A) Vi forøger systemets virkningsgrad

B) Vi indbygger en sikkerhedsanordning, som beskytter boosterens, i tilfælde af der opstå fejl i backing pumpen.

Decentralisering af centrale vakuumanlæg

I vores tidligere eksempel, har den opmærksomme læser set, at vi kun fokuserede på Finvakuum strengen, dette er ikke en fejl men derimod måden at centralisere på.

At centralisere al vakuum i forbindelse med pakkemaskiner er en absolut dårlig ide, da selvom vi sparer flere meter rørinstallation, betaler vi meget dyrt i antal vakuumpumper og optaget effekt. Det er ligeledes nærmeste umuligt at opretholde forskellige vakuumniveauer uden omfattende styring og automatik. De tre vakuumniveauer bør derfor have en central vakuumstreng hver for sig.



Centralvakuumanlæg til 15 linjer CFS bacon pakke maskiner hos Kreatina. De to buffertanke vidner om en central linje til Råvakuum og en til Finvakuum.

Dette gør det også nemt og billig at forøge kapaciteten i fabrikkerne ved at koble ekstra pumpe-systemer i parallel til de eksisterende.

På den måde kan det altid betale sig at centralisere vakuumproduktionen, også for mindre anlæg.



Billedet viser et eksempel på et "mindre" anlæg til centralisering af 3 Multivac pakke maskiner som pakker 1700 liter pandekager i timen.

Der er meget at vinde. Det er bare om at gå i gang.

Gugliotta & co.

Engineering Excellence for a Demanding World