

# Bruk av naturlige kuldemedier på nye områder

Blad  
No. 2.2.4

## Transkritisk prosess med CO<sub>2</sub>

### Om transkritisk prosess

- Alle fluider har et såkalt kritisk punkt med hensyn til trykk og temperatur
  - > Ved kritisk punkt går væske og gass over i en felles fase
  - > Ved trykk over kritisk trykk opptrer mediet i en fase, uavhengig av temperaturen
- Kulde/varmepumpe-prosessen er transkritisk dersom medietilstanden på høytrykkssiden befinner seg i overkritisk område (og tilstanden på lavtrykkssiden er underkritisk)
- CO<sub>2</sub>-prosessen blir fort transkritisk på grunn av den lave kritiske temperaturen (31.1°C)
- Transkritisk prosess er normalt ikke ønsket i utgangspunktet
  - > Men kan utnyttes positivt for enkelte formål
- Andre kuldemedier har vesentlig høyere kritisk temperatur enn CO<sub>2</sub>
  - > Vanligvis i området 70°C - 130°C
  - > Transkritisk prosess ikke aktuelt for disse

### Hva karakteriserer den transkritiske prosessen

- Overkritisk trykk på høytrykkssiden, underkritisk trykk på lavtrykkssiden
- Gasskjøling i stedet for kondensering på varm side
  - > Kondensator erstattet av gasskjøler
  - > Ingen direkte sammenheng mellom temperatur og trykk
  - > Stort temperaturfall på gassen gjennom gasskjøleren
  - > Strupeventilen tilføres høytrykks gass ("tettmedium")
- Kuldeytelsen (og varmeytelsen for varmepumpe) øker med økende leveringstrykk for kompressor
- Kuldeytelsen faller kraftig når gasstemperaturen etter gasskjøler overstiger kritisk temperatur
  - > Kan kompenseres ved å øke trykket
- Det finnes et energioptimalt trykk på varm side
  - > Lavest mulig leveringstrykk for kompressor er normalt ikke energioptimalt
  - > Optimaltrykket varierer med temperaturen på gassen før strupeventilen
    - Høyere optimaltrykk jo varmere gassen er

## Energieffektivitet

- Transkritisk CO<sub>2</sub>-prosess i utgangspunktet mindre energieffektiv enn konvensjonell prosess for de fleste formål
  - > Anlegg for transkritisk prosess bygges som regel med mulighet for konvensjonell drift
    - Kjøres konvensjonelt når dette er økonomisk fordelaktig
- I enkelte tilfeller kan ren transkritisk drift være optimal
  - > Ved stor temperaturstigning på mediet som tar mot varmen
    - Gir god temperaturløsning mellom mediene som varmeveksles (mindre temperaturløst enn ved kondensering)
    - Eksempel: Varmepumpe for oppvarming av varmt tappevann
  - > Ved samtidig utnyttelse av varm og kald side av anlegget
- (Tilnærmet) optimalt trykk på varm side en forutsetning for godt resultat
- Gasstilstand nær kritisk punkt før struping må unngås
  - > Gir lav ytelse og dårlig effektfaktor
  - > Også vanskelig å bestemme gasstilstanden for styring
- Forskjellen i energieffektivitet er mindre i praksis enn beregnet teoretisk
  - > Gode kuldetekniske egenskaper gir mer effektive komponenter
  - > Videreutvikling av komponenter og tekniske løsninger også sterkt medvirkende
    - Gjelder både kompressorer og varmevekslere
  - > CO<sub>2</sub> i transkritisk prosess energimessig konkurransedyktig på stadig flere områder
- God energiutnyttelse avhengig av lav gasstemperatur etter gasskjøler
  - > Kan være en utfordring ved høy temperatur på kjølede medium
  - > Årsmiddeltemperaturen viktigst
    - Kjøling med uteluft aktuelt selv om enkelte dager er spesielt varme
  - > Moderate gjennomsnittstemperaturer som i Nord-Europa gir gunstige forhold
  - > Varmt (tropisk) klima en større utfordring
    - Forkjøling av luften til nær våtkuletemperatur mulig ved befuktning
    - Betydelig forbedring av forholdene, spesielt ved lav luftfuktighet
    - Lovende (foreløpige) resultater for transkritisk anlegg i varm del av Australia
- CO<sub>2</sub> gir de mest effektive bilkjøleanleggene (MAC), selv i ved (periodevis) eksternt varme
  - > Viser hva som er mulig ved hjelp av komponentutvikling og prosessoptimalisering

## Praktiske forhold

- Gasskjølertrykket reguleres ved å strupe etter gasskjøleren
  - > Konstant trykk enkel løsning, men mindre energieffektiv
  - > Trykkstyring for optimal effektfaktor reduserer energiforbruket
- Mulig å kjøle gassen i gasskjøler til nær kjølede mediums temperatur
  - > På grunn av temperaturglidningen
  - > I praksis 1-3 K temperaturredifferanse (temperaturløsning)
  - > Nøkkelen til energieffektivt anlegg
- Utforming og dimensjonering av gasskjøler viktig
  - > Temperaturkurven for gassen krummer
  - > Feildimensjonering kan gi temperaturberøring (pinch-punkt) inne i kjøleren
    - Gassen ut blir for varm – ytelse og effektfaktor reduseres
- Ikke-optimal drift kan være mer ødeleggende energimessig enn ved konvensjonell prosess
  - > Særlig dersom tilstanden etter gasskjøler havner nær kritisk tilstand
  - > Viktig å dimensjonere for reelle ekstremtemperaturer, ikke nominelle
  - > Strategi og utstyr for optimal trykkstyring kreves
- Veksling mellom transkritisk og underkritisk drift svært ofte aktuelt
- Overgangen mellom transkritisk og underkritisk drift kan skje ved sprangvis eller kontinuerlig regulering av leveringstrykket
  - > Kontinuerlig regulering impliserer at trykket under visse driftsforhold holdes over

lavest mulige kondenseringstrykk

- Energimessig fornuftig dersom væskeunderkjøling til nær kjølede mediums temperatur oppnås. (Samme temperaturtilnærming som ved transkritisk drift)

## Tekniske løsninger

- Ulike tekniske løsninger mulig som for vanlig underkritisk drift
- Ett trinns anlegg med væskebeholder etter fordampere (lavtryksreceiver-anlegg)
  - > Aktuell løsning (for småanlegg) ved ren transkritisk drift
    - Benyttes i varmepumper, små kommersielle enheter, (prototyp for) bilkjøleanlegg osv.
  - > Felles strupeventil for trykkregulering i gasskjøler og mating av fordampere
- Ett trinns anlegg med væskebeholder ved mellomtrykk/kondensatortrykk
  - > Aktuell løsning for litt større anlegg
    - Gir mulighet for flere kjølesteder
    - Gir mulighet for mellomtrykksinnsugning til kompressor og forbedret effekt-faktor
  - > Separate, seriekoblede strupeventiler for henholdsvis trykkregulering og fordampere-mating/mating av væskeutskiller
  - > Trykkreguleringsventilen bypasses ved ordinær underkritisk drift med kondensering
- To trinns anlegg
  - > Rene fryseinstallasjoner
  - > Kombinasjonsanlegg for kjøling og frys