

Udvikling af nye generationer fyldestationer, der muliggør påfyldning af CO₂ i automobil- og køleindustrien

Kenneth Phillipsen

AGRAMKOW Fluid Systems A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

1 Indhold

1	INDHOLD	3
2	FORORD	5
3	SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
4	SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
5	FORMÅL	11
6	PROJEKTETS PARTER	13
6.1	AGRAMKOW FLUID SYSTEMS A/S	13
6.2	TEKNOLOGISK INSTITUT	13
6.3	NILAN A/S	14
6.4	BMW	14
7	PROJEKT- & PRODUKTSPECIFIKATIONER	15
7.1	FRAGEBOGEN	15
7.2	KONCEPT	16
7.3	TEKNISK LØSNING	17
7.4	SPECIFIKATIONER	18
7.5	OPGAVEBESKRIVELSE DTI	21
7.6	FORANALYSE, KONCEPTBESKRIVELSE	21
8	TEKNISK BESKRIVELSE, FYLDESTATION	26
8.1	KONCEPTANALYSE	26
8.2	SCOPE OF DELIVERY	29
8.3	FIELDTEST LS STATION	32
9	TEKNISK BESKRIVELSE, SERVICESTATION	33
9.1	KONCEPTANALYSE	33
9.2	SCOPE OF DELIVERY	39
9.3	FIELDTEST RHS 744 SERVICE UNIT	41
10	SAMARBEJDSPARTNERE I FORLØBET	42
11	FORMIDLING, SEMINARER OG KONFERENCER	43

Bilag A Side 47

Bilag B Side 49

2 Forord

Klimaforandringen er blandt de største globale miljøudfordringer, hvis ikke den største, som menneskeheden i dag konfronteres med. Det er derfor nødvendigt at gøre en aktiv indsats for at reducere påvirkningen af drivhusgasserne og samtidig søge alternativer til de i dag kendte og brugte kølemidler.

Substitution af drivhusgasser inden for bil-, aircondition- og køle-/fryseindustrien er i proces, men er ligeledes på meget forskellige stadier, med meget forskellige tidshorisonter. Bilindustrien samt de kommercielle køleanlæg vil gennemgå konvertering i første fase. Efterfølgende vil konverteringen ske på markedet for aircondition (stationær) samt varmepumper.

AGRAMKOW har omfattende erfaringer fra tidligere omlægninger af produktionsanlæg til nye kølemidler – senest omlægning fra R134a til Isobutan, hvor AGRAMKOW har bistået 30-50% af verdens køleskabsfabrikker.

Kompleksiteten bag udviklingen af en fyldestation til CO₂ er særdeles vanskelig. Dette skyldes at CO₂ er et medie der adskiller sig væsentligt fra de i dag kendte og brugte. Dette gør sig blandt andet gældende ved et væsentlig højere driftstryk (alle komponenter skal erstattes), en meget større temperatur og trykafhængighed (det trans kritiske punkt ligger ved 310C, hvorefter væsken overgår til en udefinerbar blanding af gas-/væskefase) samt en kompleks udvikling af fyldepistolen samt målemetoden.

3 Sammenfatning og konklusioner

Alternative kølemidler til Mobile Air-conditioning (MAC), har et højt fokus blandt udviklingsafdelingerne verden over. Et af alternativerne, CO₂, tyder på at opfylde mange af de krav som der stilles til afløseren for R134a. Brugen af CO₂ er en stor udfordring grundet de meget forskellige termiske egenskaber, bl.a. i form af et højere driftstryk og et trans kritisk punkt.

MAC er ikke det eneste sted hvor CO₂ er et attraktivt alternativ. Indenfor kommerciel køl (commercial refrigeration, CR) udvikles der ligeledes intens i retning af at få CO₂ integreret. Dette har ikke kun indflydelse på kølekredsen for CO₂ anvendes (MAC/CR), men stiller ligeledes høje krav til produktionsudstyret – herunder fyldestationer.

AGRAMKOW Fluid Systems A/S har altid været i front ved udvikling af industrielt/service udstyr til håndtering af nye kølemidler og processer - CO₂ er ingen undtagelse.

Processen

Da AGRAMKOW Fluid Systems A/S i begyndelsen af 2002 for alvor begyndte at udvikle fyldeudstyr til CO₂ blev det hurtigt klart, at de hidtidige kompetencer, know-how samt netværk ikke kunne bidrage med den teknologiske indsigt. Hertil var hele processen samt teknologien for uafklaret, respektive så forskellig fra den kendte teknologi, at det var nødvendigt at starte forfra.

Indenfor Agramkow måtte vi ligeledes konstatere at 25 års viden omkring kølemidler og industrielle processer ikke var tilstrækkelig for at sikre en R&D succes indenfor CO₂. Det var derfor i højere grad end sædvanligt påkrævet, at etablere videns netværk og indgå samarbejdsaftaler. Det var dog også først efter en intern organisationsændring at læringen og de rigtige kompetence "kom i hus", således at vi i dag står stærkt rustet i forhold til vores konkurrenter, både på de rene kompetence, såvel som vores produktprogram. Hele processen har derfor været til stor gavn for både AGRAMKOW samt de samarbejdspartnere som har deltaget. Herunder har det bl.a. været muligt for vores kunder at stifte erfaringer med de parametre der gør sig gældende ved produktion af kølekredse indeholdende CO₂.

Produktet

At betegne resultatet som et paradigme skift indenfor fyldning, ville alene ud fra en teknisk argumentation være forkert, derimod korrekt i folks almindelige opfattelse af, hvordan et sådant udstyr kan/skal fungere. Det er da også kun gennem talrige forsøg og test on-site, at vi qua erfaringer samt resultater har kunnet give en ny synsvinkel og holdning blandt vores kunder.

En af nøgleopgaverne inden for vores branche har været, at CO₂ ikke kan holdes på væskeform ved temperaturer over 31,06 °C, hvilket giver en hel del problemer når udstyret skal kunne fungere optimalt op til 50°C. Den anden "ukontrollable" faktor er, at CO₂ i hele temperaturområdet er betydelig mere sensitiv over for temperatur / termiske forhold, end de gængse kølemidler. Dette er samtidig årsag til at den nuværende og kendte teknologi, ikke kan anvendes i designet af anlægget. Dette understreges særligt af, at det har været særlig problematisk at opnå en tilstrækkelig god fyldenøjagtighed.

AGRAMKOW Fluid Systems A/S har i forbindelse med udviklingsarbejdet indleveret patent, på de nye teknologier inden for fyldeprocesser.

Markedet

Markedet er ved at blive mere konkret, specielt med henblik på udvalget samt tilgængeligheden af komponenter. Samtidig vokser markedet inden for CR og MAC, hvilket forventes at resulterer i betydelige salgsoptioner indenfor en fremtid på 1-5 år.

Markedet samt holdningerne til CO2 har været meget kompleks samt fluktuerende under processen, hvilket ligeledes har givet sig til udtryk i projektet. Det var herunder svært at få afklaret i hvor høj grad MAC eller CR ville omstille deres produktion eller inden for hvilke tidshorisonter. Samtidig var hele teknologien meget uklar, hvilket ligeledes forplantede en hvis usikkerhed under opstartsfasen af dette projekt. Dette var ligeledes årsag til, at der under vejs i projektet blev prioriteret på ny, for hovedsageligt at fokusere på MAC området.

Vi startede med udviklingen af en CO2 station beregnet til volumen produktion hos OEM bilfabrikkerne. Denne station står nu hos Nilan og fylder Heat Pipes og har gjort dette siden januar 2005. Efterfølgende konstateredes hurtigt, et kraftigt stigende behov for serviceringsudstyr, ligeledes med MAC som primær målgruppe. Denne station er ligeledes i field test, og foretages hos en kendt OEM bilproducent. Denne har kørt siden april 2005.

Det fokus som vi har haft på produktionsudstyr til håndtering af CO2, har samtidig resulteret i den første salgsordre til en OEM CR fabrikant.

Alt taget i betragtning, tyder denne satsning på CO2 som alternativt kølemiddel, på at være en stor succes. Via dette projekt har vi således indarbejdet nye kompetencer i virksomheden samt etableret nye kontakter og videns netværk. Herudover er det også lykkedes at udvikle to nye fyldestationer til CO2 markedet, som ligeledes har bidraget til at præge kundesegmentet – gøre op med tidligere holdninger og ”spøgelse”. Det fyldte koncept som i dag anvendes

AGRAMKOW forventer sig derfor meget at CO2 satsningen og glæder sig over denne allerede realiserede salgsordre og de gode erfaringer

4 Summary and conclusions

All over the world, R&D departments focus intensively on alternative refrigerants for Mobile Air Conditioning (MAC). One of the alternatives, CO₂, seems to fulfil many of the demands made on the successor of R134a. However, the use of CO₂ involves big challenges because of the very different thermal properties resulting in a considerably higher working pressure and a trans-critical point around 31 °C.

CO₂ is considered an attractive alternative not only for MAC applications. Within commercial refrigeration (CR) intensive development work is done to incorporate CO₂. The use of CO₂ will not only influence the refrigeration circuit but will also make heavy demands on production equipment, including filling stations.

In connection with the conversion to new refrigerants, AGRAMKOW Fluid Systems A/S has always been at the forefront when it comes to developing industrial / service equipment for the handling of new refrigerants and processes - and here CO₂ is no exception.

The process

When at the beginning of 2002, AGRAMKOW Fluid Systems A/S started developing filling equipment for CO₂ in earnest, it soon became evident that the former competencies, know-how and network did not provide the adequate technological base. The process and technology involved were insufficiently clarified and they differed so markedly from the technology already known that we had to start from scratch.

At Agramkow we also had to realise that 25 years' knowledge of refrigerants and industrial processes did not suffice for ensuring R&D success on CO₂. To a wider extent than usually, establishing knowledge networks and entering into cooperation agreements were required. However, learning and the right competencies were not achieved until an internal organisational change was completed that made us well prepared to face competition both where competencies and product programme are concerned. Therefore both AGRAMKOW and participating cooperation partners benefited from the process during which among other things our customers had the opportunity to gain experience with the production parameters for CO₂ refrigeration circuits.

The product

To characterise project results as a paradigm shift within filling would be incorrect based on technical argumentation alone but correct when it comes to the conventional conception of how such equipment works/must work. Only through the experiences and results of countless onsite experiments and tests have we been able to change the customer and market attitude to CO₂.

One of the key challenges within our area of activity is that CO₂ cannot remain liquid at temperatures above 31.06 °C. This is problematic when the equipment is required to function optimally up to 50 °C. The other "uncontrollable" factor is that throughout the temperature range CO₂ is far more sensitive to temperatures / thermal conditions than conventional refrigerants. This is also the reason why the present and well-known technology is not applicable in connection with the development of a CO₂

unit. This is strongly stressed by the fact that it has been particularly difficult to achieve sufficient filling accuracy.

As a result of development work, AGRAMKOW Fluid Systems A/S has been able to apply for a patent on the new technologies. In this connection, the novelty analysis showed that the "developed" technology is unique and patentable.

The market

The market is becoming more outspoken especially where the range and component availability are concerned. At the same time the market within CR and MAC is increasing which is expected to result in considerable sales options within the next 1 to 5 years.

The market for and the attitudes to CO₂ have been very complex and fluctuating throughout the process as reflected in the project. It was difficult to clarify whether and to which extent the MAC or CR sectors would change their production or within which time frames. The technology involved was indistinct, thus conveying some uncertainty during the start-up of this project. This was the reason why prioritation was changed as the project went along so that the MAC sector became our main focus.

We set out developing a CO₂ station designed for volume production at the OEM car factories. This station now stands at the Danish company Nilan A/S filling heat pipes and has done so since January 2005. Subsequently a drastically increasing need for servicing equipment was realised - again with the MAC sector as the primary target group. Since April 2005 this station has been subject to field tests at an OEM car producer.

At the same time, our focus on production equipment for CO₂ handling has resulted in the first order for sale to an OEM CR manufacturer.

All things considered, this staking on CO₂ as an alternative cooling agent appears to be a great success. Through this project we have incorporated new competencies in our company and established new contacts and knowledge networks. In addition, we have succeeded in developing two new filling stations for the CO₂ market thus contributing to influencing the customer segment and changing former attitudes and eliminating "ghosts".

Concurrently, we have applied for a patent in respect of the filling concept in use today.

AGRAMKOW is therefore expecting much from the CO₂ staking and is pleased with the order for sale already realised and the good experiences gained from the project.

5 Formål

AGRAMKOW Fluid Systems A/S ønsker at udvikle et prototypeanlæg til semiautomatisk fyldning af klimaanlæg med CO₂ som kølemiddel. Fyldeprincippet vil afdække behovet i automobilindustrien samt understøtte større fyldemængder i køleindustrien og herigennem dække størsteparten af markedet for Aircondition og Varmepumper.

I erkendelse af, at terminen for implementering af CO₂ i bilers aircondition kommer til at blive udskudt fra 2006 til 2008, samtidig med at flere bilfabrikanter er blevet involveret i konverteringen, har dette medført en yderligere dimension i projektet: Bilfabrikanter tilkendegiver et behov for en servicestation, der vil være af stor betydning i udviklingsforløbet, produktionen samt den efterfølgende servicering, foretaget af værksteder globalt.

Udviklingen af servicestationen har stillet krav til nye teknologiske principper og er foretaget i samarbejde med BMW.

De miljømæssige aspekter forbundet med projektet vil være enorme, i takt med konverteringen af produktionsvirksomhederne. I den forbindelse har CO₂ et GWP på 1, hvorimod det i dag hyppigst benyttede kølemiddel, R134A, har et GWP på 1300. Samtidig henvender projektet sig til en bred vifte af segmenter - alle med store miljømæssige forbedringsmuligheder:

- Appliance marked: Køle- / fryseskabe.
- Kommercielle marked: Køle- / fryseanlæg.
- Aircondition (mobil).
- Aircondition (stationær).
- Varmepumper.

6 Projektets parter

6.1 AGRAMKOW Fluid Systems A/S

AGRAMKOW har igennem 25 år oparbejdet en omfattende viden om håndtering af kølemidler og andre væsker i industrielle process-anlæg. Kundegrupperne omfatter bilfabrikker, køleskabs- og airconditionfabrikker, hvortil AGRAMKOW leverer komplette løsninger til påfyldning af kølemidler og andre væsker på biler, aircondition, køleskabe etc.

Herudover indbefatter AGRAMKOWs produktprogram ligeledes ITS udstyr (Information and Test system) hvilket indebærer EST (Electrical Safety Testers), CPT (Computerrized Performance Test Systems) og avanceret software til dataopsamling samt kontrol af hele testprocessen for køleskabs- og fryseindustrien.

AGRAMKOW Fluid Systems A/S har været ISO9001 certificeret siden 1996 og ISO 14001 siden 1999. Miljøcertificeringen startede oprindeligt som et kundekrav fra førende bilproducenter. I dag er miljøarbejdet blevet en af vores nøgleparametre som stadig får et større fokus. Som resultat heraf fik AGRAMKOW i 2001 og 2005 tildelt diplom og flag for en ekstraordinær Miljø- & Arbejds miljøindsats.

6.2 Teknologisk institut

Teknologisk Institut er inddraget i projektet, da vi mener at de besidder de største kompetencer inden for CO₂. TI har endvidere gennemført en række projekter der vil kunne bidrage med megen nyttig erfaring. Af udvalgte relevante referencer kan nævnes:

Undersøgelse af CO₂ som kølemiddel, - 1994, udvikling
Reefer container med CO₂, konfidentielt - 1998-2000, udvikling
Verdens første supermarked med propan og CO₂ i kaskade, Odense - 1999, udvikling og rådgivning,
Afprøvning af reguleringsventiler til transkritiske CO₂ processer, konfidentielt, 1999-2001
Afprøvning af CO₂ kompressorer, 1998-2001
CO₂ Hyper Marche, Luxembourg, 2000, rådgivning
CO₂ til pladefrysere, DSI, 2000, udvikling
Første CO₂ fryseanlæg på den sydlige halvkugle, Snap Fresh, Australien - 2001
Transkritisk CO₂ varmepumpe, udvikling, 2001-2002
Teknologisk Institut er repræsenteret i internationale arbejdsudvalg for anvendelse CO₂ som kølemiddel”

6.3 Nilan A/S

NILAN A/S er en dansk virksomhed og blev etableret i 1974. Virksomhedens idégrundlag var dengang, som nu, at udvikle og producere energibesparende ventilationsaggregater til såvel villaer som erhverv. Fra starten blev der lagt stor vægt på produktudvikling og kvalitet. Gennem udnyttelse af den til enhver tid mest moderne teknik er der løbende fremkommet nye produkttyper, ligesom bestående produkter er forbedret.

NILAN A/S har til huse i en 10.000 m² stor bygning beliggende i Hedensted. Gennem årene er produktionsanlægget ændret væsentligt. Nilans produkter fremstilles i dag ved hjælp af den nyeste teknologi, der sikrer en ensartet, høj kvalitet

Vi fremstiller, samler og tester på fabrikken og alt vores styring og automatik bliver udviklet og produceret i tæt samarbejde med danske underleverandører.

Nilan har været en del af CO₂ projektet hos McDonald's i Vejle, og besidder indenfor CO₂ både et stort og praktisk kendskab til brugen af CO₂ som fremtidens kølemiddel.

6.4 BMW

BMW er generelt kendt for at være innovative og et brand som man forbinder med kvalitet. AGRAMKOW Fluid Systems A/S og BMW har igennem en lang årrække haft et tæt samarbejde omkring fyldestationer (masseproduktion) og service units til after market (service værksteder), hvorfor det var et naturligt valg da vi blev spurgt om et fælles projekt.

Samtidig tyder det på at BMW er længst fremme med planerne om at introducere CO₂ i MACs.

BMW har samtidig plads i VDA's arbejdsgruppe som er den gruppe der skal tage sig af det rent praktiske i service værkstederne når CO₂ skal introduceres.

7 Projekt- & Produktspecifikationer

I det følgende beskrives de krav som har ligget til grund for udvikling af en mobil CO₂ fyldestation til automobil industrien, baseret på de daværende sparsomme oplysninger som var givet fra BMW, AUDI og VW.

Ref. Fragebogen og LV air-con CO₂ (udkast)

7.1 Fragebogen

Deltager: AUDI: Hans Hammer, Diplom ingeniør, ansat i Versuch Kältekreislauf AGRAMKOW : Kai Kolbeck, Bjarne Lund

Besøget var specielt tilrettelagt med henblik på de teknologiske forhold i et CO₂ anlæg, status på CO₂ udvikling pt og fremover, hvordan AUDI og AGRAMKOW i vores gensidige samarbejde kan bidrage til hinandens udvikling.

Tekniske afklaring:

- Skal CO₂ anlæg evakueres: klart ja, da man ønsker så få fremmed partikler (luft og fugt) i kredsløbet som muligt
- Hvorfor er det vigtigt at kredsløbet ikke overfyldes: CO₂ arbejder med et betydeligt højere tryk end 134a, hvorfor en stor overfyldning på fx 200g vil give et øget tryk i kredsløbet med risiko for at design trykket overstiges. LP siden er designet til 120 bar, HP siden til 160 bar (30 bar ved 134a). I meget varme landområder (fx Texas) vil der kunne opnås tryk af denne størrelse ved overfyldning. Overfyldninger, vil grundet temperaturen på vores breddegrader, sandsynligvis ikke blive opdaget.
- Skal der gennemføres en tryktest før anlægget fyldes: det vil være meget tilrådeligt med en tryktest (montage test), da CO₂ trykket ved 20 gr. er ca. 60 bar. Et prøvetryk på 20-30 vil efter al sandsynlig hed være nok til at konstatere evt. montage fejl
- Med henblik på anlægget permeabilitet og garanti perioden, hvor stor skal overfyldningen være: pt ingen værdier
- Hvor meget CO₂ kan anlægget miste før funktionen nedsættes: ca. 60%
- Er A/C med CO₂ designet med henblik på udvidet diagnose funktioner: nej ikke udvidet i forhold til i dag
- Hvilken rolle spiller temperatur sensoren i kredsløbet: indført af hensyn til komfort regulering
- Hvornår regner man med at alle normer for CO₂ ligger fast: skal være afsluttet i 2002 (gælder også spec på fyldestudser)
- Hvilken type kompressor olie skal anvendes: sikkert PAG med andre additiver
- Hvilken type kompressor anvendes for R&D test: LUK eller Valeo
- Hvilken afdeling af TÜV bruges: TÜV Sydtyskland München. Pt kun for normer og data
- Hvis CO₂ kommer hvornår så: introduktion 2003, muligvis med Toyota som første

- Hvornår træffer AUDI sin afgørelse omkring CO2: afgørelse i 2001 (derfor indhentning af tilbud på CO2 fyldeanlæg). AUDI baserer sin afgørelse på det komfortmæssig område, da AUDI vil bruge CO2 anlægget til både som aircon og varmepumpe (se også www.sae.org/misc/ac/presentations/hamwert.pdf). Det er af afgørende betydning at USA også går ind for CO2, en split løsning med 134a i USA og CO2 i Europa er ikke tænkelig, med mindre der kommer en EU lov eller direktiv.
- Hvor stor er fyldevolumet: ca. det samme som i dag, men rør dimensioner er mindre LP Ø6 mm og HP Ø8 mm.
- Hvis AGRAMKOW skulle udvikle et fyldeudstyr for R&D test, hvilke processer skulle udstyret performe: tryktest – evakuering – fyldning – add on fyldning – kontrolleret afblæsning – muligvis kontrolleret PAG fyldning



LV air-con CO2 (udkast)

7.2 Koncept

The equipment consists of a mobile unit which can be placed line side for continuously line production or be placed in the rectification area for repair work . The adapter (hereinafter called flex gun LP) is connected to the CO2 circuit by the low pressure side nipple of the CO2 unit (hereinafter called LP) and performs the physical coupling between the CO2 unit and the mobile unit by a bundle of hoses (hereinafter called hose management).

Two CO2 bottles can be connected to the mobile unit simultaneously.

Option: application with assembly test, the mobile unit is supplied with i.e. nitrogen by a bottle.

Option: applications with two side evacuation and one side charging the CO₂ circuit of the CO₂ unit is connected to an additional adapter (hereinafter called flex gun HP) by the high side nipple (hereinafter called HP).

CO₂ Process sequence

The unit performs an evacuation and a pressure charging of the CO₂ circuit of the CO₂ unit according to the following sequence (pls. note two side evacuation and one side charging):

- Option: Pressure increasing with i.e. nitrogen typically to 10-13 bar incl. continued control of major leakage. Typical process time 8-15 sec.
- Pressure equalization and pressure test (pressure drop) typical to less than 0,1 bar/sec. Typical process time 5-10 sec.
- Venting typical down to 0,5 bar. Typical process time 2-5 sec.
- 1. evacuation typically to less than 3-5 mbar incl. continued control of vacuum leakage (major and minor leakage). Typical process time 35-45 sec.
- Vacuum control for 5–10 sec. typical to less than 10-8 mbar incl. control of vacuum (pressure rise).
- 2. Evacuation typically to less than 3-5 mbar incl. continued control of vacuum leakage (minor leakage). Typical process time 5 sec.
- Charging incl. control of blocked nipple, charging time and amount. Typical process time 7-10 sec. (charging speed 80 gram/ sec.)

The times depend on the applications therefore the times mentioned are only directive. Furthermore the operator's handling time and the on-line units return time must be added to these times.

Operator sequence

When a CO₂ unit arrives in the charging area the following operator sequence must be performed (pls. note two side evacuation and one side charging): Lift the ergonomic designed flex guns out of the holsters and connect them to the CO₂ nipples. Press gently at the start button of the flex gun LP to start the process.

The process runs automatically. The operator can monitor the process on the operator panel on the control cabinet. The operator can interrupt the process by pressing the stop button at the flex gun LP and restart the process by pressing the start button at the flex gun LP or he can remove the flex guns from the nipples and place them into the holsters.

An acoustic sound indicates the end of the process.

The operator removes the flex guns from the nipples and places them into the holsters.

7.3 Teknisk Løsning

Pump Cabinet

The hydraulic cabinet with integrated drip-tray contains a vacuum pump, a mass-flow, a mass-flow controller, accumulator, sensors, a valve terminal and process valves, and a internal pump with automatic change over facility by empty bottle (including alarm warning).

All components fulfil the technical performance during evacuation and charging of CO₂.

Option: applications with assembly test, the mobile unit is supplied with i.e. nitrogen by a bottle. All pressure relief device and safety valves are built-in incl. alarm for empty bottle.

Filling head

The flex guns are provided by a hose management consisting of evacuation and charging hoses.

The flex guns are made of light and operator friendly materials, environmental designed and with automatic clamping quick couplings. The hose management is connected to the pump cabinet with a quick-connector for quick exchange.

Control cabinet (standard)

Cabinet built together with the main unit mechanical cabinet with all electrical switch gear and control modules including PLC.

The cabinet is built according to EN60204-1. The control cabinet has general control modules as control on/off, main switch etc. The configuration of the unit is also made for remote I/O connection including the pneumatic control part. All sensors are connected with M8/12 approved remote plug terminals if possible.

The control cabinet has an operator panel (hereinafter called HMI) visualizing the process parameter, the process sequence with actual and pre-set units, the process faults, the unit faults and alarms that can be modified through password protection.

The process technically related operator controls as manual, automatic operation, push buttons, pilot lamps etc. are placed at the HMI.

7.4 Specifikationer

PLC Control

PLC S7-315-2DP with ET200S/200X and TB170B (5,7") operator touch panel for parameter settings, monitoring sequence steps with measured scaled values, process faults, equipment faults and alarms.

The following Siemens S7 versions will be used for the application software. STEP 7 V. 5.2 + SP1, S7-GRAPH V. 5.1 + SP1, S7-PDIAG V. 5.1, Simatic ProTool/Pro V 6.0 + SP2, Simatic ProAgent V. 6.0 +SP2, NCM S7 Industrial Ethernet V. 5. + SP1, NCM S7 PROFIBUS V. 5.2 + SP1, CP PtP Param V. 5. + SP2, FM 350-1/450-1 V. 5.1, FM 350-2 V 4.0.1, Simatic Net PC software V 6.1 + SP1.

Please note that AGRAMKOW reserves the right to use the latest versions at project start

Process capability

Cmk > 1,67 calculated by 50 samples of vacuum level as a function of fixed time (typical 30-40 sec.), and 50 samples of charged CO₂. Vacuum range 5 – 2 mbar abs. ± 2 mbar. CO₂ amount 400-3000 gram ± 1%

Pls note: the sample is not a normal distribution.

Calculation

$$C_{mk} > (\bar{x} - UGW)/3*s \text{ or } (OGW - \bar{x})/3*s$$

UGW: lower tolerance-range limit

OGW: upper tolerance-range limit

\bar{x} : Mean of a sample s : standard deviation of a sample

Technical performance rev. 18-9-02

General Data

Placing: The equipment must be placed indoors.

Ambient air temperature: 12 to 45°C

Atmospheric humidity: 30-90% (not condensing)

Transportation and storage: -25 to +55°C

Colour: RAL 7032 (light grey)

Electrical performance: According to IEC 204-1 or EN 60204-1

PUMP CABINET

- 1 Dimensions incl control panel (l x h x w): 1375 x 1650 x 8/0 mm
- 2 Weight: abt. 400 kg

- 3 Evacuation capacity: 16 m³/h
 - 3.1 End vacuum (abs.): 0.5 mbar
 - 3.2 Make: Leybold (2-stage)
 - 3.3 Vacuum sensor type: ceramic diaphragm
 - 3.3.1 Range (abs.): 0,1-200 mbar
 - 3.3.2 Accuracy: ± 0,2% FS

- 4 Charging amount: 400 - 3,000 g
 - 4.1 Charging speed: approx 50-100 g/s
 - 4.2 Accuracy approx: ± 1%
 - 4.3 Temperature compensation: 10 - 50° C

- 5 Refrigerant connection: ? male
 - 5.1 Refrigerant: CO₂
 - 5.2 Inlet filter: Particle filter
 - 5.3 Inlet pressure: max 100 bar
 - 5.4 Pump capacity: 50-100 g/s at 20 °C
 - 5.5 Max pressure: typical 70 bar

- 6 Refrigerant bottle: ? litre
- 7 Emptying level of bottle: tara + 2 kg (20° C)

- 8 Air connection: TEMA 1800 male
 - 8.1 Allowable inlet pressure: 5-10 bar
 - 8.2 Air consumption: 500 Nl/min. (NON lubricated)

- 9 Ventilation connection: NW16

- 9 Nitrogen/air pressure test (OPTION)
Allowable inlet pressure: max 20 bar
Nitrogen/air consumption: (A/C volume * pressure) litre (typical 240Nltr/min)
Pressure sensor type: ceramic diaphragm (IFM)
Range (abs.): 0-10bar

CONTROL PANEL (STANDARD)

Power consumption: abt. 4.0 kVA
Supply voltage: 3 x phase + N + PE
Frequency: 50 Hz or 60 Hz

Please note: Supply voltage and frequency in accordance with IEC 204-1 or EN 60204-1.

7.5 Opgavebeskrivelse DTI

AGRAMKOW Fluid Systems A/S ønsker at udvikle et færdigt prototypeanlæg til semiautomatisk fyldning af automobilklima-anlæg med CO₂ som kølemiddel. Princippet bag den semiautomatiske prototype, som er et mobilt udstyr med automatisk proces, skal være udgangspunkt for en videreudvikling af et on-line udstyr med automatisk proces til bilfabrikker.

Løsning af opgaven baseres på et system, hvor CO₂ fra flaske påfyldes køleanlægget på en nippel mellem kompressor og receiver.

Fyldesekvensen er som standard: Trykprøvning, evakuering og fyldning. Standarden kan afviges, hvis det findes fordelagtigt i relation til en given konceptudformning for fyldeudstyret. For nærværende opgave fokuseres dog kun på selve fyldeprocessen efter evakuering.

Proceskrav DTI

Fyldemængden på køleanlæg med et volumen på 1 til 2 liter er $400 \text{ g} \pm 1\%$ med en CPK > 1,67, og det er ønskeligt med en fyldehastighed omkring 100 g/s. Tilstanden i køleanlægget efter fyldning vil have en densitet på minimum 200 til 400 kg/m³.

I gasform svarer dette til en tilstand i umiddelbar nærhed af det kritiske punkt (se figur 3).

Prototypen og det fremtidige fuldautomatiske udstyr skal kunne fungere ved omgivelsestemperaturer mellem 5°C (12°C?) og 40°C.

A/C-anlæggene, som skal fyldes, antages før fyldning at have samme temperatur som omgivelserne.

Fyldeanlægget skal kunne stå strømløs i en længere periode, og et system skal identificere, når CO₂-flasken er tom og automatisk omskifte til en ny flaske.

7.6 Foranalyse, konceptbeskrivelse

Foranalyse

Udformningsvariable

Som princip kan der varieres på flaskens tilstand, som kan svinge frit med omgivelserne eller påtrykkes en fastlagt tilstand. Udtaget fra flasken kan være fastdefineret (væske, gas eller overkritisk) eller variere frit med omgivelserne og flaskens fyldningsgrad.

Endelig kan udtag til fyldning kontrolleres uafhængigt af flasken ved at indskyde en afspændingsbeholder, som udligner svingninger i flaskeudtagets fasetilstande eller transformerer udtagets fase til en ny en fase (f.eks. gas til væske).

Flaske ved:

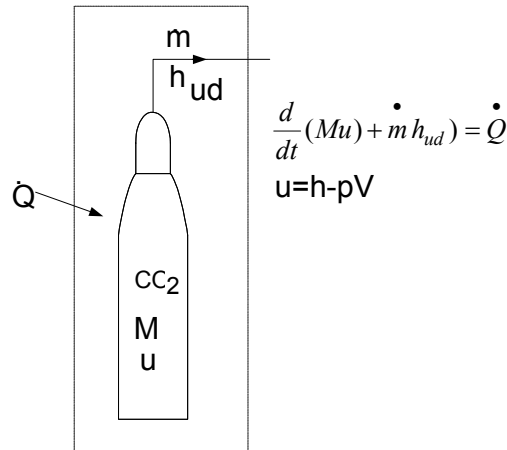
Variable konditioner (5°C / (12°C?) til 40°C)

Fastpåtrykte konditioner (f.eks. 5°C eller 50°C)

Udtag fra flasken:

Gasfase (kræver fastpåtrykte flaskebetingelser) med topudtag

Væskefase (kræver fastpåtrykte flaskebetingelser) med dykrør
 Overkritisk fase (kræver fastpåtrykte flaskebetingelser)
 Gas/væske/overkritisk (variable flaskebetingelser) dykrør eller topudtag
 OBS: Tilstanden C) Overkritisk fase i flasken kan kun opretholdes for en vis (begrænset) fyldningsgrad af flasken (se eksempelvis figur 3 og 4).
 Udtag fra gasfasen resulterer i, at flasken afkøles under aftapning. Kvalitativt udtrykt kan det beskrives ved, at udtag af en given masse fra gasfasen skal modsvares af en tilsvarende fordampning fra væskefasen. Normalt er varmetilførslen til fordampning begrænsende, og derved falder temperatur og tryk i flasken. Udtryk ved termodynamikkens 1. hovedsætning kan tappeprocessen fra flasken (forenklet) beskrives som:



Ud fra denne lidt forenkede betragtning vil energitransporten ud af flasken være mindst, når tilstanden af CO_2 på afgangens svarer mest mulig til den makroskopiske tilstand i flasken, dvs. som væske eller overkritisk gas i de fleste tilfælde.

Uafhængig af flaskens konditioner og flaskens udtag kan til A/C-unitten påtvinges tre fastlagte tilstande:

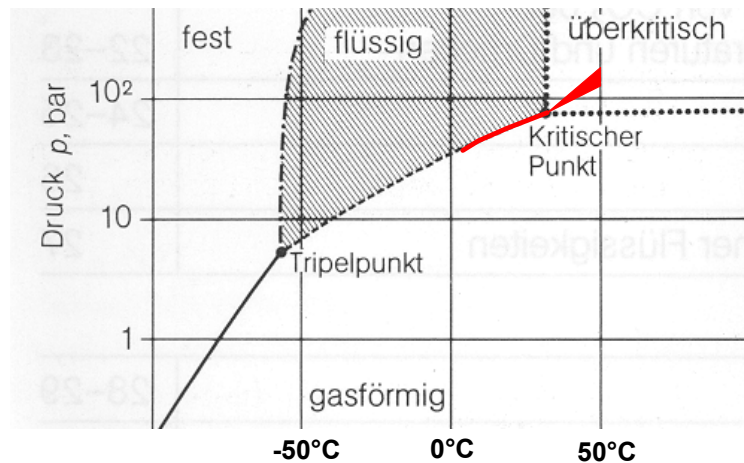
Gasfase

Væskefase

Overkritisk fase

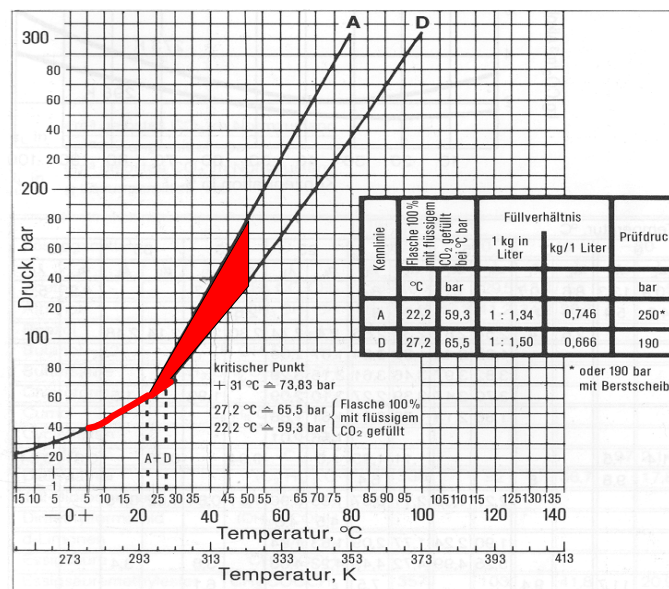
Tilstande i CO_2 -flasken under fyldning

Ved de specificerede omgivelsestemperaturer vil tilstanden i en helt fyldt flaske i nogle tilfælde være overkritisk eller en ligevægt mellem væske og gas.



Figur 1: Faser i en fuld CO₂-flaske ved forskellige omgivelsestemperaturer [Kilde: Hydrogas]

Fyldningsgraden af flasken bestemmer sammen med flaskens temperatur den tilstand, der hersker i flasken. Det bemærkes i figur 2, at kurven A ikke rammer mætningskurven, før temperaturen er mindre end 22,2°C. I dette tilfælde haves en flaske med høj fyldningsmængde, hvor densiteten ikke nødvendigvis er fastlagt af mætningskurven. I de fleste tilfælde leveres flasken dog kun 80% væskefyldt, og da kan man regne med, at mætningskurven følges ved temperaturer under 31°C.



Figur 2: Tilstande i en 100% fuld CO₂-flaske ved forskellige omgivelsestemperaturer [Kilde: Hydrogas]

Til vurdering af alternative fyldeprocesser er relevante tilstand indtegnet i nedenstående

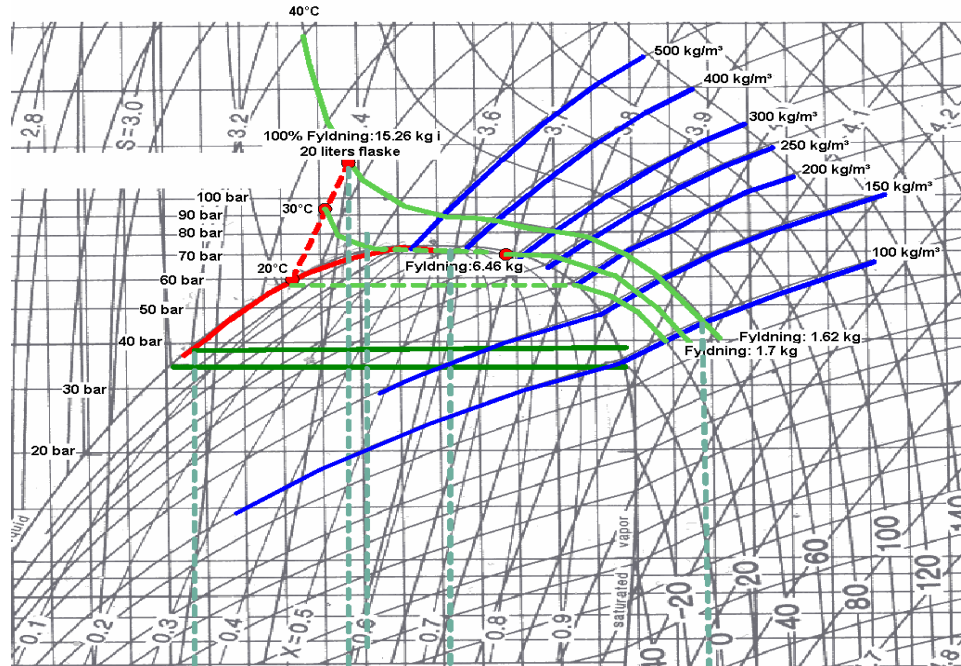
log p-h diagram, som viser:

Starttilstand i flasken (røde kurver)

Tømning ved isoterme konditioner (grønne kurver)

Isochorer (konstant densitet) (blå kurver)

Isenthalpe ekspansionslinier (blågrønne kurver)

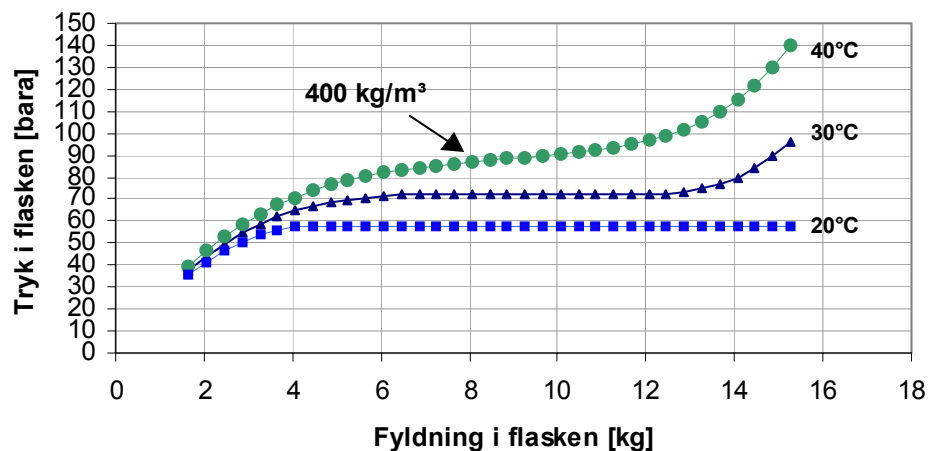


Figur 3: Tilstande angivet i log p-h diagram CO₂-flaske

Baseret på kurverne i figur 3 kan alle løsninger baseret på fyldning direkte fra gasfasen i praksis udelukkes, da kravet til densiteten i den fyldte A/C-unit (400 kg/m³ ved 400 gram i et anlægsvolumen på 1 liter) kun kan opfyldes i et yderst snævert område umiddelbart under det kritiske punkt.

Fyldningen til A/C-unitten må altså - ud fra dette krav - nødvendigvis foregå fra væskefase eller en overkritisk tilstand.

Uden en afspændingsbeholder indskudt mellem flaske og A/C-unit angiver de grønne isotermer fyldeprocessen direkte fra en flaske med dykrør, hvor CO₂ i udgangspunktet tages fra flasken i enten en overkritisk tilstand eller fra væskefasen. I figur 4 er eksempler på trykket i flasken angivet under tømning gennem dykrør langs isotermerne 20°C, 30°C og 40°C.



Figur 4: Tryk i CO₂-flaske under isotermtappeproces med dykrør (Langs grønne kurver i figur 3)

De vandrette områder af kurverne angiver fyldning fra væskefase. I figur 4 er for isotermerne 40°C angivet en pil ved en fyldning på ca. 8 kg, hvor densiteten

falder under 400 kg/m^3 . Dette er i henhold til kravene grænsen for fyldning direkte fra flaske. Et system som Behrs kan derfor ikke tømme CO₂-flasken mere en 40-60% afhængig af CO₂-flaskens fyldningsgrad og A/C-unittens tilstand (volumen og temperatur).

Forsøg med fyldning fra flaske

Til vurdering af fyldning direkte fra flaske - uden afspændingsbeholder, pumpe, kompressor og andet udstyr - er der udført screeningsforsøg med fyldning fra flaske til en evakueret beholder ved 20°C med volumen på 1,1 liter. Resultaterne er vist i tabel 1.

Udtag fra	Flasketryk	Indfyldt mængde	Slutdensitet	Gasdensitet på mætningskurven
Væske	35 bar / 0°C	157 gram	141 kg/m ³	97,7 kg/m ³
Gas	35 bar / 0°C	56 gram	50 kg/m ³	97,7 kg/m ³
Væske	45 bar / 10°C	103 gram	93 kg/m ³	135,2 kg/m ³
Overkritisk	80 bar / 40°C	200 gram	182 kg/m ³	277,7* kg/m ³

Tabel 1: Fyldning direkte fra CO₂-flaske til evakueret beholder (1,1 liter)

*) Tilstand ikke fastlagt på mætningskurven

Under ekspansion fra 45 bar er mængden af flashgas større end ved 35 bar, og fyldningsmængden er derfor mindre. Ved fyldningen fra væskefase kunne tøris ikke konstateres i prøvebeholderen. Trykket opbygges momentant af flashgassen, som optager stort set hele volumenet i beholderen ved 5,2 bar. Det vurderes, at fyldning fra væske eller overkritisk tilstand bør afprøves i praksis før løsninger, hvor A/C-anlægget forfyldes fra gasfasen. Ekspansionsstryktabet bør dog af hensyn til snedannelse i rør placeres så tæt på nippeltilslutningen som muligt.

8 Teknisk beskrivelse, Fyldestation

8.1 Konceptanalyse

Løsningsforslag

Resultaterne af foranalysen og de indledende forsøg viser, at fyldningsspecifikationerne ikke kan opfyldes ved:

Fyldning fra gasfase eller

Fyldning direkte fra flaske fra overkritisk tilstand eller fra væskefase (0-30°C).

Der kan således kun vælges mellem tre overordnede fyldningsstrategier:

Selvdrevet væskeudløb fra lavtemperatur, f.eks. -35°C (gæt!!!), hvorved flashgasmængden reduceres.

Pumpning fra CO₂-væsketilstand til A/C-unit.

Etablering af overkritisk tilstand mellem flaske og A/C-unit vha. af kompressor og gaskøler.

Fyldning med væske

De to førstnævnte principper kræver en beholder (enten selve flasken eller en afspændingsbeholder) med fastpåtrykte forhold, så der opnås uafhængighed af variationer i omgivelserne. Principperne 1 og 2 er sammenfattet i figur 5.

(Figur ikke vist af konkurrencemæssige hensyn)

Figur 5: Principskitse (ikke komplet bestyknings): Fyldning ved pumpning af væske til A/C-unit

I figur 5 er en løsning med afspændingsbeholder (CO₂-receiver) vist, hvor væske og gas er i ligevægt ved et fastspecificeret tryk (f.eks. 40 bar eller fast dP i forhold til omgivelsestemperaturen), der opretholdes af det eksterne R134a-anlæg. I princippet kan det konstante tryk også etableres i CO₂-flasken ved at anvende to udvendige kølespiraler. Den eksterne receiver giver dog større fleksibilitet, da flasker ved omskiftning således ikke først skal nedkøles. Endvidere opnås ved den eksterne receiver en uafhængig kobling til CO₂-forsyningen, og løsningen kan således anvendes ved en fremtidig on-line løsning.

CO₂-flasken tilsluttes via dyrør og en aktuatorventil til CO₂-receiveren. Niveaue i receiveren styres af niveauføleren Lc, som åbner aktuatorventilen ved faldende væskenniveau i receiveren. Væske eller overkritisk CO₂ ekspanderer fra flasken ned til beholderen, hvor flashgassen kondenserer på kølespiralen. Fra beholderen pumpes CO₂ til fyldehovedet gennem en massestrømsmåler, som styrer pumpen og ventilen før fyldehovedet.

I pumpeledning er en akkumulator monteret, som optager trykssvingninger i systemet ved åbning af ventilen, når fyldeprocessen startes, og sikrer en stabil strømning til A/C-unitten gennem resten af fyldeprocessen.

Når CO₂-flasken er næsten tom, bliver drivtrykket lille i forhold til receiveren, og niveauet i receiveren falder. Ved det lave niveau Le skiftes mellem de to CO₂-flasker, og en indikator kan aktiveres.

Ved længere tids strømløs tilstand kan trykket i fyldeaggregatet holdes under f.eks. 50 bar ved langsom afblæsning gennem sikkerhedsventilen på CO₂-receiveren.

Ved løsning 1 kan pumpen elimineres, men i praksis er løsningen mindre egnet, da en gasfri væsketilførsel til massestrømsmåleren er yderst vanskelig. Krav til isolering og væskeunderkøling stiger, når temperaturen sænkes samtidig med, at køleanlægget skal være større.

Relation til R134a-fyldestationer

Løsningen har mange lighedspunkter med den principudformning, der anvendes på AGRAMKOWs eksisterende fyldestationer. På nogle væsentlige punkter er det dog nødvendigt med yderligere forholdsregler grundet CO₂'s termodynamiske egenskaber.

R134a-fyldestationer opererer med et akkumulatortryk på 10 bar svarende til 40°C mætningstryk. Herved er der meget lille risiko for dannelse af gas i forsyningsledningen, f.eks. under længerevarende tidsintervaller mellem fyldninger. Dannelse af gas ved varmeindtrængning kan ikke elimineres efter samme princip, når fyldeprincippet baseres på pumpning af CO₂-væske. Problemet kan løses ved at holde konstant væskecirkulation i den del af forsyningsstrengen, som indeholder akkumulatoren.

Forsyningsledningen skal endvidere være isoleret i tilfælde af en CO₂-fyldestation baseret på væskepumpning.

På afgangssiden af CO₂-receiveren før pumpefilteret kan en underkølingsspiral med fordel indføres, som minimerer dannelse af gas som følge af varmeindtrængning og tryktab.

Perspektiver i forhold til on-line udstyr

Løsningen er umiddelbart anvendelig i forhold til en fremtidig on-line løsning.

Fyldning fra overkritisk tilstand

En sådan løsning kræver, at der efter CO₂-flasken etableres en overkritisk tilstand, når flasken er under 30°C. Fra CO₂-flaske føres gas til en højtrykstempelkompressor, som komprimerer gassen op til et fastindstillet tryk, som styres af konstant tryk ventilen (PC) til en tilstand, hvor gasdensiteten er større end f.eks. 400 kg/m³. For at kunne trække gassen ud af flasken uden at "fryse den ned" tilføres flasken kompressionsvarme og varme fra nedkøling af den komprimerede gas.

Den største udfordring er dog at styre processen, når den følger en isotherm ved eksempelvis 40°C. Trykket i flasken kan være tæt på sætpunktet på ventilen, og kompressoren kommer herved til at arbejde ved et lavt trykforhold. Det vurderes, at der vil opstå funktionalitets problemer for en kompressor under sådanne forhold. Problemet kan løses ved kompressor-bypass, evt. af en delstrøm, men styring af bypass, kompressor, flaskevarmeveksler og konstant tryk ventil bliver omfattende og umiddelbart vurderes det vanskeligt at opnå en tilstrækkelig fyldenøjagtighed.

(figur ikke vist af konkurrencemæssige hensyn)

Figur 6: Principskitse (ikke komplet bestykning): Fyldning fra overkritisk tilstand

Relation til R134a-fyldestationer

Løsningen afviger markant fra de eksisterende R134a-fyldestationer. Hele systemet er på gasform og under højt tryk. Der er tvivlsomt, om der kan findes egnede komponenter, og prisen vil umiddelbart være højere end for pumpeløsningen. Herudover er der åbne spørgsmål omkring kompressoren: Kompressoren vil give anledning til olietilførsel til CO₂, medmindre der anvendes oliefri kompressor eller flertrinsolieudskiller med aktivt kulfilter. Oliefrie kompressorer er dyre, kræver vedligehold og er generelt uegnede til CO₂ pga. den dårlige smøreevne (lav viskositet). Aktive kulfiltre er dyre og kræver vedligehold.

Findes der overhovedet egnede kompressorer til sugning fra overkritisk tilstand?

Den eneste umiddelbare fordel i forhold til fyldning med væskepumpe er, at der undgås problemer med gasdannelse i pumpesystemet, og væskereturledningen fra fyldhovedet kan elimineres.

Perspektiver i forhold til on-line udstyr

Løsningen er ikke umiddelbart anvendelig i forhold til en fremtidig on-line løsning. Kan dog sammenkobles via en afspændingsbeholder. Som konceptløsning og grundlag for anlæggets design blev ”fyldning med væske” valgt ud fra de allerede fremførte argumenter.



Line-side CO₂



Scope of delivery

The equipment consists of a mobile unit which can be placed line side for continuously line production or be placed in the rectification area for repair work. The adapter (hereinafter called flex gun LP) is connected to the CO₂ circuit by the low pressure side nipple of the CO₂ unit (hereinafter called LP) and performs the physical coupling between the CO₂ unit and the mobile unit by a bundle of hoses (hereinafter called hose management).

Two CO₂ bottles can be connected to the mobile unit simultaneously.

Option: application with assembly test, the mobile unit is supplied with i.e. nitrogen by a bottle.

Option: applications with two side evacuation and one side charging the CO₂ circuit of the CO₂ unit is connected to an additional adapter (hereinafter called flex gun HP) by the high side nipple (hereinafter called HP).

CO₂ Process sequence

The unit performs an evacuation and a pressure charging of the CO₂ circuit of the CO₂ unit according to the following sequence (pls. note two side evacuation and one side charging):

Option: Pressure increasing with i.e. nitrogen typically to 10-13 bar incl. continued control of major leakage. Typical process time 8-15 sec.

Pressure equalization and pressure test (pressure drop) typical to less than 0,1 bar/sec. Typical process time 5-10 sec.

Venting typical down to 0,5 bar. Typical process time 2-5 sec.

1. evacuation typically to less than 3-5 mbar incl. continued control of vacuum leakage (major and minor leakage). Typical process time 35-45 sec.

Vacuum control for 5-10 sec. typical to less than 10-8 mbar incl. control of vacuum (pressure rise).

2. Evacuation typically to less than 3-5 mbar incl. continued control of vacuum leakage (minor leakage). Typical process time 5 sec.

Charging incl. control of blocked nipple, charging time and amount. Typical process time 7-10 sec. (charging speed 80 gram/ sec.)

The times depend on the applications therefore the times mentioned are only directive. Furthermore the operator's handling time and the on-line units return time must be added to these times.

Operator sequence

When a CO₂ unit arrives in the charging area the following operator sequence must be performed (pls. note two side evacuation and one side charging):

Lift the ergonomic designed flex guns out of the holsters and connect them to the CO₂ nipples. Press gently at the start button of the flex gun LP to start the process.

The process runs automatically. The operator can monitor the process on the operator panel on the control cabinet. The operator can interrupt the process by pressing the stop button at the flex gun LP and restart the process by pressing the start button at the flex gun LP or he can remove the flex guns from the nipples and place them into the holsters.

An acoustic sound indicates the end of the process.

The operator removes the flex guns from the nipples and places them into the holsters.

Pump cabinet

The hydraulic cabinet with integrated drip-tray contains a vacuum pump, a mass-flow, a mass-flow controller, accumulator, sensors, a valve terminal and

process valves, and a internal pump with automatic change over facility by empty bottle (including alarm warning).

All components fulfil the technical performance during evacuation and charging of CO₂.

Option: applications with assembly test, the mobile unit is supplied with i.e. nitrogen by a bottle. All pressure relief device and safety valves are built-in incl. alarm for empty bottle.

Filling head

The flex guns are provided by a hose management consisting of evacuation and charging hoses.

The flex guns are made of light and operator friendly materials, environmental designed and with automatic clamping quick couplings. The hose management is connected to the pump cabinet with a quick-connector for quick exchange.

Control cabinet (standard)

Cabinet built together with the main unit mechanical cabinet with all electrical switch gear and control modules including PLC.

The cabinet is built according to EN60204-1. The control cabinet has general control modules as control on/off, main switch etc. The configuration of the unit is also made for remote I/O connection including the pneumatic control part. All sensors are connected with M8/12 approved remote plug terminals if possible.

The control cabinet has an operator panel (hereinafter called HMI) visualizing the process parameter, the process sequence with actual and pre-set units, the process faults, the unit faults and alarms that can be modified through password protection.

The process technically related operator controls as manual, automatic operation, push buttons, pilot lamps etc. are placed at the HMI.

PLC Control

PLC S7-315-2DP with ET200S/200X and TB170B (5,7") operator touch panel for parameter settings, monitoring sequence steps with measured scaled values, process faults, equipment faults and alarms.

The following Siemens S7 versions will be used for the application software. STEP 7 V. 5.2 + SP1, S7-GRAPH V. 5.1 + SP1, S7-PDIAG V. 5.1, Simatic ProTool/Pro V 6.0 + SP2, Simatic ProAgent V. 6.0 +SP2, NCM S7 Industrial Ethernet V. 5. + SP1, NCM S7 PROFIBUS V. 5.2 + SP1, CP PtP Param V. 5. + SP2, FM 350-1/450-1 V. 5.1, FM 350-2 V 4.0.1, Simatic Net PC software V 6.1 + SP1.

Please note that AGRAMKOW reserves the right to use the latest versions at project start

Process capability

Cmk > 1,67 calculated by 50 samples of vacuum level as a function of fixed time (typical 30-40 sec.), and 50 samples of charged CO₂. Vacuum range 5 – 2 mbar abs. ± 2 mbar. CO₂ amount 300-400 gram ± 5 gram

Pls note: the sample is not a normal distribution.

Calculation

$$Cmk > (\bar{x} - UGW)/3*s \text{ or } (OGW - \bar{x})/3*s$$

UGW: lower tolerance-range limit

OGW: upper tolerance-range limit

\bar{x} : Mean of a sample s : standard deviation of a sample

General Data

Placing: The equipment must be placed indoors.

Ambient air temperature: 12 to 45°C

Atmospheric humidity: 30-90% (not condensing)

Transportation and storage: -25 to +55°C

Colour: RAL 7032 (light grey)

Electrical performance: According to IEC 204-1 or EN 60204-1

Pump cabinet

1 Dimensions incl control panel (l x h x w): 1375 x 1650 x 8/0 mm

2 Weight: abt. 400 kg

3 Evacuation capacity: 16 m³/h

3.1 End vacuum (abs.): 0.5 mbar

3.2 Make: Leybold (2-stage)

3.3 Vacuum sensor type: ceramic diaphragm

3.3.1 Range (abs.): 0,1-200 mbar

3.3.2 Accuracy: ± 0,2% FS

4 Charging amount: 300 - 3,000 g

4.1 Charging speed: approx 50-100 g/s

4.2 Accuracy approx: ± 5 gram (300-500gram, ± 1% (>500 gram))

4.3 Temperature compensation: 10 - 50° C

5 Refrigerant connection: ? male

5.1 Refrigerant: CO₂

5.2 Inlet filter: Particle filter

5.3 Inlet pressure: max 100 bar

5.4 Pump capacity: 50-80 g/s at 20 °C

5.5 Max pressure: typical 70 bar

6 Refrigerant bottle: 20 litre

7 Emptying level of bottle: tara + 2 kg (20° C)

8 Air connection: TEMA 1800 male

8.1 Allowable inlet pressure: 5-10 bar

8.2 Air consumption: 500 Nl/min. (NON lubricated)

9 Ventilation connection: NW16

10 Nitrogen/air pressure test (OPTION)

Allowable inlet pressure: max 20 bar

Nitrogen/air consumption: (A/C volume * pressure) litre (typical 240Nltr/min)

Pressure sensor type: ceramic diaphragm (IFM)
Range (abs.): 0-10bar

Control panel (standard)
Power consumption: abt. 4.0 kVA
Supply voltage: 3 x phase + N + PE
Frequency: 50 Hz or 60 Hz

Please note: Supply voltage and frequency in accordance with IEC 204-1 or EN 60204-1.

8.2 Fieldtest LS station

Selvom LS (Line-Side) station oprindeligt er udviklet til automobil industrien fortages field testen hos Nilan i Hedensted, som anvender den til at fylde store Heat Pipes med CO₂.

Årsagen heri skal ses ud fra at automobil industrien i begyndelse af 2003 "tabte" lidt af pusten omkring introduktion af CO₂ i MACs, herved blev mulighederne for en reel field test med masseproduktion umulig gjort. De muligheder som Nilan kan tilbyde minder om masseproduktion pga. af fyldemængdernes størrelse 290-4,000gram, hvilket betyder af de væsentlige komponenter belastes tilstrækkeligt for at give masseproduktions lignende forhold.

Det har været nødvendigt at modificerer stationen lidt således at den blev tilpasset Nilan's forhold, men generelt har det oprindelige design koncept fungeret.

Field testen har også afspejlet på hvilke punkter produktet kan optimeres, hvor der er nye design muligheder og hvad de kritiske produktionsparametre er. LS stationen har til dato udført ca. 2,500 fyldninger og fungeret tilfredsstillende efter lidt begynder vanskeligheder. Nilan er godt tilfreds med stationen.

9 Teknisk beskrivelse, Servicestation

9.1 Konceptanalyse

Opgave

Med henvisning til tidligere gennemførte forsøg ønskes undersøgt hvilke muligheder der kan bringes til anvendes i forbindelse med fyldning af CO₂ i MAC (mobile airconditioner), med en slut densitet på min 250kg/m³.

Analyse af de gennemførte forsøg

Der er i alt gennemført 8 forsøg i forbindelse med konceptudviklingen af det vægtstyrede servicefyldeaggregat.

Fyldning fra overkritisk tilstand - 4 forsøg alle fra 27,6 liters CO₂-flaske uden dyrør ved 40°C (overkritisk) til 1,6 liters receiver ved 30°C. Fyldemængden er 400 g, hvilket medfører en slutdensitet i receiveren på 250 kg/m³. De 4 forsøg varieres ved at anvende to forskellige strømningsreguleringsventiler (en nåleventil og en konstant trykregulatorventil) samt ved at placere afspærringsventilen enten ved flasken eller ved receiveren.

Konklusion: Ved anvendelse af nåleventilen som strømningsreguleringsventil og ved montering af afspærringsventilen ved flasken er det muligt at foretage fyldninger, indtil densiteten i CO₂-flasken er ca. 315 kg/m³, svarende til 8 kg CO₂ i flasken. Placeringen af afspærringsventilen synes at have stor betydning for tømningens graden. Under andet forsøg blev ventilen placeret ved receiveren, hvilket medførte en rest CO₂-mængde i flasken på ca. 16 kg. Den store forskel i tømningens graden - alt efter placering af afspærringsventilen - bør verificeres gennem flere forsøg. Fyldenøjagtigheden under de gennemførte forsøg med nåleventil ligger mellem 0 og +6%, hvilket opfylder de opstillede krav på -0 og +10%. Fyldehastigheden varierer mellem 3 og 10 gram pr. sekund, hvilket ikke opfylder kravet på mellem 20 og 50 g/s. Løsningen med en konstant trykregulatorventil synes ikke umiddelbart anvendelig, da den opnåelige tømningens grad af flasken efterlader en restmængde CO₂ i flasken på 16,8 kg.

Fyldning fra underkritisk tilstand - 2 fyldningsforsøg fra 26,7 liters CO₂-flaske med dyrør til 1,6 liters receiver. Fyldemængde er 400 g, hvilket medfører en slutdensitet i receiveren på 250 kg/m³. Det første forsøg blev gennemført ved en flasketemperatur på 30°C og en receivertemperatur på 10°C. Det sidste forsøg blev gennemført ved en flasketemperatur på 10°C og en receivertemperatur på 50°C.

Konklusion: Så længe der er CO₂ på væskeform i flasken, og flaskens temperaturen er højere end receiverens, er det muligt at fylde fra underkritisk tilstand. Rest CO₂-mængden i flasken ved fyldning fra 30°C flaske til 10°C receiver blev målt til 5,2 kg, hvilket svarer til en slutdensitet i flasken på 190 kg/m³. Trykket i flasken efter sidste fyldning blev dog målt til 56,8 bar, hvilket svarer til ca. 20°C mætningstemperatur. Fyldenøjagtigheden varierer mellem +3 og +25%, hvilket ikke opfylder de stillede krav på -0 og +10%.

Fyldehastigheden varierer mellem 45 og 62 g/s, hvilket ligger i overkanten af de opstillede krav på mellem 20 og 50 g/s. Ved 10°C flasketemperatur og 50°C receivertemperatur var det kun muligt at påfylde 125 g, før trykkene i de to beholdere var udlignede.

Nedkøling af CO₂-flaske fra 50°C til 30°C – Nedkølingen skete ved afblæsning af CO₂ igennem en traditionel sikkerhedsventil fra 26,7 liters flaske uden dykrør.

Konklusion: Nedkøling skete hurtigt og problemfrit. Det skal dog nævnes, at støjniveauet var uacceptabelt højt. Forbruget blev målt til ca. 5,5 kg, og tidskonstanten for nedkølingen var ca. 2 minutter. Så længe afblæsningen sker fra overkritisk tilstand, sker der ikke nogen egentlig afkøling af flasken. Først når trykket er under de 72 bar, tages der gas ud af flasken med efterfølgende fordampning af den væskeformige CO₂. Nedkølingssystemet kan forbedres ved at montere en spiral/kappe omkring flasken og ekspandere den overkritiske CO₂ fra flasken ned til et tryk på eksempelvis ved -30°C og derefter lede den igennem spiralen, hvor den vil fordampe og afkøle flasken. Herved kan den afblæste mængde CO₂ ved de ovenfor anførte temperaturer reduceres til ca. 3,4 kg.

CO₂-forbrug ved vedligeholdelse af 30°C, 26,7 liter flaske i 50°C omgivelser – Forsøget blev gennemført i umiddelbar forlængelse af forsøg C. Flaskens temperatur blev således fastholdt ved afblæsning af CO₂ fra flasken igennem en sikkerhedsventil forud indstillet til afblæsning ved ca. 71 bar.

Konklusion: Metoden fungerer tilfredsstillende. CO₂-forbruget blev målt til ca. 1,8 kg/ time. Ud fra temperaturforskellen mellem flasken og omgivelserne samt forbruget af CO₂ beregnes en UA-værdi for flasken på ca. 1,7 W/K. CO₂-forbruget kan reduceres ved isolering af flasken. Forsøget blev udført i klimakammer med tvungen luftcirkulation, hvilket har en ikke uvæsentlig betydning for varmeovergangstallet mellem flasken og luften.

Opvarmning af flaske fra -10 til 10°C – Opvarmningen af 26,7 liter flasken med 20 kg CO₂ i klimakammer med 10°C lufttemperatur.

Konklusion: Tidskonstanten for opvarmningen blev målt til 141 minutter.

Håndteringsproblemer ved fyldning direkte fra flaske

Følgende problemstillinger bør analyseres nærmere ved fyldning direkte fra flaske:

Montering af flaske/system – ingen.

Nedkøling/opvarmning af flaske – evt. nedkøling af flasken kan ske ved hjælp af eksternt kølesystem eller ved afblæsning af CO₂ fra flasken. Begge systemer medfører en opstartstid, førend systemet er klar til brug. Sker nedkølingen ved hjælp af afblæsning af CO₂, skal systemet designes således, at der ikke opstår lydproblemer. Hurtig afblæsning kan desuden medføre en kraftig "jet" ud af afblæsningsventilen, hvorved der opstår risiko for, at CO₂-flasken vælter. Det er nødvendigt, at det aktuelle værksted har et passende aftrækssystem til fjernelse af den afblæste mængde CO₂. Opvarmning af flasken vil ligeledes medføre en opstartstid. Opvarmningssystemet skal være sikret, således at overophedning af flasken undgås.

Afblæsning af rest CO₂ fra bilklima-læg – inden evakuering af klima-lægget foretages, skal bilklima-lægget tømme for CO₂. Sker det først, når fyldeslangen er monteret, kan der opstå problemer med olie i fyldeslangen, serviceaggregatets ventil og værkstedets aftrækssystem.

Evakuering af bilklima-lægget – klarmelding og evt. manuel betjening af ventiler.

Fyldning – hvis receiverens temperatur er højere end flaskens tryk/temperatur, er det med baggrund i de udførte forsøg ikke sikkert, at det er muligt at foretage fyldninger. Hvis fyldningen ikke kan gennemføres pga. ”tom” flaske, og der efter udskiftning af flasken skal efterfyldes eksempelvis 200 gram, kan der opstå 3 væsentlige problemstillinger. Hvis trykket i receiveren i den tid, det tager at skifte flasken, er blevet højere end trykket i den nye flaske, er det ikke praktisk muligt at gennemføre en efterfyldning. Systemets og i særdeleshed vægtens responstid kan være for langsom. Husker systemet selv, hvor meget der skal efterfyldes, således at operatøren, når han har skiftet flaske, blot trykker på startknappen?

Driftsudgifter ved fyldning direkte fra flaske

Med baggrund i de gennemførte forsøg er det muligt at beregne de forventede driftsomkostninger for de forskellige systemer.

Der opstilles 2 scenarier, hvor driftsomkostningerne - dels for et servicefyldeaggregat med fyldning fra overkritisk og dels for et aggregat med fyldning fra underkritisk/væskefase - beregnes. Begge systemer er monteret med 26,7 liter flaske med 20 kg CO₂. Driftsomkostningerne for de to systemindhold er evt. elforbrug til opvarmning af flaske til overkritisk tilstand samt evt. CO₂-forbrug til nedkøling og vedligeholdelse af flaske til underkritisk tilstand, ved afblæsning af CO₂ fra flasken.

Scenario 1:

Omgivelsestemperatur på 25°C

10 fyldninger pr. dag

Standby-tid 7,5 timer

Fyldningsmængde 400 g

Slutdensitet i receiver 250 kg/m³

Receivertemperaturen er lavere end 25°C

Scenario 2:

Omgivelsestemperatur på 40°C

10 fyldninger pr. dag

Standby-tid 7,5 timer

Fyldningsmængde 400 g

Slutdensitet i receiver 250 kg/m³

Receivertemperaturen er lavere end 25°C

Fyldning fra overkritisk tilstand ved omgivelsestemperatur på 40°C:

Der er ingen krav til vedligeholdelse af flasketemperaturen. Der er således ingen begrænsning på standby-tiden. Det er muligt at foretage i alt 30 fyldninger.

Fyldning fra underkritisk tilstand ved omgivelsestemperatur på 40°C:

Forbruget af CO₂ til nedkøling fra 40 til 25°C er 4,9 kg. UA-værdien for flasken blev under det gennemførte forsøg fastlagt til ca. 1,7 W/K, hvilket medfører en konstant varmebelastning på ca. 26W. CO₂-forbrug til vedligeholdelse af flasketemperaturen bliver således 0,77 kg/time. Rest CO₂-mængde i flasken, når slutdensiteten i receiveren ikke længere kan overholdes, er 6,5 kg. Den maksimale standby-tid, hvorefter det ikke er muligt at foretage en 400 g fyldning, bliver således 10,7 timer. Ved 10 fyldninger (4 kg) er standby-tiden 6,0 timer. Ønskes en standby-tid på 7,5 timer, kan der kun foretages i alt 6 fyldninger. Udformes nedkølingssystemet med spiral omkring flasken, kan CO₂-forbruget til nedkøling fra 40° til 25°C reduceres til 2,8 kg. Herved forlænges standby-tiden ved 10 fyldninger til 8,8 timer.

Fyldning fra overkritisk tilstand ved omgivelsestemperatur på 25°C:

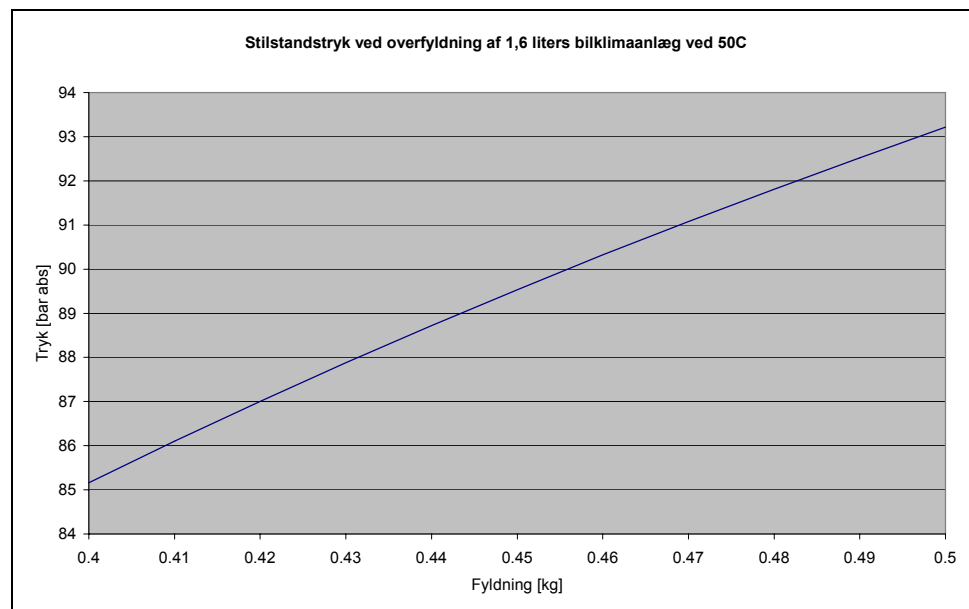
Elforbruget til opvarmning af flasken fra 25°C til 40°C er ca. 200 Wh. Elforbruget til vedligeholdelse af flaskens temperatur er ca. 26 Wh/time. Det samlede elforbrug til opvarmning og vedligeholdelse af flasketemperaturen i 7,5 time er 0,4 kWh. Rest CO₂-mængde, når slutdensiteten i receiveren ikke længere kan overholdes, er 8 kg. Der er ingen begrænsning på standby-tiden, og det er muligt at foretage i alt 30 fyldninger.

Fyldning fra underkritisk tilstand ved omgivelsestemperatur på 25°C:

Der er intet forbrug af CO₂ til nedkøling og vedligeholdelse af CO₂-flaskens temperatur. Rest CO₂-mængden, når slutdensiteten i receiveren ikke længere kan overholdes, er 6,5 kg. Der er ingen begrænsning på standby-tiden, og det er muligt at foretage i alt 33 fyldninger. I beregningen ses der bort fra den nedkøling af flasken, der vil ske hver gang, der foretages en fyldning. Ovenstående værdier er baseret på de udførte målinger, hvor flasketemperaturen var 30°C, og receiverentemperaturen var 10°C. Det antages, at fyldeprocessen fra væskefasen kan foretages, bare receiverentemperaturen er lavere end flasketemperaturen.

Sikkerhedsvurdering ved overfyldning

Overfyldning af bilklimaanelægget har betydning for stilstandstrykket, men kan også have betydning under drift. De problemer, der kan opstå under drift, afhænger af klimaanelæggets opbygning, og vil derfor ikke blive vurderet i denne rapport. Antages det, at klimaanelæggets totale volumen er 1,6 kg, at standardfyldningen er 400 g CO₂, og at omgivelsestemperaturen maksimalt er 50°C, kan anlæggets stilstandstryk beregnes ved stigende overfyldning - se nedenstående diagram.



Overfyldning af klimaanelægget vurderes ikke at have nogen sikkerhedsmæssig betydning for stilstandstrykket.

Konklusion

Med baggrund i de gennemførte forsøg samt en efterfølgende beregning af driftsomkostningerne for fyldning fra overkritisk og underkritisk tilstand, synes fyldning fra overkritisk CO₂-flaske at være den oplagte løsning.

Fyldning fra overkritisk tilstand sikrer det største antal fyldninger, de laveste driftsomkostninger og umiddelbart også den laveste kostpris og systemets kompleksitet. Det største problem ved fyldning fra overkritisk tilstand er den store tryk- og densitetsvariation, der forekommer i flasken, i takt med at CO₂-indholdet falder ved hver fyldning. For at opfylde kravene til fyldenøjagtigheden stiller variationerne store krav til metoden med strømningsbegrænsning. En endelig løsning på problemet blev ikke identificeret under de gennemførte forsøg.

Der er gennemført to forsøg med fyldning fra overkritisk CO₂-flaske med nåleventil som strømningsbegrænser. Under første forsøg blev afspærringsventilen placeret ved flasken, og under andet forsøg blev den placeret ved receiveren. Restmængden af CO₂ i flasken var efter første forsøg 8 kg, mens den efter andet forsøg var 15,8 kg. Den store forskel i tømningegraden kan ikke umiddelbart forklares, og bør derfor valideres igennem et passende antal forsøg.

Foretages en teoretisk vurdering af den mulige tømningegrad, bør det være muligt at fylde fra den overkritiske flaske, hvis følgende to parametre er opfyldt:

Temperaturen/trykket i flasken er højere end temperaturen af receiveren.
Densiteten i flasken er højere end slutdensiteten i receiveren.

Restmængden af CO₂ i de udførte forsøg bør altså teoretisk ligge omkring 7 kg. Hæves kravet til slutdensiteten eksempelvis til 400 kg/m³, stiger restindholdet af CO₂ i flasken til ca. 11 kg, og antallet af fyldninger falder fra 32 til 22.



RHS 744 service unit

9.2 Scope of delivery

The equipment consists of a mobile unit which can be placed line side for small scale line production or be placed in the rectification area for repair work . The adapters (hereinafter called LP adapter and HP adapter) are connected to the CO₂ circuit by the low and high pressure side service ports of the CO₂ mobile air-condition (hereinafter called MAC) and performs the physical coupling between the MAC and the mobile unit by flexible hoses . One CO₂ bottles can be connected to the mobile unit.

CO₂ charging process sequence

The unit performs an evacuation and a pressure charging of the CO₂ circuit of the CO₂ unit according to the following sequence (pls. note two side evacuation and one side charging of a dry system):

1. evacuation typically to less than 3-5 mbar incl. continued control of vacuum leakage (major and minor leakage). Typical process time 45-60 sec.

Vacuum control for 5-10 sec. typical to less than 10-8 mbar incl. control of vacuum (pressure rise).

Charging. Typical process time 20-30 sec.

The times depend on the applications therefore the times mentioned are only directive. Furthermore the operator's handling time must be added to these times. The design of the unit is made for typical cycle times of approx 30 minutes.

Operator charge sequence

When a CO₂ MAC arrives in the charging area the following operator sequence must be performed (pls. note two side evacuation and one side charging):

connect the adapters to the service ports of the MAC, and open the shut off valve of the adapters and press start on the unit

The process runs automatically. The operator can monitor the process on the HMI operator panel.

Process end is indicated on the HMI.

The operator closes the shut off valves of the adapters and removes them.

CO₂ drain process sequence

The unit performs a draining of an already filled MAC system:

CO₂ draining of the system approx. 300gram/5 min

Operator charge sequence

When a CO₂ MAC arrives in the service area the following operator sequence must be performed:

connect the adapters to the service ports of the MAC, and open the shut off valve of the adapters and press start on the unit

The process runs automatically. The operator can monitor the process on the HMI operator panel.

Process end is indicated on the HMI.

The operator closes the shut off valves of the adapters and removes them.

Drain the recovered oil

Mobile cabinet

The mobile cabinet contains a vacuum pump, a scale, a compressor, receiver, sensors, a valve terminal and process valves.

All components fulfil the technical performance during evacuation and charging of CO₂.

Adapters

The unit is supported with adapters for LP and HP service ports in accordance with SAE CO₂ J2196 and 3 meter long hoses

Controller

The control cabinet has an operator panel (hereinafter called HMI) visualizing the process parameter, the process sequence with actual and pre-set units, the process faults, the unit faults and alarms that can be modified through password protection.

General Data

Placing: The equipment must be placed indoors.

Ambient air temperature: 10 to 50°C

Atmospheric humidity: 30-90% (not condensing)

Transportation and storage: -25 to +55°C

Colour: RAL 9001 (light grey)

Electrical performance: According to EN60335

Pump cabinet

- 1 Dimensions (d x h x w): 800 x 1030 x 670
- 2 Weight: abt. 100 kg

- 3 Evacuation capacity: 8 m³/h
 - 3.1 End vacuum (abs.): 0.5 mbar
 - 3.2 Vacuum sensor type: pirani
 - 3.2.1 Range (abs.): 0,1-100 mbar
 - 3.2.2 Accuracy: ± 0,2% FS

- 4 Charging amount: 1000g (final density 260gram/liter)
 - 4.1 Charging speed: approx 15 g/s
 - 4.2 Accuracy approx: ± 5 gram (with-out service hoses)
 - 4.3 Temperature compensation: 10 - 50° C

Control panel

Power consumption: abt. 2.0 kVA
Supply voltage: 230V + PE
Frequency: 50 Hz

Please note: Supply voltage and frequency in accordance with IEC 204-1 or EN 60204-1.

9.3 Fieldtest RHS 744 service unit

Service unitten har befundet sig i field test hos BMW siden medio april. Unittens opgave er at service de biler der anvendes i BMW's flåde test af CO₂ biler. Dvs unitten servicerer både nye MACs, og MACs som kommer ind for reparation, hvilket også vil være de forhold som unitten skal varetage efter CO₂ MACs er kommet på markedet.

BMW har selv været med til godkende specifikationer for unitten (i samråd med VDA arbejdskredsen bestående af VW, Audi, DaimlerChrysler, GM og BMW), hvilket gør at evt. ændringer automatisk flyder ind i OEM's specifikationer, og herigennem afspejler de praktiske test.

Det selvfølgelig klart, at et positivt test resultat er af stor betydning for AGRAMKOW Fluid Systems A/S, da dette automatisk vil give en god reference ind til den gruppe af OEM's, som driver CO₂ udviklingen indenfor MACs.

Det er ikke muligt på dette tidspunkt at give en status over field test forløbet, indtil nu har BMW dog været godt tilfreds.

10 Samarbejdspartnere i forløbet

Samarbejdspartnere

Visteon er et stort verdens omspændende firma med udvikling, fremstilling og salg af komponenter og hele systemer indenfor MAC området. Visteon er også en stor aktør indenfor udvikling af CO2 til MACs. Visteon interesse i en service unit/fyldestation er at alle de hindringer der måtte være for at CO2 kan implementeres i en produktion respektive services er løst. Visteon har hjulpet Agramkow med tekniske oplysninger og specifikationer i begyndelsen af vores udviklingsprojekt hvor faktiske oplysninger vedr. vores områder var meget begrænset.

Ventrex er et Østrigs firma som primært er kendt for ventiler (service ports) til MAC. Da Agramkow startede sin CO2 udvikling var der endnu ikke udarbejdet/frigivet en standard indenfor service ports. Ventrex har hjulpet Agramkow med at fremskaffe de nødvendige oplysninger således at vores udviklingsarbejde kunne starte før en egentlig standard blev frigivet. Agramkow udvikling på dette område har været en kobling som passede til service porten.

BMW henvendte sig til Agramkow med henblik på i fælles interesse at udvikle en service unit, som de kunne anvende til at servicere deres CO2 køretøjer (som skulle køre i field test), og med Agramkow som den der kunne specificere kravspecifikation til en sådan service unit, ud fra den kompetence vi gennem mange års arbejde har opbygget i Agramkow og RTI vedrørende service units for after market sales.

Nilan meldte sig selv på banen efter en 1 dags CO2 konference hos DTI i Århus, hvor de havde hørt om vores CO2 fyldestation. Nilan fylder nogle stor Heat Pipes med CO2, en opgave som passer fint til vores LS station. Herved har vi fået LS stationen i field test under konditioner som minder om samlebåndsproduktion.

11 Formidling, Seminarer og konferencer

Seminarer og konferencer

Der er selvfølgelig en lang række af seminarer og konference som vedrører temaet "CO2 fremtidens kølemiddel". De fleste af disse tager afsæt i selve teknologien og ydelsen i et CO2 anlæg, hvorfor en del af disse ikke måtte have vores interesse, grundet vores vinkel er påfyldning (processen omkring påfyldning af CO2) set fra en produktionsteknisk vinkel.

Af de seminarer og konferencer som har været af betydning for AGRAMKOW Fluid Systems A/S vil vi gerne nævne:

- VDA Alternate Refrigerant Winter Meeting i Østrig
- Danske Køledage
- TEMADAG hos Teknologisk institut
- VDA Arbejdskreiss i Fulda
- SAE Automotive Alternate Refrigerant Systems Symposium

Agramkow har i pkt 1 og 3 haft mulighed for at præsentere vores teknologiske landvindinger.

I pkt 4 har vi direkte fået ændret kravspecifikationen ud fra vores udvikling
Pkt 5 er primært blevet monitoreret via Internettet og vores medlemskab af SAE

Herudover er det så blevet til en lang række foredrag hos vores kunder vedrørende alle de temaer der kommer til at gøre sig gældende ved indførelse af CO2.

Bilag



Tap the benefits of

CO₂

AGRAMKOW introduces production and service equipment for CO₂ applications

More car customers want air conditioning in their car. More cars are so energy efficient that they don't generate enough energy to power an air conditioning system. So what's a car manufacturer to do?

Imagine if you could tap into a natural refrigerant that is more environmentally responsible than refrigerants being used today, that could be cheaply recovered from other processes—and could help air conditioning systems run so efficiently that they would be suitable not only for mainstream vehicles, but the latest fuel cell hybrid car technologies as well?

AGRAMKOW is working through the VDA Working Group together with Audi, BMW, DaimlerChrysler, General Motors and VW to develop CO₂ solutions for the automotive industry

Doing good with bad
Well, such a refrigerant exists. It is carbon dioxide, CO₂, a gas found naturally in our atmosphere. The problem is, CO₂ emissions are also associated with global climate change.

Paradoxically, therein lies the opportunity. Auto companies are in a unique position to use them to do something good. Companies can apply CO₂

captured from other processes to actually reduce worldwide CO₂ emissions, minimize risk, reduce costs—and give customers the air conditioning they want without compromising a car's performance.

Companies that get CO₂ refrigerants right will help CO₂ emissions fall, and benefit customers (and stakeholders), too. That is why CO₂ is poised to replace R134a, which became the industry standard in the 1990's.

1 / 1,300 less impact than HFC 134a
When auto manufacturers began using 134a, they did so not because it was perfect, but because it was the best choice at the time for reducing the risk of ozone depletion. But its impact on global warming is still big, which is why CO₂ is so promising: its impact on global warming is a mere 1 / 1,300 of that of 134a. CO₂ air conditioning systems offer other benefits:

- They don't require heat from the engine — and can be used for both heating and cooling the passenger cabin.
- CO₂ can be cheaply captured from chemical plants; no complicated manufacturing processes are required.
- Experience from the appliance industry, which is using it in applications like for instance heat pumps and hot water, shows CO₂ can work.

Operational challenges
But using CO₂ in the auto industry is no simple task. The operating pressure and thermal properties of a CO₂ system are different from conventional systems.

At AGRAMKOW, we know from experience with filling station applications that adopting CO₂ (labelled R744) has implications for many processes — from charging and leak detection to supply and operator safety.

Traditional refrigerants have a critical point above normal ambient pressure, making it easy to maintain fluidity and stability; R744 is different. Its critical point is 31° C. If temperatures are not kept below 31° C, there is a risk that gas will form. And while leak detection for 134a typically requires 20 bar/g, R744 stand-by pressure needs up to 90 bar/g, with a running pressure above 120 bar/g.

AGRAMKOW has extensively studied the unique properties of CO₂ to develop equipment for automotive manufacturers interested in switching to CO₂—but not at the cost of compromising safety or performance.

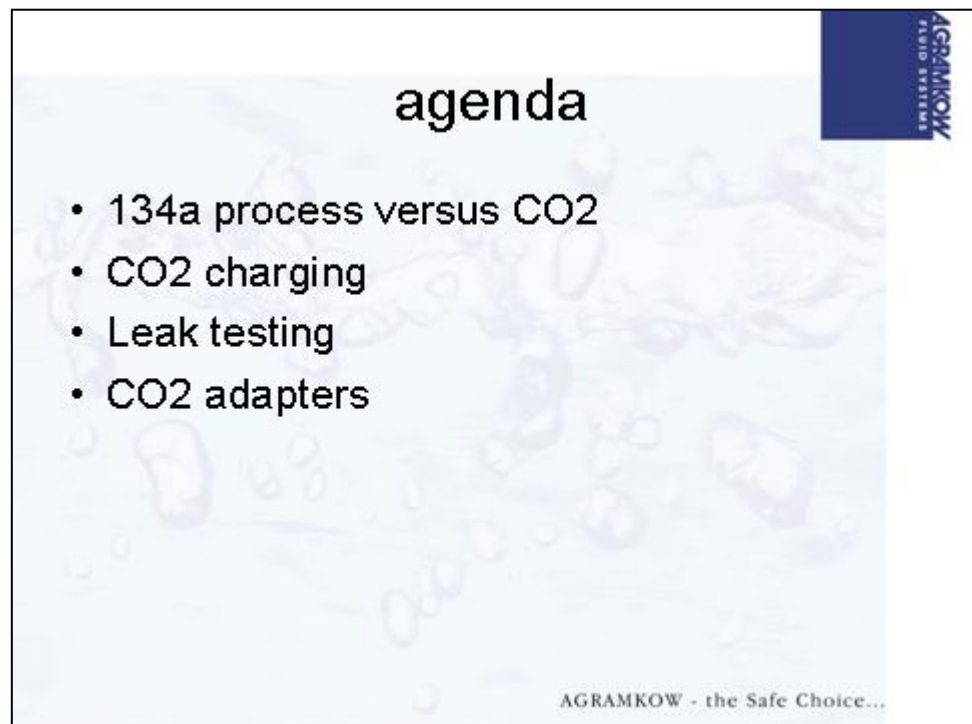
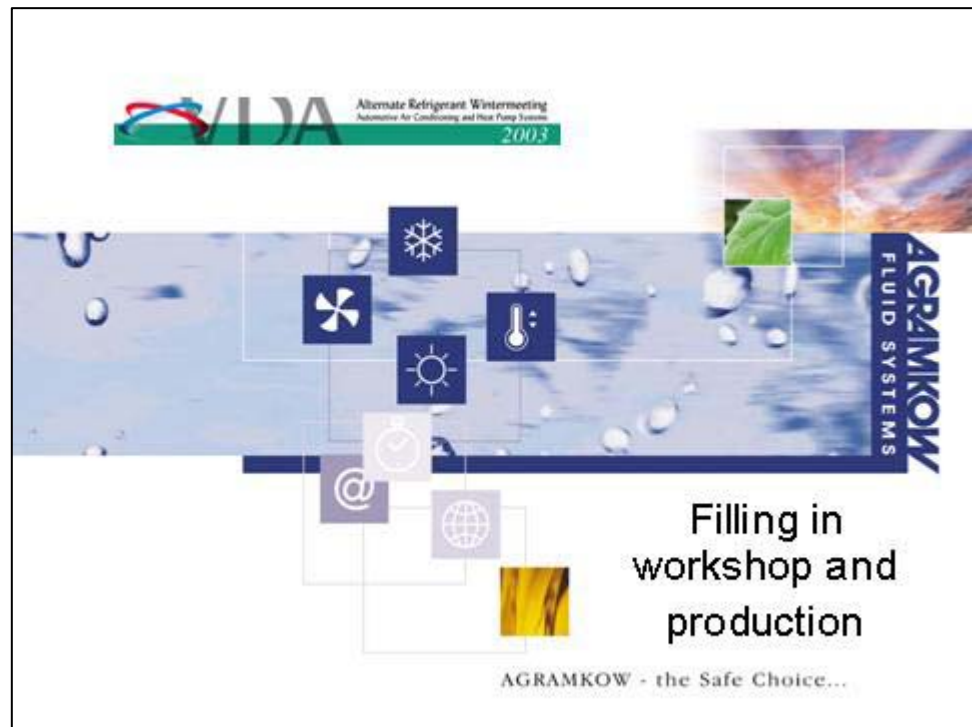
Benefit from our experience
AGRAMKOW will offer charging equipment based on two charging principles: liquid and gas charging.

- Liquid has the advantage of high CO₂ density, making it ideal for short charging cycle times. Liquid can't be compressed (high accuracy) which makes liquid charging better suited for volume production
- Gas charging is more ideal for service and low volume production purposes (an inexpensive, easy to use solution).

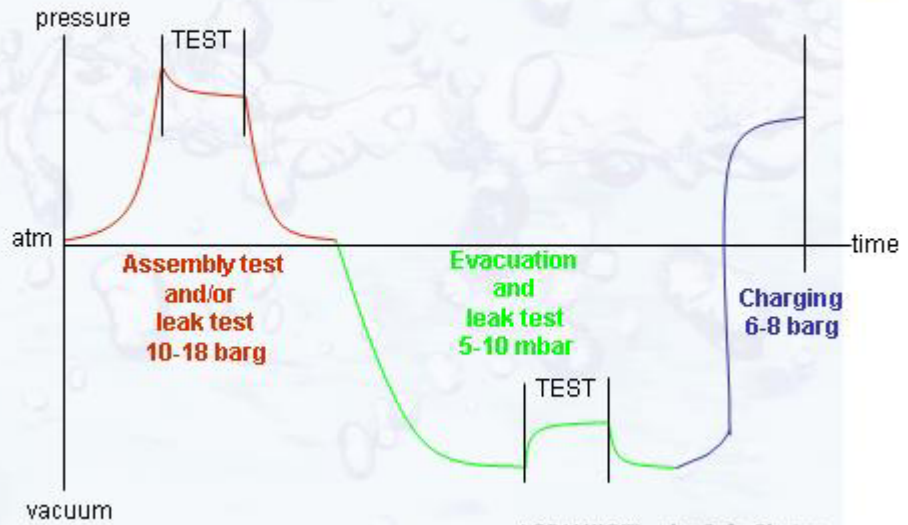
The process performance of AGRAMKOW CO₂ solutions is going to be the same level as for traditional refrigerants. The charging speed for liquid is between 30-50g/sec. Mass-flow technology assures high accuracy, and robust construction guarantees reliability.

All AGRAMKOW equipment is tested in a climate chamber to verify functionality throughout the working range of 10-45/50° C. We work closely with industry partners and the VDA Working Group for Alternative Refrigerants (VDA: Verband Der Automobilindustrie, the German auto manufacturers' industry association), to assure the performance, reliability and operational and service safety of our CO₂ solutions.

Based in the US, AGRAMKOW company RTI Technologies is a leader in automotive maintenance equipment. Being a member of MACS Worldwide (MACS: Mobile Air Conditioning Society), RTI is a player in the future policy and standards writing of alternative refrigerants. For more information please visit www.macsw.org and www.rtech.com



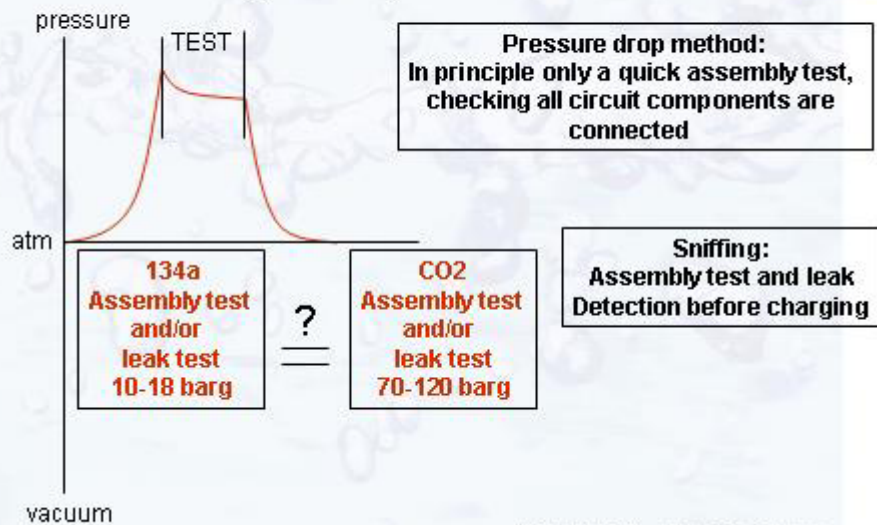
Typical 134a process



AGRAMKOW - the Safe Choice...

Assembly or leak test ?

Typical 134a process versus CO2



AGRAMKOW - the Safe Choice...

Assembly or leak test ?

Typical 134a process versus CO2

Calculation figures:

P1=test pressure

P2=pressure drop rate 100Pa/sec = 1mbar/sec

Air-con volume = 1,5 litre

Test medium = Nitrogen

Gas constant = 296,6 J/kg.K

Formula: $P \times V = m \times R \times T$

Reference
accumulator

Differential
Pressure
gauge

Air-con
Circuit

Leakage CO2/sec by 15 barg test pressure = approx. 2 mg/sec

(means by a 400gram charge the air-con will be empty in approx 55 hour
Increasing the sensitiveness to 10Pa/sec is equal to approx 23 days)

Leakage CO2/a by 100Pa/sec pressure drop rate test = approx 65 kg/a

AGRAMKOW - the Safe Choice...

Assembly or leak test ?

Typical 134a process versus CO2

Tracer gas
Typical
Helium or hydrogen



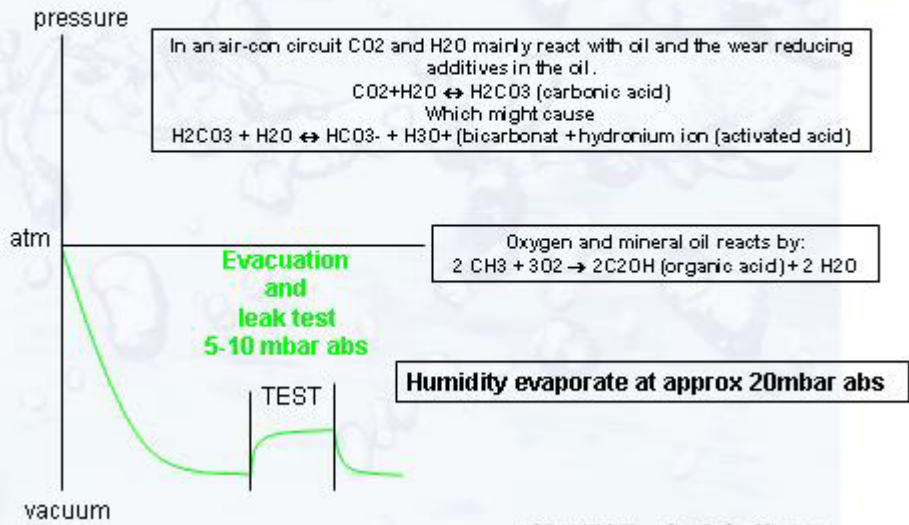
Leak rate: 1 g/a



AGRAMKOW - the Safe Choice...

Evacuation and leak test ?

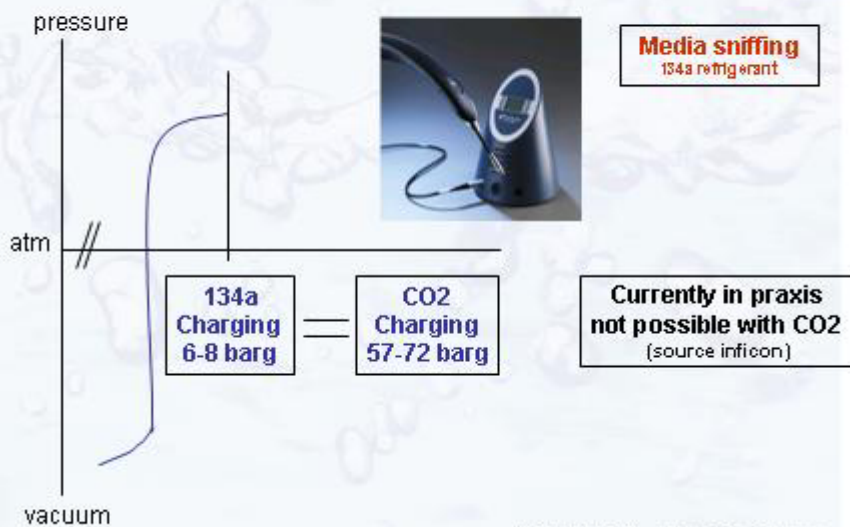
Typical 134a process versus CO2



AGRAMKOW - the Safe Choice...

Charging (volume production)

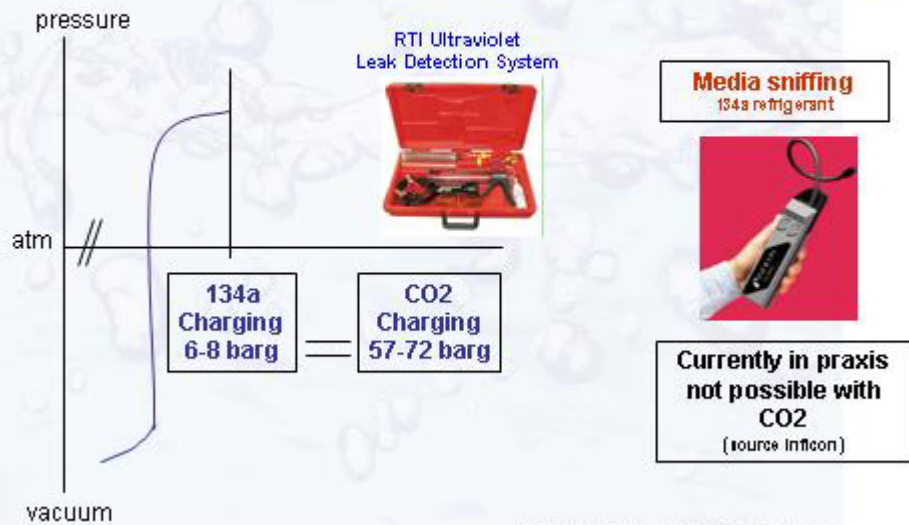
Typical 134a process versus CO2



AGRAMKOW - the Safe Choice...

Charging (workshops)

Typical 134a process versus CO2



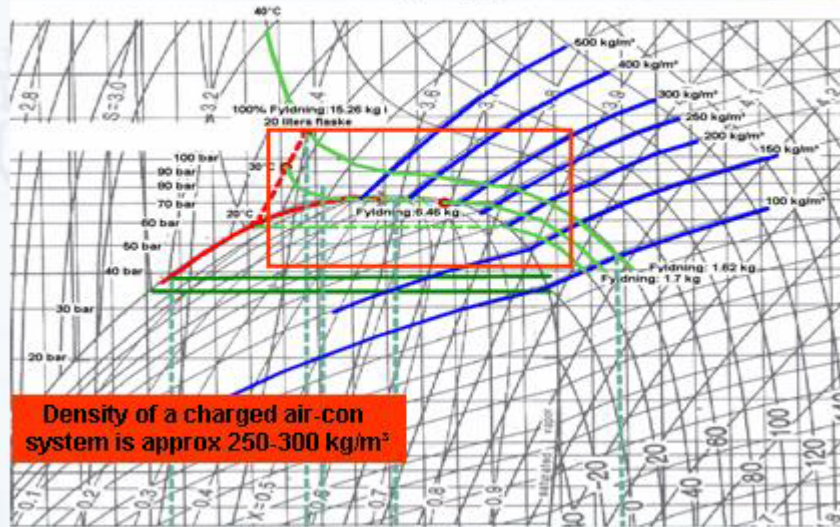
Charging equipment performance demands

134a process versus CO2

- High charging accuracy
 - (typical $\pm 1\%$ or $-0/+25$ gram)
- Process capability $Cpk > 1,67$
- Operating ambient temperature range 5-45° Cel
- Be able to empty media cylinder $> 90\%$
- Deterministic cycle time (approx)

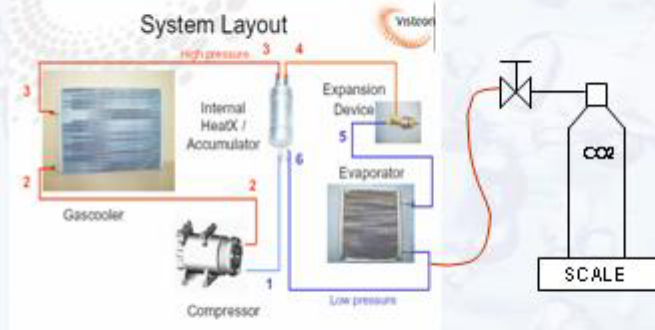
AGRAMKOW - the Safe Choice...

CO2's Thermodynamic properties influence of the charging performance



Density of a charged air-con system is approx 250-300 kg/m³

Laboratory or compressor (in operation) CO2 "charging"



Charging by running compressor in workshops and volume production is not possible

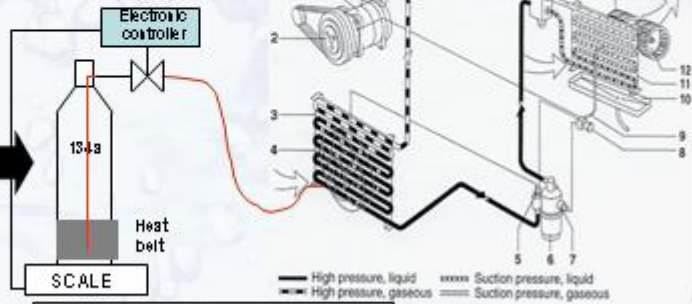
Current 134a charging principle in workshops



- Advantage:
- No running compressor
 - "High charging accuracy"
 - operator safe
 - Print-out of process performance



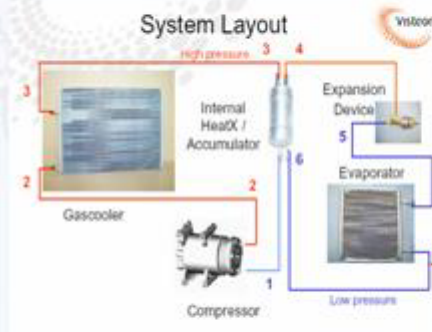
RTI automatic Evac & charge unit



Charging principle "saturated vapor"

AGRAMKOW - the Safe Choice...

Future CO2 charging principle in workshops ?

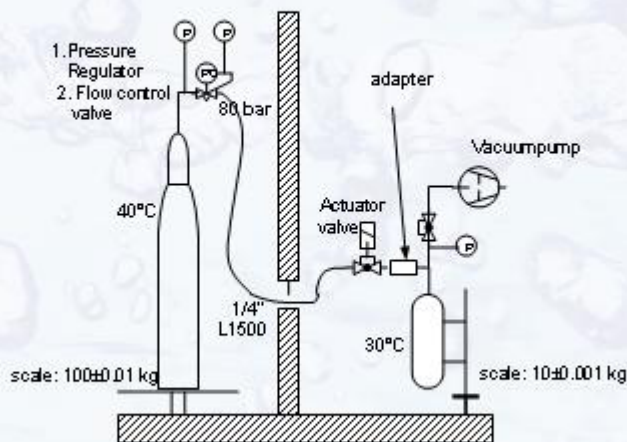


Note: compressor not in operation

Charging principle "trans critical"

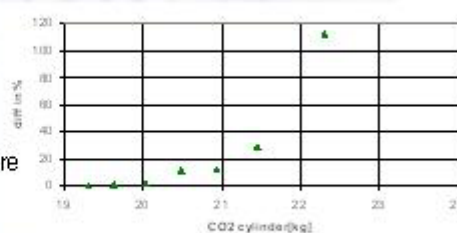
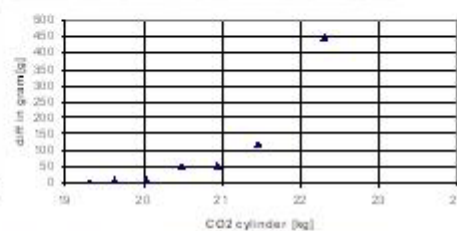
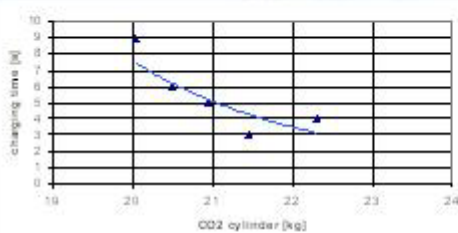
AGRAMKOW - the Safe Choice...

Climate chamber test



AGRAMKOW - the Safe Choice...

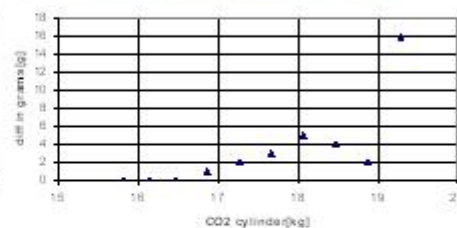
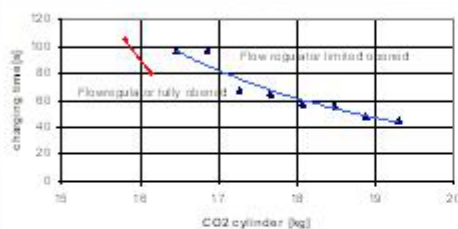
Test results (pressure regulator)



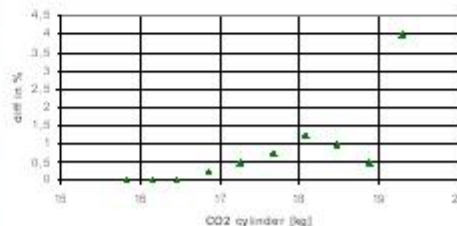
- Summary:
- cylinder start density various
 - limited charging numbers
 - sensitive control loop due to start pressure
 - risk of overcharging

AGRAMKOW - the Safe Choice...

Test results (flow regulator)

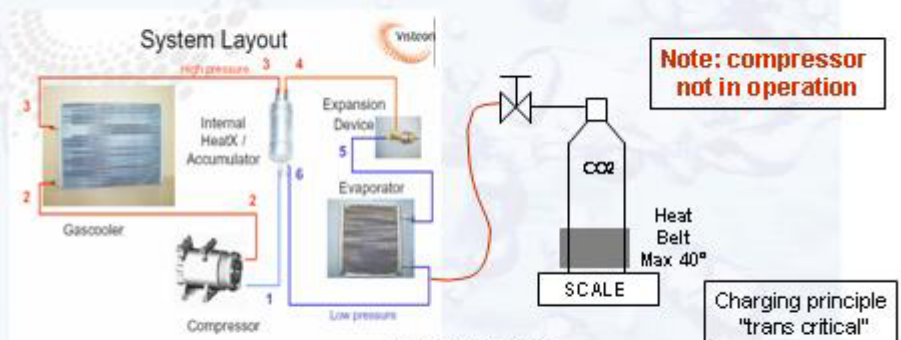


- Summary:
- stable control loop
 - improved charging numbers
 - improved charging accuracy



AGRAMKOW - the Safe Choice...

Future CO2 charging principle in workshops ?



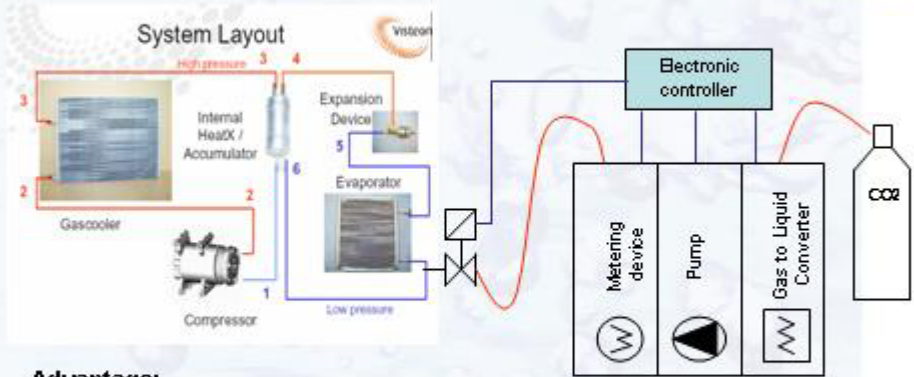
- Advantage:**
- simple (low cost) equipment
 - "sufficient charging accuracy"
 - "operator safe"

- disadvantage:**
- charging performance depend on ambient temperature (and operator)
 - emptiness of media cylinder depends on ambient temperature
 - do not present "current state of art"

AGRAMKOW - the Safe Choice...

CO2 charging principle

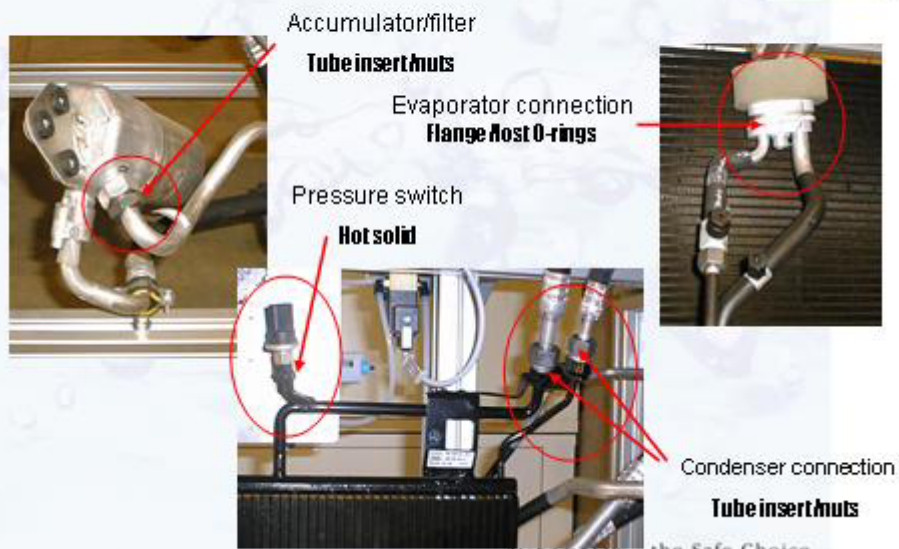
(volume production)



- Advantage:**
- no influence of charging performance by amb. Temp
 - emptying CO2 cylinder
 - high charging accuracy
 - automatic process (no operator influence)
 - operator safe

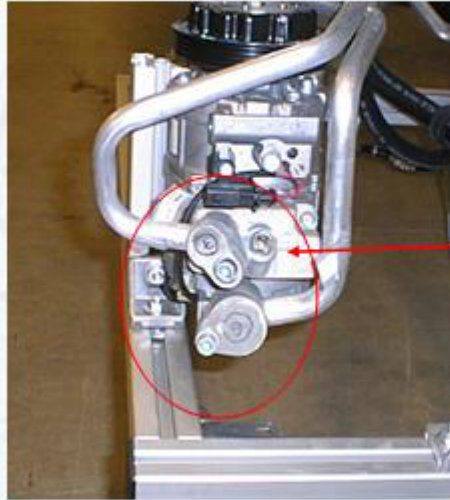
AGRAMKOW - the Safe Choice...

Air-con circuit leak spots



AGRAMKOW - the Safe Choice...

Air-con circuit leak spots



Compressor
Flange/lost O-rings

AGRAMKOW - the Safe Choice...

Line side CO2 charging equip.



Fully automatic
Process performance

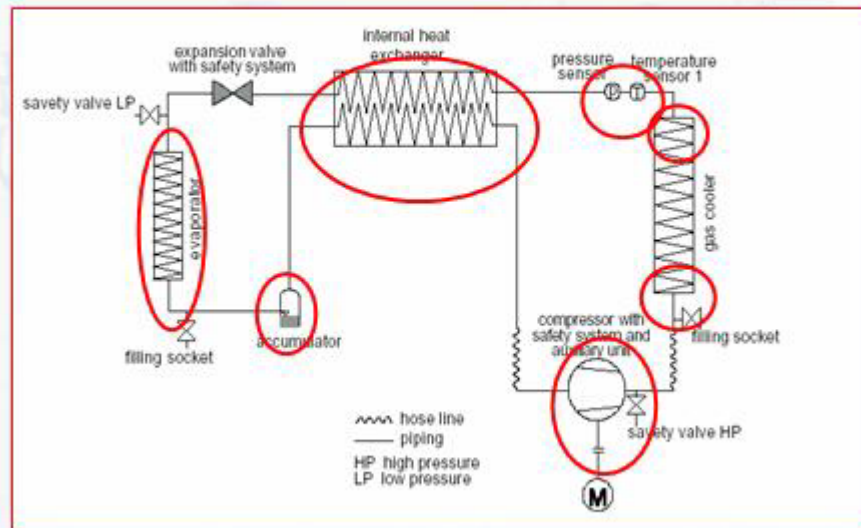
Assembly test

evacuation

charging

AGRAMKOW - the Safe Choice...

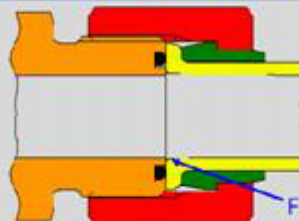
PI diagram (leak spots)



AGRAMKOW - the Safe Choice...

CO2 assembly

Seal-Lok Design Feature Resistance to Over-Torque



- Sudden, sharp rise in torque gives a "hit home" assembly feel
- Can withstand 200% of assembly torque without damage
- No component damage as associated with metal-to-metal sealing methods



AGRAMKOW - the Safe Choice...

CO2 assembly

Assembly Considerations

Seal-Lok

- Thread nut fingertight, then slight nut rotation to achieve assembly
- Assemble to Torque
- No Tube Entry, face-to-face contact
- Unlimited Remakeability, elastomer seal
- One Sealing Point
- Simple to verify proper assembly by checking torque

Compression

- Thread nut fingertight, then multiple nut rotations to achieve assembly
- Assemble by measuring nut turns
- Tube entry into fitting
- Limited Remakeability due to metal-to-metal seal, surface deformation
- Multiple Sealing Points
- Difficult to verify proper assembly

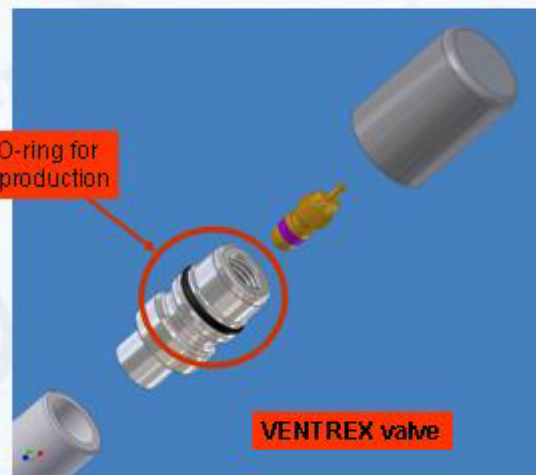


Preferred from
An operator
view

AGRAMKOW - the Safe Choice...

CO2 assembly

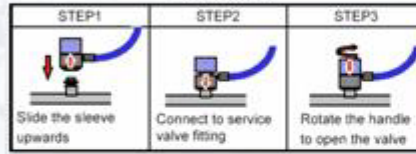
Sealing O-ring for
Volume production



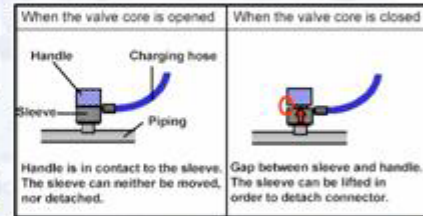
AGRAMKOW - the Safe Choice...

Serviceports & adapters in workshops

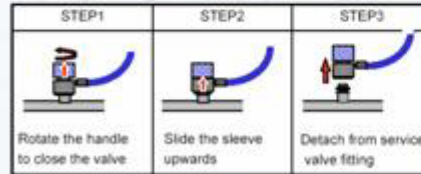
adapting



processing



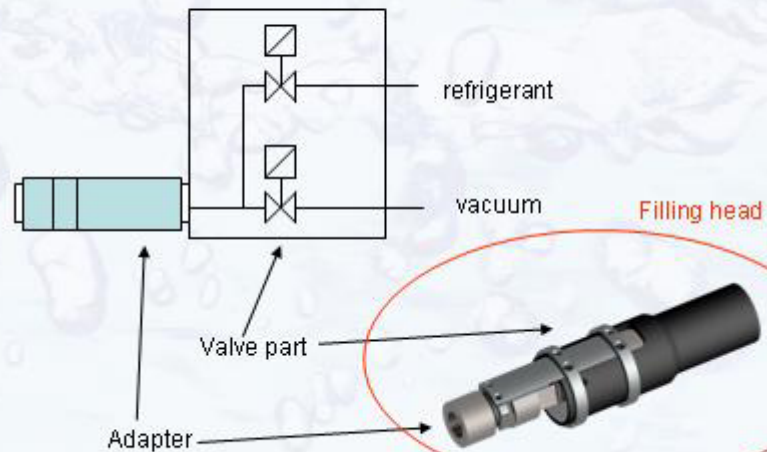
disconnection



Source: L. Piro

AGRAMKOW - the Safe Choice...

Service ports & adapters in volume production



AGRAMKOW - the Safe Choice...

Service ports & adapters in volume production

Scenarios that might influence the safety of the operator:

- The check valve in the nipple don't close (mal function) by disconnecting >
 - The filling head turns into a flying hammer
- The charging valve of the filling head do not close after filling (mal function) >
 - the filling head turns into a flying hammer by disconnecting
- The operator disconnects the filling head during charging >
 - the filling head turns into a flying hammer

Production related requirements:

- Safe
- Easy to use
- Reliability

AGRAMKOW - the Safe Choice...

conclusion

- Leak detection before charging needs additional attention at volume production
- Leak detection after charging by use of "sniffing" is currently not possible
- CO2 charging includes new and more complex processes both in workshops and volume production. Current 134a equipment can't be upgraded for CO2. Workshop service units needs additional developments.
- Up-grading the assembly performance (and indirect improve the leakage rate) is in the hand of the designers
- Service adapters for service shops and volume production are in progress

AGRAMKOW - the Safe Choice...

Final

- To support the development of CO2 as an alternative refrigerant AGRAMKOW and Hydro-gas offers charging process tests and technical CO2 know-how to Car manufactures and OEM's.

AGRAMKOW Fluid Systems
Att Bjarne Lund
+45 74 12 36 36
Email: bl@agramkow.dk

Hydro Gas and Chemicals
Att Rasmus Stenderup
+45 76 20 88 59
Email: rasmus.stenderup@hydro.com



AGRAMKOW - the Safe Choice...



Thanks for
Your
attention

AGRAMKOW - the Safe Choice...