

ATMOSFÆRER

TIL

VARMEBEHANDLING

G. Bloch-Petersen, Akademiingeniør, HD
A/S Dansk Ilt- & Brintfabrik

ATMOSFÆRER TIL VARMEBEHANDLING

1. INDLEDNING

Ved varmebehandling sker der visse ændringer i metallers og metallegeringers egenskaber. Under behandlingen kan det medium, der omgiver delene, i større eller mindre grad påvirke den kemiske sammensætning af overfladen og delenes mekaniske egenskaber. Passende atmosfærer kan anvendes til at kontrollere disse ændringer for at:

- Bevare overfladebeskaffenheden af metallet (f.eks. opvarmning uden oxydering eller afkulning)
- Ændre den kemiske overfladebeskaffenhed:
 - Gennem en opkullende atmosfære
 - Gennem en oxygenfattig atmosfære (f.eks. afkulning).

Allerede før 1970 blev der udviklet nitrogenbaserede atmosfærer til varmebehandling. I 1960'erne anvendtes nitrogen (kvælstof) og blandinger af nitrogen-hydrogen (kvælstof-brint) til alle beskyttelsesprocesser mod oxydering: Anløbning, udglødning og neutral hærkning. Mellem 1970 og 1975 blev atmosfærer baseret på nitrogen og nitrogen-hydrogen tilsat kulbrinter (f.eks. propan) taget i brug til ikke-afkullende hærkning og udglødning. Visse enkle afkulingsprocesser fandt sted i nitrogen-kulbrinte eller nitrogen-kulbrinte-ammoniak atmosfærer. Oxyderende additiver (kuldioxid, kuloxid, etc.) blev ligeledes anvendt.

Når ovennævnte blandinger anvendes til termokemisk varmebehandling, specielt opkuling og karbonitrering, er resultatet ofte inhomogenitet i de overfladehærdede lag. Der kan heller ikke opnås effektiv kontrol med atmosfærens opkulingsevne. I disse tilfælde er nitrogen og metanol-baserede atmosfærer den perfekte løsning på problemerne med termokemisk behandling i alle typer kammer- eller kontinuerlige ovne.

På figur 1 gives en oversigt over alle de atmosfæresammensætninger, der kan anvendes til de forskellige varmebehandlingsmetoder. Det ses, at der for en given behandlingsmetode i almindelighed er flere atmosfærer til rådighed, og i praksis altid mindst én "industriel gas" atmosfære. Brugerens valg afhænger væsentligst af de stillede tekniske krav, omkostningsmæssige betragtninger og måske også hensynet til betjening.

På de følgende sider vil de forskellige muligheder for industrielle gasser blive beskrevet, og særlig vægt vil blive lagt på de nitrogen-baserede atmosfærer. Efter en kort omtale af industrielle gasser og en gennemgang af anvendelsesområderne for nitrogen og nitrogen-hydrogen blandinger vil der ligeledes blive redegjort for de særlige atmosfærer til opkuling, der er udviklet af den franske L'Air Liquide gruppe.

2. GENERELT OM INDUSTRIELLE GASSER

Udtrykket "industrielle gasser" anvendes om gasser, som er klar til anvendelse enten separat (f. eks. nitrogen) eller i blandinger (f.eks. nitrogen og hydrogen). I dag har den teknologiske udvikling gjort det muligt at markedsføre højrene industrielle gasser til konkurrencedygtige priser. De anvendes derfor i større og større udstrækning i varmebehandlingsindustrien.

2.1 Beskrivelse af industrielle gasser til varmebehandling.

Gasserne opdeles normalt i to grupper:

- Inaktive gasser
- Reaktionsgasser

2.1.1. Inaktive gasser

Nitrogen, argon, helium.

Argon og helium er fuldstændig inaktive.

Derimod kan nitrogen ikke betragtes som en sand inaktiv gas, da det reagerer med visse metaller. Imidlertid indvirker det ikke på de fleste jernholdige og ikke-jernholdige metaller i de normalt anvendte temperaturområder indenfor varmebehandling. Nitrogen anses derfor normalt som værende en inaktiv gas.

2.1.2 Reaktionsgasser

Disse kan opdeles som følger i henhold til deres indvirkning på stål:

- Oxyderende: O_2 , H_2O , CO_2
- Reducerende: H_2 og CO
- Opkullende: Kulbrinter og CO
- Afkullende: H_2O , CO_2 , O_2
- Nitrerende: NH_3

Ovennævnte forskellige gasser, anvendt separat eller i blandinger, kan skabe den inaktive eller reaktive atmosfære svarende til den ønskede varmebehandling.

3. NITROGEN

Nitrogen er hovedbestanddelen af luft, udgørende 78%, og fremstilles industrielt ved brudt destillation af fordråbet luft.

I varmebehandling medfører skylning af ovne med nitrogen en reducere af overfladeoxyderingen. Det er samtidig en beskyttelsesgas med mange anvendelsesområder, hvoraf skal nævnes:

- Nitrogen er ideel til udglødning samt til opvarmning og anløbning før bratkøling når en svag overfladefarvning af delene kan tillades
- Nitrogen er til rådighed under tryk og er ideelt til at bryde et vakuum
- Nitrogen er en ideel gas til spuling. I ovne forsynet med brændbare gasser (endotermisk atmosfære, krakket alkohol, krakket ammoniak o.s.v.) medfører brug af nitrogen sikkerhed ved:

Temperaturstigning (i særdeleshed op til 750°C)

Afkøling (specielt i tilfælde af opvarmingsstigning)

- Selv i et anlæg med atmosfæregeneratorer kan en "stand by" nitrogencentral afhjælpe følgerne af et generatorsvigt
- Endelig kan nitrogen blive kombineret med andre gasser til forskellige varmebehandlingsatmosfærer.

4. NITROGEN + HYDROGEN

Denne blanding anvendes normalt for at undgå overfladeoxydering af metaller under varmebehandling.

Når en $N_2 + H_2$ (selv meget tør) atmosfære ledes til en ovn, vil ovnen altid indeholde $N_2 + H_2 + H_2O$ på grund af hydrogenets indvirkning på:

- Metaloxiderne i kammeret
- Oxygenet i den ønskede luft, der finder adgang til varmebehandlingszonen, specielt ved påfyldning af ovnen.

Det er ikke tilstrækkeligt at kende H_2 -indholdet af $N_2 + H_2$ blandingen. Man må også kende dugpunktet i ovnen. Det er forholdet $P(H_2O)/P(H_2)$ som, ved hver given temperatur, bestemmer den oxyderende eller reducerende egenskab af atmosfæren for et givet metal eller en given legering.

Man plejer at bestemme det minimale H_2 indhold af den reducerende atmosfære. Dette kan illustreres gennem to eksempler:

- Jern
- Chrom og rustfast stål.

4.1 Reduktion af jern.

Når jern opvarmes i en oxyderende atmosfære dannes der forskellige oxider, afhængig af temperaturen.

I de normale varmebehandlingsområder (ofte over 650°C, undtagen ved anløbning) er det mest sandsynligt, at der dannes FeO. I en N₂ + H₂ atmosfære reduceres FeO ifølge reaktionen:



Ved hver given temperatur sker denne reaktion i den ene eller den anden retning, afhængig af værdien af forholdet:

$$\frac{P(\text{H}_2\text{O})}{P(\text{H}_2)}$$

Ved ligevægt opnås de velkendte diagrammer over jern og jernoxider (figur 2). Som følge heraf er, ved hver given temperatur, værdien af forholdet $P(\text{H}_2\text{O})/P(\text{H}_2)$ afgørende for, hvorvidt N₂ + H₂ atmosfæren er reducerende eller ej.

Eksempel: Ved 900°C er det nødvendigt for at opnå en reducerende atmosfære, at:

$$\frac{P(\text{H}_2\text{O})}{P(\text{H}_2)} < 0,52$$

Anvendelse af en atmosfæresammensætning af N₂ + 5% H₂ tillader et totalt H₂ + H₂O = 5% i ovnen. Dette er bestemmende for den værdi af dugpunktet, som ikke må overskrides, for at atmosfæren bliver reducerende.

Dette medfører: Dugpunkt < + 17°C

Det er således relativt let at undgå oxydering af jern ved 900°C ved hjælp af atmosfæren N₂ + 5% H₂.

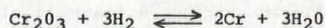
I realiteten er det nødvendigt at have et lavere $P(\text{H}_2\text{O})/P(\text{H}_2)$ forhold ved aftagende temperatur, når ovnladningen afkøles langsomt under atmosfære (f.eks. ved anløbning (se figur 2)).

Det er derfor nødvendigt at:

- Øge indholdet af H_2
- Eller beholde et dugpunkt i ovnen, som er lavere end grænseværdien ved $900^\circ C$.

4.2 Reduktion af chrom og rustfast stål.

Når rustfast stål opvarmes, oxyderer chrom let til Cr_2O_3 . I en hydrogenholdig atmosfære reduceres denne oxid ifølge reaktionen:



Som det var tilfældet med jern, findes der en maksimal ligevægtsværdi for forholdet $P(H_2O)/P(H_2)$ svarende til hver given temperatur og hvert givet chromindhold for at atmosfæren kan forblive reducerende.

Forholdet mellem denne værdi og temperaturen fremgår af figur 3 (for chrom).

Til orientering viser dette diagram ligeledes reduktionskurven for en jern/chrom legering, indeholdende 10% chrom.

Figur 3 viser, at ved opvarmning til $900^\circ C$ skal forholdet $P(H_2O)/P(H_2)$ for at opnå en reducerende atmosfære være:

$$\begin{aligned} \frac{P(H_2O)}{P(H_2)} &< 10^{-4} \quad (\text{chrom}) \\ \frac{P(H_2O)}{P(H_2)} &< 3 \times 10^{-4} \quad (\text{legering med } 10\% \text{ Cr}) \end{aligned}$$

Hvis, som det var tilfældet med jern, den anvendte atmosfære er $N_2 + 5\% H_2$, opnås følgende betingelser:

- For chrom: Dugpunkt $< - 65^\circ C$
- For en legering med 10% Cr: Dugpunkt $< - 57^\circ C$

Ved at øge H_2 -indholdet ses det imidlertid, at H_2O -indholdet ligeledes

kan øges under forudsætning af, at følgende forhold fortsat er opfyldt:

$$\frac{P(H_2O)}{P(H_2)} < 10^{-4} \quad (\text{for chrom})$$

Følgelig er en ren hydrogen atmosfære reducerende ved 900°C, når chrom er til stede, hvis dugpunktet er $< -42^\circ\text{C}$.

Fra reduktionskurverne kan man også afsætte nomografer for at finde frem til det maksimale dugpunkt i ovnen ved hver given temperatur, som funktion af hydrogenindholdet. Figur 4 viser en af disse nomografer for en legering med 20% chrom.

Disse nomografer bruges til at bestemme det hydrogenindhold, der skal anvendes, i henhold til værdien af det dugpunkt, som man forventer at skulle holde i ovnen.

4.3. Væsentlige faktorer.

Ovennævnte to eksempler viser, at for at undgå oxydering afhænger valget af H_2 -indholdet i en $N_2 + H_2$ atmosfære af:

- Den type metal eller legering, der skal behandles
- Temperaturen af varmebehandlingen og afkølingsbetingelser
- Dugpunktet i ovnen.

4.4. Anvendelseområder.

$N_2 + H_2$ atmosfærer anvendes i vid udstrækning i varmebehandling. Her følger et eksempel på en installation, hvor der sker rekrystalliserende udglødning af koldvalsede tyndpladeruller.

- Behandling:

Ovn: Behandlingen sker i flere klokkeovne

Holdetemperatur: 625°C (koldeste punkt) til 680°C (varmeste punkt) i 60 timer (inclusive afkøling beskyttet mod luftens indflydelse)

Atmosfære: $N_2 + 6,4\% H_2$, i gennemsnit 450 m³/time, tilførsel gennem 3 mixere

- Resultater:

$N_2 + H_2$ atmosfæren har erstattet en exotermisk generator drevet med kulbrintebrændstof. Anvendelse af $N_2 + H_2$ atmosfære resulterede i en pænere overflade, færre kantdefekter og mindre kassation.

5. NITROGEN + HYDROGEN + KULBRINTE

$N_2 + H_2$ atmosfærer er anvendelige, hvis overfladeoxydering ønskes undgået. Til varmebehandling af visse stålqualiteter er de ofte uegnede. Nærværd og over A_1 -punktet i jern-kulstof-diagrammet reagerer fugtig hydrogen med kulstoffet i stålet, hvilket medfører en ofte uønsket afkuling af overfladen.

5.1 Princip.

Anvendelse af $N_2 + H_2$ + kulbrinte blandinger medfører ikke-afkullende reducerende atmosfærer. Hydrogenindholdet begrænses i de fleste tilfælde til 5-10%. Kulbrintetilførslen er normalt under 1% men kan udgøre nogle få procent. Dette kommer særligt an på ovntypen og hvor tæt ovnen er.

Korrekt justering af blandingens sammensætning gør det muligt at bevare en reducerende atmosfære som praktisk taget er ikke-opkullende og ikke-afkullende i et bredt temperaturområde, for at behandle stålqualiteter med forskelligt kulstofindhold. Denne mulighed kan være til stor fordel. Endvidere er det lave indhold af brændbare gasser fordelagtigt af sikkerhedsmæssige grunde.

$N_2 + H_2$ + kulbrinte blandinger er ideelle til udglødning og opvarmning til bratkøling af stål, hvor ændringer i overfladens kulstofindhold skal undgås. I andre blandingsforhold kan blandingerne også anvendes som opkullingsatmosfærer.

5.2 Industrielle anvendelser.

I adskillige konkrete tilfælde er disse blandinger blevet anvendt med et godt resultat. Her er to eksempler:

Første eksempel: Opvarmning før bratkøling af XC 38 stålbolte.

- Behandling:

Ovn: Kontinuerlig ovn (vibrationsprincip)

Austenitiseringstemperatur: 880°C, bratkøling i olie

Atmosfære: $N_2 + H_2 + 2\%$ propan

- Resultater:

Den oprindelige anvendelse af krakket ammoniak medførte overfladeafkuling på ca. 0,25 mm. Med den omtalte atmosfære sker der ingen afkuling.

Andet eksempel: Sfæroidiserende udglødning af halvhårde ståltrådsruller.

- Behandling:

Ovn: Klokkeovn med kompenseret vakuum

Temperatur: 700 - 750°C

Spuling/vakuumbrydning med: $N_2 + 8\%$ $H_2 +$ propan

- Resultater:

Denne løsning eliminerede overfladeafkuling af tråden.

6. NITROGEN + KULBRINTE

I industrien anvendes ligeledes industrielle gasser til at skabe aktive atmosfærer til bl.a. opkuling. Disse atmosfærer består af en kulbrinte i forskellige blandingsforhold med nitrogen.

6.1 Princip.

De normale atmosfærer anvendt til opkuling af stål med gasser består

normalt af:

- En bæregas med relativt højt indhold af kuldioxid og hydrogen
- En aktiv gas (væsentligst propan eller naturgas).

Opkulingsmidlet i disse atmosfærer er hovedsageligt kuldioxid.

I industrielle gasser kan nitrogen anvendes som bæregas og en kulbrinte som den aktive gas.

Figur 5 viser et typisk principdiagram. Nitrogenet og kulbrinten ledes til en mixer gennem trykregulatorer og flowmetre. Ammoniak kan også tilføres, specielt ved karbonitrering.

Den ønskede sammensætning opnås ved indstilling af ventiler. Den nødvendige atmosfære er øjeblikkeligt til rådighed i den ønskede mængde, som hurtigt kan justeres efter behov.

6.2 Industrielle anvendelser.

Første eksempel: Indsætning af små dele (aksler) af XC 10 stål.

- Behandling:

Ovn: Behandlingen sker ved 920°C i en roterende ovn,
varighed 35 minutter

Atmosfære: N_2 + 8% propan + NH_3

- Resultater:

Overflade: Ren, let farvning forårsaget af delenes passage
i luft ved transport til bratkøling

Rockwell 15N hårdhed: 90 - 93, svarer til HRC hårdhed 63

Indsætningsdybde: 0,15 mm.

Andet eksempel: Karbonitrering af 18CD4 stålbolte.

- Behandling:

Ovn: Behandling i roterende ovn ved 830°C, varighed 3 3/4 time

Atmosfære: N_2 + 4% propan + 8% NH_3

- Resultater:

Overflade: Ren, let farvning som før

Overfladehårdhed: 83 - 85 HRA

Karbonitreret lag: 0,42 - 0,48 mm.

Tredje eksempel: Indsætning af kæder.

- Behandling:

Ovn: Behandling ved 930°C i en skaktovn i 3 timer

Atmosfære: N_2 + propan

- Resultater:

Overflade: Ren, let farvning som før

Overfladehårdhed: 61 HRC

Indsætningsdybde: 0,8 mm.

Fjerde eksempel: Karbonitrering af spidshjul af 20NCD2 stål.

- Behandling:

Ovn: Kammerovn med indbygget bratkølingstank. Behandling ved 880°C i 4½ time

Atmosfære: N_2 + 3,5% C_3H_8 + NH_3

- Resultater:

Overflade: Ren

Hårdhed efter bratkøling i olie: 62 - 64 HRC

Effektiv dybde: 0,5 mm

Metallografisk undersøgelse af 3 snit i et indsat men ikke hærdet spidshjul viste ensartethed af den behandlede tykkelse.

6.3. Andre muligheder.

Disse eksempler viser de opkullende egenskaber af nitrogen + kulbrinte blandinger. Adskillige anlæg anvender allerede disse atmosfærer.

Bemærk også at atmosfærerne kan anvendes til indsætning ved sjældnere forekommende temperaturer, som kan være højere end 1000°C.

7. NITROGEN + ALKOHOL

Blandt de nitrogenbaserede atmosfærer skal N_2 + alkohol (primært metanol) blandinger ligeledes nævnes. Anvendelse af nitrogen og alkohol giver en atmosfære i ovnen bestående af nitrogen, kuloxid og hydrogen. Denne atmosfære giver mulighed for alle neutrale ikke-afkullende hærdnings- og udglødningsprocesser. Endvidere fås en

opkulingsatmosfære ved tilsætning af en aktiv gas, normalt propan eller naturgas, og en karbonitreringsatmosfære ved tilsætning af en aktiv gas samt ammoniak. Andre processer såsom reetablering af kulstof og sintring af kulstofstål anvendes også.

Først ved temperaturer over 700°C vil pyrolyse af metanol give kuloxid og hydrogen. Det er derfor væsentligt at hæve temperaturen fra omgivelsernes temperatur til over 700°C hurtigst muligt for at opnå en gas, der ikke indeholder kuldioxid, methan og kulstof.

7.1 Princip.

L'Air Liquide har udviklet den såkaldte ALNAT C proces, hvor blandingen af nitrogen og metanol sker ved selve ovnen ved anvendelse af et patenteret rør- og dysesystem til indførelse og spredning af blandingen i ovnen.

Mængden af additiver (kulbrinte og ammoniak) bliver individuelt kontrolleret og tilsat ved hver ovn. Elektrisk betjente sikkerhedsventiler afbryder automatisk væsketilførslen og fylder ovnen med en inaktiv nitrogenatmosfære ved driftsproblemer såsom fald i ovntemperatur. Ved fyldning og tømning af ovnen spules ligeledes med nitrogen.

En væsentlig fordel af denne atmosfære er den høje renhedsgrad og konstante sammensætning. På grund af det lave indhold af O_2 , CO_2 og H_2O opnås arbejdstilstanden hurtigt i både kammer- og kontinuerlige ovne. Fornyelse af atmosfæren begrænses, hvilket medfører en væsentlig reduktion af atmosfæremængden.

Endvidere giver ALNAT C metoden stor fleksibilitet, da det er let at regulere nitrogen-metanol forholdet, og de lave nitrogenfortyndinger tillader neutral hærkning af stål med 0,1 eller 0,2% kulstofindhold, med automatisk kontrol af indholdet af CO_2 eller restoxygen.

7.2 Industrielle anvendelser.

ALNAT C processen anvendes i udstrakt grad indenfor luftfarts- og automobilindustrierne og hos selvstændige og firmaejede hærderier.

Følgende eksempler illustrerer dette:

Første eksempel: Opkulning af spidshjul af 17CD4 stål (SAE 4116).

- **Behandling:**

Ovn: Hermetisk tæt kammerovn (med bratkøling), opkulning ved 920°C i 4½ time, bratkøling i olie ved 850°C

- Atmosfære: (40% N₂ + 60% CH₃OH) + CH₄

- Ovnanalyse: CO = 18,6%, H₂ = 39%, CO₂ = 0,2%, CH₄ = 1,1%

- **Resultater:**

Ren og homogen overflade

Hærdet til 550 HV til 1 mm dybde

Overfladehårdhed: 824 HV.

Andet eksempel: Karbonitrering af gearkassehjul af 38 C₂ Pb stål (SAE 50B40).

- **Behandling:**

Ovn: Karbonitrering ved 890°C i 3 timer, bratkøling i olie ved 850°C

- Atmosfære: (50% N₂ + 50% CH₃OH) + CH₄ + NH₃

- Ovnanalyse: CO = 15,2%, H₂ = 32,2%, CO₂ = 0,2%, CH₄ = 1,6%

- **Resultater:**

Ren overflade

Hærdet til 650 HV til 0,6 mm dybde

Overfladehårdhed: 81-82 HRA.

Tredje eksempel: Opkulning af tandstang af 16CD4 stål (SAE 4116).

- **Behandling:**

Ovn: Kontinuerlig "snegle"-ovn med indbygget bratkøling, opkulning ved 900°C i 1 time, bratkøling i olie

- Atmosfære: (50% N₂ + 50% CH₃OH) + CH₄

- Resultater:

Ren overflade

Kulstofindhold i overfladen: 0,8%

Overfladehårdhed: 87 HRA

Ingen restaustenit eller karbid.

Fjerde eksempel: Opkulning af gearhjul af 20NC6 stål (SAE 3320).

- Behandling:

Ovn: Opkulning ved 920°C fulgt af bratkøling i olie,
ovnfyltningsfrekvens 78 minutter

- Atmosfære: (40% N₂ + 60% CH₃OH) + CH₄ med automatisk
kontrol af CO₂-indhold (= 0,12%)

- Resultater:

Ren overflade

Kulstofindhold i overfladen: 0,8-0,9%

Hærdet til 550 HV til 0,9-1,1 mm dybde

Overfladehårdhed: 60-64 HRC.

Femte eksempel: Karbonitrering af differentialehjul af 18CD4 stål
(SAE 4118).

- Behandling:

Ovn: Kontinuerlig ovn med 10 bakker, karbonitrering ved 820°C
fulgt af bratkøling i olie, ovnfyltningsfrekvens 25
minutter

- Atmosfære: (40% N₂ + 60% CH₃OH) + CH₄ + NH₃

- Resultater:

Ren overflade

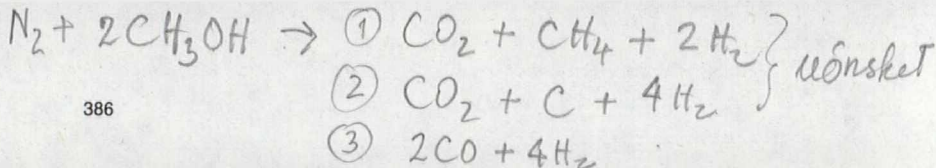
Indsatshærdet til 650 HV til over 0,1 mm dybde

Overfladehårdhed: Over 680 HV30.

8. ANDRE ATMOSFÆRER

8.1 Argon

De atmosfærer, der før er beskrevet, er baseret på nitrogen.



386

Imidlertid kan nitrogen have en nitrerende virkning på visse metaller og legeringer som behandles ved høje temperaturer. Dette sker med:

- Visse rustfaste stålqualiteter
- Lette nitrerbare metaller såsom titan
- Ildfaste legeringer anvendt i luftfartsindustrien

I disse særlige tilfælde kan argon anvendes i stedet for nitrogen. Det almindeligste anvendelsesområde for argon er brydning af vakuum i højtemperaturovne.

8.2 Helium

Da helium er en udmærket varmeleder kan det anvendes til bratkøling i "luft" af austenitiserede dele under vakuum. Derved sikres beskyttelse af delene og fjernelse af varmen for at opnå hurtig afkøling.

8.3 Kemiske gasser

Elektronikindustrien anvender ligeledes forskellige atmosfærer i forbindelse med doping processer og udførelse af specielle overfladebelægninger. Følgende gasser anvendes hertil:

Arsin (AsH_3)

Diboran (B_2H_6)

Selenbrinte (SeH_2)

Fosfin (PH_3)

Silan (SiH_4)

Disse gasser leveres fortyndet i argon, nitrogen, hydrogen eller helium.

9. ANDRE PROCESSER DER ANVENDER INDUSTRIELLE GASSER

Ovennævnte anvendelser bruger primært de inaktive eller reaktive

egenskaber af industrielle gasser. Da nitrogen ofte lagres i flydende tilstand er det muligt at anvende dets køleegenskaber på forskellig måde. Nogle eksempler skal gives her:

- Kuldebehandling:

Nitrogen kan anvendes som kølemiddel til at omdanne restaustenit i stål.

Anvendelse: Øget hårdhed af visse stålqualiteter eller forbedring af præcisionsdeles målfasthed.

- Øget afkølingshastighed:

Nitrogeninjektion i form af tåge i et bratkøleskab medfører betydelig hurtigere afkøling.

Anvendelse: Bratkøling af matricestål.

10. FORDELE VED INDUSTRIELLE GASSER

Industrielle gasser har adskillige fordele:

(1) Enkel og fleksibel anvendelse:

- Den ønskede atmosfære opnås øjeblikkeligt i den ønskede mængde (flowmeterindstilling)
- På grund af det tryk, der er til rådighed i lagerbeholderen kan det momentane flow blive højt.

(2) Intet spild:

I diagrammet (figur 6) betyder den kraftigt optrukne kurve varmebehandlingsperioderne: Opvarmning, hold og afkøling. Den tyndt optrukne kurve betyder de sande atmosfærebehov i hver periode. Da generatoren leverer en konstant mængde - punkterede linie - kan tabet beregnes som det krydsskraverede område på figuren. Modsetningsvis kan med industrielle gasser mængden tilpasses behovet.

Blankblødning af almindeligt stål i vakuum lader sig
i praksis gøre ved $10^{-3} - 10^{-4}$ Torr

888

(3) Konstant kvalitet:

Dette er en væsentlig faktor, da naturgas og oliederivater som propan ofte har uregelmæssig sammensætning, hvilket kan hindre stabil drift af endotermiske generatorer.

(4) Sikkerhed:

Fra et sikkerhedsmæssigt synspunkt yder nitrogen maksimal sikkerhed under alle driftsforhold, idet ovnen kan holdes fri for eksplosive gasser.

11. KONKLUSION

Før der skal tages beslutning om atmosfærevalg til en given varmebehandling - hvad enten det drejer sig om anvendelse af en industriel gas atmosfære eller valget står mellem industriel gas og generatorgas - er det vigtigt at sammenligne fordele og ulemper ved de forskellige atmosfæremuligheder både udfra tekniske og økonomiske synspunkter.

Fra det tekniske synspunkt er det netop vist, at industrielle gasser, anvendt alene eller i blandinger, kan tilvejebringe så godt som alle varmebehandlingsatmosfærer. Samtidig har brugeren sikkerhed for, at atmosfæren altid er tilstede, når der er brug for den, i den rette sammensætning og samme kvalitet hver gang. Hertil kommer driftsmæssige og sikkerhedsmæssige fordele.

På det økonomiske område kan det ligeledes vises, at anvendelse af industrielle gasser i langt de fleste tilfælde er økonomisk fordelagtigt. Dette skyldes dels de lavere investeringsomkostninger, idet generatorer ikke er nødvendige, og dels at driftsomkostningerne ved anvendelse af industrielle gasser enten er på samme niveau eller lavere end ved generatordrift. Det er derfor ikke tilfældigt, at industrielle gasser allerede har fundet bred anvendelse i varmebehandlingsindustrien, og at dette er en udvikling, der vil accelerere fremover.

plus tablige billeder fra fransk firma L'Air Liquide

gbp18

L

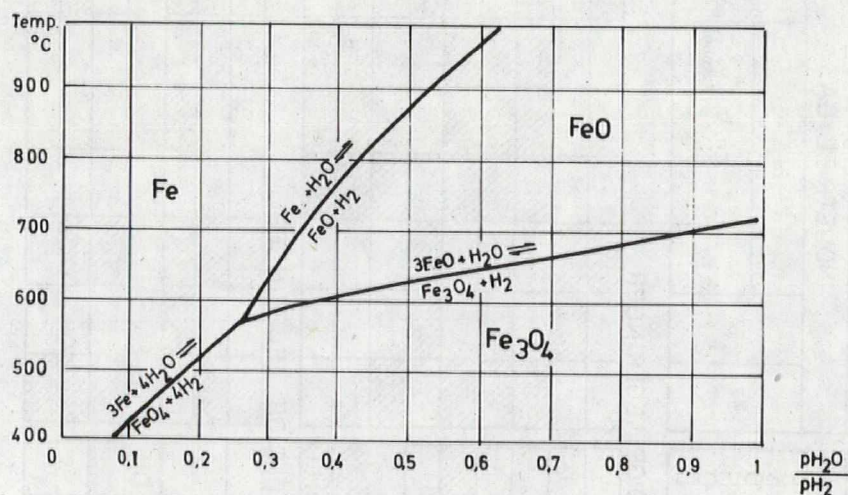
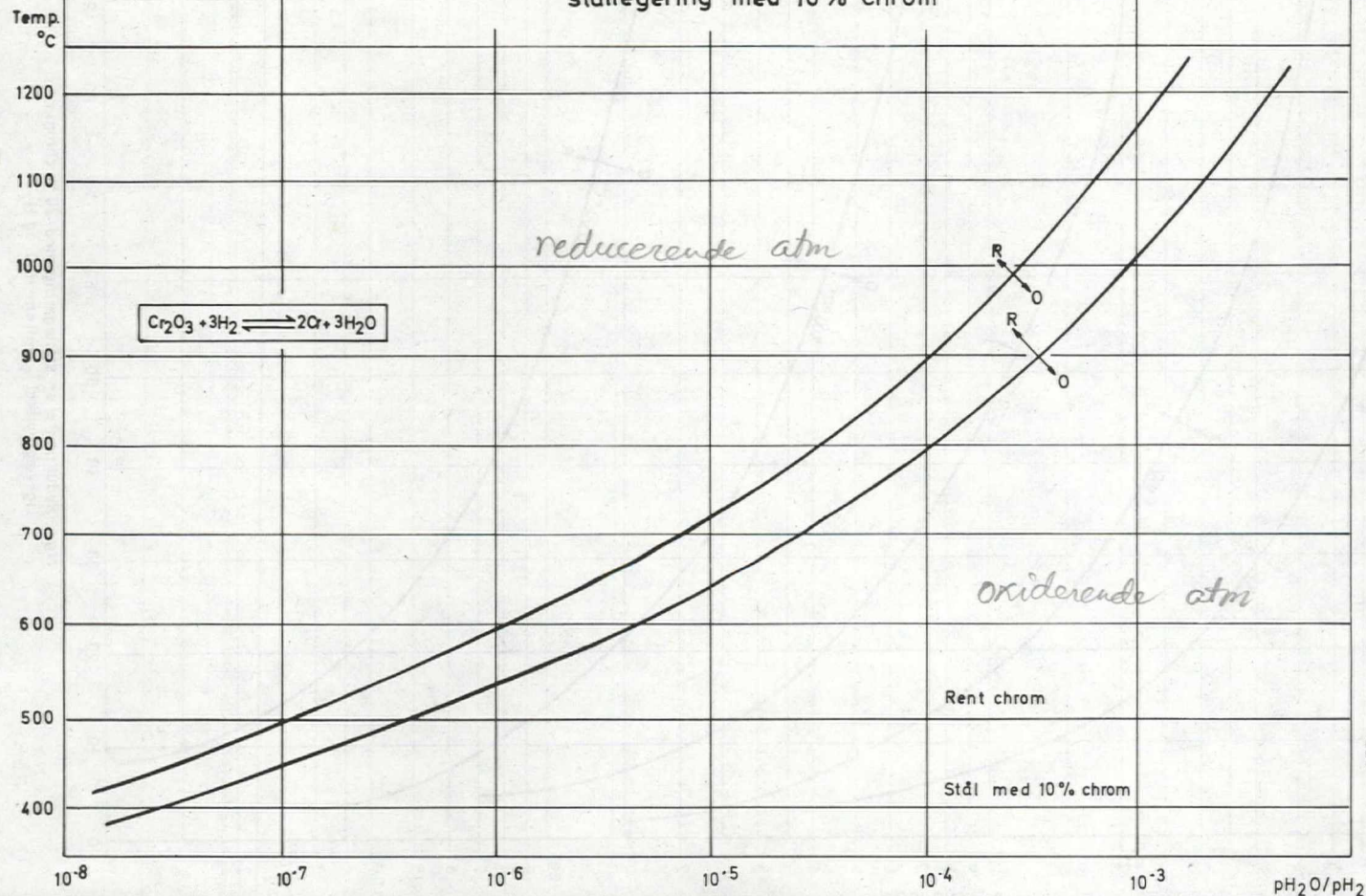


Fig. 2-Ligevegtsskurver for
jern og jernoxid

Fig. 3 - Reduktion af chrom og en
stållegering med 10% chrom



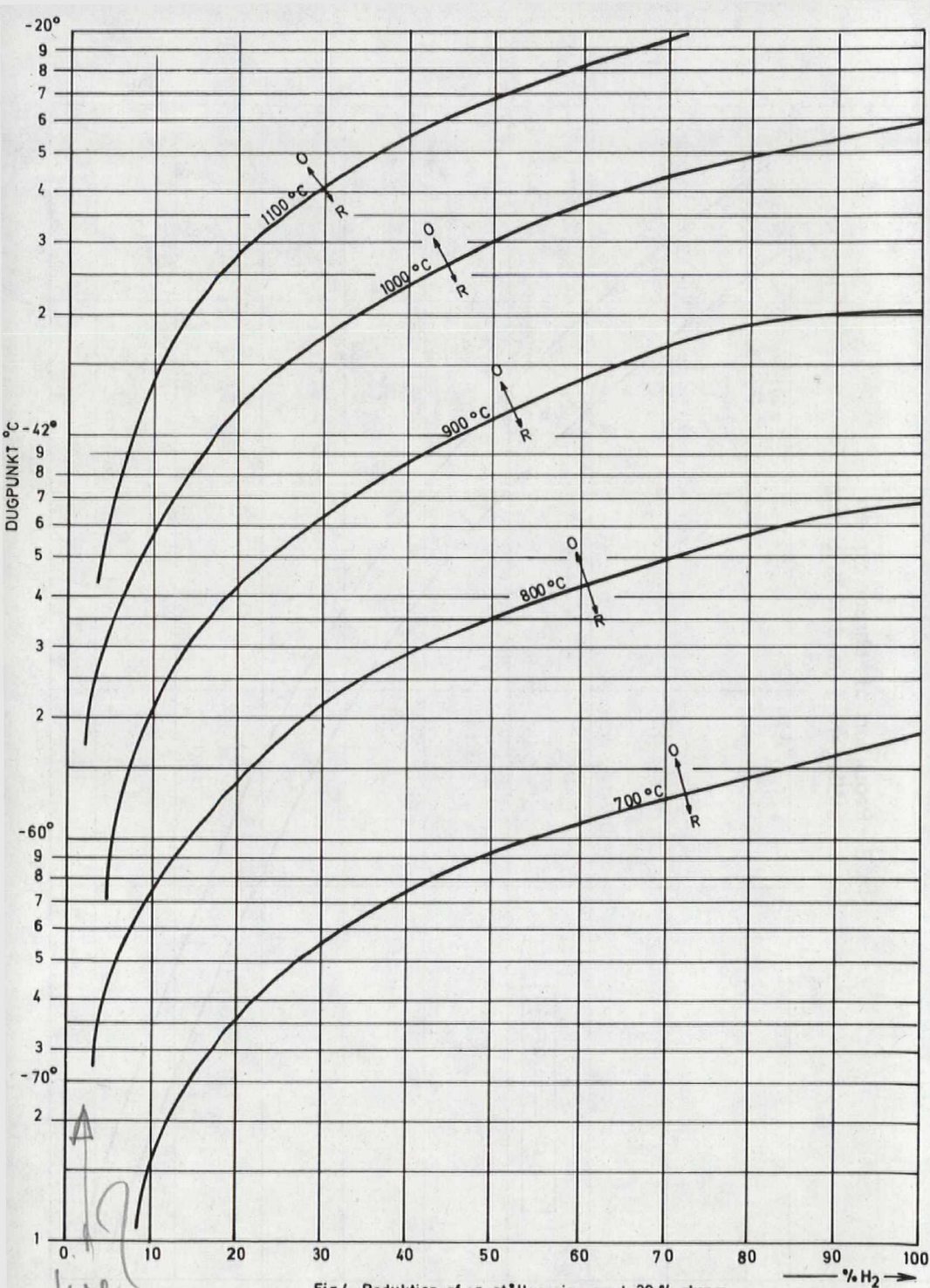


Fig.4 -Reduktion af en stållegering med 20 % chrom.
Ligevægtsforhold mellem H₂O og H₂

akse

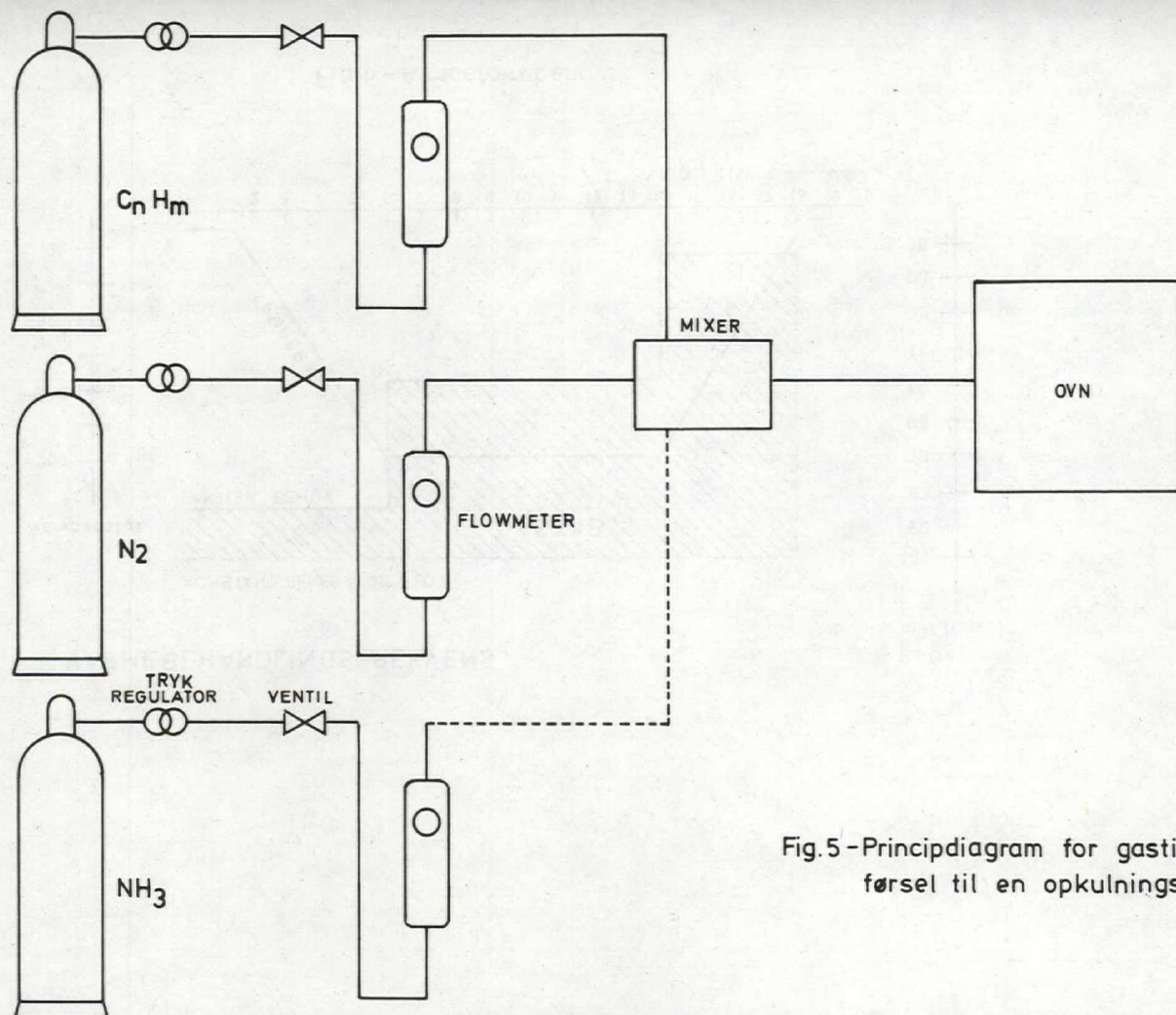


Fig.5 -Principdiagram for gasti-
førsel til en opkulingsovn

VARMEBEHANDLINGSFREKVENNS

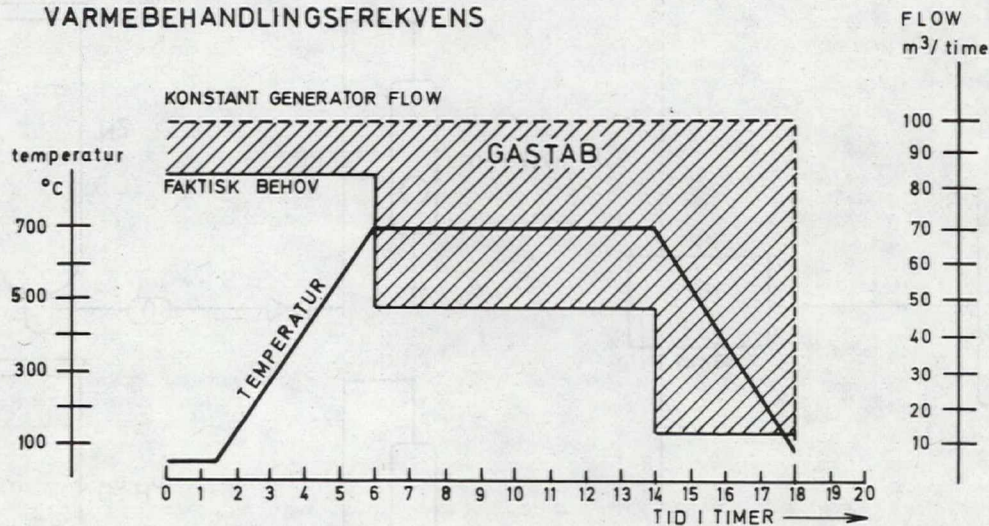


Fig.6 - Atmosfærebehov.

