

UNDERSVINGSSERIE

Maskinteknik

4

Registreringsblad

Udgiver:

Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen
Strandgade 29, 1401 København K
telefon 3266 0100 – telefax 3266 0479
Internet <http://www.mst.dk>

Udgivelsen er støttet af Vandfonden

Udgivelsesår: 2001

Titel: Maskinteknik

Forfatter(e): Bach, Jørgen; Rikskov, Ulrik; Gravesen, Preben

Foto: Ole Christiansen/BAM

Resumé: Denne bog er en håndbog og et undervisningsmateriale. Den er en håndbog for alle der udfører boringer på land: Geologer, ingeniører, brøndborere m.fl. Bogen er også undervisningsmateriale til Brøndboreruddannelsen – en uddannelse for alle der foretager boringer på land.

I serien om udførelse af boringer på land findes i alt seks bøger. Denne bog er den tredje i rækken og indeholder afsnit om kort- teknik, nivellering, arbejdsmiljø og sikkerhedsforhold.

Emneord: grundvand; boringer; lærebøger

Andre oplysninger:

En del af en serie om boringer på land, der består af 6 håndbøger. Udover denne publikation består serien af: "Grundlæggende geologi og grundvand (Miljøstyrelsen, 2001), "Boringer" (Miljøstyrelsen, 2001), "Kort, nivellering og arbejdsmiljø" (Miljøstyrelsen, 2001), "Udvidet geologi og grundvand" (Miljøstyrelsen, 2001) og "Vandforsyningsteknik og regler" (Miljøstyrelsen, 2001).

Genoptryk af Kapitel 11, 12 og 16 i undervisningsmaterialet "Udførelse af boringer på land, Håndbog og undervisningsmateriale til brøndboreruddannelsen 1999" (Danske Vandværkers Forening, 1999).

Md./år for redaktionens afslutning: oktober 2001

Sideantal: 75

Format: A4

Oplag: 550

ISBN: 87-7944-825-9

Layout: Rumfang.dk

Tryk: Levinson + Johnson + Johnson a/s

Papir: Trykt på 100% genbrugspapir Cyclus

Pris (inkl. moms): 75 kr.

Ved køb af alle 6 håndbøger: 420 kr.

Kan købes i:

Miljøbutikken
Læderstræde 1-3
1201 København K
telefon 3395 4000
telefax 3392 7690
butik@mem.dk

Må citeres med kildeangivelse



Denne tryksag er svanemærket

Maskinteknik

Registreringsblad

Udgiver:

Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen
Strandgade 29, 1401 København K
telefon 3266 0100 – telefax 3266 0479
Internet <http://www.mst.dk>

Udgivelsen er støttet af Vandfonden

Udgivelsesår: 2001

Titel: Maskinteknik

Forfatter(e): Bach, Jørgen; Rikskov, Ulrik; Gravesen, Preben

Foto: Ole Christiansen/BAM

Resumé: Denne bog er en håndbog og et undervisningsmateriale. Den er en håndbog for alle der udfører boringer på land: Geologer, ingeniører, brøndborere m.fl. Bogen er også undervisningsmateriale til Brøndboreruddannelsen – en uddannelse for alle der foretager boringer på land.

I serien om udførelse af boringer på land findes i alt seks bøger. Denne bog er den tredje i rækken og indeholder afsnit om kort- teknik, nivellering, arbejdsmiljø og sikkerhedsforhold.

Emneord: grundvand; boringer; lærebøger

Andre oplysninger:

En del af en serie om boringer på land, der består af 6 håndbøger. Udover denne publikation består serien af: "Grundlæggende geologi og grundvand (Miljøstyrelsen, 2001), "Boringer" (Miljøstyrelsen, 2001), "Kort, nivellering og arbejdsmiljø" (Miljøstyrelsen, 2001), "Udvidet geologi og grundvand" (Miljøstyrelsen, 2001) og "Vandforsyningsteknik og regler" (Miljøstyrelsen, 2001).

Genoptryk af Kapitel 11, 12 og 16 i undervisnings-materialet "Udførelse af boringer på land, Håndbog og undervisningsmateriale til brøndboreruddannelsen 1999" (Danske Vandværkers Forening, 1999).

Md./år for redaktionens afslutning: oktober 2001

Sideantal: 75

Format: A4

Oplag: 550

ISBN: 87-7944-825-9

Layout: Rumfang.dk

Tryk: Levison + Johnsen + Johnsen a/s

Papir: Trykt på 100% genbrugspapir Cyclus

Pris (inkl. moms): 75 kr.

Ved køb af alle 6 håndbøger: 420 kr.

Kan købes i:

Miljøbutikken
Læderstræde 1-3
1201 København K
telefon 3395 4000
telefax 3392 7690
butik@mem.dk

Må citeres med kildeangivelse



Denne tryksag er svanemærket

Indhold

1. Pumpeteknik	8
1.1 Centrifugalpumper, der suger fra 0-8 m	8
1.1.1 Centrifugalpumper, konstruktion og drift	9
1.2 Pumpens løftehøjde, H	11
1.3 Kapacitetskurver, flertrinspumper	11
1.4 Strømforbrug	14
1.5 Rørkarakteristik	15
1.5.1 Rørkarakteristik for lukket system	15
1.5.2 Rørkarakteristik for åbent system	15
1.5.3 Sammenfatning	15
1.6 Anlæggets løftehøjde, H_a	16
1.7 Pumper og kavitation	18
1.7.1 Videofilm om kavitation	20
1.8 Dykpumper	21
1.8.1 Pumpens enkeltdele	22
1.8.2 Dykmotoren	24
1.8.3 Installation	26
2. Svejseteknik	28
2.1 Indledning	28
2.2 Hvordan og hvorfor ændres stålets egenskaber ved svejsning	28
2.2.1 Varmens indflydelse på stålets egenskaber	28
2.2.2 Hydrogenrevner i HAZ på grund af svejsning	30
2.2.3 Forvarmning af stål for at undgår hydrogenrevner og uønsket hærdning	30
2.2.4 Kombineret godstykkelse	30
2.2.5 Varmetilførsel = Q	30
2.2.6 Energitilførsel formel	31
2.2.7 Svejseprocessens virkningsgrad	31
2.2.8 Varmetilførsel ved svejsning af flerstrengede svejsesøm	32
2.2.9 Tilsatsmaterialernes hydrogenindhold	32
2.2.10 Behandling af tilsatsmateriale	32

2.3	Hvilke former for nedbrydning af stålet skal man være opmærksom på	33
2.3.1	Hvordan kan man ud fra stålets handelsbetegnelse se, hvilke egenskaber det har	33
2.4	Relevante oplysninger ved køb af stål	35
2.4.1	Anvendelsesområde	35
2.4.2	Stålets kemiske sammensætning	35
2.4.3	Leveringstilstand	36
2.4.4	Dimensioner	36
2.4.5	Prøvningsmetoder	36
2.4.6	Svejseanvisning	38
2.4.7	Beskrivelse af generelle tekniske leveringsbetingelser DS/EN 10021	38
2.5	Kort beskrivelse af de mest almindelige prøvningsmetoder til eftervisning af materialets mekaniske egenskaber	38
2.5.1	Hårdhedsmåling	38
2.5.2	Hårdhedsmålingens egnethed	38
2.5.3	Brinell prøven DS/EN 10003	40
2.5.4	Vickers-prøven Euronorm 5 (DA10411)	40
2.5.5	Trækstyrke. DS/EN 1002-1. Standard for udf. af trækprøvning	40
2.5.6	Slagsejhedsprøvning: DS/EN 10045-1	42
2.5.7	Kemiske egenskaber	42
2.6	Forvarmning af emnet inden svejsning og flammeskæring	43
2.7	Udstyr og metoder til lysbuesvejsning	44
2.7.1	Lysbuelængdens indflydelse på de elektriske værdier	44
2.7.2	Variierende lysbuelængde	44
2.7.3	Måling af svejsemaskinens evne til at kunne svejse konstant, intermittens	44
2.7.4	Mærkning af svejsemaskiner	45
2.7.5	Hvordan sikres kvaliteten af svejsearbejdet	46
2.7.6	Kvalitetsniveauer for lysbuesvejste samlinger i stål	46
2.8	Pålægning ved hjælp af hårdlodning med Acetylen og Oxygen	48
2.8.1	Glødefarver til bedømmelse af arbejdstemperatur	49

2.9	Pålægning af hårdmetal på boreudstyr med lysue svejeelektroder	49
2.9.1	Valg af tilsatsmateriale til hårdpålægning	51
2.9.2	Svejsning af stål forerør	51
2.10	Sikkerhed og miljø	51
2.10.1	Faren ved den elektriske strøm	51
2.10.2	Røg- og gasudvikling	52
2.10.3	Strålingsfaren	52
2.10.4	Brandfaren	53
2.10.5	Sikkerhed ved anvendelse af trykflasker	53
3.	Maskinteknik og vedligehold	56
3.1	Forbrændingsmotoren	56
3.2	Firetaktsprincippet	56
3.3	Arbejdsprincippet for firetakts dieselmotorer	56
3.4	Belastning af firetakts motor	58
3.5	Kompressionsforhold	58
3.6	Indsprøjtning	59
3.7	Brændstofsyste­met	60
3.8	Brændstoffiltre og sier	60
3.9	Udskiftning af brændstoffiltre	60
3.10	Udluftning af rækkepumpe	60
3.11	Vedligeholdelse og fejlfinding på benzinmotor	62
3.12	Vedligeholdelse af el og udskiftning af remme	64
3.12.1	Generator	65
3.12.2	Rotorstrømmen reguleres af spændingsrelæet	66
3.12.3	Kileremme	67
3.13	Udskiftning af olie, oliefilter, kølervæske og luftfilter	67
3.13.1	Klassificering af smøreolier	67
3.13.2	API klassifikationssystemet	68
3.13.3	CCMC – Europæiske motoroliespecifikationer	69
3.13.4	Filtertyper	70
3.13.5	Køling	70

3.13.6	Kølerdækslet	72
3.13.7	Luftfiltre	72
3.14	Vedligeholdelse af hydrauliksystemet	72
3.14.1	Olieskift	72
3.14.2	Filterskift	73
3.14.3	Langtidsopbevaring	73
3.14.4	Rør og slanger i hydrauliksystemet	73
3.15	Vedligeholdelse af el – sikkerhed (220/380)	74
3.16	Miljøbevidsthed	75

1. Pumpeteknik

Grundvandspumper

Grundvandspumper kan naturligt opdeles i to grupper:

1. Centrifugalpumper, der suger fra 0-8 m
2. Dykpumper, der er placeret under vandoverfladen i en brønd eller boring

1.1 Centrifugalpumper, der suger fra 0-8 m

Når vanddybden fra jordoverfladen til vandspejlet i brønden er fra 0-8 m, udnyttes det, at en centrifugalpumpe er *normalsugende*, hvilket betyder, at den er i stand til at skabe et vakuum i centrum af løberen, hvorefter atmosfæren trykker vand op til dette vakuum. Atmosfæretrykket er 1 atm. svarende til ca. 10 m ved havets overflade. Dette er grunden til, at disse pumper kan suge maks. 8 m (de resterende 2 m går til friktionstab).

Figur 1 viser en ettrins in-line centrifugalpumpe, der kan pumpe fra 1-300 m³/h fra en dybde af 6 m. Afgangstrykket for disse pumper er normalt ikke så stort, omkring 4-6 bar. De anvendes til markvanding, pumpning fra én beholder til en anden, i lavtryksudpumpningsanlæg samt køleanlæg.

Disse pumper er gennemprøvede kendte ettrins centrifugalpumper og udmærkede til ovennævnte formål, men er dog i dag afløst af flertrins centrifugalpumper eller dykpumper, fordi disse pumper kan suge eller pumpe fra større dybder.

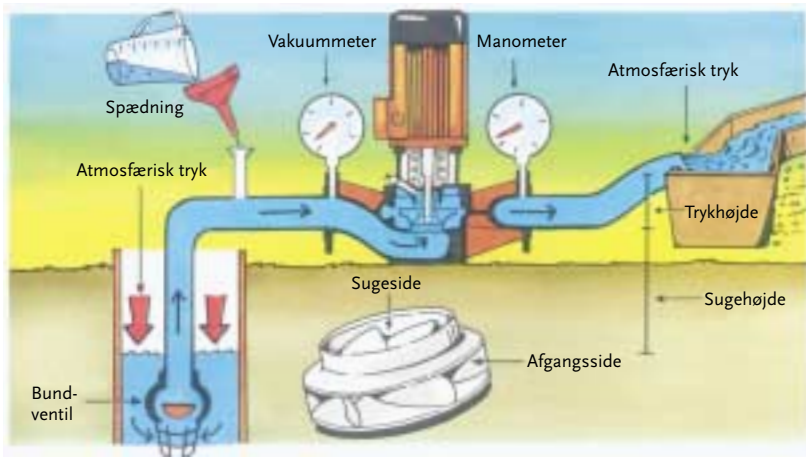
Figur 2 viser en flertrins in-line centrifugalpumpe, der er i stand til at suge vand fra en dybde af ned til ca. 8 m.

Anvendelse:

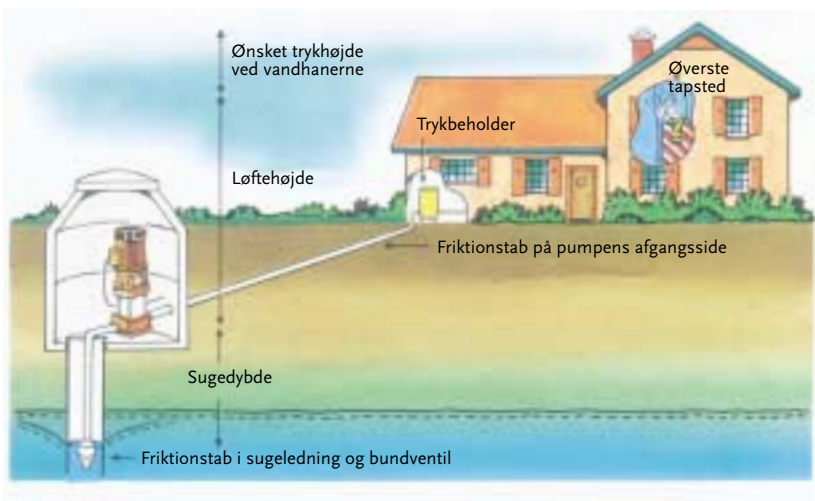
- Vandværker
- Markvanding
- Høj- og lavtryksudpumpningsanlæg
- Spuleanlæg

Særkende:

- Lav NPSH-værdi
- Mulighed for at tilpasse afgangstrykket til behovet ved ændring af antallet af løbere – uden ændring i rørsystemet
- Vertikal installation sparer plads
- Lavt startmoment
- Monteret med normmotorer
- Løbere og kamre i rustfrit stål
- Lejer af keramik og hårdmetal
- Mekanisk akseltætning med hårdmetal mod hårdmetal
- Udskiftelige spaltetætninger



Figur 1
Principtegning for en centrifugalpumpe-installation



Figur 2
Centrifugalpumpe installeret i en tørbrønd ved et parcelhus

1.1.1 Centrifugalpumper, konstruktion og drift

En centrifugalpumpe er en *radialpumpe*. Dette betyder, at væskens strømningsretning gennem pumpen er vinkelret på pumpeakslen i modsætning til ved en propelpumpe (aksialpumpe), hvor vandet flyder parallelt med akslen.

Når løberen i en centrifugalpumpe roterer, vil væsken pga. centrifugalkraften blive slynget udad, hvorved der opstår både et *dynamisk* og et *statisk tryk i pumpehuset* (se **Figur 3**).

Fænomenet er velkendt, fx når man rører i en kaffekop med en ske. Kaffen slynges ud, men da den ikke kan slippe væk som i en Pumpe, stiger væsken op langs kopens væg. Væskens bevægelse repræsenterer det dynamiske tryk og løftet fra rotationen det statiske tryk (se **Figur 4**).

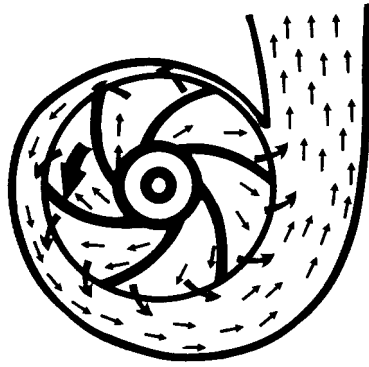
Væsken vil fra løberen blive slynget ind i diffusoren ved ettrinspumper og ind i ledeapparatet ved flertrinspumper (se **Figur 5**).

I *ledeapparatet* (diffusoren) ændres den dynamiske energi (hastighedsenergien) til statisk energi (trykenergi) (se **Figur 6**).

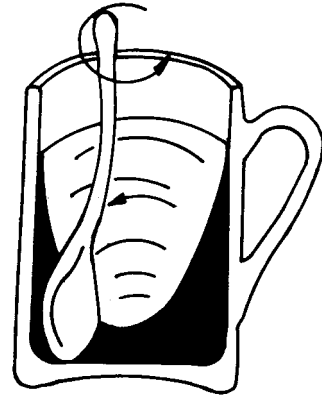
For pumper med ens ind- og udløbsdiameter vil væskens hastighed og dynamiske tryk før og efter pumpen således være uforandret. Derimod vil det statiske tryk være forøget. Hvor meget afhænger af antallet af trin (se **Figur 7**).

Funktion

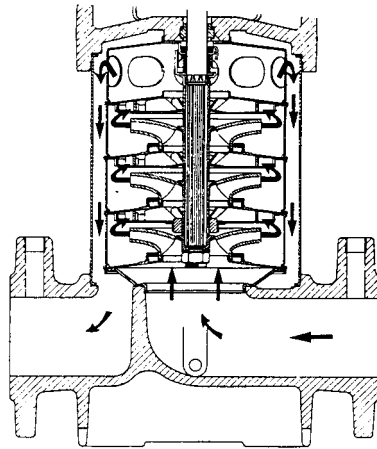
Figur 3
 Skitse af væskens
 bevægelse i et pumpehus
 med løber



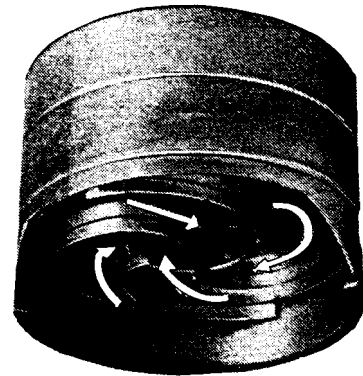
Figur 4
 Væskebevægelse i en
 kaffekop



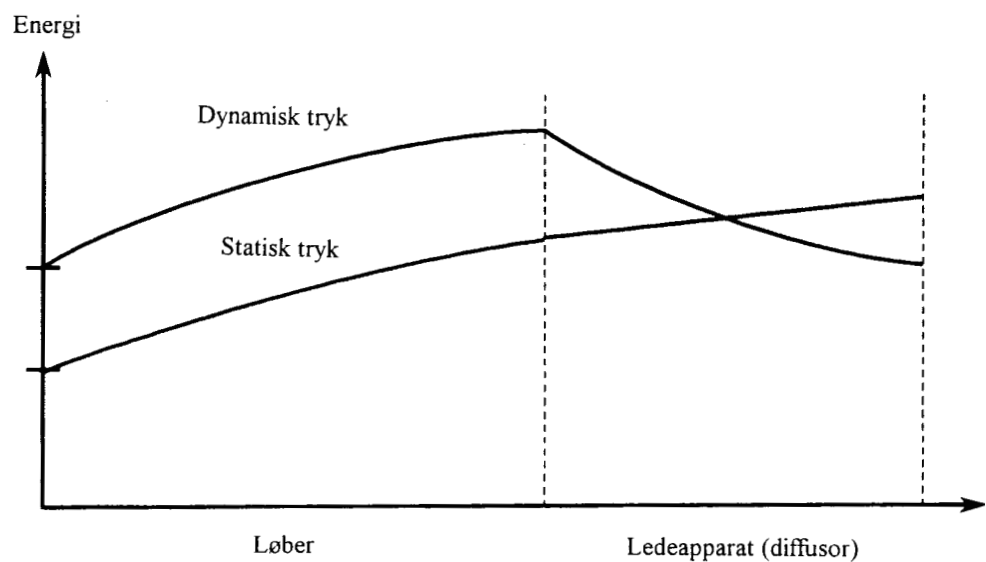
Figur 5
 Væskens vej gennem en
 flertrins centrifugalpumpe



Figur 6
 Ledeapparat i en flertrins
 centrifugalpumpe



Figur 7
 Diagram over trykforhold
 i pumpen



Ledeapparatet, der som løberen består af skovle, har desuden den funktion at lede væsken fra én løber til den næste.

1.2 Pumpens løftehøjde, H

Den energi, som pumpen overfører til væsken, kan måles som differencen mellem pumpeindløb og -udløb. Denne størrelse kaldes pumpens *løftehøjde* (se **Figur 8**).

Formlen til udregning af løftehøjden ser således ud:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (\text{se Figur 9a, b, c})$$

hvor ρ er væskens massefylde og g er tyngdeaccelerationen.

Da den geometriske højde og vandhastigheden før og efter en in-line pumpe er ens, kommer den forenklede formel til at se således ud:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

Hvis massefylden for rent koldt vand sættes til 1.000 kg/m^3 og g til 10 m/s^2 , fås

$$H = 2,5 \text{ bar} - (-0,2 \text{ bar}) = 2,7 \text{ bar} \cong 27 \text{ m}$$

Nøjagtig udregning

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} = \frac{(2,5 - (-0,2)) \cdot 10^5 \text{ kg/ms}^2}{992 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 27,74 \text{ m}$$

Pumpens løftehøjde afhænger altså af 3 ting:

- Ændringen i statisk tryk mellem ind- og udløb (manometrisk måling)
- Ændring i højde (væskestanden – forskel mellem tryk- og sugeniveau)
(gælder ikke in-line pumper)
- Ændring af væskens dynamiske energi mellem ind- og udløb
(gælder ikke in-line pumper)

1.3 Kapacitetskurver, flertrinspumper

Pumpens løftehøjde og dens afhængighed af volumenstrømmen findes eksperimentelt af pumpeproducenten og gives til kunden i form af en kapacitetskurve $H(Q)$.

For de efterfølgende kurver gælder nedenstående retningslinier:

1. Tolerancer iht. ISO 2548, Annex B, hvis dette er angivet på kurvebladet.
2. De kraftigt optrukne kurver angiver det *anbefalede* ydelsesområde.

De tynde kurver er kun *retningsgivende*.

Minimumsflowet bør ikke underskrides pga. fare for overophedning af pumpen.

Minimumsflow:

CR/CRN 30 og 60: 25% af nominelt flow.

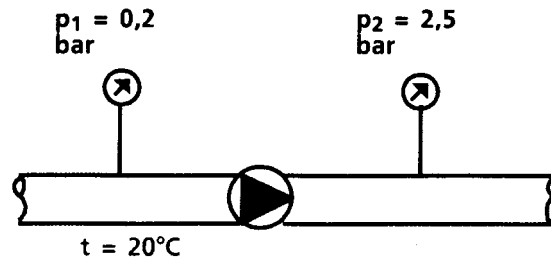
Andre pumper: 10% af nominelt flow.

3. Alle kurver er baseret på målinger foretaget ved 3 x 400 V, 50 Hz.

Ved målinger er der anvendt GRUNDFOS MG og MMG standardmotorer, dvs. spændingsintervalmotorer:

3 x 220-240/380 V, 50 Hz og 3 x 380-415V Δ , 50/60 Hz.

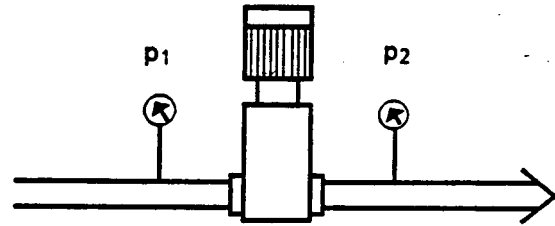
Figur 8
Pumpens løftehøjde
($p_2 - p_1$)



Beregning af løftehøjde

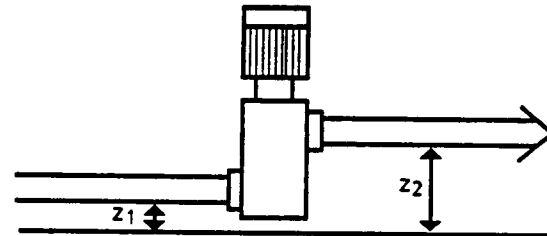
Figur 9a
Led (a) i formel til beregning af løftehøjde

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho \times g}$$



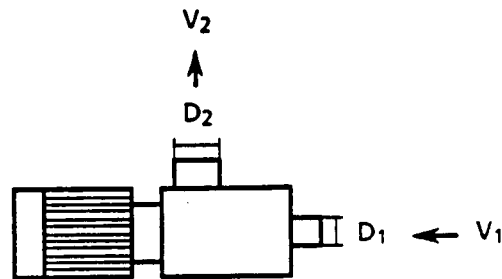
Figur 9b
Led (b) i formel til beregning af løftehøjde

$$z_2 - z_1$$



Figur 9c
Led (c) i formel til beregning af løftehøjde

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$



Ved drift ved motorens henholdsvis laveste og højeste påtrykte spænding vil pumpeydelsen ved samme frekvens typisk variere +/- 0,5 til 1,0 m i et givet driftspunkt.

4. Målinger er foretaget med afluftet vand ved en temperatur på 20C

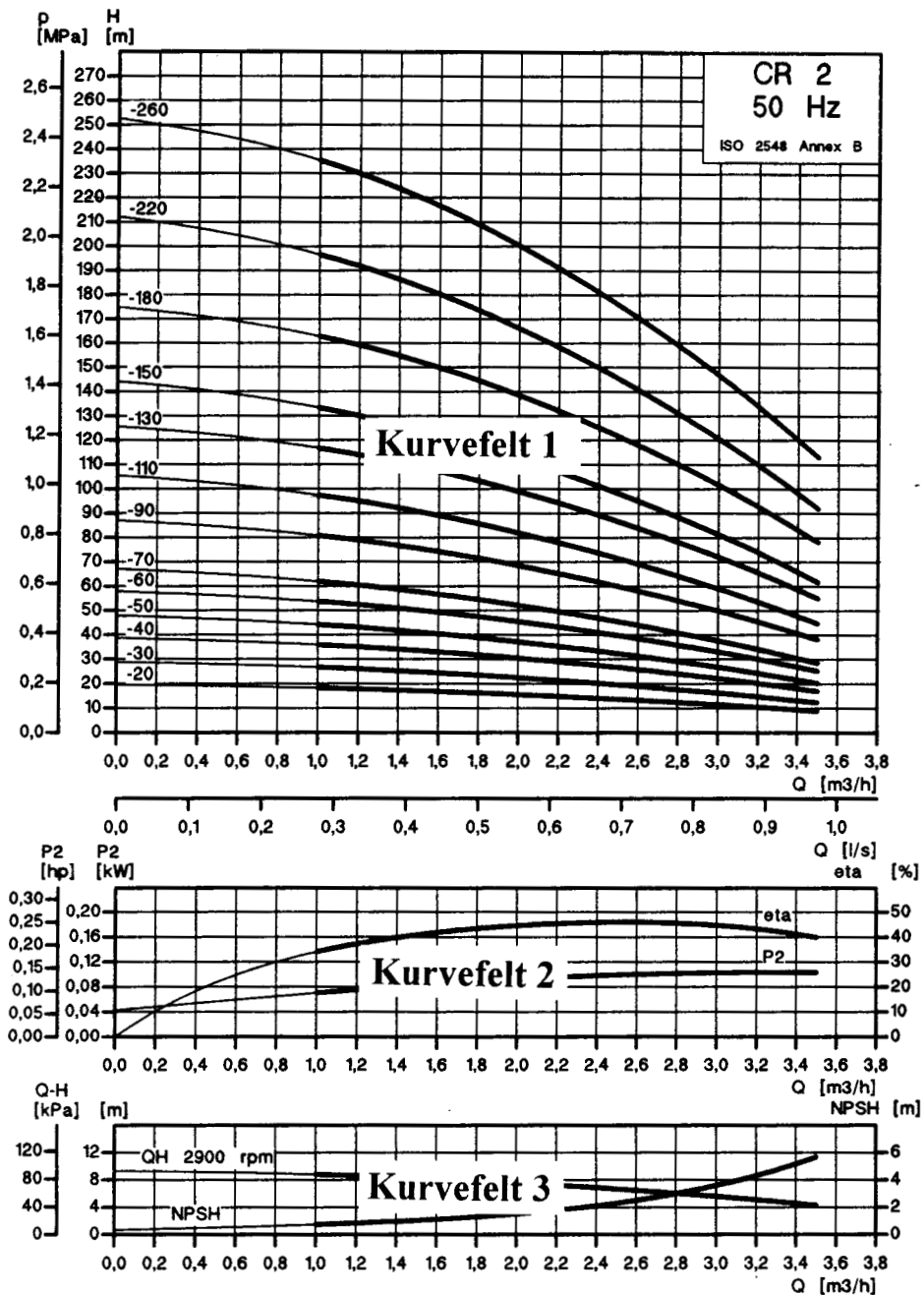
5. Kurverne gælder for en kinematisk viskositet på 1 mm²/s (1 cSt).

Kurvefelt 1 (Figur 10)

QH

QH-kurverne viser *pumpeydelsen* ved aktuelt omdrejningstal iht. standardmotorprogrammet for CR/CRN-rækken.

Figur 10
 Datablad for en Grundfos
 CR 2



Kurvefelt 2 (Figur 10)

Kurverne i dette felt er gennemsnitskurver for alle varianter, der er vist i kurvefelt 1. Effektkurven er en ettrinskurve, som viser pumpens optagne effekt pr. trin. Denne kurve kan benyttes til tilnærmede effektberegninger, når motorens virkningsgrad integreres.

P2

Eta-kurven viser virkningsgraden for pumper, dvs. pumpe uden motor.

Eta

Kurvefelt 3 (Figur 10)

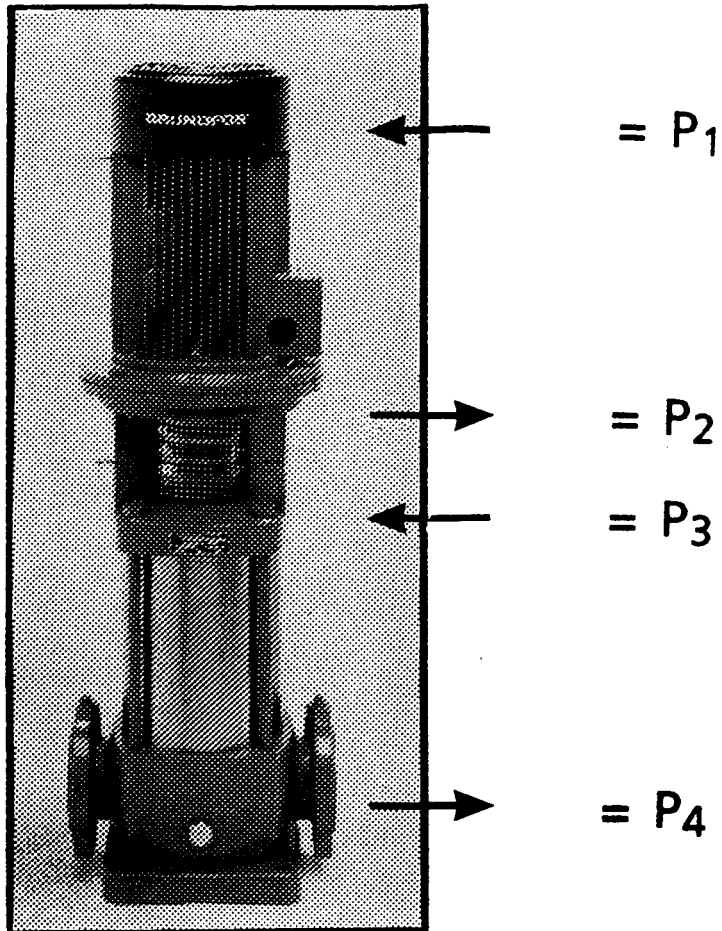
Kurven er gennemsnitskurve for alle varianter, der er vist i kurvefelt 1. Ved dimensionering regnes der med et sikkerhedstillæg på mindst 0,5 m.

NPSH

Pumpeydelsen pr. trin ved fast omdrejningstal, 2.900 rpm (50 Hz).

QH ved 2.900 rpm

Figur 11
 Forklaring på effektbetegnelserne P₁, P₂, P₃ og P₄



Denne kurve kan benyttes til tilnærmede QH-beregninger ved andre omdrejningstal.

1.4 Strømforbrug

Motor: $P_{ud} (P_2) = P_{ind} (P_1) \cdot \eta_{motor}$

Pumpe: $P_{ud} (P_4) = P_{ind} (P_3) \cdot \eta_{motor}$

P₁

Motorens optagne effekt fra nettet (Figur 11)

Ved sammenbyggede motor-/pumpeenheder, som fx cirkulationspumper (vådløbere), JP-, KP- og CH-pumper, opgives denne værdi på typeskiltet.

P₁ kan også findes efter følgende formel:

$P_1 = U \cdot I \cdot \cos \Phi \cdot \sqrt{3}$ (W) (3-fasede motorer)

$P_1 = U \cdot I \cdot \cos \Phi$ (W) (1-fasede motorer)

hvor

U = spænding (V)

I = strømstyrke (A)

cos Φ = effektfaktor (-)

P₂

Motorens afgivne akseffekt (Figur 11)

I de tilfælde hvor motor og pumpe er separate enheder, fx i forbindelse med normmotorer og dykmotorer, opgives maksimalværdien på typeskiltet.

Pumpens optagne effekt (Figur 11)

Den aktuelle belastning af motoren fås af pumpens effektkurve. Her aflæses den nødvendige effekt pr. trin for en given vandmængde. Ved motor-/pumpeenheder med fast akseltilslutning regnes denne værdi lig P_2 .

P_3

Pumpens afgivne effekt til mediet (Figur 11)

Denne værdi kan også findes af følgende formel:

P_4

Nøjagtig:

$$P_4 = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \frac{1}{\text{omregningsfaktor}} \quad (\text{kW})$$

$$= 992 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 27,74 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \frac{1}{367 \cdot 10^4} = 7,35 \text{ kW}$$

I praksis:

$$P_4 = \frac{H(m) \cdot Q \text{ (m}^3/\text{t)}}{367} = \frac{27,74 \cdot 100}{367} = 7,56 \text{ (kW)}$$

(Fejlprocent ca. 3%)

1.5 Rørkarakteristik

1.5.1 Rørkarakteristik for lukket system

Lukket system

$$H = k \cdot Q^2 \quad (\text{se Figur 12})$$

k = konstant faktor (rørdimensionsafhængig)

1.5.2 Rørkarakteristik for åbent system

Åbent system

$$H = H_0 + k \cdot Q^2 \quad (\text{se Figur 13})$$

H_0 = geometrisk højde

k = konstant faktor (rørdimensionsafhængig)

1.5.3 Sammenfatning

Der er i det foregående blevet anvendt en hel del formler og, om ikke vanskelige, så dog temmelig lange beregninger, som sætter os i stand til at finde anlægs-karakteristikken.

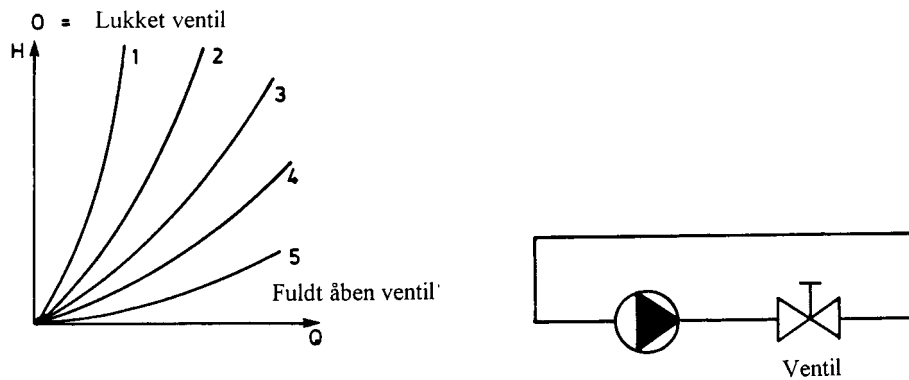
Det er ikke pumpeproducentens opgave at udføre disse anlægsberegninger. Pumpeinstallatøren skal imidlertid forstå sammenhængen mellem anlæg og pumpe, således at han kan rådgive sin kunde, og til dette formål blev eksemplet vist.

Pumpeinstallatøren er i en langt sikrere situation end kunden, idet pumpe-karakteristikken $H(Q)$, som han er ansvarlig for, er testet eksperimentelt og ikke vil afvige særlig meget fra prospektets datablad. Usikkerhedsfaktorerne er langt større i forbindelse med beregningen af anlægs-karakteristikken pga. den betydelige risiko, der er for at lave fejl ved tryktabsberegningen.

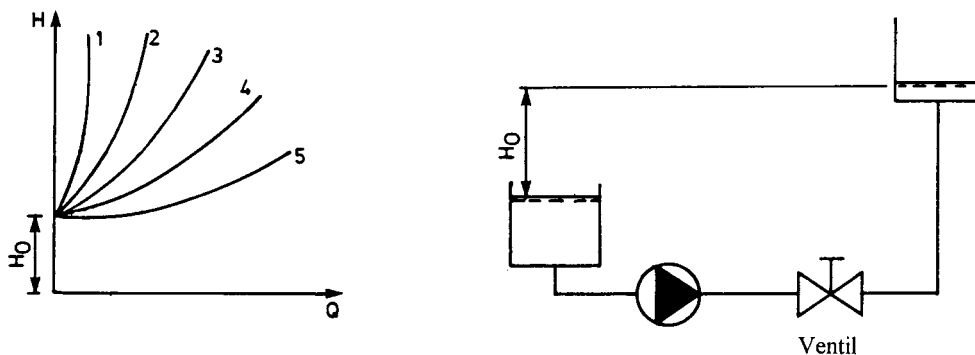
Hvis pumpeanlæggets driftspunkt afviger fra det planlagte, skal årsagen hertil i de fleste tilfælde findes i anlægs-karakteristikken, som kunden er ansvarlig for.

Driftspunktet i et pumpeanlæg skal altid findes i skæringspunktet mellem anlægs-karakteristik og karakteristikken for den installerede pumpe (se Figur 14).

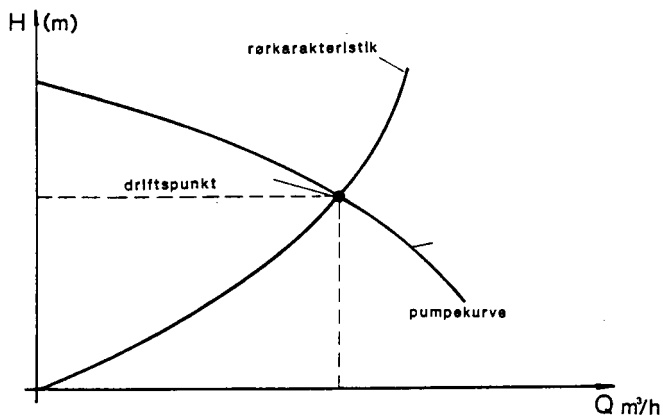
Figur 12
Rørkarakteristik for et lukket system



Figur 13
Rørkarakteristik for et åbent system



Figur 14
Driftspunkt



1.6 Anlæggets løftehøjde, Ha

Hvis der skal transporteres en bestemt væskemængde Q fra punkt 1 til punkt 2 i et anlæg, er det nødvendigt at anvende en pumpe.

Eksempel (se **Figur 15**)

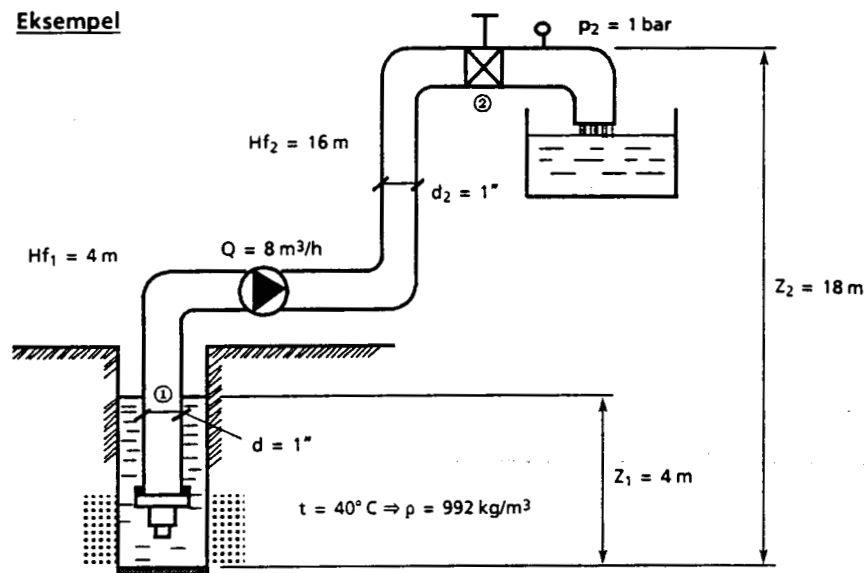
Den geometriske løftehøjde $z_2 - z_1$ skal overvindes.

Endvidere skal tryktabene $H(f_1)$ og $H(f_2)$ tages i betragtning. Den energi, som skal overføres til væsken, er anlæggets løftehøjde.

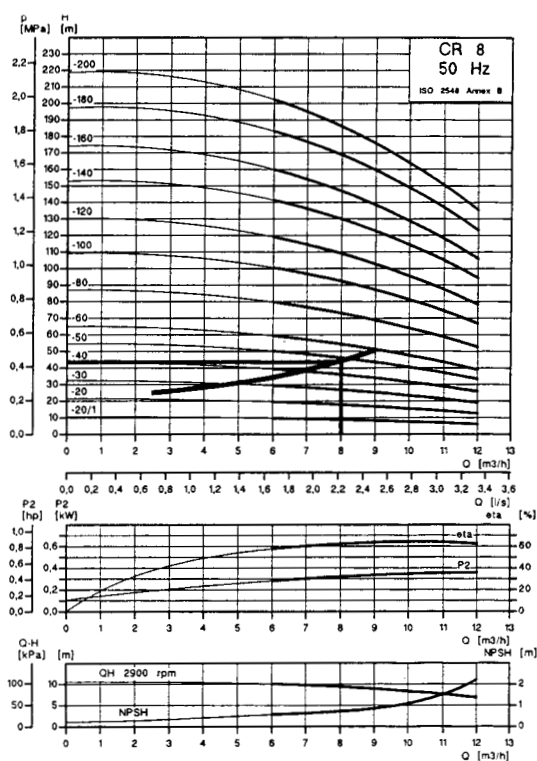
$$H_{\text{anlæg}} = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + H_{f1} + H_{f2} \Rightarrow$$

$$H = \frac{(1 - 0) \cdot 10^5 \cdot \text{kg/m/s}^2}{992 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} + (18\text{m} - 4\text{m}) + 0 + 4\text{m} + 16\text{m} = 44\text{m}$$

Eksempel



Figur 15
Eksempel på en
pumpestation



Figur 16
Pumpeblad for en
Grundfos CR 8

Forslag til pumpe: CR 8-50 (Figur 16).

Anlæggets løftehøjde består således af et statisk og et dynamisk element:

Det statiske element er uafhængigt af kapaciteten:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + (z_2 - z_1)$$

Statisk løftehøjde

Det dynamiske element er afhængigt af kapaciteten:

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + H_{f1} + H_{f2}$$

Dynamiske løftehøjde

Anlæggets løftehøjde skal ikke blot beregnes ved den nominelle kapacitet, men om muligt for hele driftsområder.

1.7 Pumper og kavitation

En stor del af de havarier, der opstår ved pumper, skyldes kavitation. Hos Grundfos har ca. 5% af de pumper, som fabrikkens serviceafdeling modtager retur, været udsat for kavitation, og oftest løses problemerne ikke ved at udskifte pumperne. Problemet ligger et helt andet sted.

Hvad er kavitation? (se Figur 17)

Kavitation

Kavitation, eller dampdannelse om man vil, opstår som følge af en lokal underskridelse af damptrykket (kogepunktet), hvorved der opstår dampblommer på det sted inde i pumpen, hvor der er det laveste tryk. Disse dampblommer fortsætter gennem pumpens løber og kollapser, når trykket når op over damptrykket. Denne *implosion* vil kunne medføre støjgener, og i værste fald beskadigelse af pumpens løber.

Løsning på problemet

For at komme kavitationsproblemet til livs, bør det være fast rutine at kontrollere sugeførholdene, hver gang man udskifter/dimensionerer en pumpe eller bare ændrer på pumpes driftsforhold. For at forhindre kavitation, opstilles følgende formel til udregning af den maksimale sugehøjde:

$$H_{\text{maks}} = H_b - \text{NPSH} - H_f - H_d - H_s \text{ (se Figur 19)}$$

H_{maks} angiver maks. sugehøjde for pumpen (m). Hvis resultatet bliver negativt, skal pumpen arbejde med tilløbstryk.

H_b angiver *barometerstanden* (atmosfæretryk (m)).

0 m over havet er $H_b = 10,33$ m

500 m over havet er $H_b = 9,73$ m

1000 m over havet er $H_b = 9,16$ m

2000 m over havet er $H_b = 8,10$ m

NPSH (se Figur 18) angiver trykfaldet fra sugestuds til det sted i pumpen, hvor det laveste tryk forekommer. Værdien er bestemmende for, om der forekommer kavitation inde i pumpen. NPSH står for Net Positive Suction Head eller "holdetryk" på dansk.

Denne værdi vil kunne findes på ethvert pumpedatablad.

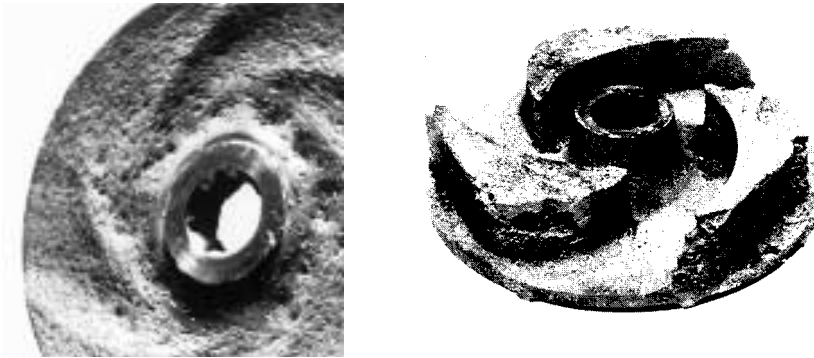
Ved mindre cirkulationspumper angives der ingen NPSH-værdi, men derimod det krævede minimums tilløbstryk ved en given temperatur.

H_f angiver tryktabet i tilgangsledningen til pumpen. Denne værdi findes ved simple tryktabsberegninger.

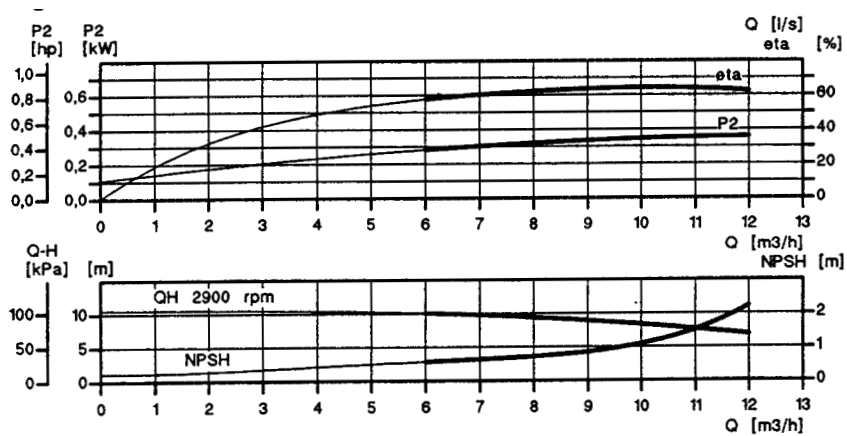
H_d (se Figur 19) angiver væskens damptryk. Overskrider vandets temperatur 100°C, kan værdierne findes i en tabel for mættet vanddamp.

H_s angiver sikkerheden.

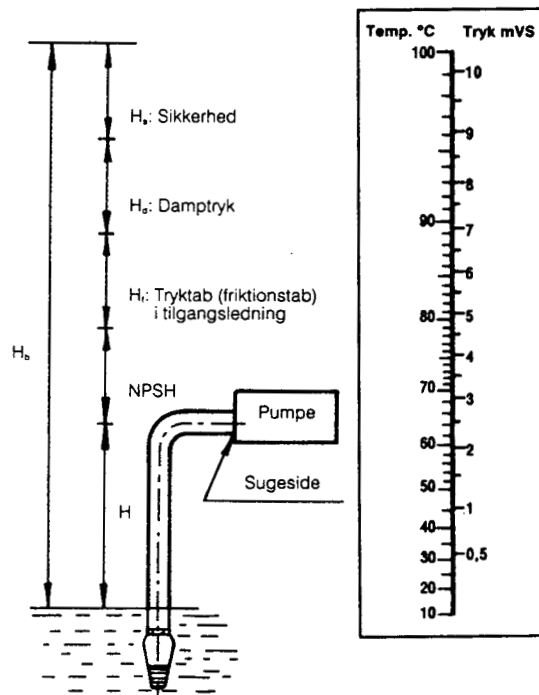
Ved fastlæggelse af denne størrelse skal mulige variationer i H_b , H_d og NPSH vurderes som følge af fx aflejringer i tilgangsledninger, ændret vandtemperatur eller varierende pumpekapacitet (ændret NPSH).



Figur 17
Kavitation på henholdsvis
overside og underside af
løber

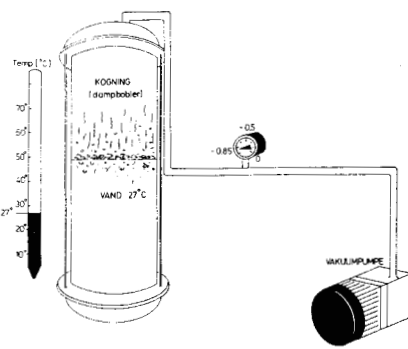


Figur 18
NPSH-kurve for Grundfos
CR 8

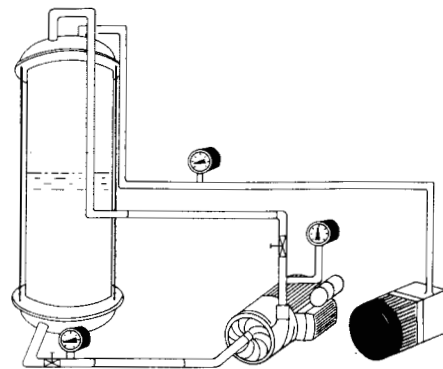


Figur 19
Mættede vanddampes
tryk

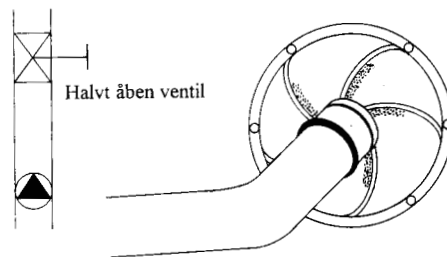
Figur 20
Opstart



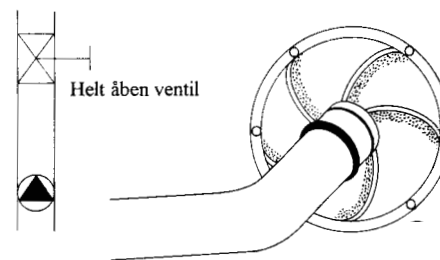
Figur 21
Opstilling til drift med
Kavitation



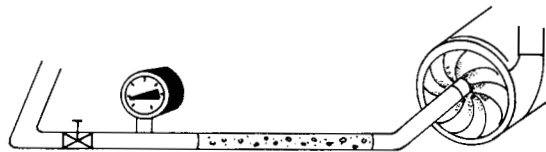
Figur 22
Opstart a med
halvt åben ventil



Figur 23
Opstart a med
fuldt åben ventil



Figur 24
Opstart b



1.7.1 Videofilm om kavitation

Opstilling

Illustration af kogning
ved lav temperatur

Lukket beholder med vand, tilsluttet vakuumpumpe.

Opstart (se Figur 20)

Vakuumpumpen startes, og der dannes et undertryk i den lukkede beholder på -0,85 bar. Vandet begynder således at koge ved 27°C. Der ses dampbobler. Beholderen kan dog stadig berøres med de bare hænder. Det bemærkes i øvrigt, at en meget lille temperaturforøgelse vil få dampboblerne til at forsvinde. Dvs. at grænsen imellem om en pumpe kaviterer eller ej ofte, kan være meget fin.

Kavitation

Opstilling (se Figur 21)

Den tidligere anvendte beholder med vand er ligeledes tilsluttet et lukket kredsløb med en pumpe, som er forsynet med en ventil på både suge- og afgangssiden. Pumpens frontplade er udført i plexiglas, og ved belysning af løberen med et stroposkopisk lys vil man under drift være i stand til at se vandets bevægelse igennem en "stillestående" løber.

Opstart a (se Figur 22 og 23)

Ventilen på pumpens afgangsside lukkes, og pumpen starter. Ved åbning af ventilen vil modtrykket aftage, og pumpen begynder at kavitere. Dampbobler kan således iagttages på løberens skovle. Først ved indløbet og siden ved fuld åben ventil breder koncentrationen af dampbobler sig til at dække hele bagsiden af løberens skovle.

Opstart b (se Figur 24)

Anlægget sættes i drift uden kavitation. Ventilen på pumpens sugeside lukkes langsomt, og der ses dampbobler umiddelbart efter ventilen i det gennemsigtige plastikrør hen til pumpen. Disse bobler dannes som følge af det vakuum, som pumpen danner imellem ventil og pumpe. Dampboblerne kollapser ikke, før de når løberen, hvor trykket igen stiger.

Opstilling

Til måling af vibrationer i pumpehus, motor og lejer påsættes det nødvendige elektroniske måleudstyr. Man vil således være i stand til at aflæse vibrationernes størrelse ved forskellige frekvenser. Hver frekvens kan herefter relateres til de enkelte mekaniske dele i pumpe og motor. Herved får man mulighed for at forberede specielt udvalgte og/eller sårbare dele.

Vibrationsanalyse

Opstart

Der observeres en markant forskel på vibrations- og lydniveauet ved drift med kavitation og uden kavitation. De kræfter, som kan opstå som følge af vibrationer, er målt til at være op til 200% større end normalt. Til sammenligning kan nævnes, at lejer normalt kun overdimensioneres med 10-15%.

1.8 Dykpumper

Ønskes der vand fra større dybde end 7-8 m, skal pumpen placeres under vandoverfladen og trykke vandet op til jordoverfladen.

Der anvendes 2 forskellige systemer:

- a) Dykpumper med en dykmotor
- b) Dykpumper med en motor stående på jordoverfladen og en roterende drivaksel mellem pumpe og motor.

Sidstnævnte type var meget almindelig, før den moderne dykmotor blev opfundet, men den bruges dog stadigvæk blandt andet i U-lande og i områder, hvor der ikke er strømforsyning.

Ved gennemgangen her vil vi kun beskæftige os med den førstnævnte type: *Dykpumpe med dykmotor*.

Pumpe og motor er en samlet enhed. Motoren er anbragt nederst, og indløbet i pumpen sidder ca. midt i enheden.

Figur 25 viser 4, 6, 8 og 10" rustfrie dykpumper, der pumper fra 0,5 til 300 m³/h .

De kan forsynes med et varierende antal løbere, og derfor tilpasses dybden og det tryk, der ønskes ved jordoverfladen.

Pumpen er en flertrins centrifugalpumpe, hvor hver løber sidder fastspændt til akslen. I ledeapparatet omsættes hastighedsenergien til statisk tryk, hvorved hastigheden sættes ned (Bernoullis lov). I den næste løber øges hastigheden igen, for derefter at blive omsat til trykenergi og så fremdeles.

Energiomsætning

Figur 25
Dykpumper med motor



Figur 26
Dykpumpe som snitmodel
og hel model

Topstykke med
kontraventil

Pumpestamme
med ledeapparater
og løbere

Indløbsdel med
spædesnegl og
filter



1.8.1 Pumpens enkeltdele

Pumpeaksel

Der findes 2 forskellige akseltyper: splineaksel og cylindrisk aksel (se **Figur 27**).

En *splineaksel* letter montagen og demontagen, men bruges kun på små pumper dvs. ved kapaciteter på op til 7 m³/h og et tryk på ca. 30 bar.

Den *cylindriske aksel* er almindelig i alle størrelser dykpumper, og løberne sættes her fast med en klembøsning.

Løber

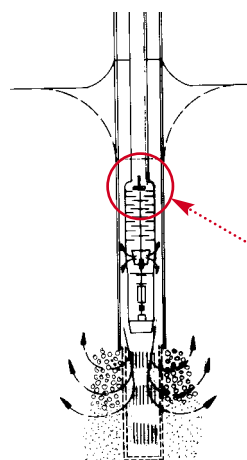
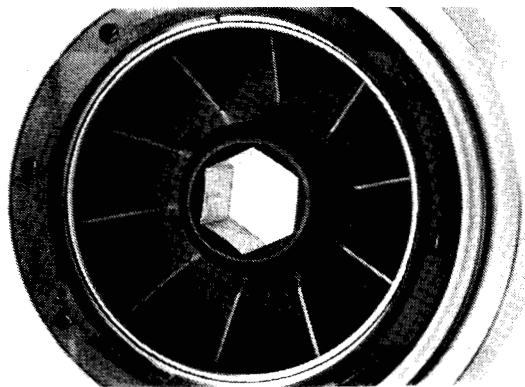
Der anvendes 2 forskellige løbere: radiale og halvaxiale løbere. *Radiale løbere* anvendes i små pumper op til ca. 20 m³/h og *halvaxiale løbere* inden for resten af kapacitetsområdet. Designet er bestemt af, at man ønsker en smal pumpe, der er i stand til at pumpe vand fra borerer med små diametre.



Figur 27
Pumpeaksler og løbere



Figur 28
Spaltetætning



Figur 29
Sekskantet leje

Figur 30
Kontraventil

For at forhindre at vandet løber fra løberens trykside til sugesiden, monteres der en spaltetætning (se **Figur 28**) i hvert pumpekammer. Det er en meget vigtig del af pumpen, idet et slid her medfører en nedsættelse af pumpens ydelse. Derfor er der udviklet mange forskellige metoder til løsning af dette problem. Det bedste system, hvis der er sand i vandet, er gummi mod rustfrit stål, dvs. spaltetætning i gummi og løbere i rustfrit stål. Der skal desuden tages hensyn til, at det sand, som grundvandet kan indeholde, kan passere gennem pumpen uden at skade spalteringen og løberen.

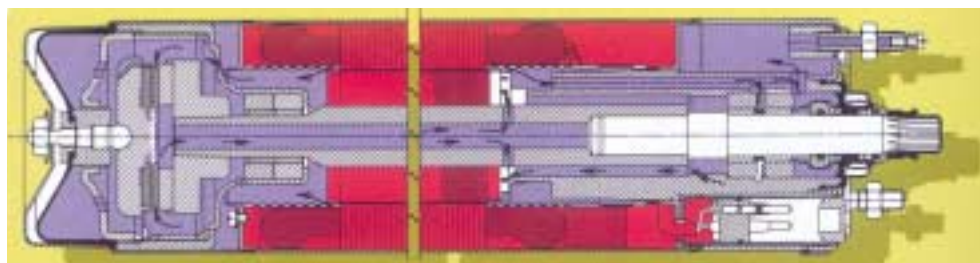
Dette problem er løst ved at lave nogle "kanaler" i spaltetætningen, der er forbundet med løberens sugeside, således at løberen dræner disse kanaler, hvis der skulle komme sand i dem.

Spaltetætninger

Figur 31
Snitmodel af dykmotor



Figur 32
Stregtegning af dykmotor



Lejer

Lejernes funktion (se **Figur 29**) er at optage de radiale kræfter fra akslen. Lejerne er af praktiske grunde vandsmurte. Også i lejerne opstår der problemer, hvis der er sand i grundvandet. Dette løses ved at fremstille lejet i gummi og med et sekskantet design, således at sandet kan passere uden at skade pumpeakslen eller lejet.

Der er et leje i hvert kammer, hvilket bl.a. betyder, at pumpen også kan monteres vandret.

Kontraventil

Det er almindeligt at indbygge en kontraventil (se **Figur 30**) i dykpumper for at forhindre vandet i at løbe tilbage i boringen, når pumpen standser.

Løber vandet tilbage i boringen, er der risiko for, at filteret i bunden af boringen bliver ødelagt af det tilbageløbende vand. Samtidig spares der strøm, hvis vandet, når det én gang er pumpet op, ikke ved hver start skal pumpes op igen.

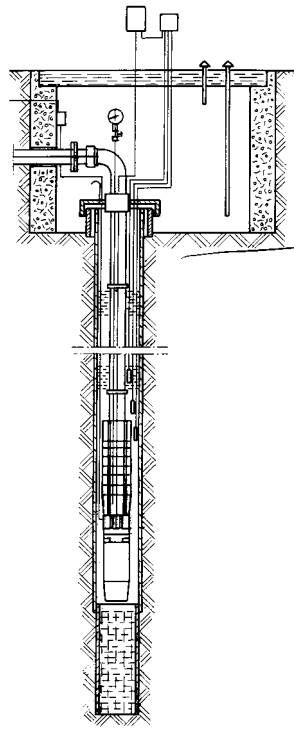
Der er *ingen* akseltætning i dykpumpens pumpedel.

1.8.2 Dykmotoren

En dykmotor er en “våd motor”, dvs. at der er vand mellem stator og rotor. Ved større typer (over 25 kW) er der også vand i statoren. Vandets funktion er at smøre lejerne og køle statoren og rotoren.

Radiallejerne er af keramik/hårdmetal, og tryklejet er af keramik/kul.

Dette system giver lejerne lang levetid, helt op til 10 år eller mere, hvis vandet er rent og fri for sand.



Figur 33
Dykpumpe i en boring



Figur 34
Installation af dykpumpe

Figur 35
Dykpumpeinstallation

For at der ikke skal løbe vand ind i eller ud af motoren, er der i toppen monteret en akseltætning. Der anvendes forskellige systemer til dette: *mekanisk akseltætning* (keramik/hårdmetal) eller *simmerringe*.

For at sikre effektiv køling af rotor og stator og smøring af lejerne kan rotoren forsynes med en lille intern løber (se **Figur 31**).

Dette bevirker, at medietemperaturen i standardudgaven kan være 40°C, hvis strømningshastigheden forbi motoren er mindst 0,1 m/sek. Der findes også standard-dykmotorer, der kan tåle 60°C.

Statoren er udstøbt med sand og epoxy, hvilket udelukker statorfejl forårsaget af kondensvand og boringsvand i viklingerne.

Som noget nyt tilbyder flere motorfabrikanter en temperaturovervågning af motorviklingerne, fordi et almindeligt motorværn ikke er effektivt nok.

Der findes på markedet et system, der registrerer *motortemperaturen* og transmitter (højfrekvens) et signal via det almindelige dykkabel til jordoverfladen, hvor det bliver omsat og vist digitalt under drift af pumpen. Der kan foretages en programmering, således at det er muligt at standse motoren ved en viklingstemperatur på fx 110°C.

Ved anvendelse af dykmotorer skal man være opmærksom på, at temperaturen omkring motoren er ca. 10 grader højere end omkring pumpen. Dette medfører en forøget risiko for korrosion på motoren. Derfor fremstiller nogle fabrikker dykmotorer i bedre rustfri kvaliteter end W.nr. 1.4301, hvilket minimerer risikoen for korrosion betydeligt.

1.8.3 Installation

Pumpen anbringes under det dynamiske vandspejl, men altid over filteret for at sikre en effektiv køling af motoren.

Pumperne er designet således, at en 4" dykpumpe passer ned i en 4" boring, og en 6" ned i en 6" boring osv. Man skal imidlertid være opmærksom på, at en pumpe med mange trin godt kan være forsynet med en motor med en større diameter.

Figur 35 viser en dykpumpeinstallation på jordoverfladen. Hele pumpeinstallationen hænger i forerøret.

På billedet ses i øvrigt dykkabel, manometer til måling af pumpeafgangstryk, vandstandskontrol, hovedkontakt, reguleringsventil samt testhane.

2. Svejseteknik

2.1 Indledning

Ved brøndboring anvendes en del værktøj lavet af stål.

Der bores i miljøer, hvor der findes materiale, der er næsten lige så hårdt som stål.

Boreværktøjet slides, og det er derfor nødvendigt at vedligeholde og reparere dette udstyr.

Med den rette faglige baggrund kan reparation, vedligeholdelse og svejsning udføres af brøndborere eller andet personale med tilsvarende faglige færdigheder.

Hensigten med dette teorimateriale er at beskrive nogle af de forhold, der ved svejsning har indflydelse på stål.

Der er medtaget de forhold som ved svejsning, hårdlodning og flammeskæring har indflydelse på materialeegenskaberne samt de forholdsregler, der mindsker forringelsen af kvaliteten.

Der er en kort beskrivelse af de mekaniske og kemiske egenskaber for stål, samt forhold der er vigtige at være opmærksomme på, når stålet indkøbes.

Det er hensigten, at teorimaterialet kan bruges i undervisningssammenhæng og som håndbog.

2.2 Hvordan og hvorfor ændres stålets egenskaber ved svejsning

Svejsning af stål

Svejsningen kan udføres med eller uden tilsatstråd. Det opsmeltede grundmateriale samt nedsmeltede tilsatsmateriale blandes i smeltebadet og kaldes svejsemetal. Ved anvendelse af stort varmeinput sker der en stor opsmeltning af grundmaterialet og en risiko for afbrænding af legeringselementer. Afbrænding af legeringselementer kan forringe svejsemetallet i forhold til grundmaterialet.

Ved stort varmeinput nedsmeltes mere tilsatsmateriale. Opblandingen af tilsatsmateriale i svejsemetallet forandrer legeringsforholdet.

Ved valg af forkert tilsatsmateriale kan svejsemetallets egenskaber forringes i forhold til grundmaterialet.

2.2.1 Varmens indflydelse på stålets egenskaber

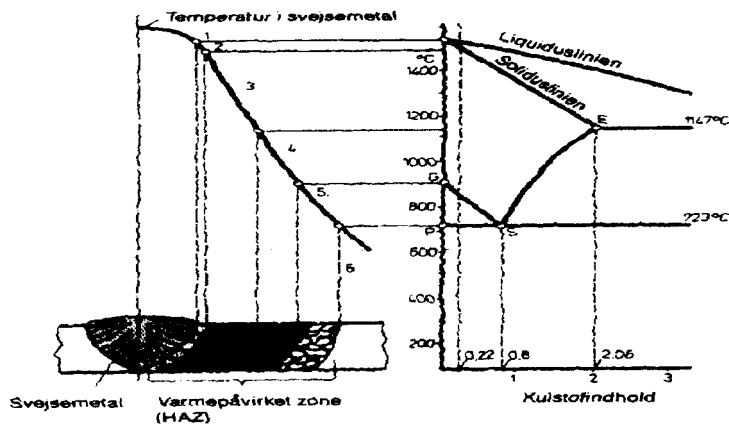
Hydrogenrevner i HAZ, på grund af svejsning

Den *varmepåvirkede zone* er området op til svejsemetallet (HAZ – heat affected zone), som ikke opsmeltes, men udsættes for en kraftig varmepåvirkning. Afkølingshastigheden har indflydelse på strukturen i stålet.

Det er specielt afkølingshastigheden fra 500 til 800 °C, der har indflydelse på stålets egenskaber.

Ved høj afkølingshastighed og manglende diffusion øges koncentrationen af legeringselementer og ledsagestoffer i HAZ. Der er risiko for *revner/hydrogenrevner* og stor hårdhed.

Ved en langsom afkølingshastighed ændres stålets hårdhed.



Figur 1
Fasediagram.

Mængden af diffunderbart hydrogen i svejsmetallet	Forebygges ved at anvende tilsatsmateriale med lavt hydrogenindhold
Sprødzoner i den varmepåvirkede zone, i forbindelse med C% > 0,22 og stor koncentration af legeringselementer	Forebygges ved forhøjede arbejdstemperaturer og kontrolleret afkøling
Høje trækspændingskoncentrationer i svejsesamlingen	Forebygges ved korrekt svejserækkefølge og fugevalg.

Tabel 1
Hydrogenrevnetendens øges ved.

Almen beskrivelse af stål	Forholdsregler ved svejsning	Eksempel på materiale.
1. Ikke hærdende stål	Normalt ikke nødvendigt	Alm. blødt stål < 0,15% C, < 0,8 % Mn. og fx Cor-Ten stål
2. Lille hærde tendens med ringe revnefølsomhed.	Elektroder med lavt hydrogen indhold – basiske. Forvarmning kan være nødvendig ved store tykkelser og lille varmeinput	Alm. Blødt stål med 0,15-0,25 % C og <=1% Mn. eller kulstof – manganstål med <=0,2 % C og <=1,4% Mn
3. Lille hærdetendens og stor revnetendens	Forvarmning kan være nødvendig ved et lille varme input, beregn evt. forvarme temperatur. (ca. 250-350°C)	Kulstof mangan stål med > 0,25%C og <= 1,0%Mn
4. Stor hærdetendens med ringe revnetendens	Basiske elektrode, forvarme afhængig af kemisk analyse, kombineret tykkelse, svejseproces, forvarme nødvendighed beregnes.	De fleste stål med forhøjede styrke egenskaber, med <= 0,15%C 1,5%Mn, 1,5%Ni, 1% Cr. 0,25%Mo og 0,2%V
5. Stor hærdetendens og revnetendens	Forvarme og varmeinput beregnes og evt. efterfølgende varmebehandling	Stål med > 0,25%C som falder uden for de før nævnte – grupper

Tabel 2
Forholdsregler til modvirkning af revner og uønsket hærkning.

2.2.2 Hydrogenrevner i HAZ på grund af svejsning

Indikation af
hydrogenevner

Hydrogenrevner i stål i forbindelse med svejsning er et af de væsentligste problemer.

Stål med stor styrke og hårdhed er specielt følsomt overfor revner.

Revnerne viser sig først efter 48 timer, og kan være svære at opdage.

Det medfører dog altid, at der fremkommer et brud lige ved siden af svejsningen.

2.2.3 Forvarmning af stål for at undgå hydrogenrevner og uønsket hærkning

Behov for forvarme

Ved forvarmning kan man kontrollere afkølingshastigheden og dermed nedsætte risikoen for revner og uønsket hærkning.

Behovet for anvendelse af forvarmning bestemmes ud fra:

1. Ståltyperne og deres kemiske sammensætning. Cev.-formel
2. Godstykkelsen. Den kombinerede godstykkelse.
3. Varmetilførslen. Q - formel
4. Tilsatsmateriale. Hydrogenindhold.
5. Svejsproces. K2 - Virkningsgrad
6. Fugeform. Spændingskoncentrationer i svejsesamlingen.

Cev.-formel

Kulstofækvivalens formel

Der findes en del forskellige formler og tillægsværdier, en af de mest benyttede angives her.

$$\text{Cev.} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15}$$

Denne formel gælder kun for almindeligt kulstof/mangan stål.

For stål indeholdende Bor-B, som er i HARDOX stålene, kan anvendes en japansk formel Pcm. og tilhørende forvarmningstabel.

Hvis man kender leverandørens oplysning om forvarmetemperaturer, er det ofte tilstrækkeligt.

Se endvidere DS/EN 1011 anneks D.2.1.

2.2.4 Kombineret godstykkelse

Kombinerede godstykker og indflydelse på afkølingshastigheden

Den kombinerede godstykkelse er summen af alle de pladetykkelser der skæres af en cirkel med en radius på 75 mm fra svejsesamlingens midtpunkt.

Ved stor kombineret godstykkelse er afkølingshastigheden stor.

Ved lille kombineret godstykkelse er afkølingshastigheden lille.

Eks. t_1 = godstykkelse 1 osv.

2.2.5 Varmetilførsel = Q

Energertilførsel og dens indflydelse på forvarmetemperaturen

Varmetilførsel eller *varmeinput* er et udtryk, der anvendes for den mængde energi, der tilføres svejsesømmen per mm/sek. Mængden af dette har stor betydning for afkølingshastigheden.

Stor energertilførsel giver stor afkølingshastighed.

Lille energertilførsel giver lille afkølingshastighed.

Ved at anvende et højt varmeinput kan forvarmetemperaturen sænkes.

Energertilførslen bør dog aldrig være større end 2.5 KJ/mm

For at beregne energertilførslen kan anvendes følgende formel.

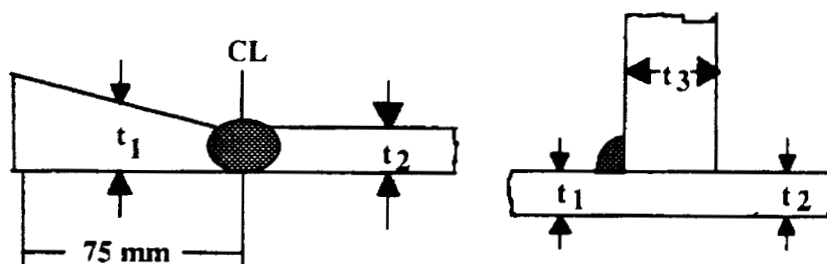
Stålbetegnelse	Typisk Cev. og Pcm. x 100 - for udvalgte pladetykkelser			
Pladetykkelse	T ≤ 20 mm	20 < t ≤ 40 mm	40 < t ≤ 50 mm	T > 50 mm
S 355 (St. 52.3)	39	40	40	41
Ox 524	40 - (23-24)	40 - (23-24)	40 - (23-24)	40 - (23-24)
Weldox 355	34 - (17)	34 - (17)	34 - (17)	
Weldox 500 D	37 - (18)	37 - (18)	37 - (18)	40-42 (23-25)
Weldox 960	56-64 (31-33)	64 - (33)	64 - (33)	64 - (33)
Hardox 400	36 - (23)	50-56 (28-31)	56 - (31)	56-62 (31-38)
Hardox 500	58 - (37)	63 - (38)	63 - (38)	63 - (38)

Produkterne er løbende under udvikling og den kemiske sammensætning kan være ændret.
(okt. 1992. Handbok i svetsning av Oxeløundsstål)

Tabel 3
Eksempel på
leverandørens oplysninger

Kvalitet.	R _{eH} N/mm ² HB		Cev.- Middelværdier for tykkelsesgrupper			
			0-20	21-40	41-70	71-100
S 355 (St. 53-3)	360-325	160	0,39	0,40	0,40	0,41
Weldox 960	960	310	0,56-0,64,	0,64	0,64	0,64
Hardox 400	1000	360-440	0,31-0,38	0,45-0,56	0,56-0,62	0,62
Hardox 500	1300	450-560	0,57	0,63	0,62	0,63-0,72

Tabel 4
Vejledende Cev.. værdier
for Weldox og Hardox stål.



Figur 2
Kombineret godstykkelse

2.2.6 Energitilførsel formel

$$\text{Energitilførsel} - Q = \frac{U \cdot I}{V} \cdot K_2 \times 10^{-3} = \text{Kj/mm}$$

U = Lysbuespænding i Volt

I = Svejsestrøm i Ampere

K₂ = Den relative virkningsgrad for svejseprocessen

V = Svejseshastighed mm/sec.

2.2.7 Svejsprocessens virkningsgrad

K₂ = Den relative virkningsgrad

Pulversvejsning 1,0

Lysbuesvejsning med beklædt elektrode 0,8

MIG, MAG svejsning 0,8

Pulverfyldt rørtråd 0,8

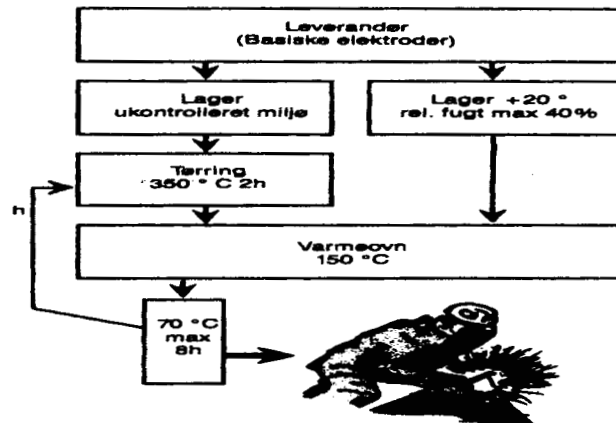
Tig svejsning 0,6

Ved valg af en svejseproces med en høj virkningsgrad, kan man mindske forvarmetemperaturen.

Tabel 5
Tilsatsmaterialets
hydrogen indhold

Svejsesproces Iht. DS/EN 24063	Elektrodetype	Indehold af hydrogenpotentiale i svejsemetallet ml/100g iht. ISO 3690
111	Basiske nyåbnede/ortørrede	3,5 - 5 ml/100g
	Basiske fugtige	5-10
	Rutile	20 - 35
135-136	Massiv tråd	2 - 3
	Metalpulverfyldt rørtråd	5- 10
	Pulverfyldt rørtråd	3 - 15

Figur 3
Behandling af basiske
elektroder.



2.2.8 Varmetilførsel ved svejsning af flerstrengede svejsesøm

Interpass temperatur:

Mellemstrengstempera-
turens indflydelse på
afkølingshastigheden

Det er den temperatur, der kan måles på svejsesømmen, inden den efterfølgende svejsesørg påbegyndes. Den kaldes også mellemstrengstemperaturen.

Den har indflydelse på afkølingshastigheden.

Temperaturen måles bedst med en elektronisk føler.

Denne temperatur må som regel ikke overstige forvarmetemperaturen væsentligt.

2.2.9 Tilsatsmaterialernes hydrogenindhold

Tilsatsmaterialets
indflydelse på forvarme-
temperaturen

Ved valg af tilsatsmateriale til svejsning i stål, der kræver forvarme, er det en fordel at vælge tilsatsmateriale med et lavt hydrogenindhold, derved kan forvarmetemperaturen mindskes, eller undværes.

2.2.10 Behandling af tilsatsmateriale

Opbevaring af
tilsatsmaterialer

Skal altid behandles i forhold til leverandørens forskrifter.

Det er vigtigt, at elektroderne ikke er beskadigede.

Som en hovedregel skal basiske elektroder altid opbevares i varmeskab, hvis de har været åbne, og ved anvendelse skal de transporteres og opbevares i varmespand.

2.3 Hvilke former for nedbrydning af stålet skal man være opmærksom på

Overvejelserne om hvilket stål, der skal anvendes, er afhængigt af, hvilket formål stålet skal anvendes til.

Forskellige slitageformer

Hvad vil materialet blive udsat for.

- Abrahsiv, slibende slitage.
- Slag, slitage forårsaget af slag, mekanisk nedbrydning af materialet.
- Korrosion, kemisk nedbrydning af materialet på grund af væske eller atmosfærens kontakt med overfladen.
- Erosion, slitage forårsaget af slibning på grund af at partikler, med høj hastighed (30 - 10 m/sek) rammer metaloverfladen.
- Kavitation, slitage forårsaget af væske i kontakt med overfladen.
- Varme, slitage forårsaget af varme (skalning).
- Adhessiv, slitage forårsaget af, at metal sliber mod metal.
- Udmatning, brud forårsaget på grund af vibrationer, slag.
- Ældning, brud forårsaget af tiden og elementernes nedbrydende påvirkning.

2.3.1 Hvordan kan man ud fra stålets handelsbetegnelse se, hvilke egenskaber det har

Hvilke egenskaber, stålet skal have, er afhængigt af de påvirkninger, stålet udsættes for, der hvor det anvendes.

Ækvivalente
stålbetegnelse

I de fleste tilfælde er det flere forskellige påvirkninger, og derfor ønskes en række forskellige egenskaber for det enkelte stål.

Når stålet skal bestilles, er det derfor vigtigt at vide, hvilke egenskaber det skal have.

De stålbetegnelse, der anvendes, kan være i henhold til internationale, europæiske, nationale standarder eller handelsbetegnelser anvendt af producenten.

Nogle af de stål, slidstål og sejhærdede stål, der anvendes i Danmark, kommer fra SSAB Oxeløsund i Sverige, de har producentens handels betegnelse.

Det er ikke nogen umiddelbar nem opgave at finde *ækvivalente kvaliteter*, medmindre man har den præcise kemiske analyse og oplysninger om de mekaniske og kemiske egenskaber, se eksempelvis:

DS/EN 10020 definition og klassifikation af stål.

Der findes mange tabeller, som kan anvendes, til at sammenligne de forskellige betegnelse eksempelvis:

DS/EN 288-3-annex B,

Leverandørerne har også sammenligningstabeller.

Når det drejer sig om specialstål, er det ofte nødvendigt at kontakte leverandøren for at få oplysningerne.

Figur 4
 Eksempel fra standarden
 DS/EN 10025 1993
 Anneks C. (informativt).

Tabel C.1 – Fortegnelse over tilsvarende tidligere nationale betegnelser												
Betegnelse	I henhold til EN 10027-1 og EN 10027-2		Ækvivalente tidligere nationale betegnelser									
	I henhold til EN 10027-1	I henhold til EN 10027-2	Tyskland	Frankrig	Sveits	Spanien	Italien	Belgien	Sverige	Portugal	Østtysk	
S185	1.0006	Fe 310-D	St 33	A 33		A 310-D	Fe 320	A 320	12 00 00	Fe 310-D	St 320	
S236JR	1.0007	Fe 360 B	St 37-2	E 24-2			Fe 360 B	AE 236-B	13 11 00	Fe 360-B		NS 12 120
S236JRU1	1.0008	Fe 360 BFU	LNH 37-2			AE 236 B-FU					USK 360 B	NS 12 122
S236JRG2	1.0008	Fe 360 BFN	RN 37-2			AE 236 B-FN			13 12 00		Rus 360 B	NS 12 123
S236J0	1.0114	Fe 360 C	St 37-3 U	E 24-3	40 B	AE 236 C	Fe 360 C	AE 236-C		Fe 360-C	St 360 C	NS 12 124
S236J2G3	1.0116	Fe 360 D	St 37-3 N	E 24-4	40 D	AE 236 D	Fe 360 D	AE 236-D		Fe 360 D	St 360 D	NS 12 124
S236J2G4	1.0117	Fe 360 D2										
S276JR	1.0044	Fe 430 B	St 44-2	E 28-2	43 B	AE 276 B	Fe 430 B	AE 268-B	14 12 00	Fe 430 B	St 430 B	NS 12 142
S276J0	1.0143	Fe 430 C	St 44-3 U	E 28-3	43 C	AE 276 C	Fe 430 C	AE 268-C		Fe 430-C	St 430 C	NS 12 143
S276J2G3	1.0144	Fe 430 D	St 44-3 N	E 28-4	43 D	AE 276 D	Fe 430 D	AE 268-D	14 14-00	Fe 430-D	St 430 D	NS 12 143
S276J2G4	1.0145	Fe 430 D2							14 14-01			
S366JR	1.0045	Fe 510 B		E 36-2	50 B	AE 366 B	Fe 510 B	AE 356-B		Fe 510-B		
S366J0	1.0053	Fe 510 C	St 52-3 U	E 36-3	50 C	AE 366 C	Fe 510 C	AE 356-C		Fe 510-C	St 510 C	NS 12 153
S366J2G3	1.0070	Fe 510 D	St 52-3 N		50 D	AE 366 D	Fe 510 D	AE 356-D		Fe 510-D	St 510 D	
S366J2G4	1.0577	Fe 510 D2										
S366J2G3	1.0596	Fe 510 DD1		E 36-4	50 DD			AE 360-DD		Fe 510-DD		
S366J2G4	1.0598	Fe 510 DD2			50 DD							
E295	1.0060	Fe 490-2	St 50-2	A 50-2		A 490	Fe 490	A 490-2	15 50-00 15 50-01	Fe 490-2	St 490	
E296	1.0060	Fe 590-2	St 60-2	A 60-2		A 590	Fe 590	A 590-2	16 50 00 16 50-01	Fe 590-2	St 590	
E290	1.0070	Fe 690-2	St 70-2	A 70-2		A 690	Fe 690	A 690-2	16 55 00 16 55-01	Fe 690-2	St 690	

Tabel 6
 Nogle af legerings-
 elementernes påvirkning
 af stålets egenskaber.

Legerings- element	Max. Indhold ca. i %	Betydning
Kulstof-C.	0,3	Øger styrke og hærde- tendens
Silicium-Si.	0,6	Sørger for at legerings- elementer og urenheder fordeles jævnt, dvs. modvirker sejring, har en mindre betydning for svejseligheden.
Mangan-Mn.	1,8	Mn. øger styrken, hærde- tendens samt risikoen for hærderevne. Lavt indhold af Mn øger risikoen for porer.
Fosfor-P.	0,08	P. er et uønsket ledsagerstof, som gør svejse- metal og grundmate- riale sprødt.
Svovl-S.	0,06	S. er et ledsagerstof, som er uønsket, øger risikoen for varme- revner.
Nitrogen-N	0,009	N. øger ældningstendensen i Haz. Værdifuldt legerings- element i finkornstål, kan også anvendes i forbindelse med indsætnings- hærdning.
Krom-Cr.	0,3	Cr. Anvendes som styrkeforbedrende og hvis der ønskes forbe- drende egenskaber vedr. sejhærdning og indsætningshærdning.
Kobber-Cu.	0,4	Er ofte et uønsket legerings- element som er svært at komme af med. Øger korrosionsbestandigheden men kan i større mængder mind- ske denne samt øge risikoen for rørsørhed. Kan ikke smedes. Bor-B. 0,001-0,005 B. har i meget små mængder en kraftig positiv indvirkning på stålets hærde- tendens.
Molybdæn-Mo	0,5	Mo. Øger stålets styrke og sejhed.
Nikkel-Ni	1,0	Ni. Virker styrkeforøgende og øger hærde- tendens. Benyttes ofte sammen med krom i indsætnings- og sejhærdningsstål

2.4 Relevante oplysninger ved køb af stål

2.4.1 Anvendelsesområde

Almen oplysning om hvilket formål stålet kan anvendes til.

2.4.2 Stålets kemiske sammensætning

Oplysninger om andelen af legeringselementer enten en Charge analyse eller en Styk analyse, indholdet af fx B-bor.

Herudover oplysning om Cev. værdien.

Andelen af legeringselementerne og deres indvirkning på ståls egenskaber.

Tabellen er kun vejledende og med hensyn til max. værdierne er det kun for at give et indtryk af mængden generelt. Det kan variere meget i forhold til hvilken ståltypetype, der er tale om. Standardiserede
stålbetegnelser

Se altid den aktuelle standards max. værdier.

1. DS/EN 10025 for ulegerede konstruktionsstål.
2. DS/EN 10028 for almindelige ulegerede og legerede konstruktionsstål.
3. DS/EN 10113 for finkornsstål og termomekanisk behandlede stål.
4. DS/EN 10137 for hærdede højstyrkestål.

Hårdhed: DS/EN 10003

H-Brinell, DS/EN 10003 eller

H-Vickers, Euronorm 5,

vær opmærksom på at værdierne og metoder er forskellige, generelt kan man bruge

HV x 0.95 som udtryk for HB.

Trækstyrken: DS/EN 1002-1

DS/EN 1002-1

Angives for et tykkelsesområde, styrken varierer i forhold til godstykkelsen, men skal normalt indeholde værdier for

R_{eH} - N/mm² Flydespænding (elasticitetsgrænsen)

R_{m} - N/mm² Trækspænding

A_5 - A₁₀% Forlængelse

Slagsejhed: DS/EN 10045-1

DS/EN 10045-1, Charpy-V

Specifik for et tykkelsesområde, anvendes metoden Charpy-V angives værdierne i

J. - Joule optagen energi

°C - Grader en specifik temperatur,

Der anvendes forskellige betegnelsessystemer og symboler i de forskellige stålstandarder.

se evt.

DS/EN 10025

DS inf. 87.

Tabel 7
 Eksempel på hvad et data
 blad som minimum bør
 indeholde af oplysninger.

Anvendelsesområde	Transportører, skær, etc.									
Kemisk sammensætning (Charge analyse)	C-max	Si-max	Mn-max	P-max	S-max	Cr-max	Mo-max	Ni-max	B-max	
Stålet er finkorn-behandlet	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hårdhed	Brinell HB 450-500									
Trækstyrke	Flydespænding – R_{eH} – N/mm ²					Trækspænding – R_{mt} – N/mm ²		Brudforlængelse – A ₅ –		
Slagsejhed	Prøvningstemperatur – °C –					Slagenergi, Charpy – V				
Typisk værdi for 20 mm t.						J –				
Leveringstilstand	Hærdet, hårdheden									
Dimensioner	Kvaliteten leveres i pladetykkelser									
Prøvning	Hårdhedsprøvning i.h.t. gældende standard Trækprøvning i.h.t. gældende standard Slagsejhedsprøvning i.h.t. gældende standard									
Almene tekniske leveringsbetingelser	referencer og produktinformation									
Svejselighed	Angivelse af anvendelige svejseprocesser – MMA – MIG – TIG – etc. Angivelse af anvendeligt tilsatsmateriale – specielle egenskaber – lavt hydrogenindhold eller beklædningstype. Krav om forhøjede arbejdstemperaturer – forvarme, eksempelvis.									
Varmebehandling	Forhold vedrørende varmebehandling af stålet.									
Bearbejdning	Forhold vedrørende bukning og deformering Forhold vedrørende spåntagende bearbejdning Forhold vedrørende termisk skæring									

2.4.3 Leveringstilstand

Specielle ønsker:

- hærkning,
- normalisering,
- andet.

2.4.4 Dimensioner

Angives:

- længde
- tykkelse
- bredde
- toleranceområde.

2.4.5 Prøvningsmetoder

Her angives de anvendte standarder, som prøverne er udført efter.

Anvendelsesområde	Transportører, skær, etc.										
Kemisk sammen- (Charge analyse)	C-max	Si- max	Mn-max	P-max	S-max	Cr-max	Mo-max	Ni-max	B-max		
Stålet er finkorn- behandlet	%	0,1-0,7	1,70	0,025	0,01	0,80	0,80	1,00	0,005		
Hårdhed	Brinell HB 450-500										
Trækstyrke	Flydespænding – R _{eH} – N/mm ²				Trækspænding - R _{mt}			Brudforlæn- gelse – A – A ₅ – 8 %			
Slagsejhed	Prøvningstemperatur				Slagenergi, Charpy – V						
Typisk værdi for 20mm t.	°C -40				J – 25						
Leveringstilstand	Hærdet, hårdheden tilpasses efter ønske ved anløbning										
Dimensioner	Kvaliteten leveres i pladetykkelser fra 5 - 80 mm, se yderligere produkt- information Sv. – 40										
Prøvning	Hårdhedsprøvning i.h.t. SS 110170 og SS 112510, pr. charge og 40 tons Trækprøvning. Efter særlig overenskomst i.h.t. SS 110120 og SS/EN 10002-1 Slagsejhedsprøvning i.h.t. SS 110151 og SS/EN 10045-1										
Almene tekniske leve- ringsbetingelser	I henhold til vores brochure Sv 40 Almen produktinformation										
Svejselighed	<p>HARDOX 500 har på grund af den kemiske sammensætning, god svejsbarhed, HARDOX 500 kan svejdes med alle konventionelle smeltesvejsemetoder, så som metal, gasmetal og pulverlysbuesvejsning, også mod andre svejsbare konstruktionsstål.</p> <p>Vi anbefaler at anvende et tilsatsmateriale med lavt hydrogen indhold, max 10ml/100 g svejsemetal i.h.t. ISO 3690.</p> <p>Ved anvendelse af metalllysbuesvejsning bør kun anvendes basiske elektroder.</p> <p>HARDOX 500 bør svejdes ved forhøjede arbejdstemperaturer, forvarme mellem 100 - 175 °C under hele svejseforløbet.</p> <p>Yderligere information om svejsning findes i vor brochure SV-11 eller gennem vor tekniske kundeservice</p>										
Varmebehandling	HARDOX 500 må ikke opvarmes til temperaturer over 250 °C, hvis hårdheden skal bevares.										
Bearbejdning	HARDOX 500 kan koldbukkes, men den høje hårdhed kræver påpasselighed.										

Tabel 8
Eksempel på data blad fra
SSAB HARDOX 500

2.4.6 Svejseanvisning

- Anbefalet
- tilsatsmateriale,
 - svejsemetode,
 - varmeinput,
 - krav om forvarme,
 - fugetildannelse,
 - andet.

2.4.7 Beskrivelse af generelle tekniske leveringsbetingelser DS/EN 10021

Når stålet købes, er det nødvendigt at være meget præcis i specifikationen af det stål, der ønskes.

Materialecertifikater

Leveringsbetingelserne er forskellige og uigennemskuelige for brugeren. Det er derfor vigtigt at gøre opmærksom på, hvilke specielle egenskaber man ønsker for det pågældende stål.

Det kan være nødvendigt at forlange, at stålet leveres med et materiale certifikat for at sikre, at materialet har de egenskaber og den kemiske sammensætning, som ønskes.

Graden af certifikatets verifikation og inspektion er forskellig.

Den kan være udført og kontrolleret af personale fra stålværkets egen kvalitetsafdeling eller tredieparts verifikation, som kan være myndigheder eller assurandør.

Kravene til dokumentation er specificeret i DS/EN 10204.

2.5 Kort beskrivelse af de mest almindelige prøvningsmetoder til eftervisning af materialets mekaniske egenskaber

2.5.1 Hårdhedsmåling

Hårdhedsværdier og stålets styrke

Det er ikke altid, at der faktisk udføres en hårdhedsprøve, der er en direkte sammenhæng mellem hårdheden efter Meyer (HM) og trækstyrken, og forskellen mellem HM og HB er meget lille. Derfor kan man nemt omsætte det ene måleresultat til nogle af de andre.

Eksempelvis kan:

HM. værdien sættes lig med HB. værdien og,

Brinell måleresultater divideret med 0,3 giver en værdi meget nær stålets trækstyrke.

2.5.2 Hårdhedsmålingens egnethed

Hårdhedsmålingernes egnethed

En betegnelse for en række metoder til opmåling af overfladens evne til at modstå indtrængning i overfladen.

Måleværdierne er afhængige af:

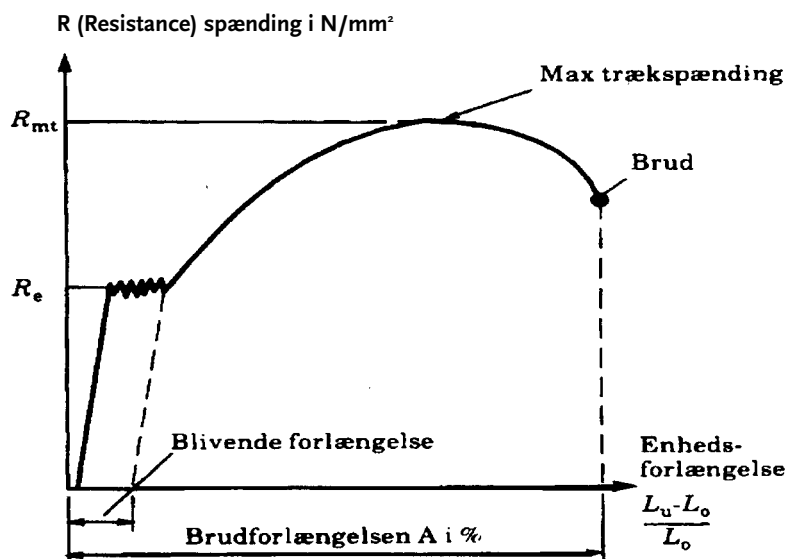
- Trækstyrke og flydegrænse
- Elasticitetsmodul

Vickers HV (F 98N)	Brinell HB (0,95xHV)	Rockwell HRB/HRC	Trækstyrke N/mm ²
105	100	59 HRB	
107	102	60 HRB	340
110	105	62 HRB	360
157	149	81 HRB	500
160	152	81,5 HRB	510
163	155	82,5 HRB	520
187	178	89 HRB	600
219	208		700
250	238	22 HRC	800
280	266	27 HRC	900
311	296	31 HRC	1000
342	325	34 HRC	1100
373	354	38 HRC	1200
403	383	41 HRC	1300
434	413	44 HRC	1400
464	441	46 HRC	1500
491	467	49 HRC	1600
520	494	50 HRC	1700
547	520	52 HRC	1800
575	546	54 HRC	1900
602	572	55 HRC	2000
629	598	56 HRC	2100
655	622	58 HRC	2200

Tabel 9
Omsætningstabel for
hårdheder.

Trækprøven giver oplysninger om materialets styrke og om dets sejhed (skørt og sejt brud).

Figur 5
Trækstyrke.



Materialet belastes indtil, der indtræffer et brud.
De data, der findes frem til ved trækprøven, er et udtryk for materialets styrke og sejhed.
Resultaterne indtegnes i en graf, og Værdierne udtrykkes i N/mm² eller Mpa. (ca. 1:1)

- Dimension
- Overfladefinish
- Materialegeometri

Emnet, der bruges til indtrykning i materialet, og måden det trykkes ind på, vil have indflydelse på måleresultatet.

Måleværdierne bør derfor altid ledsages af enhedsangivelse, som entydigt fastlægger disse parametre.

2.5.3 **Brinell prøven DS/EN 10003**

HB: Brinell måling er en stålkugle Ø 2,5; 5,0 eller 10,0 mm, der trykkes ind i materialets overflade med en given kraft i en given tid. Måleresultatet findes ved opmåling af det resulterende kugleindtryk.

Alt efter den anvendte diameter angives måleenheden i HB, kraften, der er anvendt, angives i N/mm² eller kp/mm².

Eksempelvis -HB 10/3000/15 = 2500 N/mm², hvor

10 = kugle diameter,

3000 = belastningen i kp,

15 = tid i sek.

Brinell anvendes i forholdsvis bløde materialer. Ved måling af stål og hærdede materialer vil stålkuglen deformeres.

2.5.4 **Vickers prøven Euronorm 5 (DS 10411)**

HV: Vickers måling er en firesidet diamant slebet i facon som en pyramide. Kræfterne, der bruges til indtrykning, er mindre end ved Brinell. Følgende normbelastning kan anvendes

5 - 10 - 20 - 50 - 100 kp eller

49 - 98 - 196 - 490 - 981 N.

Hårdhedsmålinger, hvis betegnelse er HV, kan angives på følgende måde:

Eksempelvis. HV 10/30 = 1700 N/mm²

Der er anvendt en belastning på 10 kp, og tiden har været 30 sek.

Vickers metoden anvendes på alle metalliske materialetyper også de hårde på grund af indtrængningsemnets store hårdhed.

2.5.5 **Trækstyrke. DS/EN 1002-1. Standard for udførelse af trækprøvning**

R_{mt}

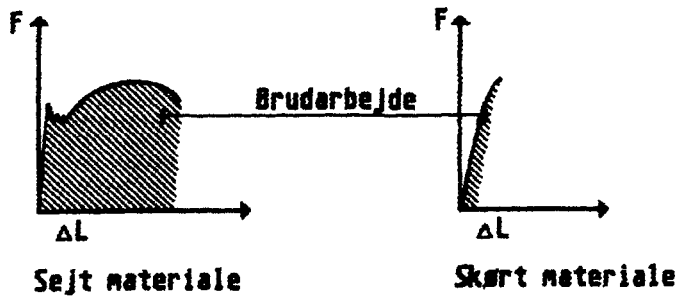
Materialets trækspænding:

Maksimal spænding inden brud.

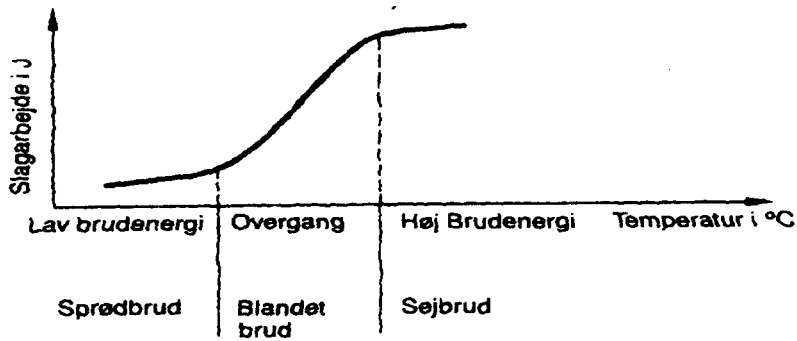
R_{eH}

Materialets flydespænding:

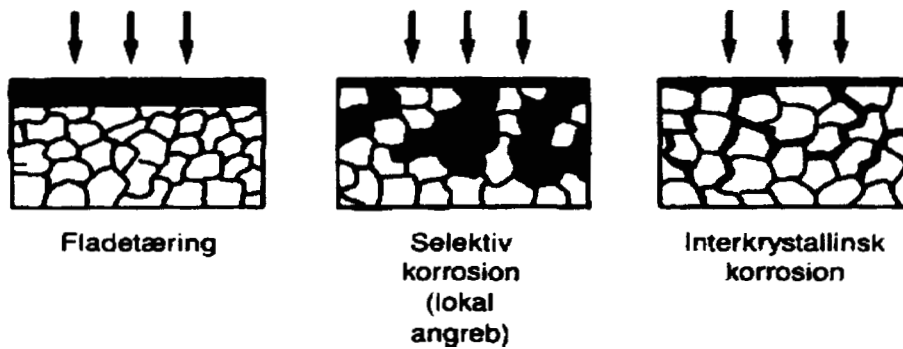
Maksimal spænding inden blivende deformation.



Figur 6
Brudarbejde



Figur 7
Brudenergi.



Figur 8
Korrosion.

Forholdsregel	Virkning
Legerede stål	Stål kan passiviseres med legerings elementer som krom og nikkel
Overtræk, metallisk, oxider, lak, emalje, maling, vandfortrængende olie,	Passivering af overfladen
Ændring af miljøet	Miljøet gøres mindre aggressivt, eller passiviseres
Elektrokemiske metoder, offermetal	Offermetal angribes i stedet for emnet
Selvpassiverende metaller	Beskyttelseslag dannes på overfladen, efter korttidskorrosion og beskytter mod yderligere angreb.

Tabel 10
Forholdsregler imod korrosion.

E

Materialets Elasticitetsmodul:

Et tal, der angiver materialets stivhed.

Elastisk forlængelse er den forlængelse, som materialet får, så længe belastningen bevares, men den er ikke blivende.

$R_{r0,2}$

Blivende forlængelse.

Den spænding der giver en blivende forlængelse på 0,2 % af målelængden. Denne angivelse af materialets elasticitet anvendes på legerede stål, der ikke har en entydig markeret flydespænding.

A_5, A_{10}

Brudforlængelse:

Den forlængelse prøvestangen har lige inden brud.

5/10 % forlængelse af den oprindelige målelængde.

Er et tal for materialets duktilitet eller strækbarhed i kold tilstand.

J. Brudenergien beregnet i forhold til trækprøvediagrammet er det areal, der ligger under kurven, som repræsenterer den energi, der er brugt til at fremkalde et brud. Arealet er kraft gange deformationslængde, og det kan beregnes i $N \cdot m = \text{Joule}$. Sejt materiale vil give stort areal og skørt materiale vil give lille areal.

2.5.6 Slagsejhedsprøvning: DS/EN 10045-1

Materialets evne til at modstå brud ved lave arbejdstemperaturer

Angiver materialets tendens til sprøbrud, optagen energi ved en given temperatur, specielt ved lave temperaturer, under 0°C

Prøven, der anvendes kaldes Charpy V.

Der fastsættes en minimums energimængde i Joule (J), som materialet skal kunne optage ved en given temperatur.

Dette benævnes omslagstemperaturen.

Man har defineret grænsen for overgang mellem materialets evne til at optage lille eller stor energi før brud.

Det, der kan forøge sprøbrudstendenser i en konstruktion, er de spændingstilstande, der kan forekomme eksempelvis ved kærve og svejsning.

2.5.7 Kemiske egenskaber

Forskellige nedbrydningsformer af metaller

Korrosionsbestandighed er modstandsevnen immunitet og passivitet, imod kemiske og elektroniske angreb på metallerne.

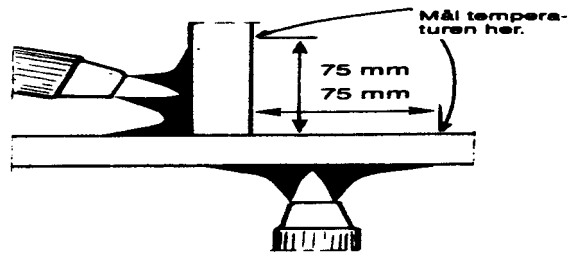
Korrosionen angriber et emne selektivt ved afrivning, revnedannelse, skørhed mv.

Induceret spændingskorrosion

Svovlbrinte-induceret spændingskorrosion

Visse skademekanismer har vist sig at være direkte afhængig af materialets styrke/hårdhed. Ved svejsning er der en sammenhæng mellem større hårdhed/styrke, risici for hydrogenrevner/koldrevner og svovlbrinte induceret spændingskorrosion i sure olie- og gasmiljøer.

Undersøgelsesresultater har dannet basis for specificering af maksimalt tilladelige hårdhedsværdier, for hydrogenrevner ofte 325 eller 350 HV, for svovlbrinte induceret spændingskorrosion 22 HRC omsat 248 - 250 HV.



Figur 9
Forvarmning.

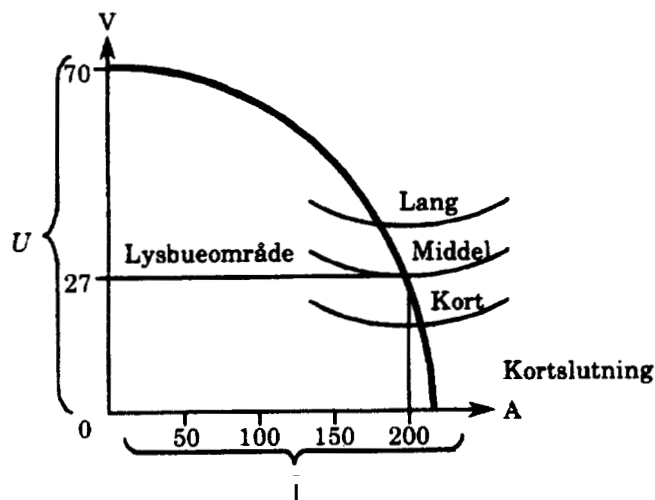
Ståltipe	Kombineret pladetykkelse i svejsesamlingen										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
OX524/Fe510	RT = rumtemperatur 15 - 20°							75°			
Hardox 400	RT		100°			125°					
Hardox 500	RT		125°	150°	175°						

Q = 1 KJ/mm og et HD <= 5 ml/100g

Tabel 11
Anbefalede
arbejdstemperaturer.

Temperatur	75 - 100 °C	100 - 150 °C
Hardox 400 – Pladetykkelse	30 - 50 mm	51 - 80 mm
Hardox 500 – Pladetykkelse	10 - 40 mm	41 - 80 mm

Tabel 12
Anbefalede arbejds-
temperaturer ved
flammeskæring.



Figur 10
Faldende karakteristik.

U stiger I falder

U falder I stiger

2.6 Forvarmning af emnet inden svejsning og flammeskæring

Forvarmning af emnet inden påbegyndelse af svejsningen eller anden termisk behandling bør, hvis andet ikke anbefales, ikke overstige 250°C. Dette gælder for alle ståltyper.

Forvarmningen kan udføres med elektriske varmebælter eller med propangas. Der kan ligeledes anvendes en almindelig acetylen/oxygen svejse brænder. Man skal være opmærksom på den høje temperatur ved kerneflammen. Under opvarmningen bør der ikke lokalt tilføres emnet højere temperatur end den anbefalede arbejdstemperatur.

Principper for
forvarmning

Kontrol af temperaturer ved forvarmning

Kontrol af temperaturen bør altid foretages på modsatte side af emnet i forhold til opvarmningssiden og da mindst 75 mm fra svejsefugen (se **figur 9**). Til kontrol af temperaturen kan anvendes elektroniske følere eller termochromstifter.

Flammeskæring:

Revnedannelse ved termisk skæring i stål

Ved tildannelse af emner i stål ved hjælp af termisk skæring anvendes forhøjede arbejdstemperaturer, hvis det også kræves ved svejsning.

Ved skæring i Hardox eller andet slidstærkt stål, som er sejhærdet, vil hårdheden aftage i Haz ca. 3-4 mm ind i grundmaterialet.

For at undgå revnedannelse ved termisk skæring bør materialet forvarmes inden.

2.7 Udstyr og metoder til lysbuesvejsning

2.7.1 Lysbuelængdens indflydelse på de elektriske værdier

Svejsmaskinens statiske karakteristik.

Lysbuelængdens betydning under svejseforløbet

Ved manuel svejsning kan lysbuen ikke altid være nøjagtigt lige lang. Hver ændring i lysbuelængden fører til en ændring af de elektriske værdier:

Spænding = Betegnes enten U eller V

Strømstyrke = Betegnes enten I eller A.

Strømstyrkens indflydelse på varmetilførelsen

Jo mindre strømstyrken svinger, desto mere regelmæssigt bliver svejseforløbet, da energitilførelsen svinger med strømstyrken.

For at undgå ændringer i strømstyrken må man kræve, at udstyr til manuel lysbuesvejsning ved en og samme indstilling giver mindst muligt udsving.

Man kan ved måling på svejsmaskinen finde ud af, hvordan strømstyrken varierer for forskellige spændinger.

2.7.2 Varierende lysbuelængde

Konstant lysbuelængde

Lysbuen kan for en given opgave kun holdes brændende inden for et bestemt interval.

Den kan være lang eller kort, men kun inden for visse grænser. Hvis man prøver at gøre den for lang eller for kort, slukkes den. Svejsningen forløber bedst, når lysbuelængden er konstant inden for et givet arbejdsområde A/V.

For at denne ændring kan give mindst mulig ændring i strømstyrken, ønskes den statiske karakteristik så stejlt faldende som muligt (se **figur 10**).

2.7.3 Måling af svejsmaskinens evne til at kunne svejse konstant, intermittens

Isoleringens betydning for svejsmaskinens intermittens

Når en svejsmaskine belastes, vil den opvarmes, og temperaturen vil stige. Opvarmningen skyldes modstanden i kobberviklingerne, magnetiseringstab og inducerede hvirvelstrømme i maskinens jerndelev.

De sidste søger man at begrænse ved at anvende mindst muligt jern samt ved at opdele transformerkernerne i lameller, der er indbyrdes isolerede.

Desuden anvendes siliciumlegeret jernplade med stor specifik modstand, hvorved magnetiseringstabene nedsættes.

Tidligere anvendte man papir eller bomuldsisolering i svejsemaskiner. Dette medførte imidlertid, at maskinerne måtte dimensioneres ekstra kraftigt.

Endvidere måtte opvarmningen begrænses ved kunstig ventilation eller olienkøling, for at isoleringen ikke skulle blive ødelagt.

Nu findes der isoleringsmaterialer, der tåler høj temperatur uden at ødelægges, eksempelvis glasbændeler og siliconelakker.

Moderne svejsetransformere behøver derfor ikke at dimensioneres så kraftigt og kræver som regel ikke en kunstig afkøling.

Hvad er intermittensen i forbindelse med svejsning.

Intermittensen er et mål for belastningsperiodernes længde og hyppighed.

Den defineres som lysbuens brændetid angivet i procent af svejsemaskinens arbejdstid. Hvis lysbuen ved maskinel svejsning er tændt hele tiden, kræves en intermittens på 100%.

Ved manuel svejsning med beklædte elektroder er intermittensen noget lavere.

Almindeligvis ligger intermittensen mellem 25 og 60%.

Det indebærer, at svejsemaskinen ved manuel svejsning kun belastes i 25 til 60% af den totale arbejdstid.

Resten af tiden går til:

Elektrodeskift

Afslagning

Håndtering af emnet m.m.

I denne tid går maskinen i tomgang, hvilket kun medfører ringe opvarmning.

I Danmark måles intermittensen over en periode på 10 minutter. Hvis en svejsemaskine kan belastes med 200 ampere (A) i 10 min, uden pauser, betyder det, at svejsemaskinen har en intermittens på 100%, ved en svejsestrøm på 200 A.

Maskinen afprøves ved at måle dens temperaturstigning.

Under de nævnte belastningsforhold bliver svejsemaskinen ikke opvarmet mere, end den kan tåle, inden isolering i kerne og viklinger smelter. Ved 100% intermittens kan maskinen svejse kontinuerligt.

2.7.4 Mærkning af svejsemaskiner

Efter det danske Stærkstrømsreglement skal alle svejsemaskiner være forsynet med en mærkeplade, der bl.a. angiver intermittensfaktoren og den tilladte maksimale belastningsstrøm.

Da en svejsemaskine oftest har forskellig intermittens ved forskellige belastninger, kan der på mærkepladen være anført flere forskellige værdier, fx 230 A ved 32 V = 100% samt 300 A ved 35 V = 60%.

Ved køb af svejsemaskiner bør man sikre sig, at maskinen yder den fornødne strøm ved den intermittens, der bliver aktuel under svejsearbejdet.

Ved maskinel svejsning må der kun regnes med 100% værdien, hvorimod man ved manuel lysbuesvejsning kan regne med 60% værdien eller noget højere strømstyrke i en kortere periode.

Ved hæftning eller reparations svejsning, kan man ofte nøjes med en intermittens på 30% eller lavere.

Udtryk for svejsemaskinens ydelse

Beregning af svejsemaskinens virkningsgrad

Valg af svejsemaskine i forhold til intermittensen

2.7.5 Hvordan sikres kvaliteten af svejsearbejdet

Kvalitetsstyring generelt
DS/EN 729-1

Ved svejsning af stålrør er det ofte en nødvendighed at kunne styre svejsearbejdet inden for små tolerancer for at opnå den ønskede kvalitet.

DS/EN 729-4 kan i den forbindelse anvendes af virksomheden, som er beskæftiget med svejsning af stålkonstruktioner.

Kontrol er ikke kvalitet

Kontrol kan ikke tilføre produktet kvalitet, kvalitet kan kun tilføres produktet ved, at arbejdet fra start til slut udføres efter specificerede velovervejede handlinger, et ansvar som påhviler arbejdslederen, og dem der udfører arbejdet.

2.7.6 Kvalitetsniveauer for lysbuesvejste samlinger i stål

Tolerancer for udførelse af
svejsninger

Vejledning og tolerancer for svejsefejl i.h.t. DS/EN 25817.

Denne standard gælder for alle svejste samlinger i stål og definerer 3 niveauer: B = Skærpet, C = mellemliggende og D = Moderat.

Standarden gælder generelt for alle produktformer og samlingstyper i materialetykkelser $>3<63$ mm.

Udsnittet af standarden viser dens opbygning (Se Figur 11)

1. Række: viser standardens nummer for den enkelte fejltyp.
2. Række: Beskriver fejltypen – betegnelse.
3. Række: Refererer til DS/EN 26520 som definerer typerne af fejl.
4. Række omtaler eventuelle bemærkninger, der er for den enkelte fejl.
5. Fastlægger tolerancerne for fejl til niveau D.
6. Fastlægger tolerancerne for fejl til niveau C.
7. Fastlægger tolerancerne for fejl til niveau B.

Tolerancerne er beskrevet generelt, så de kan anvendes på alle sømtykkelser, materialetykkelser og produktformer.

Symbolforklaringer
(DS/EN 25817)

Hver enkelt tolerance er ofte en lille ligning, hvor der skal indsættes nogle værdier i stedet for et bogstav.

“Maks.” værdierne anvendes kun, når summen af ligningen er større end den angivne maks. værdi, bogstaverne er forkortelse for.

1. h = højde af fejlen.
2. b = bredden af svejsesømmen.
3. t = grundmaterialets tykkelse.
4. s = sømtykkelse for stumpsøm.
5. a = sømtykkelse for kantsøm (højden i den ligebenede trekant).
6. z = benlængden for en af kantsømmens ben i trekantprofilen
7. Nominel svejsesøm = den tykkelse som svejsesømmen skal have ifølge specifikationen for den pågældende svejsesamling.
8. aktuel svejsesøm = den tykkelse den udførte svejsesøm har.

Definition af korte og
lange fejl

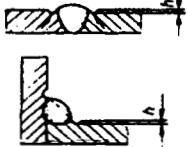
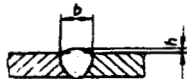
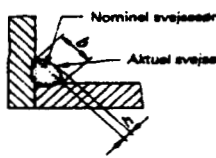
For visse fejltypen accepteres kun, at fejlen har en begrænset udstrækning.

Dette defineres som:

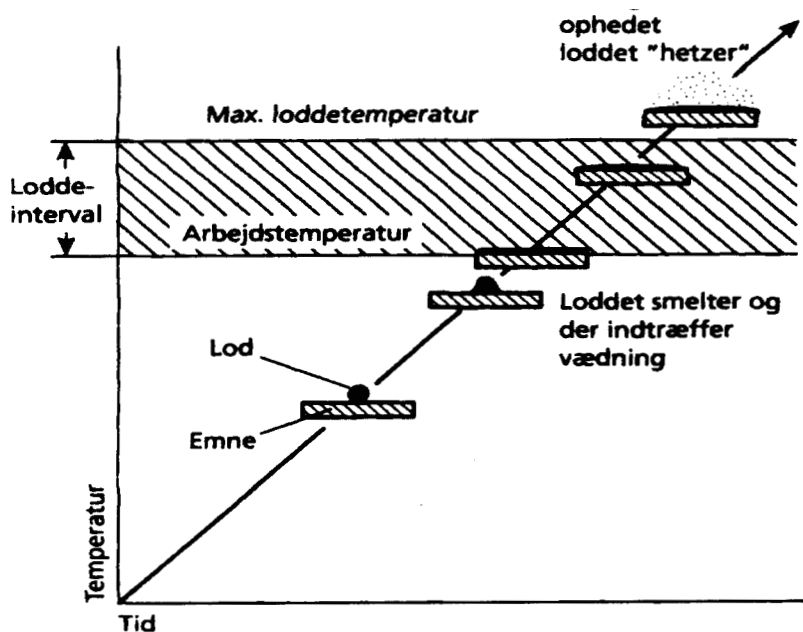
Korte fejl = en fejl der ikke har en udstrækning på mere end 25% af svejsesømmens længde, hvis den totale længde er < 100 mm.

Ellers må længden af fejlen ikke være > 25 mm/100 mm for et vilkårligt stykke af svejsningen.

Lange fejl = kontinuerlige fejl/gennemgående.

11	Sideløst	5011 5012	Glat overgang kræves 	$h \leq 1,5 \text{ mm}$	$h \leq 1,0 \text{ mm}$	$h \leq 0,5 \text{ mm}$
12	Overløst	502	Glat overgang kræves 	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$, maks. 10 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, maks. 7 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, maks. 5 mm
13	Kornet sømløst	503	Nominal svejse søm Aktuel svejse søm 	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$, maks. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, maks. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, maks. 3 mm

Figur 11
DS/EN 25817



Figur 12
Loddeinterval.

Er der tvivl om, hvilken kategori fejlen tilhører, kan der søges hjælp i DS/EN 26520, definitioner af fejl.

Hver enkelte fejltypen bestemmes for sig, det endelige niveau fastlægges ud fra den laveste bedømmelse.

Ligger nogle af fejlene uden for det krævede niveau, skal fejlen rettes, så den opfylder betingelserne for det krævede niveau.

Hvis der skal udføres en omfattende reparation af en svejsning, er det nødvendigt at kontakte den ansvarlige for arbejdets udførelse, inden reparationen udføres.

Hvis svejse sømmen skal vurderes af en uvildig kontrolinstans, er det vigtigt, at svejse sømmen er godkendt af svejseren, inden han forlader opgaven.

I sidste ende er det svejseren, der har det fulde ansvar for kvaliteten af svejsningens udførelse.

Regler for bedømmelse af svejse fejl

Tabel 13
Lodmatrix til borekroner

Betegnelse	Matricelængde	Matricediameter	Kornstørrelse	Legeringstype	Hårdhed
Durmat-CS	450 mm	Ca. 10 mm	2,0-4,00 mm	Massive Wolfram korn i nysølv matrice	
			4,0-6,00 mm		
			6,0-8,00 mm		
			8,0-12,0 mm		
Castolin 8800 *	550-680 mm	7 - 20 mm	1,6-3,00 mm	Cu - Zn	Matrice
			3,0-5,00 mm	Ni - Ag	160HB-
			6,5-9,00 mm	60% karbid	1350-1650 HV

* Bemærk at max arbejdstemperatur 760 - 870°C.

Tabel 14
Farve-gløds-tabel

Farvebetegnelse	Farve eksempel *	Ca. temperatur °C
Brun rød		630
Mørk rød		680
Mørk kirsebær rød		740
Kirsebær rød		780
Lys rød		850
Gul rød		950
Gul		1100

*Det har desværre ikke været muligt at gengive de ægte farver, der kan henvises til Tabellen
Buch für Metalltechnik, side 141 Glühfarben von Stahl

2.8 Pålægning ved hjælp af hårdlodning med Acetylen og Oxygen

Hårdlodning foregår, uden at grundmaterialet smeltes eller plastisk deformerer.

Hårdlodning foregår ved temperaturer omkring 600 - 900 °C og bindingen sker i bindingszonen, hvor loddet har "vædet" grundmaterialet og dannet binding i dettes yderste kornlag ved diffusion og adhæsion.

I bindingszonen påføres grundmaterialet smeltet lod, når grundmaterialet har den rigtige temperatur, som skal modsvare loddets smeltepunkt, og helst ikke meget højere.

Intervalleret ligger typisk inden for 35 - 50 °C og kaldes loddeintervallet (se **figur 12**).

For at opnå en god binding tilføres et flusmiddel, som skal fjerne oxider og forhindre dannelse af nye oxider.

Flusmidlet er meget påvirkeligt med hensyn til overophedning, hvorved det skades og mister sin virkning, hvilket oftest bevirker, at loddet ikke opnår en tilfredsstillende binding til grundmaterialet.

Grundlaget for loddet skal være metallisk rent, fri for fedt og maling, glødeskaller mm.

Dette klarer flusmidlet ikke alene. Ofte er det opblandet på forhånd i loddet, men kan også tilføres separat på forskellige måder.

Anvendelse af flusmiddel afhænger af produktet.

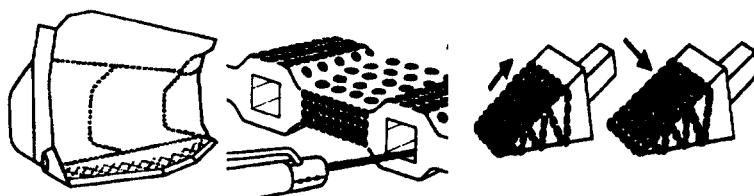
Grundmaterialets temperatur ved lodning

Lodning og brug af flusmiddel

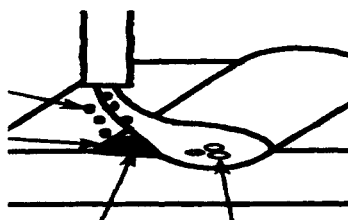
Pålægning af skærende wolframkarbid

Ved pålægning af borekroner og rør kræves ikke kun en hård overflade, der ønskes ligeledes en skærende effekt.

Til dette formål kan anvendes en loddematrice indeholdende Wolframkarbid i for-



Figur 13
Pålægningsmønstre.



Figur 14
Magnetblæst.

skellige kornstørrelser fra 2 - 12 mm alt efter formålet. De leveres ofte i nogle standardstørrelser.

Loddematrixernes
kornstørrelse

2.8.1 Glødefarver til bedømmelse af arbejdstemperatur

For at bedømme stålets temperatur findes nogle vejledende visuelle indikationer (se tabel 14).

2.9 Pålægning af hårdmetal på boreudstyr med lysbue svejseelektroder

Hårdpålægning anvendes, hvor der er ekstreme krav til slidstyrken.

Selv om der anvendes slidstål, kan påvirkningerne af materialet kræve, at der sikres mod yderligere slid.

Der kan ligeledes være tale om pålægning af materiale, som specielt er beregnet til at skære/bore i sten mm.

Pålægningen kan udføres som hårdlodning eller svejsning, alt efter hvilke egenskaber der ønskes.

Hårdpålægningens
egenskaber

Hvilke produkter, der anvendes til den specifikke arbejdsopgave, afhænger i stor udstrækning af erfaring med pålægningsmetoden og udstyret, der er til rådighed, samt erfaringer med pålægningens kvalitet og holdbarhed.

Det kræver nogen rutine og øvelse at udføre hårdpålægning i form af lodning eller svejsning. I det følgende afsnit beskrives nogle af de metoder, der kan anvendes.

Hårdpålægning ved svejsning med lysbuesvejseelektroder vil altid indebære en stor risiko for revner.

Pålægningsmetoder

Ønskes stålets gode egenskaber bevaret, anbefales det at pålægge et mellemlag med en sej elektrode, eksempelvis en basisk og derefter en hårdpålægning, der ikke kræver yderligere varmebehandling.

Det er næsten umuligt at undgå *mikrorevner ved hårdpålægning* med lysbuesvejseelektroder.

Risiko for revner og brud
ved hårdpålægning

Ved opsmeltningen af grundmaterialet vil der være stor risiko for, at disse revner

Tabel 15
Elektrode eksempel for
hårdpålægning.

Betegnelsen	Svejseanvisning	Strøm art	Legering	Hårdhed	Dim. og Amp.
Armaloy 33	Middel kort lysbue	AC-DC	C.5,5% Cr.40%	HRC 60	Ø6 - 60-90 amp.
			Mn.1,5% Mo.0%		Ø8 - 100-140 amp.
			V.0% B.0%		Ø10 - 170-210 amp.
Armaloy 35	Middel kort lysbue	AC-DC	C.4% Cr.27%	HRC 58-62	Ø6 - 60-90 amp.
			Mn.4% Mo.0%		Ø8 - 100-140 amp.
			V.4% B.0,5%		Ø10 - 170-210 amp.
Armaloy 10	Middel kort lysbue	AC-DC	Wolfram karbid	HRC 90	Ø6 - 90-145 amp.
			60%		Ø8 - 120-180 amp.
					Ø11 - 240-218 amp.
CastoDur N102	Middel kort lysbue	AC-DC	C. ? % Cr. ? %	HRC 53-58	Ø3 - 125-165 amp.
					Ø4 - 175-235 amp.
					Ø5 - 225-305 amp.
Castolin N700	Middel kort lysbue	AC-DC	C. ? % Cr. ? %	HRC 63-68	Ø3 - 90 -130 amp.
					Ø4 - 130-170 amp.
					Ø5 - 160-200 amp.
Castolin 7610 XHD	Middel kort lysbue	AC-DC	C. ? % Cr. ? %	HRC 63	Ø3 - 100-170 amp.
					Ø4 - 140-220 amp.
					Ø5 - 190-280 amp.

forplanter sig ned i grundmaterialet med efterfølgende brud. Derfor er det vigtigt at undgå hårdpålægning i områder af konstruktionen, hvor der forekommer store mekaniske belastninger i form af træk, slag og vridninger.

Inden hårdpålægningen er det nødvendigt, at emnet er metallisk rent mindst 20 mm. i området omkring pålægningen.

Afrensning inden
hårdpålægning

Afrensningen kan foretages ved slibning, sandblæsning eller fræsning. Pålægningen kan foretages som lange kontinuerlige svejsestreng, anvendes specielt til store flader, eller som punkter hvor der ønskes en lille varmepåvirkning af grundmaterialet.

Hårdpålægning og
forhøjede arbejdstempe-
raturer

Ved svejsning og hårdlodning skal der ved hårdpålægning tages de samme forbehold vedrørende krav til forhøjede arbejdstemperaturer.

Valg af hårdpålæg-
ningselektrode

Når pålægningen er udført, kan der efter 48 timers afkøling udføres en kontrol af overfladen for revner, enten i form af magnetpulver prøvning eller kapillarprøvning.

Elektrodens egenskaber vælges ud fra hvilken påvirkning materialet udsættes for. Er det overfladeslid, vil det være naturligt at vælge en pålægning med egenskaber, der modsvarer dette. En belægning som har en ekstrem hård overflade, som kan beskytte grundmaterialet.

Svejseudstyrets egnethed i
forbindelse med magnet-
blæst

Det er nødvendigt, når pålægningsmaterialet skal vælges at være opmærksom på, hvilket svejseudstyr der kræves, og hvad der er til rådighed. I de fleste tilfælde, når det drejer sig om elektroder til lysbuesvejsning, er det en fordel at vælge en svejse-transformator eller en svejseensretter. Transformatoren er at foretrække for at undgå magnetblæst (se figur 14).

2.9.1 Valg af tilsatsmateriale til hårdpålægning

Ved valg af tilsatsmateriale er det væsentligt at se på leverandørens produktbeskrivelse vedrørende hårdhed, legeringselementer samt svejseanvisninger.

Ved større og mange arbejdsopgaver kan det være en fordel at anvende en MAG svejsetråd enten pulverfyldt med beskyttelsesgas eller en uden beskyttelsesgas. Der findes mange tilsvarende produkter som modsvarer elektroderne.

Vær opmærksom på røgudviklingen og røgklassificering, mange af disse tilsatsmaterialer er klassificeret i røgklasse 7 eller højere.

Valg af svejsemetode ved hårdpålægning

2.9.2 Svejsning af stålførerør

Ved svejsning af førerør er det vigtigt at være opmærksom på, om det er en blivende sammenføjning, der skal holde til en del belastning.

Svejsningen skal være tæt uden revner og andre defekter. Dette stiller krav til svejseren.

Svejsesømmen kan være udført til karakter C, visuelt bedømt i henhold til DS/EN 25817.

Hvis der er *skærpede krav til svejsningen*, bør den visuelle bedømmelse følges op af ultralyd eller røntgenundersøgelse.

Kravene til udførelsen kan strammes til niveau B, med 100% kontrol.

Svejseren bør være i besiddelse af et gyldigt svejsecertifikat i henhold til DS/EN 287.1.

Arbejdet udføres ifølge en godkendt svejseprocedure i henhold til DS/EN 288-1 og 288-3, eller hvad der yderligere kræves af myndigheder og bygherre.

Krav til svejsning af stålførerør

2.10 Sikkerhed og miljø

2.10.1 Faren ved den elektriske strøm

Svejsemaskinen tilsluttes kraftnettet med 220 V eller 380 V spænding (primærstrømmen). Stikkontakten og primærkablet skal derfor være hele og med ubeskadiget isolation. Heri adskiller svejsemaskinerne sig ikke fra værkstedets øvrige elektriske maskiner. Men det er ikke længere tilladt at anvende svejsetransformatorer uden sikkerhedsrelæ. Undtaget ved arbejde i svejseværksteder, hvor svejseren hele tiden står på et tørt gulv. Under andre, såkaldt særlige arbejdsforhold, må der kun anvendes svejseensrettere med jævnstrøm med rippelspænding under 10%, eller svejsetransformatorer med sikkerhedsrelæ. Det fungerer normalt på den måde, at transformerenes tomgangsspænding ændres til en jævnspænding. Så snart lysbuen tænder, skifter maskinen automatisk til vekselspænding, og så snart lysbuen slukker, skiftes til jævnspænding igen.

Man bør altid være opmærksom på, om primærkablets gummiisolation er slidt ved indføringen i maskinen. Hvis dette er tilfældet, kan primærstrømmen overføres til maskinens stålkasse og give anledning til livsfare. Flyt derfor aldrig maskinen ved at trække i kablerne. Er isolationen beskadiget bør elektrikerens tilkaldes.

På svejsesiden (sekundærsiden) er spændingen meget lavere, som regel under 70 V, hvorfor det under normale forhold ikke er livsfarligt for svejseren at få svejsestrømmen igennem sig. Såfremt svejseren er svedig eller våd, eller står på et fugtigt gulv eller på fugtig jord, bliver den elektriske modstand dog så lav, at en relativ stor strøm kan passere gennem hans krop, hvorved han udsættes for fare.

Sikkerhed ved svejsning under særlige forhold

Isolering af svejsekabler

Kroppens elektriske modstandskraft

Det er derfor vigtigt, at man ved svejsning anvender en tør og ubeskadiget påklædning samt gummistøvler eller i hvert fald sko med hele gummisåler

Svejseshandskerne skal også være hele og tørre. Desuden bør der kun anvendes helisolerede svejsetænger med fejlfri isolation.

Oftentimes ser man en svejser holde svejsetangen fast i armhulen, medens han afslagger eller flytter på arbejdsstykket. Er han fugtig under armene, kan denne uvane være livsfarlig.

Hvis man trods alt får strømmen igennem sig, og på grund af muskelkrampe ikke kan slippe kontakten gennem hånden, kan man afbryde strømmen ved at træde op på noget isolerende kabel. I andre tilfælde vil det hjælpe, blot at lade elektroden berøre arbejdsstykket, hvorved strømkredsen kortsluttes, og spændingen falder til nul.

2.10.2 Røg- og gasudvikling

Krav til analyse af svejserøg

Svejserens miljø ofres nu betydelig opmærksomhed. Der findes i tilsatsmaterialer, elektroder og pulver samt i grundmaterialer og overfladebelægninger stoffer, som kan være sundhedsskadelige ved langvarig påvirkning i for store doser.

Direktoratet for Arbejdstilsynet forlanger, at værkstederne ved analyse af indåndingsluft skal eftervise, at indholdet af sådanne stoffer er lavt og i overensstemmelse med gældende bestemmelser.

Fjernelse af svejserøg

For at undgå at fjerne store mængder af luft eksempelvis gennem store tagventilatorer anbefales det, at man anvender en såkaldt punktudsugning. Den suger røgen væk, der hvor den opstår, og så vidt muligt inden den blander sig med den omgivende luft. Fjern røgen inden den når frem til svejserens åndedrætsorganer.

Punktudsugning

Til punktudsugning behøver man et kraftigt sug med en forholdsvis lille luftmængde. Man kan ved mindre behov og ønske om stor bevægelighed anvende små enkelt sugere til at levere sugekraften.

Ved udsugning på faste arbejdspladser foretrækker man ofte en type af punktudsugning med svingbar snabel og vægophæng.

2.10.3 Strålingsfaren

Mærkning af svejseglass

Den elektriske lysbue udstråler et meget kraftigt lys som er skadeligt for øjnene. Man bør derfor aldrig se direkte på lysbuen, men skal altid benytte en svejseskærm, hvori er anbragt et farvet svejseglass til beskyttelse af øjnene.

Svejseglasset skal være godkendt og mærket med en tæthedegrad.

Tæthedsgraden er angivet i henhold til en tysk norm DIN.4647.

Angivelsen af værdierne er fra 7 - 13, hvor 13 er det mørkeste.

Anvend et glass, der gør, at øjne ikke virker trætte og blændede.

Lad være med at bruge en svejseskærm, hvor glasset er revnet. Udskift det straks med et helt og fejlfrit glass.

Ultraviolet lys og svejseøjne

Svejselys kan som bekendt give svejseøjne, hvis man ikke beskytter sig. Med en attest fra Direktoratet for Arbejdstilsynet, kan man købe smertestillende *CINCAIN* øjensalve på apoteket. Eller det kan rekvireres hos egen læge. En kapsel indeholder tilstrækkeligt salve til begge øjne.

2.10.4 Brandfaren

Det burde være unødvendigt at nævne, at gnister og sprøjt fra lysbuesvejsning og gasskæring kan anstifte brand. Til trods herfor hører man ofte om brande på grund af svejsning og flammeskæring.

Svejs derfor aldrig i lader, på høløfter, eller hvor der ligger brændbart materiale i nærheden af svejsestedet. Foretag eventuelt en afdækning med våde sække.

Skal man svejse, hvor der er trægulv, bør der dækkes af med våde sække, da gnisterne kan gemme sig i sprækkerne mellem gulvbrædderne og antænde disse.

Svejs aldrig på en beholder, der indeholder eller har indeholdt brændbare væsker.

Tøm først beholderen helt og fyld den med vand, før svejsningen påbegyndes.

En mindre iøjnefaldende, men dog alvorlig brandfare findes ved de dårlige kabelforbindelser, hvor strømmen kan udvikle så megen varme, at der kan ske en antændelse. Sørg for, at det elektriske kredsløb ikke hindres. Specielt bør man sørge for, at jordklemmen er anbragt rigtigt, da strømmen ellers kan søge en anden vej tilbage til svejsemaskinen og ved eventuelle dårlige forbindelser udvikle varme og anstifte brand. Man siger, at strømmen vagabonderer. Vagabonderende strøm kan også være livsfarlig for husdyrene.

Forebyggelse af brand i forbindelse med svejsning

Utsigtede strøm-kredsløb

2.10.5 Sikkerhed ved anvendelse af trykflasker

- Lad aldrig åben ild af nogen art komme i direkte berøring med oxygen- og acetylenflasker.
- Lad aldrig olie eller fedt komme i berøring med oxygen.
- Oliemættede klude, fedtede arbejdshandsker og fedtholdige pakninger kan give eksplosion eller brand.
- Vær meget forsigtig med transport af flasker. Stød og slag er farlige.
- Beskyttelseshætten skal altid være sat på under flytning.

Behandling af trykflasker

- Flasker skal beskyttes mod opvarmning, fx solvarme.
- Flasker skal fjernes ved brand.

Beskyttelse mod opvarmning

- Udblæs altid flaskeventiler inden montering af slange.
- Udblæsning må aldrig ske i nærheden af flammer eller gnister.
- Man skal linde på ventilen ved udblæsningen.
- Flaskeventiler skal åbnes meget langsomt og med begge hænder.
- Stå aldrig foran reduktionsventilens manometre, når flaskeventilen åbnes.

Flaskeventiler

Reparerer eller adskil aldrig flaskeventilerne på oxygen- og acetylenflasker.

Reparation og adskillelse

Af hensyn til eksplosionsfaren brug da aldrig oxygen som erstatning for trykluft.

Trykluft – Oxygen

- Luk åbne flaskeventiler.
- Fjern flaskerne fra varmepåvirkning.

Behandling af udefra opvarmede flasker

- Flaskerne må ikke flyttes, når de er så stærkt opvarmede, at de ikke kan flyttes med de bare hænder.
- Sådanne flasker køles ned med store vandmængder fra stor afstand og fra dækning, og man skal omgående tilkalde brandvæsenet.

Behandling af opvarmede flasker

- Forlad hurtigt flaskens omgivelser.
- En eksploderende flaske kan slynges flere hundrede meter bort.

Flasker, der er fjernet fra varmekilde

- Hvis temperaturen ikke falder eller stiger, behandles flaskerne som stærkt opvarmede flasker.
- Kontroller ved jævnlig overføling.

Behandling af beskadigede og nedkølede flasker

- Henlæg *nedkølede flasker* på en sikker plads i mindst 24 timer.
- Kontroller til stadighed flaskernes temperatur ved overføling i hele længden.
- En fornyet opvarmning er mulig selv efter flere timer.
- Mærk flasker, der har været udsat for brand.
- Alle stålflasker med komprimerede luftarter behandles på omtalte måde.

3. Maskinteknik og vedligehold

3.1 Forbrændingsmotoren

Benzinmotor
og dieselmotor

Forbrændingsmotoren indtager i dag stillingen som altdominerende fremdrivningskilde i vejtransport, og den spiller tillige en stor rolle både til søs og på jernbanerne.

Fra motorer i lette lastbiler på godt 100 HK og opefter, er næsten udelukkende konstrueret efter dieselprikkippet.

Det moderne motorredskab er som drivmiddel udstyret med en forbrændingsmotor, som enten arbejder med benzin eller dieselolie som brændstof.

For at lette overskueligheden må vi først dele motoren op på baggrund af deres anvendte brændstof:

– Enten benzinmotor (*gnisttænding*)

Karburator, Benzinpumpe, Strømfordeler, Tændrørsledninger.

– Eller dieselmotor (*kompressionstænding*)

Brændstofpumpe med regulator, Brændstofrør, Indsprøjtningdyser, Returrør.

Fælles for begge motorenes arbejdsprincip er, at de ændrer brændstoffets energi fra *kemisk energi* til *mekanisk energi* gennem en styret forbrændingsproces.

I de motorer, der bruges i dag, er *firetaktsmotoren* langt den mest udbredte, hvad enten det drejer sig om benzin- eller dieseldrift. I denne fremstilling vil vi derfor koncentrere os om firetaktsprincippet

3.2 Firetaktsprincippet

Firetaktsprincippet

Motoren består i hovedtrækkene af en motorblok, hvori cylindrene er anbragt (se **figur 1**).

Når cylindrene er anbragt i en række efter hinanden benævnes motoren: rækkemotor.

De fleste rækkemotorer har 4 eller 6 cylindre

Når cylindrene er placeret i to rækker i vinkel mod hinanden kaldes motoren: V-motor.

Foroven på motoren er topstykket boltet på, med ventiler og indsugnings- og udstødningskanaler. I cylindrene bevæger stemplet sig op og ned, og deres op- og nedadgående bevægelser omsættes til rotation af krumtappen via plejlstængerne.

Krumtappen er ophængt i lejer nederst på motorblokken, og motoren er lukket nedadtil af bundkarret, som tillige tjener som oliereservoir.

3.3 Arbejdsprincippet for firetakts dieselmotorer

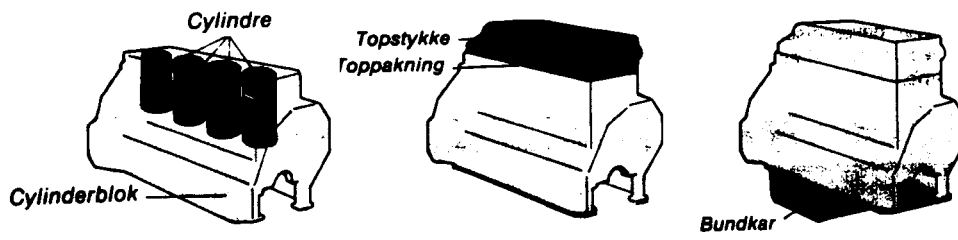
De fire takter

Indsugningstakten (I):

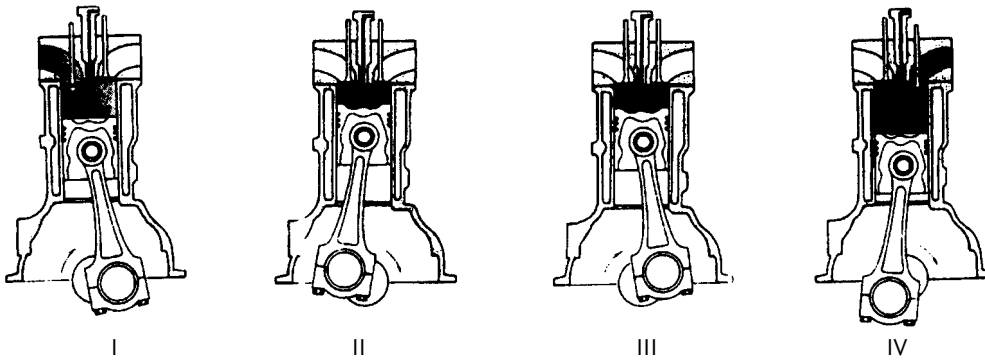
Under stemplets nedadgående bevægelse suges der frisk luft i cylinderen gennem indsugningsventilen. Når stemplet er nået i bundstilling, lukker indsugningsventilen.

Kompressionstakten (II):

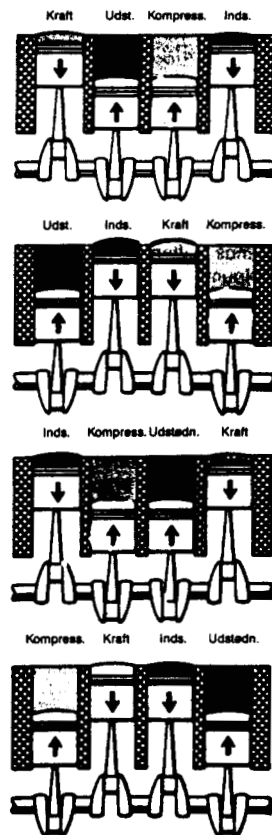
Begge ventiler er lukket, og stemplet er på vej opad. Den indelukkede luft i forbrændingskammeret komprimeres og opnår en temperatur på ca. 700 - 900 grader C.



Figur 1
Motorens hovedtræk

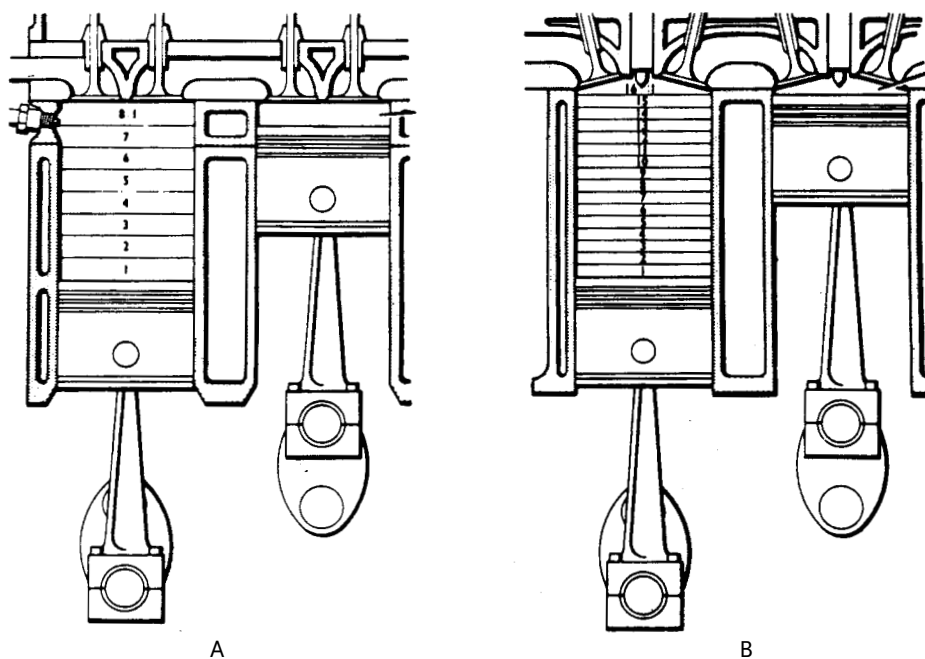


Figur 2
Firetaktsmotor



Figur 3
Tændingsrækkefølge for
firecylindret motor 1-3-4-2

Figur 4
Kompressionsforhold



Forbrændingstakten (III):

Kort før stemplet når topstillingen, sprøjtes dieselolie ind i cylinderen under højt tryk gennem en dyse. Herved forstøves olien til en fin tåge, som blandes op med den ophevede luft i cylinderen. Trykket stiger til ca. 70 - 100 bar, og brændstoffet antændes.

Udstødningstakten (IV):

Når stemplet har nået bundstillingen, åbnes udstødningsventilen i topstykket, og de forbrændte gasser drives ud gennem udblæsningsventilen af det opadgående stempel. En ny indsugningstakt kan begynde.

3.4 Belastning af firetakts motor

For at undgå skæv belastning af krumtapakslen kan forbrændingstakten i en flercylindret motor ikke følge lige efter hinanden, men bliver nødt til at fordele sig i en forudbestemt tændingsrækkefølge, således at belastningen på krumtapakslen bliver jævnt fordelt.

Krumtapsakslens
belastning

Tændingsrækkefølge i en firecylindret motor kan fx være: 1-3-4-2 (se figur 3) eller i en sekscylindret motor: 1-5-3-6-2-4.

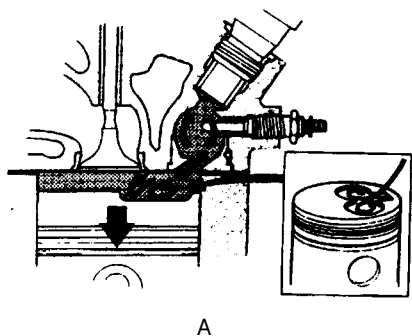
3.5 Kompressionsforhold

Ved en motors kompressionsforhold forstås forholdet mellem cylinderrumfangene, når stemplet står i bundstillingen, og når det står i topstilling. Eller sagt på en anden måde:

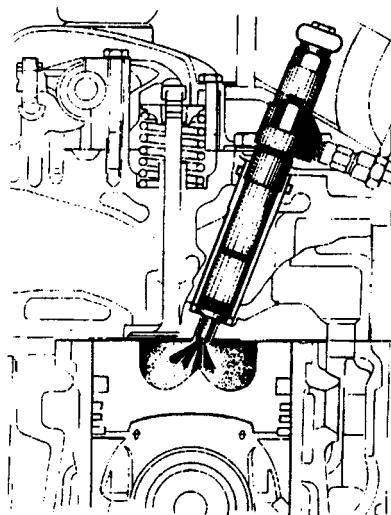
Blandingen
sammentrykkes

Kompressionsforholdet er et tal, der angiver, hvor stærkt brændstof/luftblandingen sammentrykkes ind i cylinderen.

Sammentrykkes blandingen 8 gange, forstås altså at motoren har et kompressionsforhold, der i tal udtrykkes som 8:1 (se figur 4A).

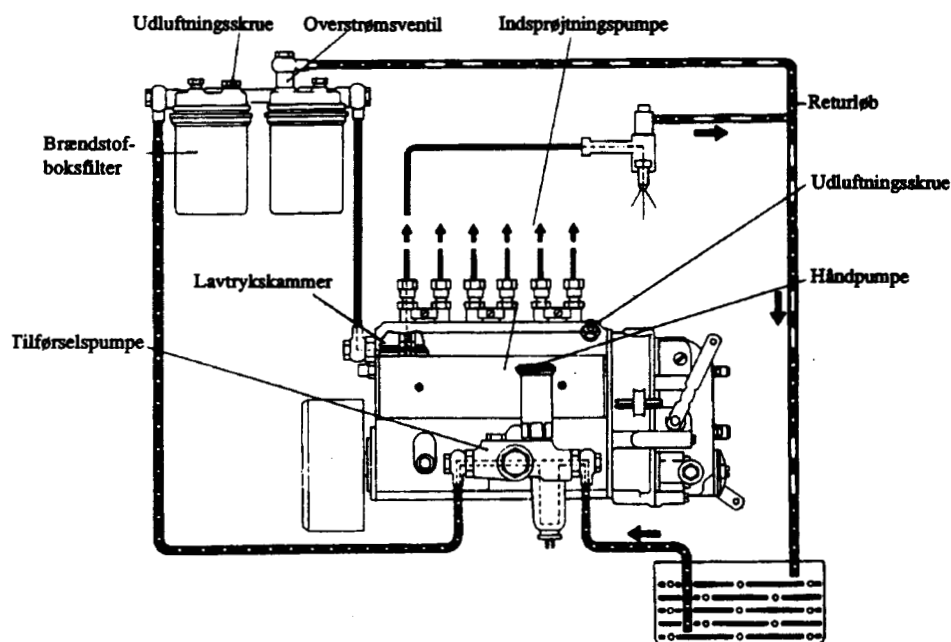


A



B

Figur 5
Indirekte (A) og
direkte (B) indsprøjtning



Figur 6
Brændstofsystemet

3.6 Indsprøjtning

Dieselmotorer har enten direkte eller indirekte indsprøjtning.

Ved *indirekte indsprøjtning* (se **figur 5A**) sprøjtes dieselolien ind i et forkammer. Forbrændingen starter i forkammeret, men kan ikke fuldføres her på grund af den lille iltmængde. Tryk stigningen fra forbrændingen presser uforbrændt brændstof ud i det egentlige forbrændingsrum over stemplet, hvor forbrændingen fortsætter og afslutter.

Ved motorer med *direkte* indsprøjtning (se **figur 5B**) sprøjtes brændstoffet direkte ind i forbrændingsrummet, som er udformet i stemplet. Ved at gøre afstanden mellem stempeltoppen og topstykket så lille som muligt danner kompressionsluften ved stemplets opadgående bevægelse en kraftig turbulens. Luftens hvirvelbevægelse gør, at brændstof og luft blandes hurtigt under indsprøjtningen og dermed større effekt, god brændstoføkonomi og god startevne.

Indirekte eller direkte
indsprøjtning

Indirekte indsprøjtning anvendes ved mindre dieselmotorer, som hovedsagelig bruges ved lettere transport og industri.

Direkte indsprøjtning anvendes mest i lastbiler og busser på grund af den store effekt og økonomi.

3.7 Brændstofssystemet

Mængden af brændstof, og nødvendigt tryk

Dieselbrændstofanlæggets formål er at sørge for, at den nødvendige brændstofmængde er til stede i forbrændingskammeret på det ønskede tidspunkt (se **figur 6**).

Hertil kræves en indsprøjtningpumpe, som både regulerer mængden af brændstof, og som giver det nødvendige tryk til indsprøjtningdyserne i cylindrene.

Sædvanligvis taler man om to typer brændstofpumper, nemlig rækkepumpen og rotorpumpen.

Rækkepumpen bruges hovedsageligt til større dieselmotorer, hvorimod rotorpumpen anvendes til mindre dieselmotorer.

3.8 Brændstoffiltre og sier

Urenheder i brændstoffet

I brændstofssystemet suges brændstoffet fra tanken af fødepumpen. Indbygget i fødepumpen sidder der en lille si, der holder de groveste urenheder tilbage i fødepumpen. Tilførselspumpen trykker brændstoffet gennem hovedfiltrene. Disse fjerner de mindre urenheder, inden brændstoffet når frem til brændstofpumpen og brændstoffdyserne. Det er ikke muligt generelt at sige, hvor ofte filter og sier skal rengøres eller skiftes. Brug instruktionsbogens intervaller.

3.9 Udskiftning af brændstoffiltre

Filtertyper

Der bruges hovedsageligt to typer filter. Trinboxfilter eller brændstoftrinfilter med udskiftelig filterindsats (se **figur 8**).

HUSK

HUSK UDLUFTNING AF BRÆNDSTOFSYSTEM EFTER UDSKIFTNING AF BRÆNDSTOFFILTER

3.10 Udluftning af rækkepumpe

Luft i brændstofssystemet

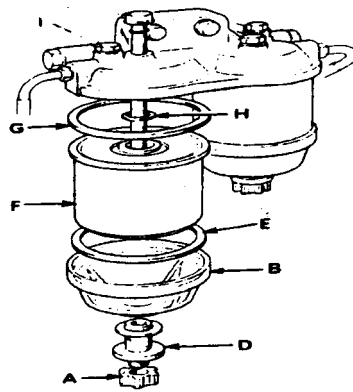
Luft i brændstoffet kan give driftsforstyrrelser eller forhindre motoren i at starte. Mindre luftmængder, der trænger ind i systemet med brændstoffet eller trænger ind gennem mindre utætheder i tilførselspumpens sugeside under drift, udluftes gennem returløb.

Større luftmængder, der kan trænge ind i brændstoffet ved f.eks. reparation, udskiftning af brændstoffiltre eller ved at køre tom for brændstof.

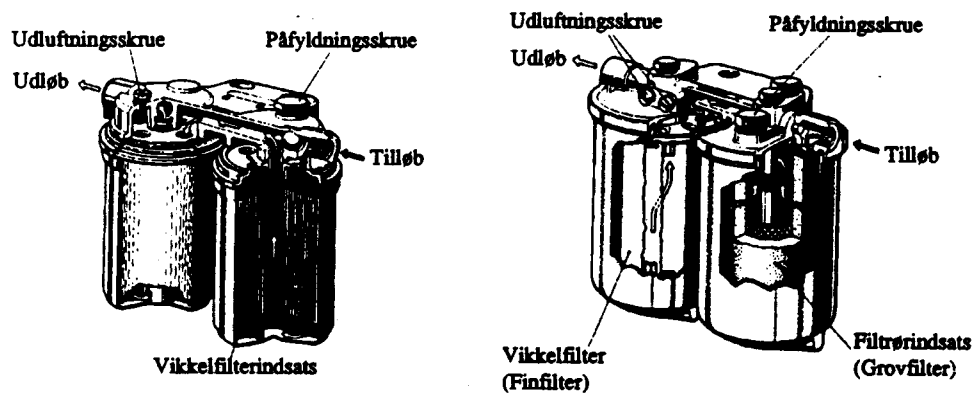
Denne luftmængde fjernes ved udluftning, ved fordelerpumper bør startforsøg undgås, før pumpen er omhyggeligt udluftet, idet pumpens bevægelige dele udelukkende smøres af brændstoffet.

Udluftning bør foretages på den måde, der er foreskrevet i instruktionsbogen. Har man ikke instruktionsbogen til rådighed, kan følgende fremgangsmåde anvendes.

1. Undersøg om alle brændstofrør er tætte.
2. Åben udluftningsskruerne på brændstoffiltrene (se **figur 8**), pump med håndpumpen indtil der strømmer luftfri brændstof ud af skruernes åbninger. Tilspænd derefter udluftningsskruerne igen.



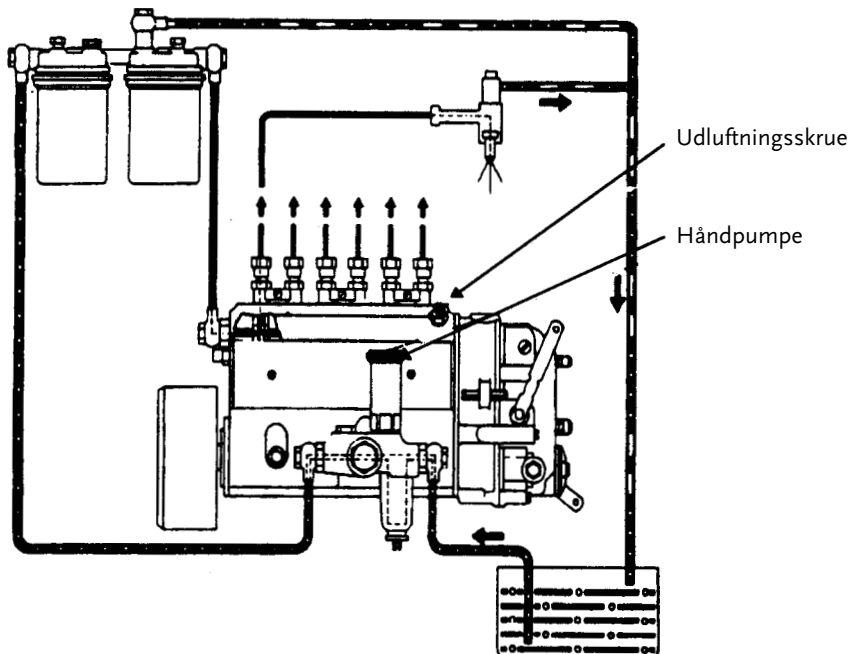
Figur 7



Figur 8

Trinboxfilter

Brændstoftrifilter med filterindsats



Figur 9

3. Åben udluftningsskruerne på indsprøjtningsskruerne (se **figur 9**) og pump med håndpumpen, indtil der strømmer luftfri brændstof ud af skruernes åbninger. Tilspænd derefter udluftningsskruerne igen.
Vær opmærksom på, at vanskeligt tilgængelige brændstofpumper kan være forsynet med automatiske udluftningsanordninger, således at det kun er påkrævet at udlufte brændstoffiltrene.
4. Når motoren er startet og går i tomgang, efterspænd da og kontroller alle de steder, hvor udluftning har fundet sted.

Bemærk

Bemærk: Starten må ikke bruges mere end ca. 10 sekunder ad gangen, uden afbrydelser.

3.11 Vedligeholdelse og fejlfinding på benzinmotor

Hyppigste fejl vedr. benzinmotorer

1. Startvanskeligheder

Afladet batteri, løse el-kabler, ombyggede eller defekte tændrørskabler, tilsodede eller defekte tændrør, forkert justering, platiner forbrændte, dårlig kondensator, svag tændspole, brændstofførsel stoppet, karburator/benzinpumpe defekt.

Hyppigste fejl: Fugt i tændingssystem, "overchoking".

2. Motoren starter, men går i stå

Tankdækslets lufthul tilstoppet, snavs i karburator, benzinpumpe defekt eller delvis tilstoppet, slange til udluftning af benzintank stoppet, benzinfiler kan være stoppet, formodstanden kan være defekt.

3. Motoren sætter ud

Løse el-kabler, dårlig tænding på grund af fugt i tændingssystemet, (rotor, strømfordelerdæksel), tilsodede eller defekte tændrør, våde tændrør, for fed eller mager blanding, vand i brændstof, overgang i kondensator, ventiler hænger, knækket ventilfjeder.

4. Motoren trækker dårligt

Forkert justering af karburator, forkert justering af tænding, for lav kompression på grund af tilkoksede stempelringe, luftfilter tilstoppet, tilstoppet lydpotte, fejl ved gummimembran i karburator.

5. Motoren varmer for meget

Køler tilstoppet, termostat defekt, ventilatorrem for slap, eventuel på grund af at dynamo eller generator har forskubbet sig, for lav tænding, mangel på kølervæske (vand), defekt toppakning.

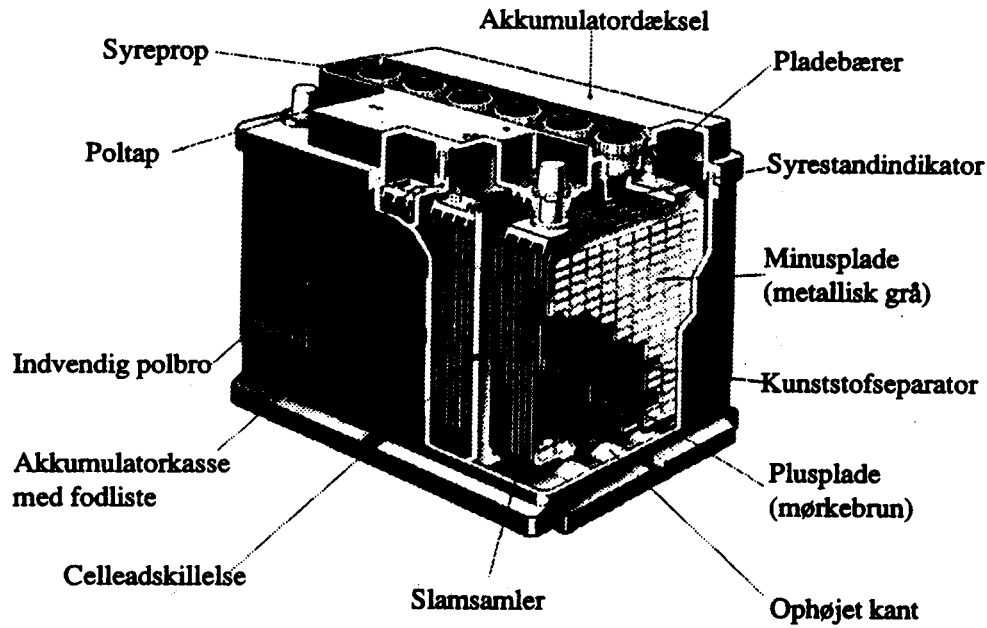
6. Motoren banker

For høj tænding, for meget luft i benzinblandingen, glødetænding, maskinelle fejl, for eksempel slør i lejer, defekte lejer, stempler og lignende, oliemangel.

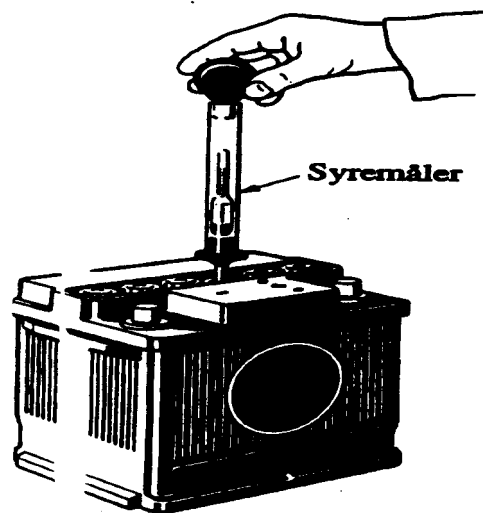
7. Støj i ventilerne

Ventilerne hænger, ventilaftand forkert, skæve ventilstødstænger, vippearmens arrangement slidt, ventilfjeder slap.

Opbygning



Figur 10
Akkumulator/batteri.



Figur 11
Anvendelse af syremåler.

8. Motoren udvikler sort røg

For lidt luft i benzinblandingen, chokeren hænger, svømmer eller nåleventil i karburator hænger, luftfilter tilstoppet, stort olieforbrug.

9. Benzinforbrug stort

For lidt luft i benzinblandingen, for lav tænding, chokeren hænger, svømmer eller nåleventil hænger, luftfilter tilstoppet, bremses hænger, ventilafstand forkert.

Hyppigste årsag: for hård kørsel.

3.12 Vedligeholdelse af el og udskiftning af remme

Vedligeholdelse af
akkumulator, generator,
kileremme

El-anlægget er et af de vigtigste udstyr på køretøjer og maskiner, idet det ud over motorstart også bruges til mange andre funktioner, for eksempel styring hydraulik-ventiler.

Derfor skal anlægget kunne klare disse opgaver. Strømmen frembringes af en dynamo eller *vekselstrømsgenerator*, som drives af motoren. For at kunne drive de elektriske forbrugere, når vognen eller maskinen står stille, og for at have mulighed for at starte motoren med en elektrisk selvstarter, må vognen eller maskinen være forsynet med et *batteri (akkumulator)*, som kan oplagre elektrisk energi og frigive den igen, når der er brug for den.

Akkumulatoren modtager, opbevarer og leverer elektrisk energi, blandt andet til start af motoren. Akkumulatorens enkelte celler er opbygget af positive og negative plader, der er isoleret fra hinanden med separatorplader (se **figur 10**).

Cellerne er påfyldt en elektrolyt, bestående af destilleret vand (H_2O) og fortyndet svovlsyre (H_2SO_4).

De positive plader består af et blygitter, udfyldt med en masse af blylte, (PbO_2). De negative plader består af et blygitter, udfyldt med en masse af blysvamp, (Pb).

Separatorpladerne kan for eksempel være lavet af ebonit, plastic eller træ.

Normal væskestand på akkumulatoren er 5-10 mm over pladernes overkant. Der efterfyldes kun med destilleret/demineraliseret vand, undgå spild og overfyldning.

På akkumulatorens overflade og undertiden på dets omgivelser, sætter der sig små syredråber, der af den i cellerne dannede luft er ført ud gennem ventilationshullerne. Syren og snavs, der sætter sig de samme steder, fjernes bedst ved at rense af med rent vand.

Ved syreangreb på kabelskoene og akkumulatorens konsol m.m. dannes sulfater (metalsalte). Disse kan fjernes med lunkent vand tilsat lidt soda.

Kabelskoenes ydre flader kan beskyttes mod disse angreb ved indsmøring med syrefri olie eller specialprodukter.

Syrens vægtfylde: Hvis for eksempel vægtfylden måles til 1,250, vil det sige, at 1 liter elektrolyt vejer 1,250 kg. Nedenstående skala viser forholdet mellem vægtfylde og ladetilstand.

Ved at måle syrekonzentrationen i elektrolytten (se **figur 11**), det vil sige måle vægtfylden, kan man konstatere akkumulatorens ladetilstand, da akkumulatorfabrikkerne anvender forskellige syrekonzentrationer i deres akkumulatører, kan vægtfyldeværdierne variere lidt for de enkelte akkumulatorfabrikater.

Nedenstående er et eksempel for en akkumulator:

Vægtfylde 1,275 - 1,285	= Fuldt opladet
Vægtfylde 1,235	= 3/4 opladet
Vægtfylde 1,205	= 1/2 opladet
Vægtfylde 1,170	= 1/4 opladet
Vægtfylde 1,140	= afladet
Vægtfylde 1,110	= Total afladet

Er elektrolyttens vægtfylde laver end 1,230 og forskellen mellem cellerne mere end 0,040, bør akkumulatoren oplades. Er vægtfylddeforskellen efter opladningen større end 0,040 mellem cellerne, bør akkumulatoren udskiftes.

Væskestanden kontrolleres regelmæssigt. Vandforbruget er størst i varmt vejr, som følge af større fordampning.

Den praktiske pasning er direkte medbestemmende for akkumulatorens levetid. Den rigtige vedligeholdelse kan forlænge levetiden betydelig, lige så vel som ingen eller forkert pasning kan afkorte den væsentligt.

For at sikre akkumulatoren en lang levetid, skal du være opmærksom på følgende:

Sørg altid for at akkumulatoren er forsvarlig fastspændt og placeret på et stødborberende underlag.

Kontroller jævnligt, at ledningsforbindelserne mellem starter og akkumulator er spændt.

Anvend aldrig ledninger med for lille tværsnit (underdimensionerede kabler), mellem starter og akkumulator.

Et defekt laderelæ, som overlader – malker akkumulatoren for vand.

Husk, at én gang udtørrede plader ikke kan genoplades.

Når væskestanden er korrekt, og der ikke lige er påfyldt destilleret vand, kan en måling af væskens massefylde sige noget om akkumulatorens ladetilstand.

Sørg altid for metallisk forbindelse mellem polsko og akkumulatorens poltapper. Slå aldrig på en polsko. Poltappen kan derved slås løs. Tætningen omkring poltappen ødelægges, så syredampene står op omkring poltap og polsko og fremmer tilringingen af disse.

Når polskoene er rengjorte og tilspændt akkumulatoren, skal de indfedtes med en syrefri fedt, fx vaseline.

Ved montering af akkumulator bør stelforbindelsen forbindes sidst og ved afmontering fjernes først for at undgå gnistdannelse.

Anvendelse af akkumulator til starthjælp:

Akkumulatorene, som skal sammenkobles, skal have samme volt spænding. Hvis hjælpeakkumulatoren er monteret i et køretøj, må køretøjerne ikke have metallisk kontakt.

Motoren bør være i gang på hjælpe køretøjet, da der så bliver ladet på hjælpeakkumulatoren samtidigt.

Tilslut startkabler i rigtig rækkefølge, derved mindskes risikoen for knaldgasekspllosion. Stelforbindelsen skal monteres så langt fra den afladede akkumulator som muligt, helst på chassis eller motorblok.

Øg omdrejningstallet på hjælpe køretøjet først, start derefter motoren, som skal have starthjælp. Afmonter startkabler i omvendt rækkefølge. Stelforbindelsen først.

ADVARSEL!

Benyt altid beskyttelsesbriller.

Undgå tobaksrygning og anvendelse af gnistfremkaldende værktøjer i nærheden af akkumulatoren, hvis dampe let kan bringes til eksplosion.

Vær helt sikker på, hvad der er plus, og hvad der er minus på hjælpeakkumulatoren.

Mindre end et sekunds tilslutning af forkert polariseret akkumulator vil ødelægge vekselstrømsgenerator og styreenheden i det elektroniske overvågningssystem.

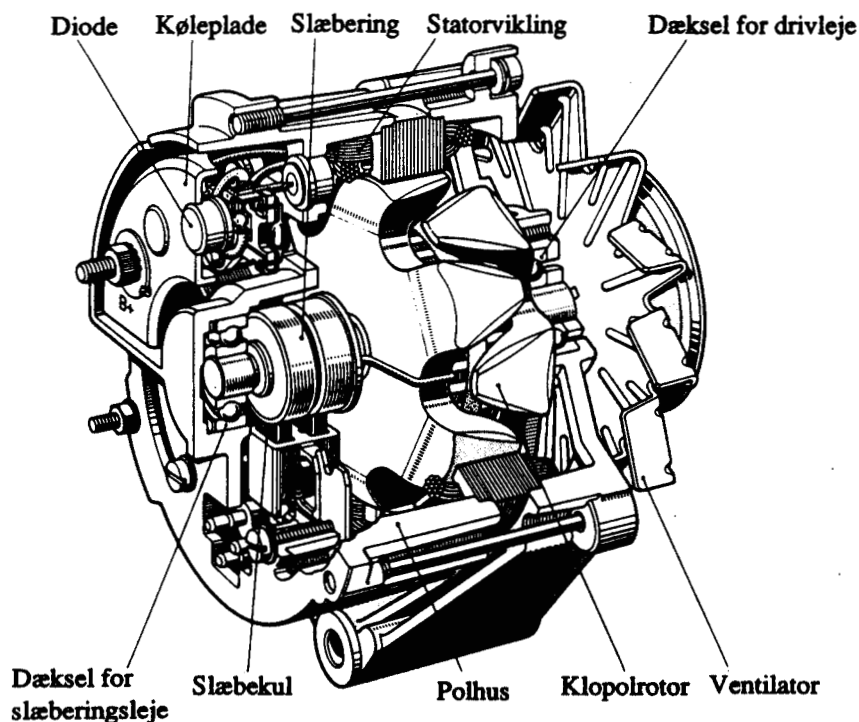
Advarsel

3.12.1 Generator

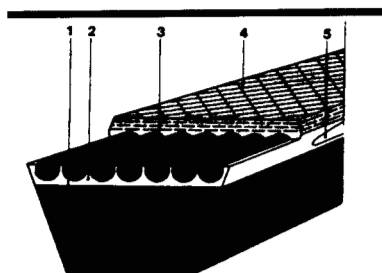
Formål:

Vekselstrømsgeneratorens formål er at forsyne alle forbrugere på køretøjet eller maskinen med strøm samt oplade akkumulatoren.

Figur 12
Generator



Figur 13
Kilerem



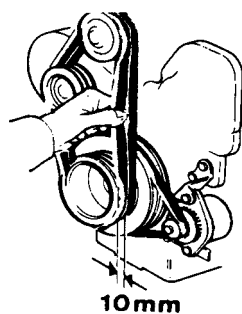
- Opbygning af en »flankeåben« kilerem
1. Blanding med indstøbte fibre
 2. Specialblanding til indstøbning af cordsnore
 3. Cordsnor
 4. Top dug
 5. Afskåret flanke

Princip:

Når generatoren (se figur 12) roterer, induceres der vekselstrøm i statoren. Vekselstrømmen fra statoren sendes gennem dioder til akkumulatoren. Dioderne ensretter vekselstrømmen til jævnstrøm, da akkumulatoren ikke opbevarer vekselstrøm. Hvor megen strøm, generatoren skal afgive, bestemmes ved at regulere strømmen til rotoren.

3.12.2 Rotorstrømmen reguleres af spændingsrelæet.

Da vi efterhånden er gået helt over til vekselstrømsanlæg, bør følgende vejledning og advarsler gives:



Figur 14
Kontrol af spændte
kileremme

Ved udskiftning eller montering af akkumulatører, skal man passe på, at de tilsluttes med rette polaritet.

- Hvis ekstraakkumulatørene anvendes ved start, skal de være tilkoblet med minuspol til bilakkumulatørens minuspol og pluspol til pluspol.
- Ved opladning af akkumulatørene i bilen, skal begge akkumulatorkabler være fjernet.
- Generatoren må ikke køres med afbrudt hovedkreds.
- Ved demontering af generator og regulator skal akkumulatørernes stelledning altid først løsnes.
- Ved el-svejsning på bilen skal akkumulatørens stelledning demonteres.

Svejsesaggregatet skal tilsluttes med gode forbindelser og så nær svejsestedet som muligt.

3.12.3 Kileremme

I de senere år er der fremkommet en del nye typer kileremme (**figur 13**) som dækker kravene til øget levetid, overføring af større kræfter.

Kontrol af drivremme

Samtlige drivremme på motoren skal kontrolleres med hensyn til strækning og tilstand ved hver smøreservice. Denne kontrol er vigtig, idet ventilatorens drivremme er af stor betydning for motorens køling og generatorens ladning.

Dårligt spændte remme kan begynde at glide, fx i kraftigt regnvejr.

Remmene skal kunne trykkes ca. 10 mm ned på midten (se figur 14).

BEMÆRK! Skift altid remmene parvis, selv om kun én rem er dårlig.

Bemærk

3.13 Udskiftning af olie, oliefilter, kølervæske og luftfilter

3.13.1. Klassificering af smøreolier

Af alle almindeligt anvendte maskiner frembyder forbrændingsmotoren det største antal smøreproblemer. Smøremidlet skal fungere tilfredsstillende ved meget høje – og til tider også meget lave – temperaturer. Det skal holde slitage og korrosion på et minimum, det skal fungere som køle – og tætningsmiddel for stemplerne, og det skal

Vedligeholdelse af olie,
filter og væsker

forhindre slamdannelse og holde sod og brændstoffer i fin opslemning, således at alle maskinens dele holdes rene og frit bevægelige. Naturligvis er ikke alle motorer lige kritiske eller alle driftvilkår lige vanskelige, hvorfor en motors krav til olien er afhængig af motortype og driftsforhold.

Smøreproblemer
kan bedst opdeles i tre
kategorier

Problemer vedrørende

1. Cylindre, stempler og stempelringe
2. Krumtaphuset
3. Smøring af ventilmekanismer

Den mest alsidige anvendelige smøreolie til forbrændingsmotor har en sammensætning bestående af en velraffineret basisolie, som har et højt viskositetsindeks, og tilsat adskillige additiver. Disse olier repræsenterer da også det felt, hvor smøreolieforskningen har været mest intensiv, og hvor de betydeligste fremskridt er gjort.

De i sådanne olier anvendte additiver, der i de bedste multigrade motorolier udgør omkring 20% af olien, kan inddeles efter de funktioner de udfører:

- Viskositetsindeksforøger (V.I.Improver) – modvirker at olien bliver for tynd ved høje temperaturer.
- Flydepunktsænkingsadditiv – holder olien flydende ved lave temperaturer.
- Iltning – inhibitor – forhælder oliens nedbrydning ved iltning.

Selvrensende additiv (detergent/dispersant) holder slam – og fernisdannende forbrændings- og nedbrydningsprodukter opslemmet i olien i så findelt form, at de ikke afsættes eller gør skade.

Korrosion – inhibitor – forhindrer rustdannelse og lejekorrosion.

Antislid (E.P. eller højtryksadditiv) – forøger oliehindens evne til at modstå høje tryk og forhindrer derved slid.

Antiskumningsadditiv – forhindrer, at den i olien indpiskede luft giver skumdannelser.

Det er af største vigtighed, at disse additiver er nøje afstemt i forhold til hinanden, eller som det også udtrykkes, at den fornødne additiv - balance er til stede.

Da sådanne specialprodukter med særligt fremragende egenskaber også er meget kostbare at fremstille, bør deres anvendelse i reglen begrænses til tilfælde, hvor driftsforholdene stiller særligt strenge krav til smøremidlet.

3.13.2 API klassifikationssystemet

Motoroliers egenskaber
og anvendelse

Systemet, der revideres løbende, deler motorerne op i to grupper nemlig en for mindre køretøjer og en for kommercielle køretøjer, dvs. lastbiler, traktorer og store maskiner.

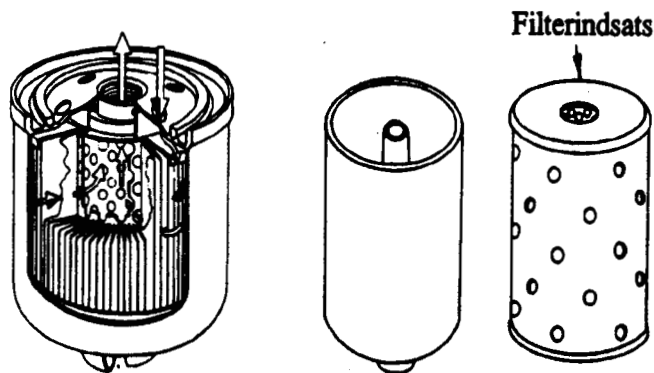
Klassifikationernes begyndelsesbogstav for de to grupper er henholdsvis *S* og *C* efterfulgt af et bogstav fx *SA*, *CA*.

Systemet bygger nu videre på rækkefølgen i alfabetet, således at jo længere vi kommer frem i alfabetet, jo bedre skal olien være, idet det til hvert bogstav hører nøje fastlagte afprøvninger (test), der bliver strengere for hvert bogstav, vi rykker frem, fx fra *SD* til *SE* og til *SF*.

Denne fremgangsmåde gør systemet åbent for tilføjelser af klassifikationer. Mange dieselmotorfabrikanter angiver tillige, at motorolien skal opfylde en nærmere angivet amerikansk militær specifikation

CCMC Klassifikation	Benzinmotorer			Dieselmotorer			
	G1	G2	G3 (10W-XX)	PD1	D1	D2	D3 ("SHPD")
ESSO ULTRA OIL	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	
ESSO SUPER OIL	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■		
ESSO EXTRA+MOTOR OIL	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■			■ ■ ■ ■		
ESSO SPECIAL DIESEL MOTOR OIL	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■		■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	
ESSOLUBE XD-3+ 15W-40	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	
ESSOLUBE D-3+ 20W-30	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■			■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	
ESSO DIESELMOTOROLIE SUPER TD				■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
UNIFARM	■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	

Figur 15



Figur 16

Disse MIL-L specifikationer hører sammen med API service klassifikationer som følger for:

MIL-L specifikation

API Service CA	MIL-L 2104A (fra 1954)
API Service CB	MIL-L 2104A (suppl. 1)
API Service CC	MIL-L 2104B (fra 1964)
API Service CD	MIL-L 45199 (fra 1958)
API Service CC og SE	MIL-L 46152 (fra 1970)
API Service CD og SC	MIL-L 2104C (fra 1970)

3.13.3 CCMC – Europæiske motoroliespecifikationer

API Service klassifikationen og MIL-L specifikationerne, der specielt er beregnet for henholdsvis amerikanske biler og driftsforhold og militære køretøjer, har indtil 1975 været de fremherskende motoroliespecifikationer.

Imidlertid har forskellige organisationer i Europa sluttet sig sammen for at få mere indflydelse på kravene til motoroliespecifikationer, da både motorer og driftsforhold i Europa klart adskiller sig fra amerikanske forhold.

Den europæiske organisation, der hedder Comit des Constructeurs du March Commun (CCMC) blev oprettet 1972.

I samråd med olieindustrien og additivleverandører har CCMC udarbejdet specifikationer for benzin – og dieselmotorolier, indeholdende grænser for:

Lav – temperatur slam

Lejekorrosion

Høj – temperatur aflejringer

Selvtænding

Slitage
Rust
Viscositetsstabilitet (Multigrade - olier)

CCMC – systemet

Kravene til benzinmotorolier er inddelt i tre klasser, der benævnes med *G* (gasoline) og inddeles i *G1*, *G2* og *G3*, *G3* står for “lav viscositetsolier”.

For dieselmotorer er klassebetegnelsen *D* (diesel), der inddeles i *D1*, *D2* og *D3*, hvor *D3* står for “*SHPD*” (*Super High Performance diesel*).

Diesel klassifikationerne *PD1* (Passenger car diesel) omhandler olier til turboladede personbiler – dieselmotorer.

Ved udskiftning af oliefiltre bør man nøje følge bilen eller maskinens servicebog, og det vil være hensigtsmæssigt at undersøge hvilke typer filtre, der må anvendes.

Hvis der ikke forefindes nogen sådan, kan man udskifte oliefiltre samtidig med, at man skifter olie. Det vil under alle omstændigheder forlænge motorens levetid.

Olien optager fremmede partikler under motorens drift. Olie og partikler danner en slags slibepasta, som i det lange løb vil kunne virke slidende på motorens glideflader.

Disse partikler vil forstoppe oliekanalerne ved at sætte sig fast og efterhånden gøre lysningen mindre, således at der kun er mulighed for passage af en mindre mængde olie, og olietrykket derved stiger tilsvarende i pumpen.

Da en del af partiklerne er sure stoffer, er de også på anden måde til skade for motoren.

3.13.4 Filtertyper (se figur 16)

Filteret kan bestå af en enhed, hvor filter og hus er sammenbygget. Ved udskiftning af filteret ombyttes hele enheden.

En anden type har løs filterindsats, hvor kun selve indsatsen udskiftes.

Husk

Spar ikke på filtrene, anvend altid originale filtre

3.13.5 Køling

Under forbrændingsmotorens arbejdsproces opstår der megen varme. Dels som følge af selve forbrændingen, men også som følge af den uundgåelige friktion mellem stempel og cylinder, og gnidninger i lejerne.

Under drift kan dieselmotoren kun udnytte en lille del, ca. 35 til 42%, af det indsprøjtede brændstof til nyttigt arbejde. De resterende 58 til 65% går tabt ved opvarmning af godset i motoren og gennem udblæsningsgassen.

For at temperaturen på motordelene ikke skal blive så høj, at de ødelægges, skal motoren være forsynet med et kølesystem, som kan lede varmen bort fra motordelene.

På de fleste motorer til biler benyttes vandkøling.

I motorblok og topstykke er indstøbt vandkamre, og under kørsel strømmer kølevæsken gennem disse hulrum og optager varmen fra motordelene.

Via termostat, slanger og rør ledes den varme kølevæske over til køleren, hvor vandet løber gennem tynde rør, og afgiver sin varme til den forbistrømmende luft. Den afkølede væske føres så tilbage til motoren, og kredsløbet er sluttet.

Vandstrømningen holdes i gang af en vandpumpe, der som regel drives af en kilerem fra motorens krumtapaksel.

Motoren, køleren, vandpumpen og termostaten er konstrueret af mange forskellige materialer. For at undgå rust og korrosion i systemet skal kølevæsken tilsættes stof-

fer, som modvirker denne tæring. Tillige skal kølervæsken indeholde stoffer, som hindrer, at den fryser til is om vinteren.

Kølervæsken består derfor af vand, som er blandet med en glykolbaseret væske, som både indeholder de nødvendige rustmodvirkende stoffer, og som giver væsken et lavt frysepunkt. Men den rene glycol fryser ved minus 12°C, derfor bør glycol aldrig bruges ufortyndet som kølervæske.

Derimod har blandinger af glycol og vand meget lave *frysepunkter*, som det kan ses af den følgende tabel:

Frysepunkt C°	Kølevæske %	Vand %
-9	20	80
-12	25	75
-15	30	70
-20	35	65
-26	40	60
-32	45	55
-38	50	50
-49	60	40
-43	80	20
-27	90	10

Tabel 1
Blandingsforhold og
frysepunkt

Den korrekte procedure for skift af kølervæske er:

1. Tøm kølersystemet.
2. Gennemskyl køleren med vand.
3. Fyld kølersystemet med vand og glycol i det rigtige blandingsforhold.
4. Lad motoren gå nogle minutter, indtil der er opnået normal kølevandstemperatur.
5. Efterfyld indtil 5 cm under overløbet.

Grunden til, at der kun skal fyldes vand op til ca. 5 cm under overløbsrøret, er, at væsken udvider sig ved opvarmning.

Husk at hvis der ved senere lejligheder kun efterfyldes med vand, forandres blandingsforholdet mellem vand og glycol, og dermed forringes frostsikringen.

Det anbefales at udskifte kølervæske hvert år, da væskens korrosionsbeskyttende virkning nedbrydes. Aftapning af kølervæsken om sommeren er ikke nødvendig.

Kølesystemer kræver så lidt pasning, at mange fuldstændigt overser de få vedligeholdelsesforanstaltninger:

1. Udbedring af alle lækager så efterfyldning praktisk talt undgås.

NB: Der må aldrig fyldes vand helt op til proppen, da der derved presses vand ud af systemet, når vandtemperaturen stiger

Bemærk

2. Udskiftning af slanger, der viser tegn på ælde. Er en kølerslange blevet enten hård eller svampet at føle på, når den klemmes sammen, bør den udskiftes omgående, da der er risiko for, at den når som helst kan sprænges eller blive utæt.
3. Renhold kølesystemet ved at skylle det igennem ca. hvert andet år.
4. Beskyttelse af kølersystemet ved anvendelse af helårskølervæske, da denne er tilsat antikorrosions – og antirustadditiver.

3.13.6 Kølerdækslet

Kølerdækslet er i realiteten en 2 vejs ventil. Det er konstrueret til dels at undgå vacuum i køleren og skal lukke for den atmosfæriske luft, således at trykket automatisk bygges op, efterhånden som kølervæsken varmes op.

Undersøg kølerdækslet for tydelige hak eller brud i underste pakning. Hvis Kølerdækslet ikke udviser tegn på defekter, rens da dækslet i vand og fjern al snavs og fedt.

3.13.7 Luftfiltre

Luftfilterets opgave er at frigøre motorens indsugningsluft for støv og urenheder.

Det er ret store luftmængder, der skal passere luftfilteret ca. 20.000 l luft for 1 liter forbrændt dieselolie.

Undersøgelser har vist et støvindhold i luften på op til 0,4 g/m³ luft ved arbejde på marker. Det vil sige, at der i luftfilteret på maskiner, der fx arbejder på en byggeplads/mark på en dag har brugt fx 100 l dieselolie er bortfiltreret 100 X 20 X 0,4 = 800 gr. støv.

Luftfiltertyper

Her skelnes mellem to hovedtyper, tørfilteret og oliebadfilteret.

Hvilken type, der er bedst, kan diskuteres, tendensen har i de seneste år været den, at man går over til tørfiltre, men at man visse steder har været nødt til at bruge oliebadfiltre.

3.14 Vedligeholdelse af hydrauliksystemet

Hydrauliksystemet

Før arbejdsdagen begynder, skal man kontrollere følgende ting:

- at foreskrevet oliemængde forefindes i tanken.
- at ingen slanger eller ledninger er beskadiget.
- at alle slanger – og rørkoblinger er fastspændte

Oliekontrollen skal udføres, inden maskinen startes og stå så vandret som muligt.

Man kan være uheldig at få lavet et hak eller en ridse i en stempelstang. I sådanne tilfælde kan man mindske skaden, hvis der medbringes en sletfil.

Stands øjeblikkelig maskinen inden det beskadigede sted glider ind i cylinderen. Fil skrammen så glat som muligt. Ofte kan man undgå at pakningen cylinderen rives, og så vil der kun være oliespild i det korte øjeblik, da det beskadigede sted passerer pakningen i cylinderen.

3.14.1 Olieskift

Med luft, som kommer ind i olietanken, følger en vis mængde urenheder og fugtighed. I det hydrauliske system forekommer desuden en smule naturligt slid. Periodisk udskiftning af olien i hydrauliksystemet er derfor meget vigtig. Ved olie udskiftning forsvinder eventuelt forurening, tæringsprodukter og syrer, som alle er skadelige for hydrauliksystemets funktioner.

Skift derfor altid olie mindst en gang om året, med hensyn til forekomster af kondensvand i hydrauliksystemet, bør olieskiftet foretages, når temperaturen går ned mod nulpunktet og blivende holder sig under 0°C.

3.14.2 Filterskift

Trods alle forsigtighedsregler, der iagttages, når man arbejder med hydrauliksystemer, kommer der i alle tilfælde en del forureninger ind i systemet.

Hydraulikolie af en god kvalitet hindrer, at disse forureninger sætter sig fast i ventiler, pumper etc., men transporterer dem til oliefiltret.

Imidlertid kan oliefiltret kun opfange en begrænset mængde af forureninger, og det er derfor vigtigt at skifte filtret ved de anbefalede intervaller for at opnå en fortløbende rensningsproces. *Skift derfor oliefilter mindst 2 gange om året.*

Når man selv, eller et serviceværksted, udfører service eller evt. reparationer på ens maskiner, er det vigtigt, at man får monteret originale reservedele.

Maskinen er et produkt med høj teknisk kvalitet, når den leveres fra fabrikken. For at denne kvalitet skal kunne bestå under hele maskinens levetid, må maskinen have regelmæssig service, og der må kun anvendes originale reservedele.

Efter olieskift, slangeskift eller anden reparation samt efter langtidsopbevaring bør maskinens hydrauliksystem udluftes inden arbejdet påbegyndes.

Skift filter mindst 2 gange om året

3.14.3 Langtidsopbevaring

I perioder, hvor maskinen evt. ikke benyttes, bør denne opbevares forsvarligt, således at maskinen er i god stand, når den igen skal benyttes. Rengør og efterse maskinen og forsyn udsatte detaljer med rustbeskyttelsesmiddel.

OBS! Når maskinen igen tages i brug, skal beskyttelsesmidlet fjernes meget omhyggeligt på de fritliggende overflader.

Hydraulikolie bør eksempelvis vælges efter nedenstående skema:

Oliemærker	Olietyper for	Olietyper for
	Stempelpumper	Tandhjulspumper
Q8	Energol HLP 40	Energol HLP 65
Castrol	Hyspin AWS 15	Hyspin AWS 32
Statoil	NUTO HP 15	NUTO HP 32
Shell	TELLUS Oil 15	TELLUS Oil 27
Hydro / Texaco	Low temperature hydraulic oil	Rando oil HD A

Andre olietyper kan anvendes, såfremt de i kvalitet og specifikationer svarer til ovenstående. Vælg mærker og typer efter skemaet og bliv ved med at anvende samme olie. Det frarådes at sammenblende oliefabrikaterne.

3.14.4 Rør og slanger i hydrauliksystemet

Ledningsforbindelse mellem hydrauliktanken, pumpe, ventiler og hydraulikcylinder kan udføres med rør, hvis faste forbindelser er mulig.

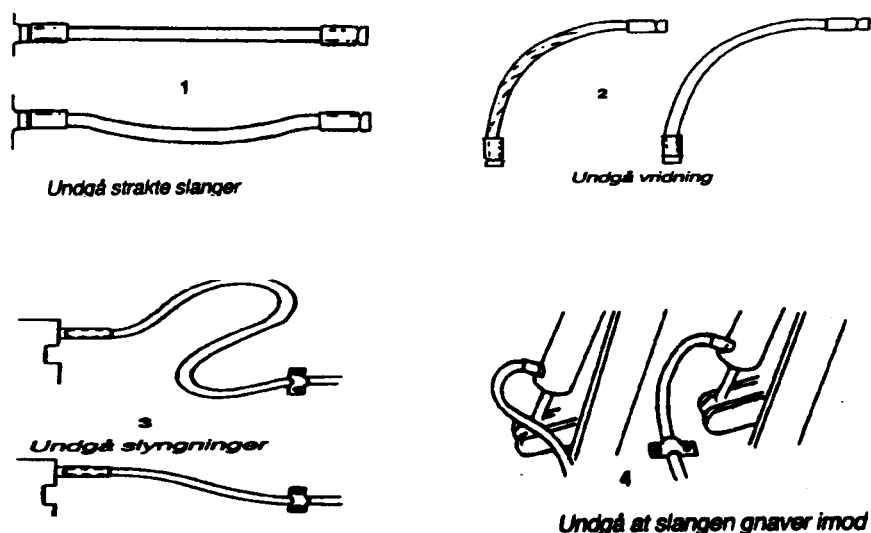
Slanger anvendes på steder, hvor der er krav på bevægelighed. Der findes normalt en kombination af rør og slanger.

De rør, der anvendes i hydrauliksystemet, er sømløse koldtrukne stålrør, såkaldte "højtryksrør". Beskadiges et rør, bør man være opmærksom på, at ved forsnævring omsættes en del af oliens bevægelsesenergi til varme med et tryktab til følge.

Man må derfor være opmærksom på sådanne beskadigelser og straks få dem udbedret.

Som tidligere nævnt, anvendes slanger til forbindelser, der skal være bevægelige.

Figur 17
Korrekt montering
af hydraulikslanger



Hydraulikslanger til højtryk har en speciel opbygning af gummi med ståltrådsindlæg i et eller flere lag, alt afhængig af de styrkekrav, der stilles til slangen.

Adskillige af de slangebrud, der forekommer i et hydrauliksystem, kan undgås, hvis:

- Der anvendes den rigtige slangelængde.
- Slangen ikke vrides.
- Der vælges den rigtige slangemonteringsvej.
- Slangen ikke placeres, så den gnaver imod.
- Slangere ikke ligger mod varme flader.
- Der ikke opstår for skarpe knæk på slanger.

3.15 Vedligeholdelse af el – sikkerhed (220/380)

Elvejledning (220/380)

El er nem og bekvem. Men el er også livsfarlig, hvis man ikke passer på. Derfor er det kun den autoriserede elinstallatør, der må arbejde med den faste installation, dog bortset fra ophæng og nedtagning af lamper og udskiftning af almindelige 230 volt afbrydere og stikkontakter uden jord.

Fast installation er afbryder, stikkontakter mv. Skal der laves om på forlængerledninger eller udskiftes stik på fx håndlamper, håndmaskiner, eller skal der ophænges eller nedtages lamper, udskiftes almindelig 230 volt afbryder og stikkontakter uden jord, må man gøre det selv.

Men man skal vide, hvordan det gøres – og det koster dyrt at være skødesløs.

Fejl, som man selv er skyld i eller har opdaget uden at gøre noget, kan nemlig få både sikkerhedsmæssige og økonomiske følger. Dårligt vedligeholdte ledninger og apparater er hvert år skyld i adskillige ulykker og brande.

Hvis det lugter fra en lampe, kan pæren være for stærk, og den skal øjeblikkelig udskiftes med en svagere. Hvis fatningen er blevet misfarvet, skal også den skiftes ud. Brug aldrig større pære, end fatningen eller lampen er mærket med.

Bliver stikprop eller stikkontakt varm – for slet ikke at tale om misfarvet – er der noget galt. Det kan der også være, hvis benene på en stikprop er løse, eller en lampe blinker.

Der kan være tale om løse forbindelser, og måske skal ledningen afkortes, eller stikproppen udskiftes – evt. er det bare en skrue, der skal strammes.

NB! Husk altid at tage stikproppen ud af stikkontakten, når der arbejdes med ledninger.

Bemærk

Man må selv UDSKIFTE almindelige 230 volt afbrydere og stikkontakter uden jord. Forudsætningen er dog, at man ved, hvordan det skal gøres og kan gøre det rigtigt. Inden man går i gang, skal man afbryde gruppeafbryderen og helst også tage sikringen ud, så der ikke er en anden, der sætter strøm på, mens man arbejder med ledningerne.

Der findes mange forskellige afbrydere og stikkontakter. Nogle afbrydere eller stikkontakter med to ledninger er ikke så svære at udskifte. Når der bag afbrydere og stikkontakter er mere end to ledninger, kan det kræve særlige kundskaber, især hvis der skiftes til de moderne afbrydere eller stikkontakter med fjederklemmer.

I nogle tilfælde kan det være vanskeligt eller umuligt at montere en ny afbryder eller stikkontakt, uden der skal foretages større indgreb, og så må der en elinstallatør til.

Ved køb af afbryder eller stikkontakt, skal der medfølge en monteringsvejledning.

HUSK

Husk

Man må ikke flytte eller opsætte ekstra afbryder og stikkontakter, man må ikke udskifte stikkontakter med jord. Man må ikke udskifte vandtætte afbrydere og stikkontakter. Det er dem, der er anbragt fx ved maskiner, uden på huse eller lignende steder, man må kun udskifte almindelige afbrydere og stikkontakter. At man gør det selv, fritager ikke én for ansvar, hvis der sker en ulykke.

3.16 Miljøbevidsthed

Jorden har igennem tusinder af år været udsat for naturlig luftforurening forårsaget af vulkanudbrud, store skovbrande m.m. Samtidig har enhver menneskelig aktivitet altid påvirket miljøet.

Miljø og forurening

Lige siden det første bål blev tændt, har mennesket været skyld i en stadig stigende del af miljøforureningen. I lang tid kunne man se bort fra truslerne mod miljøet. Det betyder ikke noget endnu. I dag har vi nået det punkt, hvor vi må erkende, at vaner og levevis skal ændres, hvis ikke miljøet skal blive så dårligt, at det truer vores overlevelsesmuligheder.

På den anden side har det moderne samfund givet os så mange opfindelser, vi ikke vil undvære, fordi de har gjort livet lettere for os. Netop derfor må vi sørge for, at vi kan bruge dem, uden at vi ødelægger miljøet eller opbruger de sidste ressourcer på jorden.

Det gælder i allerhøjeste grad indenfor de fag som bruger motorer/maskiner, idet en væsentlig del af de globale miljøproblemer stammer fra vores forbrug af energi til driften.



Maskinteknik

Denne bog er en håndbog og et undervisningsmateriale. Den er en håndbog for alle der udfører boringer på land: geologer, ingeniører, brøndborere m.fl. Bogen er også undervisningsmateriale til Brøndboreruddannelsen - en uddannelse for alle der foretager boringer på land.

I serien om udførelse af boringer på land findes i alt seks bøger. Denne bog er den fjerde i rækken og indeholder afsnit om pumpe-teknik, svejseteknik, maskinteknik og vedligeholdelse.

Serien om udførelse af boringer på land består af disse seks håndbøger:

Grundlæggende geologi og grundvand
Boringer
Kort, nivellering og arbejdsmiljø
Maskinteknik
Udvidet geologi og grundvand
Vandforsyningsteknik og regler

Udgivelsen er støttet af Vandfonden

ISBN 86-7944-825-9
Pris (inkl. moms): 75 kr.
Ved køb af alle 6 håndbøger: 420 kr.
Kan købes i
Miljøbutikken
Læderstræde 1-3
1201 København K
Tlf.: 33 95 40 00
butik@mem.dk
www.mem.dk