

KRAVSPECIFIKATION

VANDFORSYNING

VAM 103 - KRAVSPECIFIKATION FOR RUSTFRIT STÅL I VANDBANEN

Revision	Revisionsdato	Emne (ændring)
0	03.12.2018	Første udgivelse
1	25.01.2019	Inkl. retningslinjer for rustfrit stål i kontakt med CO ₂ -mættet vand
2	18.06.2019	Flere rustfri stål legeringer tilføjet. Krav til svejsearbejde revideret og flyttet til bilag 1.
3	27.08.2019	Krav i forhold til klorid-indhold opdateret
4	02.06.2021	Generel revision og omskrivning. Specifikke krav til dykpumper tilføjet i afsnit 2.1. Ekstra krav tilføjet i bilag 1.

KRAVSPECIFIKATION

1	Anvendelse af rustfrit stål.....	3
2	Rustfrit stål i kontakt med drikkevand.....	4
2.1	Særligt for indvindingsboringer	4
2.2	Særligt for vandværker	4
3	Rustfrit stål i kontakt med lud (NaOH).....	6
4	Referencer.....	6
	Bilag 1: Specifikationer for arbejde med rustfrit stål.....	7

KRAVSPECIFIKATION

1 Anvendelse af rustfrit stål

Denne kravspecifikation vedrører anvendelse af rustfrit stål i kontakt med vandbanen i HOFOR, med fokus på at minimere følgende risici:

- Korrosion af rustfri ståloverflader.
- Afsmitning af metaller og andre kemiske stoffer fra rustfrit stål til drikkevand.

Rustfri stål danner naturligt en tynd beskyttende film ("passivfilm") på overfladen, som består af krom- og evt. molybdænoxider. Så længe denne passivfilm opretholdes eller genopbygges er rustfrit stål meget korrosionsbestandigt, og der vil ikke ske nogen målelig afsmitning til drikkevandet.

Rustfrit stål må derfor anvendes til udstyr og komponenter med stort overfladeareal, fx procesudstyr, beholdere og rørforbindelser på vandværker og kildepladser.

Anvendelse af rustfrit stål indebærer dog risiko for lokal korrosion, som kan forløbe med stor hastighed. I vandige miljøer ved relativt lave temperaturer er et højt kloridindhold i vandet og/eller mikrobiologisk aktivitet ofte hovedårsagen til korrosion i samspil med stillestående vand, beskidt vand og/eller dårligt svejsearbejde.

Derfor er korrekt design, gode flowforhold, hensigtsmæssige driftsbetingelser og høj svejse kvalitet lige så vigtigt som valg af ståltipe ("legering"), og det er afgørende at undgå stillestående vand. Udstyr, der er ude af drift, skal derfor "friskes" jævnligt eller tømmes for vand.

Krav til ståltipe ("legering") fremgår af afsnit 2 for rustfrit stål i kontakt med drikkevand og af afsnit 3 for kontakt med koncentreret lud (NaOH) i forbindelse med blødgøringsprocessen. Der kræves ikke ansøgning til HOFORs Materialeudvalg for vand, hvis disse krav overholdes. Kravene er minimumskrav og rustfrie legeringer med højere korrosionsbestandighed (højere indhold af krom og molybdæn) må gerne anvendes. Hvis legeringer med lavere indhold af krom eller molybdæn end foreskrevet ønskes anvendt, kræves ansøgning til HOFORs Materialeudvalg for vand.

Der skal leveres materialecertifikater type 3.1 iht. EN 10204 for al alle materialer i rustfrit stål, som kommer i kontakt med vandbanen. For seriefremstillede komponenter (fx pumper og ventiler) kan fabrikant-/leverandørreklæringer og/eller produktdatablade accepteres. Der kræves dog altid materialecertifikater for udstyr, der skal svejses (se også bilag 1).

Da kvaliteten af svejsearbejde er meget vigtig for korrosionsbestandigheden, er der opstillet specifikationer for arbejde med rustfrit stål i kravspecifikationens bilag 1.

Der henvises også til specifikke krav i følgende kravspecifikationer:

- Kravspecifikation for vandværker, VAV 101 (ref. 1).
- Kravspecifikation for anlægsarbejder på kildepladser, KIL 101 (ref. 2).
- Kravspecifikation for materialer i lednings- og kildepladsanlæg, VAL 201 (ref. 3).

KRAVSPECIFIKATION

2 Rustfrit stål i kontakt med drikkevand

Følgende krav gælder for rustfrit stål i kontakt med drikkevand fra kildeplads frem til forbruger. Kravene gælder også for ionbyttet vand og CO₂-holdigt vand, som forekommer på vandværker i forbindelse med blødgøringsprocessen. For rustfrit stål i kontakt med lud gælder kravene i afsnit 3.

Rustfrit stål i kontakt med drikkevand skal som udgangspunkt være austenitisk syrefast rustfrit stål med et kromindhold på minimum 16% og et molybdænindhold på minimum 2%.

Hvis vandet har et kloridindhold over 250 mg/l, skal der anvendes ståltyper med et tilsvarende eller højere kromindhold og med et molybdænindhold på minimum 2,5%.

Stålet må maksimalt indeholde 0,03% kulstof ("lavkulstofstål"), hvis materialet skal svejses.

Tabel 1 indeholder de mest anvendte rustfri ståltyper, som overholder ovenstående krav. Materialernes kemiske sammensætning fremgår af tabel 2.

Tabel 1: Rustfri ståltyper i kontakt med vand

Anvendelse	Ståltype hvis materialet <u>ikke</u> skal svejses	Ståltype hvis materialet skal svejses
I kontakt med vand, kloridindhold < 250 mg/l	EN 1.4401	EN 1.4404
I kontakt med vand, kloridindhold > 250 mg/l	EN 1.4436	EN 1.4432

2.1 Særligt for indvindingsboringer

Ved valg af rustfrit stål til indvindingsboringer gør særlige forhold sig gældende, idet der er konstant højt vandflow, lav temperatur og et iltfattigt miljø.

Det betyder, at der for dykpumper gælder følgende:

- Ved et kloridindhold op til 250 mg/l må EN 1.4301 eller bedre anvendes.
- Ved et kloridindhold over 250 mg/l må EN 1.4401 eller bedre anvendes.

Stigrør må udføres i EN 1.4404, selvom kloridindholdet overstiger 250 mg/l.

Erfaringer fra HOFORs boringservice underbygger at disse valg er fornuftige.

2.2 Særligt for vandværker

Pelletkolonner til blødgøring må udføres i austenitisk syrefast rustfrit stål type EN 1.4432, hvor der dimensioneres med et godstykkelsestillæg på 3 mm på den cylindriske del. Alternativt kan pelletkolonner udføres i duplex (austenitisk-ferritisk) syrefast rustfrit stål type EN 1.4462 uden godstykkelsestillæg. Duplex-stål må ikke svejses sammen med andre stål kvaliteter.

Der kan være skærpede krav for andre komponenter, se VAV 101, kravspecifikation for vandværker (ref. 1).

KRAVSPECIFIKATION

Tabel 2: Kemisk sammensætning af de mest anvendte rustfrie stål

Austenitiske standard rustfrie stål						
EN navn	AISI navn	C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Bemærkninger
1.4301	304	≤0,07	17,5-19,5	8,0-10,5	-	Basislegering
1.4307	304L	≤0,03	17,5-19,5	8,0-10,5	-	Lavkulstofstål
1.4306	304L	≤0,03	18,0-20,0	10,0-12,0	-	Lavkulstofstål, mere Cr/Ni
1.4541*	321	≤0,08	17,0-19,0	9,0-12,0	-	Titan-stabiliseret
1.4308	304	≤0,07	18,0-20,0	8,0-11,0	-	Støbelegering
1.4309	304L	≤0,03	18,0-20,0	9,0-12,0	-	Lavkulstofstål, støbelegering

Austenitiske syrefaste rustfrie stål						
EN navn	AISI navn	C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Bemærkninger
1.4401	316	≤0,07	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	Basislegering
1.4404	316L	≤0,03	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	Lavkulstofstål
1.4571*	316Ti	≤0,08	16,5-18,5	10,5-13,5	2,0-2,5	Titan-stabiliseret
1.4408	316	≤0,07	18,0-20,0	9,0-12,0	2,0-2,5	Støbelegering
1.4409	316L	≤0,03	18,0-20,0	9,0-12,0	2,0-2,5	Lavkulstofstål, støbelegering
1.4436	316	≤0,07	16,5-18,5	10,5-13,0	2,5-3,0	Mere Mo end ovenstående
1.4432	316L	≤0,03	16,5-18,5	10,5-13,0	2,5-3,0	Lavkulstofstål og mere Mo
1.4435	316L	≤0,03	17,0-19,0	12,5-15,0	2,5-3,0	Lavkulstofstål og mere Cr/Ni
1.4539	904L	≤0,02	19,0-21,0	24,0-26,0	4,0-5,0	Superaustenitisk stål
1.4547	-	≤0,02	19,5-20,5	17,5-18,5	6,0-7,0	Superaustenitisk stål, 254SMO
1.4529	-	≤0,02	19,0-21,0	24,0-26,0	6,0-7,0	Superaustenitisk stål

Duplex rustfrie stål						
EN navn	AISI navn	C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Bemærkninger
1.4462	318 LN	≤0,03	21,0-23,0	4,5-6,5	2,5-3,5	Lavkulstofstål, 0,10-0,22% N
1.4501	-	≤0,03	24,0-26,0	6,0-8,0	3,0-4,0	Superduplex, 0,20-0,30% N
1.4410	-	≤0,03	24,0-26,0	6,0-8,0	3,0-4,5	Superduplex, 0,24-0,35% N

*De titanstabiliserede stål EN 1.4541 og 1.4571 må anvendes til svejsning, selvom de indeholder mere end 0,03% kulstof. Dette skyldes tilsætningen af titan, som binder det ellers skadelige kulstof ved svejsning (titanstabiliseret stål).

KRAVSPECIFIKATION

3 Rustfrit stål i kontakt med lud (NaOH)

Følgende krav gælder for rustfrit stål i kontakt med lud (NaOH), som tilgår vandbanen i forbindelse med blødgøringsprocessen.

Rustfrit stål i kontakt med koncentreret lud (NaOH) skal som udgangspunkt være austenitisk rustfrit stål med et kromindhold på minimum 16%. Hvis ludkoncentrationen overstiger 28%, skal der anvendes ståltyper med et tilsvarende eller højere kromindhold og med et molybdænindhold på minimum 2,5%.

Stålet må maksimalt indeholde 0,03% kulstof ("lavkulstofstål"), hvis materialet skal svejses.

Tabel 3 indeholder de mest anvendte rustfri ståltyper, som overholder ovenstående krav. Ved dimensionering af udstyret skal der anvendes et korrosionstillæg (ekstra tykkelse af stålet), som anført i tabellen.

Tabel 3: Rustfri ståltyper i kontakt med lud og krævet korrosionstillæg ved dimensionering

Anvendelse	Ståltype hvis materialet <u>ikke</u> skal svejses	Ståltype hvis materialet skal svejses	Korrosionstillæg
I kontakt med 27,65% NaOH	EN 1.4301	EN 1.4306 EN 1.4307	Min. 3 mm
I kontakt med 50% NaOH	EN 1.4436	EN 1.4432 EN 1.4435	Min. 2 mm

4 Referencer

1. HOFOR, *Vandværker VAV 101, Kravspecifikation*
2. HOFOR, *Anlægsarbejder på kildepladser KIL 101, Kravspecifikation*
3. HOFOR, *Materialer i lednings- og kildepladsanlæg VAL 201, Kravspecifikation*

HOFORs kravspecifikationer kan findes her: www.hofor-tekniskdesign.dk

KRAVSPECIFIKATION

Bilag 1: Specifikationer for arbejde med rustfrit stål

Nedenstående specifikationer gælder som udgangspunkt for arbejde med rustfrit stål, som kommer i kontakt med vandbanen.

For krav i forhold til overholdelse af DDS henvises til følgende foldere:

[Arbejde med drikkevand generelt:](#)

[Arbejde med vandledninger:](#)

Materialspecifikationer og -certifikater

Rustfrie materialer skal så vidt muligt overholde kravene i relevante produktstandarder, fx EN 10088-2 eller EN 10028-7 for plader og coils, EN 10088-3 eller EN 10272 for halvfabrikata, stænger og profiler, EN 10312, EN 10357 eller EN 10217-7 for svejste rør og EN 10216-5 for sømløse rør.

Tilsatsmaterialer til svejsning skal være mindst lige så korrosionsbestandige som grundmaterialet og gerne en anelse overlegeret. Tilsatsmaterialer skal være iht. DS/EN ISO 14343.

Kvaliteten af de rustfrie materialer inklusiv tilsatsmaterialer til svejsning skal dokumenteres i form af materialecertifikater type 3.1 i henhold til EN 10204.

Modtagekontrol, håndtering og opbevaring

Ved modtagelse af rustfrie stålmaterialer skal dokumentation for stålqualiteten kontrolleres (indkøbsordre, følgeseddel og materialecertifikat). Det skal ligeledes kontrolleres, at materialet er rent og korrekt emballeret, så forurening, deformation og ridsdannelse undgås.

Rustfrie materialer skal håndteres og opbevares, så deres korrosionsmæssige egenskaber ikke forringes, og stålet må under ingen omstændigheder komme i kontakt med ikke-rustfrit stål eller jernpartikler, slibestøv, svejserøg og lignende. Materialerne skal opbevares tørt og rent. Hvis dette ikke er muligt, skal stålet beskyttes mod vind og vejr og overdækkes.

Svejsning

Udstyr skal så vidt muligt præfremstilles, så opsvejsning på pladsen undgås. Evt. pladssvejsning skal godkendes af byggeledelsen forud for arbejdets igangsættelse.

Svejsning skal udføres i områder, der er adskilt fra arbejde med ikke-rustfrit stål. Værktøj og håndteringsudstyr skal være dedikeret til rustfrit stål, og må ikke være anvendt til ikke-rustfrit stål.

Svejsearbejde skal udføres omhyggeligt, så det sikres at svejsningerne har optimale korrosionsegenskaber og styrke. Svejsearbejdet skal udføres i overensstemmelse med DS/EN 1011-1 og iht. kvalificerede svejseprocedurespecifikationer (WPS) iht. DS/EN ISO 15614-1, DS/EN ISO 15609-serien eller tilsvarende. Alle svejsere skal være certificerede iht. DS 322 eller tilsvarende og svejsearbejdet skal udføres i en kvalitet svarende til niveau B iht. DS/EN 25817.

Svejseprocedurespecifikationer (WPS'er) og -certifikater skal godkendes af HOFOR inden svejsearbejdet igangsættes.

Svejsning skal udføres med tilstrækkelig gasbeskyttelse og ved brug af egnede baggasværktøjer, hvor relevant.

Svejsninger, som ikke efterfølgende kan bejdses på rodsiden, skal overholde niveau B mht. max. iltniveau og anløbning iht. FORCE Rapport 1337-4-da 2016: "Referenceatlas for renhed af baggas i rør af rustfrit stål".

KRAVSPECIFIKATION

Kvalitetssikrings-mappe (KS-mappe)

Under arbejdets udførelse skal der etableres en KS-mappe, som efterfølgende overdrages til HOFOR. KS-mappen skal omfatte:

- As-built dokumentation (tegninger med eventuelle korrektioner/anmærkninger).
- Svejsecertifikater og svejseprocedurespecifikationer (WPS).
- Svejse-log med angivelse af svejse sømme og henvisninger til svejser-ID, WPS, NDT etc.
- NDT-rapporter og tilhørende fotos.
- Materialecertifikater for alle dele i rustfrit stål inkl. tilsatsmaterialer med entydig reference til tegninger og/eller styklister.
- Bejdsecertifikater (se nedenfor).

Ikke-destruktiv prøvning (NDT = Non-Destructive Testing)

Der skal udføres 100% visuel kontrol af alle svejsninger med acceptniveau B iht. DS/EN ISO 5817. Kontrollen skal dokumenteres med kontroljournal og fotos.

Omfang og type af yderligere NDT-kontrol skal specificeres, og kan fx omfatte:

- Endoskopi af utilgængelige svejsninger i rør. Acceptniveau B iht. DS/EN ISO 5817.
- Penetrantprøvning af medieberørte stumpsømme. Acceptniveau 2X iht. DS/EN ISO 23277.
- Radiografi-/røntgenkontrol. Acceptniveau 1 iht. DS/EN ISO 10675-1.

Bejdsning

Alle svejsninger skal bejdses, så stålets korrosionsegenskaber optimeres.

Før behandlingen skal svejsningerne fremstå rene og uden tændsår, svejseprøjt, glødeskal mv. Eventuelle defekter fjernes ved slibning, hvorefter overfladerne rengøres, så de er fri for snavs. Hvis der er fedt- eller olierester på overfladerne, skal de affedtes.

HOFOR foretrækker at alle overflader fremstår ensartet med en mat grålig farve. Udstyret skal derfor så vidt muligt fuldbejdses ved dyppe- eller sprøjtebejdsning. Hvis der anvendes bejdsede plader, rør mv., kan lokal manuel bejdsning af svejsningerne accepteres, fx ved el-bejdsning eller ved brug af bejdsepasta.

Bejdsning skal udføres med dertil egnede produkter fra anerkendte leverandører, og fabrikantens anvisninger og sikkerhedsforskrifter skal nøje overholdes. Bejdsetiden skal afpasses til den aktuelle omgivelsestemperatur. Efter bejdsning skal overfladen være glat og metallisk ren uden anløbningsfarve eller anden misfarvning. Alle rester af bejdsemidlet skal fjernes fuldstændig ved grundig afvaskning eller spuling med rent vand og/eller Pripan P3-sæbevand. Der skal udarbejdes bejdse-/passiveringscertifikat med angivelse af bejdse- og passiveringsprodukter, fremgangsmåde, omgivelsestemperatur, bejdsetid, rensning mv.

Emballering og opbevaring

Rustfrit udstyr skal emballeres i tætsluttende ren plast, der kan holde til transport og opbevaring. Af hensyn til hygiejnen skal alle åbne rørender, studse, luger, dæksler og lign. være forsvarligt tildækkede med robuste og rene materialer.

Idriftssættelse

I forbindelse med idriftssættelsen af udstyret skal der udarbejdes et prøveprogram for udtagning af vandprøver til analyse. Prøveprogrammets omfang og indhold skal aftales med HOFOR Drift Vandkvalitet. Prøveprogrammet vil typisk indeholde analyser for mikrobiologisk eftervækst, miljøfremmede stoffer samt evt. organoleptiske parametre (smag, lugt og farve).