

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 rustfrie stållegeringer tilføjet. Krav til svejsearbejde revideret og flyttet til bilag 1.
3	27.08.2019	Krav i forhold til klorid-indhold opdateret
4	29.05.2021	Generel revision og omskrivning. Specifikke krav til dykpumper tilføjet i afsnit 2.1. Ekstra krav tilføjet i bilag 1.
5	18.05.2022	Minimumskrav mht. stållegeringer i kontakt med drikkevand ændret, så det baseres på stålenes såkaldte PREN-værdi (se afsnit 1). Flere typer duplex-stål inkluderet i tabel 2.
6	03.05.2023	Brug af EN 1.4432 til vand med over 250 mg/l klorid slettet og erstattet med krav om ansøgning og korrosionsvurdering i afsnit 2. Særregler i afsnit 2.2 for blødgøringskolonner til vandværker slettet og erstattet af henvisning til VAV 101. Krav til rustfrit stål i kontakt med 50% lud ændret fra EN 1.4435/4432 til 1.4404 og temperatur på maks 65°C tilføjet i afsnit 3.

KRAVSPECIFIKATION

Indholdsfortegnelse

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

Rustfrit 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 svejsekvalitet 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 rustfrie ståltyper ("legeringer") fremgår af afsnit 2 for stål i kontakt med drikkevand og af afsnit 3 for kontakt med koncentreret lud (NaOH). I afsnit 2 stilles der minimumskrav til stålenes såkaldte PREN-værdi (PREN = Pitting Resistance Equivalent Number), som beregnes ud fra legeringernes indhold af hhv. krom (Cr), molybdæn (Mo) og nitrogen (N) som følger:

$$\text{PREN} = \%Cr + 3,3 \times \%Mo + 16 \times \%N$$

Jo højere PREN-værdi, desto bedre korrosionsbestandighed mht. grubetæring og spaltekorrosion, som er de mest udbredte korrosionsformer i vandige miljøer. Bemærk at HOFOR anvender det minimale indhold af legeringselementerne iht. DS/EN 10088-1 (ref. 1) ved beregningen.

Kravene i afsnit 2 er minimumskrav, og rustfrie ståltyper med højere PREN-værdi må gerne anvendes, dog må duplexstål (med austenitisk-ferritisk struktur) ikke anvendes til svejste konstruktioner uden forudgående aftale, medmindre dette er specificeret. Der kræves ikke ansøgning til HOFORs Materialeudvalg for vand, hvis disse krav overholdes. Hvis rustfrie ståltyper med lavere PREN-værdi ønskes anvendt, kræves ansøgning til HOFORs Materialeudvalg for vand.

For rustfrit stål i kontakt med koncentreret lud skal de specificerede ståltyper i afsnit 3 anvendes. Hvis andre ståltyper ønskes anvendt, kræves ansøgning til HOFORs Materialeudvalg for vand.

Der skal så vidt muligt leveres materialecertifikater type 3.1 iht. EN 10204 for alle materialer i rustfrit stål, som kommer i kontakt med vandbanen. For seriefremstillede komponenter (fx pumper og ventiler) kan fabrikant-/leverandørerklæringer 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. 2).
- Kravspecifikation for anlægsarbejder på kildepladser, KIL 101 (ref. 3).
- Kravspecifikation for materialer i lednings- og kildepladsanlæg, VAL 201 (ref. 4).

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.

Rustfrit stål i kontakt med drikkevand med kloridindhold op til 250 mg/l skal som udgangspunkt være austenitisk med en PREN-værdi ≥ 23 . Ved højere kloridindhold kræves en kvalificeret uvildig korrosionsvurdering og en ansøgning til materialeudvalget for vand.

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

Der må anvendes duplex (austenitisk-ferritisk) rustfrit stål med tilsvarende eller højere PREN-værdi til pumpe-, ventildele og lignende, som ikke skal svejses. Der må kun anvendes rustfrit duplex-stål til svejste konstruktioner efter aftale, medmindre dette er specificeret i denne eller andre kravspecifikationer. Duplex-stål må aldrig svejses sammen med austenitisk stål.

Tabel 2 indeholder de mest anvendte austenitiske rustfrie ståltyper til drikkevand, som overholder ovenstående krav. Materialernes væsentligste legeringselementer fremgår af tabel 3.

Tabel 2: Mest anvendte austenitiske rustfrie ståltyper i kontakt med vand

Anvendelse	Ståltype hvis materialet <u>ikke</u> skal svejses	Ståltype hvis materialet skal svejses	PREN
I kontakt med vand, kloridindhold < 250 mg/l	EN 1.4401	EN 1.4404	23

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 må anvendes rustfrie stål som følger:

- Ved et kloridindhold op til 250 mg/l må rustfrit stål med PREN ≥ 17 anvendes, fx EN 1.4301.
- Ved et kloridindhold over 250 mg/l må rustfrit stål med PREN ≥ 23 anvendes, fx EN 1.4401.

Svejste stigrør skal udføres i EN 1.4404 uanset kloridindholdet.

Erfaringer fra HOFORs boringsservice underbygger at disse valg er fornuftige.

2.2 Særligt for vandværker

Der henvises til VAV 101 (ref. 2).

KRAVSPECIFIKATION

Tabel 3: Væsentligste legeringselementer og PREN-værdier for de mest anvendte rustfrie stål

Austenitiske standard rustfrie stål								
EN*	AISI*	C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	N (%)	PREN	Bemærkninger
1.4301	304	≤0,07	17,5-19,5	8,0-10,5	-	≤0,10	18	Basislegering
1.4307	304L	≤0,03	17,5-19,5	8,0-10,5	-	≤0,10	18	Lavkulstofstål
1.4306	304L	≤0,03	18,0-20,0	10,0-12,0	-	≤0,10	18	Lavkulstofstål
1.4541 ¹	321	≤0,08	17,0-19,0	9,0-12,0	-	-	17	Titan-stabiliseret
1.4308	304	≤0,07	18,0-20,0	8,0-11,0	-	-	18	Støbelegering
1.4309	304L	≤0,03	18,0-20,0	9,0-12,0	-	≤0,20	18	Lavkulstofstål, støbelegering

Austenitiske syrefaste rustfrie stål								
EN*	AISI*	C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	N (%)	PREN	Bemærkninger
1.4401	316	≤0,07	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	≤0,10	23	Basislegering
1.4404	316L	≤0,03	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	≤0,10	23	Lavkulstofstål
1.4571 ¹	316Ti	≤0,08	16,5-18,5	10,5-13,5	2,0-2,5	-	23	Titan-stabiliseret
1.4408	316	≤0,07	18,0-20,0	9,0-12,0	2,0-2,5	-	25	Støbelegering
1.4409	316L	≤0,03	18,0-20,0	9,0-12,0	2,0-2,5	≤0,20	25	Lavkulstofstål, støbelegering
1.4436	316	≤0,07	16,5-18,5	10,5-13,0	2,5-3,0	≤0,10	25	Lavkulstofstål
1.4432	316L	≤0,03	16,5-18,5	10,5-13,0	2,5-3,0	≤0,10	25	Lavkulstofstål
1.4435	316L	≤0,03	17,0-19,0	12,5-15,0	2,5-3,0	≤0,10	25	Lavkulstofstål
1.4539	904L	≤0,02	19,0-21,0	24,0-26,0	4,0-5,0	≤0,15	32	Superaustenitisk, lavkulstofstål
1.4547 ²	-	≤0,02	19,5-20,5	17,5-18,5	6,0-7,0	0,18-0,25	42	Superaustenitisk, lavkulstofstål
1.4529	926	≤0,02	19,0-21,0	24,0-26,0	6,0-7,0	0,15-0,25	42	Superaustenitisk, lavkulstofstål

Duplex (austenitisk-ferritisk) rustfrie stål								
EN*	AISI*	C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	N (%)	PREN	Bemærkninger
1.4362	-	≤0,03	22,0-24,5	3,5-5,5	0,1-0,6	0,05-0,10	23	Lavkulstofstål
1.4162	-	≤0,04	21,0-22,0	1,35-1,9	0,1-0,8	0,20-0,25	25	
1.4460	329	≤0,05	25,0-28,0	4,5-6,5	1,3-2,0	0,05-0,20	30	
1.4662	-	≤0,03	23,0-25,0	3,0-4,5	1,0-2,0	0,20-0,30	30	Lavkulstofstål
1.4462 ³	318LN	≤0,03	21,0-23,0	4,5-6,5	2,5-3,5	0,10-0,22	31	Lavkulstofstål
1.4501	-	≤0,03	24,0-26,0	6,0-8,0	3,0-4,0	0,20-0,30	37	Superduplex, lavkulstofstål
1.4410	-	≤0,03	24,0-26,0	6,0-8,0	3,0-4,5	0,24-0,35	38	Superduplex, lavkulstofstål

*EN er den mest anvendte europæiske stålbetegnelse, mens AISI er en gammel amerikansk stålbetegnelse.

¹De 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).

²EN 1.4547 kaldes også 254 SMO

³EN 1.4462 kaldes også SAF 2205

KRAVSPECIFIKATION

3 Rustfrit stål i kontakt med lud (NaOH)

Rustfrit stål i kontakt med koncentreret lud (NaOH) som tilgår vandbanen, skal som udgangspunkt være austenitisk rustfrit stål med en PREN-værdi ≥ 23 . være iht. tabel 4. Ved dimensionering af udstyret skal der anvendes et korrosionstillæg (ekstra tykkelse af stålet), som anført i tabellen.

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

Der henvises til VAV 101 (ref. 2) for yderligere krav.

Materialernes væsentligste legeringselementer fremgår af tabel 3.

Tabel 4: Mest anvendte austenitiske rustfrie ståltyper i kontakt med lud

Anvendelse	Ståltype hvis materialet <u>ikke</u> skal svejses	Ståltype hvis materialet skal svejses	PREN	Korrosionstillæg
Påfyldningssystem max. 50% NaOH/ 65°C	EN 1.4401	EN 1.4404	23	Ingen
Ludtanke Max. 33% NaOH / 65°C	EN 1.4401	EN 1.4404	23	Min. 2 mm

4 Referencer

1. DS/EN 10088-1, 3. udgave, 2014-10-28, *Rustfrie stål – Del 1: Liste over rustfrie stål*
2. HOFOR, *Vandværker VAV 101, Kravspecifikation*
3. HOFOR, *Anlægsarbejder på kildepladser KIL 101, Kravspecifikation*
4. HOFOR, *Materialer i lednings- og kildepladsanlæg VAL 201, Kravspecifikation*

HOFORs kravspecifikationer kan findes her: [HOFOR tekniskdesign](#)

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](#)

Materialer specifikationer 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 stål kvaliteten kontrolleres (indkøbsordre, følgesedel 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 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 ulegeret stål. Værktøj og håndteringsudstyr skal være dedikeret til rustfrit stål, og må ikke være anvendt til ulegeret stål.

Svejsarbejde skal udføres omhyggeligt, så det sikres at svejsningerne har optimale korrosionsegenskaber og styrke. Svejsarbejdet 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 svejsarbejdet skal udføres i en kvalitet svarende til niveau B iht. DS/EN 25817.

Svejseprocedurespecifikationer (WPS'er) og -certifikater skal godkendes af HOFOR inden svejsarbejdet 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).
- Svejecertifikater og svejseprocedurespecifikationer (WPS).
- Svejse-log med angivelse af svejseømme 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).