

NOTAT: Konklusjoner vedrørende kjetting

Dette notatet omhandler forhold omkring kjettingbrudd ved oppdrettsanlegg. RKA har tatt initiativ til å få undersøkt kjetting som har gått til brudd, og har sammenlignet funnene med råd som RKA har innhentet fra metallurg, og med informasjon i dokument som er presentert som materialsertifikat for angjeldende kjetting.

Følgende funn er gjort:

- Den undersøkte kjettingen har hardhets- og styrkeverdier langt over det som er anbefalt.
- Materialsertifikatet mangler informasjon om hardhet, og har ellers oppgitt bruddstyrke som ligger påfallende langt under det analysen av kjettingen finner.
- Det er ikke dokumentert at den leverte kjetting stammer fra den batch som sertifikatet gjelder for.

Det er ikke tidligere gitt anbefalinger til oppdretter om hvilken type kjetting de må unngå. Det burde være et ansvar for kjettingleverandør ikke å selge kjetting som er uegnet for oppdretters formål. RKA er av den oppfatning at kjettingleverandører så langt har manglet kunnskap eller vilje til å ta det ansvaret.

Hva viser analyse av kjetting?

Force Technology i Danmark har fått oversendt ødelagt kjettingledd fra oppdrettsanlegg.

Kjettingleddet er undersøkt visuelt, det er scannet i elektronmikroskop, det er laget slip for å undersøke mikrostrukturen, og hardheten er målt.

Bruddet er vinkelrett på stålstangen, det ses ingen plastisk deformasjon i form av innsnevring eller forlengelse. Stort sett hele bruddflaten viser et interkrystallinsk bruddforløp. Det er ikke funnet sink i bruddet. Materialstrukturen er anløpt martensitt, som er en herdestruktur.

Hardheten er målt til 383 HV, og i henhold til standard skal det tilsvare en bruddstyrke på 1200 MPa (MegaPascal=1000 kNewton/m² eller ca 100 tonn pr. m²).

Interkrystallinsk brudd tilsier at bruddet er oppstått som følge av enten hydrogen i stålet, sinkinntrengning eller hydrogenindusert spenningskorrosjon.

Sinkinntrengning kan ikke utelukkes, men er mindre sannsynlig siden det ikke er funnet sink i bruddflaten. Hvis bruddet hadde skyldtes hydrogenindusert spenningskorrosjon burde bruddflaten hatt et annet mønster.

Studie av bruddflaten leder til konklusjonen at bruddet mest sannsynlig har oppstått etter varmforsinkingen, som et forsinket brudd.

Anbefalingen er å benytte stål av lavere styrkeklasse. Det vil også minske risikoen for brudd som følge av sinkinntrengning eller hydrogenindusert spenningskorrosjon.

Hvordan stemmer dette med de anbefalinger vi har fått i rapporten fra Force Technology i Sandvika?

I tillegg til anbefalingen om å få dokumentasjon av produksjonsmetoder og materialsertifikater, så gis det en klar anbefaling om at karbonstål med katodisk beskyttelse (galvanisering) som skal brukes under vann bør ha en flytegrense under 550 MPa og anbefalt hardhet under 248 HV. Hardheten må ikke under noen omstendighet være over 350 HV.

Hardheten på den ødelagte kjettingen var godt over øvre hardhetsgrense.

Vi vet ikke flytegrensen på kjettingen (bare bruddgrense oppgitt), men det er grunn til å tro at denne typen stål ikke vil ha en definert flytegrense, og at den da pr. definisjon er 80% av bruddgrensen. I så fall snakker vi om 960 MPa. Det kan trygt konkluderes med at flytegrensen trolig er langt over anbefalt verdi.

Det vil med andre ord si at hvis oppdrettere begynner å følge anbefalingene fra Force, så vil den aktuelle typen kjetting ikke bli brukt.

Hvordan stemmer dette med materialsertifikat?

RKA har fått seg forelagt et materialsertifikat, datert 10. oktober 2007, utstedt i China, og gjeldende for en 16 mm varmgalvanisert langlenket kjetting. Sertifikatet oppgir at det er i samsvar med en standard (3.1B acc. EN 10204) som gikk ut i 2005. (Følgende funnet på nettet datert 24. oktober 2005: Please be informed that in recent change of EN 10204:2004, the earlier called type 3.1.B certificate is now type 3.1 certificate.)

Sertifikatet oppgir kjemisk sammensetning, bruddgrense og forlengelse, men har ingen opplysninger om hardhet, flytegrense eller slagseighet. Materialet har lavt karboninnhold (0.25% C).

Det er utført strekktest på 5 lenker, og RKA tolker informasjonen i sertifikatet dit hen at strekktesten har vært utført med 50% av bruddlast. Det ser ut til at det er produsert 5200 meter kjetting i samme batch. "Number of links tested" er oppgitt til 5. Det er ikke oppgitt om det menes at det er testet 5 lenker ad gangen i flere tester, eller om det er testet 5 lenker totalt. I sistnevnte tilfelle vil i størrelsesorden 0.1 promille av lenkene være testet. Ny NS9415 krever testing til 62.5% av bruddlast etter korrosjonsbeskyttelsen. Det fremgår ikke av sertifikatet om strekktesten er foretatt etter galvanisering.

En ordreliste datert 3. desember 2008 er vedlagt, og viser at det er levert 3900 meter galvanisert 16 mm kjetting.

Sertifikat og ordreliste skal tilhøre den kjettingen som Force Technology Danmark har undersøkt. Hvis det er riktig, så er det overraskende at angitt bruddgrense er så forskjellig. Sertifikatet angir 666 MPa, mens Force anslår 1200 MPa basert på hardhetsmåling og ISO-standard. Selv om sistnevnte metode sikkert ikke er veldig nøyaktig så er et forholdstall på 0.56 litt mer enn naturlig unøyaktighet. Materialsertifikatet oppgir en forlengelse på 14%. Det skulle tilsi at materialet ikke er helt sprøtt. Force rapporterer at det ikke ses noen plastisk deformasjon i form av innsnevring eller forlengelse i forbindelse med bruddet.

Ordrelisten sier at det er levert 3900 meter kjetting, men batchnummer er ikke oppgitt. Den totale lengden i batchen var 5200 meter. Det er oppgitt en bruddlast på 25 T, mens sertifikatet sier 270 kN. Den forskjellen er ikke vesentlig ($25 T = 245 \text{ kN}$).

Spørsmålet er om man kan stole på at leverandøren har så godt system på sitt lager at man kan være sikker på at sertifikatet som ble utstedt i China i oktober 2007 tilhører den kjettingen som ble levert i Trondheim 14 måneder senere, og som er undersøkt i Danmark i høst. Den store forskjellen i bruddgrense gir grunn til å stille spørsmål.

Både materialsertifikat og ordreliste sier at produktene er i samsvar med NS9415. Tidligere utgave av NS9415 hadde henvisninger til andre standarder, men ingen anbefalinger utover å si at kjettingen skal være galvanisert. Ordrelisten sier at bruk av utstyr er beskrevet i brukerhåndbok. RKA har ikke sett brukerhåndboken, og vet ikke om den inneholder begrensninger for bruk av kjettingen. Det burde den gjøre.

Definisjoner og begreper:

flytegrense

(yield strength - Streckgrenze f)

Flytegrensen er den minste spenning som gir en tydelig og varig deformasjon i materialet. Den nærmere definisjon er avhengig av materialtype og prøvingsutstyr.

hardhet

(hardness - Härte f)

En egenskap hos materialer som uttrykker deformasjon ved påvirkning av ytre krefter. Hardhet hos metalliske materialer oppgis vanligvis med hardhetstall med samtidig angivelse av målemetode som Brinell, Rockwell eller Vickers. Se også Mohs' hardhetskala.

vickershardhet

(vickers hardness - Vickershärte f)

Mål for hardhet hvor prøvingen foregår i en prøvemaskin der en diamantpyramide med 136° toppvinkel trykkes inn i en plan flate på prøvestykket. Vickershardhet er definert som N last per mm^2 inntrykket areal, men angis ubenevnt som HV eller DPH (diamond pyramid hardness) og VPN (vickers pyramid number).

lavkarbonstål

(dead mild steel, dead soft steel, low carbon steel (US) - weicher Stahl m)

Stål med inntil ca. 0,3 % karbon uten andre vesentlige legeringsbestanddeler. Benyttes til fremstilling av alminnelige valseprodukter.

martensitt

(martensite - Martensit m)

Metastabil strukturbestanddel i stål som er bråkjølt fra austenittområdet, og som derfor ikke opptrer i likevektsdiagrammet for jern-karbon. Martensitt dannes uten materialtransport ved diffusjon og bare under en viss temperatur MS_3 . I et polert og etset preparat har martensitten et karakteristisk nåleformet utsende. Den er lysetsende i uanløpt tilstand, men etser mørkt allerede etter anløping ved

relativt lav temperatur hvor nedbrytning av martensitt til karbider tar til. Martensitt er det hardeste omvandlingsprodukt av austenitt, med en hardhet som hovedsakelig bare avhenger av stålets karboninnhold, og lite av andre legeringsemner. Spesielle former for martensitt er ribbemartensitt, blandmartensitt, platemartensitt og flakmartensitt. Ved avkjøling av andre metaller som Ti, Zr, Li, Na, Au, Co, In, U og Hg i ren eller levert tilstand forekommer lignende faseovergangs fenomener som også kalles martensittdannning. Det er også vanlig å omtale det tilsvarende materialet som austenitt. Vanlig bestanddel i godt eggverktøy.