



# Kabler til hengebruer

## Tekniske spesifikasjoner

RETNINGSLINJE

Håndbok R410



### **Statens vegvesens håndbokserie får nye nummer fra 1. juni 2014.**

Håndbøkene i Statens vegvesen er fra juni 2014 inndelt i 10 hovedtema der hvert tema får sin unike 100-nummerserie. Under hvert hovedtema er håndbøkene, som før, gruppert etter normaler, retningslinjer og veiledninger. Håndbøkene får oppdaterte kryssreferanser til de andre håndbøkene i samsvar med det nye nummereringssystemet.

Se håndboksidene ([www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker](http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker)) for mer informasjon om det nye nummereringssystemet og dokument-speil som viser oversikt over nye og gamle nummer.

Det faglige innholdet er uendret. Det er kun håndboknummeret på forsiden og kryssreferanser som er endret. Nye håndboknummer influerer ikke på gyldigheten av separate kravdokumenter, som for eksempel rundskriv, som er tilknyttet håndbøkene med den gamle nummerserien.

Denne håndboken erstatter etter omnummereringen håndbok 122, Kabler til hengebruer - Tekniske spesifikasjoner, 2008.

**Vegdirektoratet, juni 2014**



## Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i Statens vegvesens håndbokserie. Vegdirektoratet har ansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Denne håndboka finnes kun digitalt (PDF) på Statens vegvesens nettsider, [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no).

Statens vegvesens håndbøker utgis på to nivåer:

**Nivå 1:** • **Oransje** eller • **grønn** fargekode på omslaget – omfatter *normal* (oransje farge) og *retningslinje* (grønn farge) godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

**Nivå 2:** • **Blå** fargekode på omslaget – omfatter *veiledning* godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

### Kabler til hengebruer.

Tekniske spesifikasjoner  
Nr. R410 i Statens vegvesens håndbokserie

ISBN: 978-82-7207-606-0

## Forord

Disse retningslinjer er en oppdatert utgave av Håndbok-R410: KABLER TIL HENGEBRUER OG SKRÅSTAGBRUER, Tekniske spesifikasjoner, januar 1999. De kapitler som omfatter andre kabeltyper til skråstagbruer enn spiralslåtte kabler, er tatt ut av denne versjon. Håndbokens tittel er derfor endret til "Håndbok-R410: KABLER TIL HENGEBRUER, Tekniske spesifikasjoner". Håndboken gjelder også for spiralslåtte kabler (inkl. lukkede kabler) til andre brutyper der kabeltypen er planlagt brukt.

Håndboken er redigert tilsvarende Prosesskode-2, Standard arbeidsbeskrivelse for bru-er og kaier 2007, Hovedprosess 8, Håndbok-R762, ("Prosesskoden") og går inn som en del av denne.

Håndboken beskriver tekniske leveringsbetingelser for kabler til hengebruer, og inngår i Prosesskoden som Prosess 85.6 Levering av brukabler. Håndboken behandler ikke montasje av brukabler.

For at håndboken skal kunne benyttes som et enkeltstående dokument, er det først i håndboken medtatt et kapittel som heter Generelt.

Prosess 85 fra Prosesskoden er ikke gyldig for kabelleveranser.

Håndboken er beregnet på leverandører og produsenter av kabler, saksbehandlere i Vegdirektoratet og i regionene samt vegvesenets kontrollører og konsulenter.

Håndboken foreligger også i engelsk oversettelse, da kabelproduksjonen av de aktuelle typer fortrinnsvis skjer i utlandet. Hvis ikke annet er avtalt, er den norske teksten bindende.

Aktuelle norske og utenlandske standarder er listet opp i kapittelet Referanser og henvist til i teksten, med referansenummer i hakeparentes.

Retningslinjene gjelder foran norsk og utenlandsk standard.

Statens vegvesen Vegdirektoratet, juni 2008

Ansvarlig avdeling: Teknologivdelingen, Bruseksjonen



# Innhold

<b>Generelt</b>	<b>7</b>
<b>Prosess 85.6 Levering av kabler</b>	<b>9</b>
<b>Prosess 85.61 Tråder og trådmateriale</b>	<b>11</b>
<b>Prosess 85.62 Kabler</b>	<b>19</b>
Prosess 85.621 Spiralslåtte kabler	19
Prosess 85.622 Parallelltrådkabler med utvendig vikling	31
<b>Prosess 85.63 Kabelhoder</b>	<b>37</b>
Prosess 85.631 Kabelhoder av støpestål	37
Prosess 85.632 Kabelhoder av smidd stål	47
Prosess 85.633 Kabelhoder av valset stål	57
<b>Prosess 85.64 Forankring av kabel i kabelhode</b>	<b>67</b>
Prosess 85.641 Utstøping med metall	67
Prosess 85.642 Utstøping med kunststoff	72
Prosess 85.643 Annen forankring	77
<b>Prosess 85.65 Transport</b>	<b>79</b>
Referanser	81
Tekniske data for kabelløp	85





# Generelt

## Prosesskoden

Håndbok-R410 ("Håndboken") inngår som en del av PROSESSKODE-2, Standard arbeids-beskrivelse for bruer og kaier 2007, Hovedprosess 8, Håndbok-R762, ("Prosess koden").

Prosesskoden er et teknisk beskrivelsesdokument som gir ensartede regler for utførelse, kontroll og oppmåling av samme arbeid/leveranse fra anlegg til anlegg. Prosesskoden letter byggherrens arbeide med å utarbeide konkurransegrunnlag, og gjør det enklere for leverandøren å prissette arbeidene, fordi omfang og krav til de enkelte arbeider/leveranser vil være likt fra konkurransegrunnlag til konkurransegrunnlag og være angitt i kjente standardiserte tekster.

Beslektede arbeider er i Prosesskoden samlet i 10 grupper kalt Hovedprosesser. Håndboken går inn under Hovedprosess 8: Bruer og Kaier.

Prosesskoden er hierarkisk bygget opp etter desimalsystemet. Tekster angitt på et høyt nivå (lite antall sifre) gjelder også for underordnede delprosesser (større antall sifre), dersom ikke ny tekst om samme emne er angitt i den underordnede delprosessen. Eksempel: For prosess 85.61 gjelder også alle bestemmelser gitt i prosess 85.6, samt generelle bestemmelser.

For å lette oversikten er de spesifiserende tekstene bygget opp etter følgende generelle disposisjon:

- a) Omfang
- b) Materialer
- c) Utførelse
- d) Toleranser
- e) Prøving, kontroll
- x) Mengderegler

## Kvalitetssikring

Leverandøren skal ha et implementert og dokumentert kvalitetssystem basert på NS-EN ISO 9001 [1].



## Prosess 85.6 Levering av kabler

### a) Omfang

Prosessen omfatter alle materialer og arbeider i forbindelse med levering av tråder til kabler eller ferdig produserte kabler m/hoder for hengebruer og skråstagbruer. Trådene/kablene skal leveres på anvist leveringssted.

### b) Materialer

Alle materialer skal være i samsvar med de standarder som er angitt under prosessene eller i den spesielle beskrivelsen.

### c) Utførelse

All utførelse skal være i samsvar med de standarder som er angitt under prosessene eller i den spesielle beskrivelsen.

Arbeidet skal foregå i nær kontakt og samarbeid med byggherren. Leverandøren plikter å holde byggherren underrettet om arbeidets gang og skal orientere om eventuelle problemer under arbeidet som kan ha betydning for produktets kvalitet eller leverings-tidspunkt.

Ferdig produserte kabler skal være merket med skilt som angir:

- Utførendes navn
- Kabellengde
- Nominelt stålareal
- Identitetsnummer
- Navn på leverandørens kontrollansvarlige

Identitetsnummeret skal være tydelig og varig markert på kabelhodet.

### d) Toleranser

Som angitt i den spesielle beskrivelsen eller under de enkelte prosesser.

### e) Prøving, kontroll

Leverandøren skal gjennomføre all nødvendig kontroll i henhold til kravene angitt for de enkelte prosesser. I tillegg til leverandørens egenkontroll, har byggherren rett til å kontrollere alle sider ved produksjonen, også hos underleverandører.

Byggherrens kontroll erstatter på ingen måte den kontroll som leverandøren plikter å utføre og dokumentere i henhold til kontrakten.

Dersom byggherren forlanger det, skal samtlige kabelkomponenter legges fram for kontroll etter hvert som de produseres. Komponentene legges fram på en slik måte at de enkelte operasjoner i produksjonen slik som f.eks. valsing/trekking av tråd, overflatebehandling, spinning, produksjon av hoder, produksjon/kontroll av spinnemiddel, utmåling av kabler, utstøping av kabelhoder o.l. kan kontrolleres. Leverandørens kontroll skal kunne følges og prøveprotokollen stilles til rådighet for byggherrens kontrollør.

Uttak av prøver og selve prøvingen skal skje i henhold til kontraktens krav. Av kvalitetsplanen skal det klart framgå hva leverandøren skal utføre av prøver, og hvilke prøver som skal bevitnes av byggherren. Det kreves sporbarhet for alle materialer.

Byggherren vil så vidt råd er, innrette sitt kontrollarbeid slik at produksjonen heftes minst mulig. Kontrollen forutsettes dog utført i normal arbeidstid, og konsekvensene av leverandørens tidstap eller ulemper på grunn av kontrollen skal inkluderes i tilbudet. Byggherren skal underrettes når kontroll, som byggherren skal foreta eller bevitne, skal foretas. Leverandøren plikter fritt å stille nødvendig arbeidshjelp og kraner for sjauing og snuing etc., samt målehjelp til disposisjon for byggherren. Han plikter også å sørge for trygg arbeidsplattform for kontrolløren der dette er nødvendig.

Byggherren forbeholder seg retten til å ikke akseptere produktet dersom det ikke utføres i overensstemmelse med spesifikasjonen.

Etter hvert som de beskrevne prøver er utført, sender leverandøren en bekreftet kopi av prøveprotokollen til byggherren. Etter at kablene er levert, sendes en ordnet samling av dokumentasjonen som sluttdokumentasjon. All prøving skal dokumenteres ved sporbare rapporter.

#### **x) Mengderegler**

Mengden måles som netto vekt av ferdig produserte kabler med hoder, eventuelt som netto vekt av tråd eller tau, levert på byggeplassen.

Enhet: tonn.

# Prosess 85.61

## Tråder og trådmateriale

### a) Omfang

Prosessen omfatter alle ledd i trådframstillingen inkludert stålsmelting, varmvalsing, kaldtrekking og kaldvalsing samt korrosjonsbeskyttelse av trådene før sammenstilling til kabler.

Forventet antall og vekt av trådringer skal oppgis i tilbudet.

### b) Materialer

#### Generelt

Trådene skal normalt lages av ulegert karbonstål i henhold til standard NS-EN 10016-4 [2]. Mikrolegert stål tillates brukt til runde tråder og til profiltråder som trekkes. Mikrolegert stål tillates ikke brukt til profiltråder som vales. Spesiell varmebehandling krever godkjenning av byggherren. Materialspesifikasjon for trådene skal oppgis i tilbudet.

Stålet skal etter varmvalsing til rundtråd og varmebehandling ved "patentering" for å gjøre stålet optimalt egnet for kalddeformasjon, enten bli kaldtrukket eller kaldvalset til endelig form og fasthet.

Den varmvalsete rundtråd er i det følgende kalt "valsetråd" og den kalddeformerte tråd er i det følgende kalt "kabeltråd".

#### Kjemisk sammensetning av stålet

Stålet skal ha lavest mulig innhold av forurensningselementer. Det skal ikke være anrikning av kopper (Cu) eller tinn (Sn) ved ståloverflaten som kan gjøre stålet ømfintlig for varmsprekking. Stålet skal ha minst mulig lokal anrikning (seigring) av karbon (C), svovel (S) og fosfor (P). Stålet skal tilfredsstillende de kravene som er satt i NS-EN 10016-4 [2], basert på en testing i henhold til NS-EN 10016-1 [2]. Ønskes det for de største tråddimensjoner brukt stål med noe forhøyet innhold av mangan (Mn) eller tilsatt andre legeringselementer, skal dette avtales spesielt.

#### Nominell strekkfasthet

Trådenes nominelle strekkfasthet etter forsinking skal være 1570 MPa.

Toleranse: + 260 MPa  
- 0 MPa

Strekkprøving av tråd utføres i henhold til NS-EN-10002-1 [3].

Dersom den spesielle beskrivelsen tillater benyttet stål med høyere strekkfasthet enn 1570 MPa, vil det bli stilt samme krav til trådenes duktilitet.

Krav til bøye- og torsjonsverdier for forsinkede rundtråder				
Tråd- dimensjon	Rundtråder			
	Bøyning		Torsjon	
Diameter (mm)	Bøyeradius (mm)	Antall bøyning	Prøvelengde (mm)	Antall vridning
$3,0 \leq d < 3,1$	10	11	100 x d	13
$3,1 \leq d < 3,2$	10	11	100 x d	13
$3,2 \leq d < 3,3$	10	10	100 x d	13
$3,3 \leq d < 3,4$	10	10	100 x d	13
$3,4 \leq d < 3,5$	10	9	100 x d	13
$3,5 \leq d < 3,6$	10	9	100 x d	13
$3,6 \leq d < 3,7$	10	8	100 x d	13
$3,7 \leq d < 3,8$	10	8	100 x d	12
$3,8 \leq d < 3,9$	10	7	100 x d	12
$3,9 \leq d < 4,0$	10	7	100 x d	12
$4,0 \leq d < 4,2$	10	6	100 x d	10
$4,2 \leq d < 4,4$	15	7	100 x d	10
$4,4 \leq d < 4,6$	15	7	100 x d	10
$4,6 \leq d < 4,8$	15	6	100 x d	10
$4,8 \leq d < 5,0$	15	6	100 x d	9
$5,0 \leq d < 5,2$	15	5	100 x d	9
$5,2 \leq d < 5,4$	15	4	100 x d	8
$5,4 \leq d < 5,6$	15	4	100 x d	8
$5,6 \leq d < 5,8$	15	4	100 x d	8
$5,8 \leq d < 6,0$	15	4	100 x d	8
$6,0 \leq d < 6,5$	20	4	100 x d	7
$6,5 \leq d < 7,0$	20	4	100 x d	6

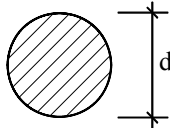
Tabell 1a

Krav til bøye- og torsjonsverdier for forsinkede Z- tråder					
Bøyning			Torsjon		
Tråddimensjon Høyde (mm)	Bøyeradius (mm)	Antall bøyning	Tråddimensjon høyde (mm)	Prøve lengde (mm)	Antall vridninger
$3,0 \leq h < 3,5$	7,5	7	$2,00 \leq h < 4,00$	100 x h	12
$3,5 \leq h < 4,0$	7,5	5	$4,00 \leq h < 5,05$	100 x h	11
$4,0 \leq h < 4,5$	10	6	$5,05 \leq h < 5,60$	500	10
$4,5 \leq h < 5,0$	10	5	$5,60 \leq h < 6,10$	500	9
$5,0 \leq h < 5,5$	15	8	$6,10 \leq h < 6,60$	500	7
$5,5 \leq h < 6,0$	15	7	$6,60 \leq h < 7,10$	500	6
$6,0 \leq h < 6,5$	15	5			
$6,5 \leq h < 7,0$	15	5			

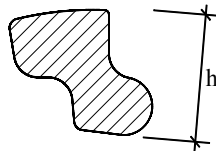
Tabell 1b

Definisjon av d og h:

Rundtråd:



Z-tråd:



### Bøye- og torsjonsprøving

Minimumskravene til bøye- og torsjonsprøvingen av forsinkede rundtråder og Z-tråder framgår av Tabell 1a og 1b. For tråddimensjoner mindre enn de oppgitte gjelder NS-EN 10264-3 [4].

Bøyeprøvene skal bøyes fram og tilbake 180° over en sylinder med radius som angitt i tabell 1a og 1b.

Bruddutseendet skal være duktilt (seigt) tverrgående brudd, (kopp/konus) og ikke spaltet brudd på langs av trådene.

### Forlengelse

For forsinkede tråder til spiralslåtte kabler/tau og parallelltrådkabler skal forlengelsen ved brudd være minimum:

Rundtråder: 4,0 % ved målelengde 250 mm

Profiltråder: 4,2 % ved målelengde  $L_0 = 11 \times \sqrt{A_{S1}}$  mm

$A_{S1}$  = profiltrådens nominelle stålverrsnitt i mm<sup>2</sup>.

Verdiene gjelder før spinning.

### E-modul

For forsinkede runde tråder til parallelltrådkabler skal E-modulen være  $E = 2,05 \times 10^5$  MPa  $\pm 7,5$  %, beregnet ut fra nominelt stålverrsnitt.

### Overflatebeskaffenhet

Valsetråder skal ikke ha noen overflateuregelmessigheter eller defekter av større dybde enn spesifisert i NS-EN 10016-4[2] pkt 3.3 for den aktuelle tråddimensjon. Kravet gitt for valsetråd med dimensjon  $12 \text{ mm} \leq d_N \leq 30 \text{ mm}$  gjøres gjeldende også for kabeltråd i alle dimensjoner. En maksimal defektdybde på 0,20 mm må ikke overskrides. For øvrig henvises til NS-EN 10264-3[4] pkt. 4: "General conditions of manufacture".

### Korrosjonsbeskyttelse

Alle trådene skal varmforsinkes hvis ikke annet er avtalt. Forsinkingen skal normalt utføres med sinkmetall grade Z3 eller bedre iht. NS-EN 1179[5], dvs. sinkinnholdet

skal være min. 99,95 %. I tilfelle det ønskes brukt legert sink skal dette avtales spesielt.

#### **Utmattingsfasthet**

Ved utmattingsprøving skal det ikke oppstå brudd i trådene før  $2 \times 10^6$  lastvekslinger ved maksimal spenning  $\sigma_s = 0,42 \times 1570 \text{ MPa} = 660 \text{ MPa}$ , og spenningsvidde  $\Delta\sigma_s = 350 \text{ MPa}$ .

For prøver som ikke holder mål, skal det tas to nye prøver hvor begge skal holde kravet. For den underkjente prøven skal det registreres lastvekselmengde ved brudd, og det skal foretas en visuell undersøkelse av bruddflaten for å belyse bruddårsak og rest-bruddareal. Den underkjente prøven skal være tilgjengelig for eventuell tilleggsundersøkelse ønsket og bekostet av byggherren.

#### **c) Utførelse**

##### **Tråddimensjoner**

**Z-tråder til lukkede spiralslåtte kabler** skal generelt ikke ha større høyde enn  $h = 6,0 \text{ mm}$ . Under spesielle forhold og kabeloppbygging kan det aksepteres  $h = 6,5 \text{ mm}$  i det ytterste trådlaget.

**Runde tråder til spiralslåtte kabler** bør av hensyn til god duktilitet ikke ha større diameter enn  $d = 5,0 \text{ mm}$ . Maksimal begrensning er  $d = 6,0 \text{ mm}$ .

**For parallelltrådkabler til skråstagbruer** tillates det brukt runde tråder med maksimal diameter  $d = 7,0 \text{ mm}$ .

##### **Valsetråd**

Stålets framstillingsmetode (betegnelse på prosess, ikke en detaljert beskrivelse), varm-behandlingsmetode og kvalitetsbetegnelse i henhold til standard skal oppgis i tilbudet. Dersom spesiell behandling med henblikk på forbedret inneslutningsform er foretatt, skal dette også angis.

Leverandørens kvalitetsplan skal inneholde metode for kontroll av råmaterialet og råemnene til trådene.

##### **Kabeltråd**

Hvorvidt og i hvilken grad Z-trådene blir kaldtrukket og/eller kaldvalset til endelig form skal oppgis i tilbudet. Det skal også oppgis hvorvidt og på hvilken måte trådene blir kontrollert for defekter ved ikke destruktiv prøving (NDT) under produksjons-gangen.

Normalt skal trådene forsinkes etter avsluttet valsing/trekking. Hvis trådene etter for-



sinkingen blir trukket eller valset, skal dette være avtalt og graden av slik behandling være spesifisert.

### **Skjøting av tråder**

**Tråder til kabler av parallelle tråder/tau** tillates ikke å ha sveiseskjøter utført etter at valsetråden er ferdig varmebehandlet.

**For tråder til spiralslåtte kabler** gjelder:

Lodding er ikke tillatt.

Eventuell sveising ved skjøting av tråder kan omfatte:

- 1. Sveising av valsetråd før varmebehandling (patentering).**  
Sveisen er normal og har ingen begrensning.
- 2. Sveising av valsetråd etter varmebehandling.**  
Sveisen vil være aktuell ved ikke-kontinuerlig prosess under varmebehandlingen (hver valsering patenteres for seg).  
Sveisen aksepteres ikke i tråder i det ytterste trådlaget, men kan aksepteres for tråder i innerlagene.
- 3. Sveising av kabeltråd under trådfremstillingsprosessen.**  
Sveisen vil være aktuell ved oppdelt produksjon under trekk-/valseprosessen, og vil også kunne forekomme ved reparasjon av trådbrudd i denne prosessfase. Sveisen aksepteres ikke i tråder i det ytterste trådlaget, men kan aksepteres for tråder i innerlagene.
- 4. Sveising av kabeltråd under spinneprosessen.**  
Denne sveising kan være aktuelt for å sikre kontinuitet i spinneprosessen og også ved reparasjon av trådbrudd under spinningen.

For tråder i det ytterste trådlaget:

- sveis aksepteres ikke. Hvis trådbrudd oppstår her, skal hele trådlaget vikles av og skiftes.

For tråder i innerlagene:

- produksjonssveising aksepteres kun dersom dette er angitt i den spesielle beskrivelsen.
- reparasjonssveising kan unntaksvis aksepteres. Dersom brudd oppstår under spinneprosessen skal byggherren varsles. Bruddene skal kappes av og bruddårsaken bestemmes. Prøvene oppbevares slik at de eventuelt også kan undersøkes av byggherren. Ved gjentatte trådbrudd skal produksjonsprosessen stanses og evalueres før videre produksjon.

Når sveiseskjøter tillates (sveis iht. pkt. 2 og 3), skal disse fordeles over hele kabel lengden. Planlagt antall og fordeling av trådskjøter (sveis iht. pkt. 2 og 3) skal framgå av produksjonsplanen. Det skal videre oppgis hvor i prosessen trådene eventuelt blir sveiset og en angivelse av antall sveiser.

Før sveising av trådene, skal det være utført prosedyresveising med mekanisk prøving av sveiseforbindelser ved strekkprøving, bøyeprøving og torsjonsprøving.

Krav: Strekkfasthet min. 50 % av kravet til ikke sveiset tråd.

Bøye- og torsjonstill min. 50 % av kravene til ikke sveiset tråd.

For reparasjonssveising av trådene (sveis iht. pkt. 4) skal det følges samme prosedyre og stilles samme krav som for sveis iht. pkt. 3.

Sveisestedenes antall og plassering skal dokumenteres.

Dersom byggherren ønsker alle tråder levert uten produksjonssveiser (planlagte sveiser) etter varmebehandlingen (sveis iht. pkt. 2 og 3), vil dette være beskrevet i den spesielle beskrivelsen. Eventuell pristillegg for dette skal gis i egen prisbærende post.

#### **Korrosjonsbeskyttelse**

Tykkelsen av sinkbelegget på trådene skal oppgis i tilbudet og skal være minimum 275 g/m<sup>2</sup>. Dersom ikke annet er avtalt skal sinkbelegget ikke overskride 400 g/m<sup>2</sup>.

Sinkmetall for korrosjonsbeskyttelse skal være sink grade Z2 eller bedre iht. NS-EN 1179 [5], det vil si sinkinnholdet skal være min. 99.99%.

Sinkbelegget skal være tett og sammenhengende og ha jevn tykkelse uten lokale flak eller fortykkelser.

Etter forsinkingen skal trådene lagres tørt og uten kondens slik at sinkbelegget ikke blir utsatt for korrosjon med hvitrustdannelse.

#### **d) Toleranser**

For toleranser vises det til NS-EN 10264-1/3 [4].

## e) Prøving, kontroll

Prøve/objekt	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok. NS-EN 10204 [6]
<b>KJEMISK</b>				
Valsetråd	Bestemme innhold av: C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, Cu, Al, N og eventuelle andre legeringselementer.	En prøve fra hver stålcharge og tråddimensjon.	EN 10016-4 [2]	3.1.
<b>MEKANISK</b>				
Valsetråd	Strekfasthet, Bruddkontraksjon.	En prøve fra hver stålcharge og tråddimensjon.	Internkrav definert av leverandøren.	3.1. (2)
Kabeltråd	Dimensjonskontroll (3), Strekfasthet (4), Bruddforlengelse (5), Bøyning (6), Torsjon (7), Kontroll sinkbelegg (8), E-modul (9). NDT	En prøve fra hver ende av hver trådring (kveil).	Som definert i: b) Materialer, c) Utførelse eller i den spesielle beskrivelsen.	3.1./3.2 (10) (14)
Kabeltråd	Utmatting (11).	Som definert i (12).	Som definert i: b) Materialer Se også (13).	3.1
Kabeltråd	Prosedyresveising for eventuell skjøting av tråd, omfattende: Strekfasthet (4), Bøyning (6), Torsjon (7).	3 stk prøver pr. prøvetype og tråddimensjon, eller som gitt i den spesielle beskrivelsen.	Som definert i: c) Utførelse.  Prosedyresveisingen skal normalt utføres under kontroll av byggherren.	3.2 (14)

Tabell 2

- (1) Byggherren skal i tillegg ha rett til å ta ut trådprøver for egen prøving.
- (2) Inspeksjonsdokumentet skal minst angi stålets kvalitetsbetegnelse, smelte metode, smeltenummer, smelteanalyse, tråddiameter og strekkfasthet.
- (3) Dimensjonstoleranser for ferdige tråder er angitt i NS-EN 10264-1/3 [4].

- (4) For prøving av strekkfasthet vises det til NS-EN 10002-1[3].
- (5) Bruddforlengelsen bestemmes for 10 % av trådringene.
- (6) For bøyep prøving vises det til DIN 51211 [7].
- (7) For torsjonsprøving vises det til DIN 51212 [8].
- (8) Utføres for 10 % av trådringene. Prøven omfatter:
  - Tykkelsesmåling:
    - Tykkelsen bestemmes ved volumetrisk metode eller i tilfelle tvist ved veiing.
    - For prøvingen vises det til: NS 1187 [9] og NS 1183 [10] eller NS-EN 10244-1/2[11] og NS-EN ISO 1460 [12].
  - Vikleprøve:
    - Sinkbeleggets vedheft kontrolleres ved vikling av tråden om dor med diameter 3 x tråddimensjonen (3 x h for Z-tråder) iht. DIN 51215 [13].
- (9) Kun på tråder til parallelltrådkabler. Prøven utføres for 10 % av trådringene.
- (10) 10 % av prøvene skal ha inspeksjonsdokument type 3.2 NS-EN 10204 [6], øvrige prøver skal ha inspeksjonsdokument type 3.1 NS-EN 10204 [6].
- (11) Som grunnlag for denne prøvingen vises det til DIN 50100 [14].
- (12) Antall prøver beskrives normalt i den spesielle beskrivelsen. Dersom dette ikke er gjort, skal utmattingsprøving gjøres på et antall tråder, n, bestemt av
 
$$n = 2 \sqrt{G}$$

hvor G = vekt av samtlige tråder i tonn. Trådentallet fordeles så prosentvis på de forskjellige tråd-dimensjoner. Med tråder av samme dimensjon, menes tråder som er identisk like.
- (13) Utmattingsprøver av tråder utføres før spinning/sammenbygging til kabel. For prøver som ikke holder mål, skal det tas to nye prøver hvor begge skal holde kravet. Utmattingsprøver av tråder kan, etter avtale med byggherren, utgå dersom utmattingsprøving av kabel gjennomføres.
- (14) Dokument produsert av leverandørens autoriserte inspektør uavhengig av produksjonsavdelingen, og av byggherrens autoriserte kontrollrepresentant.

#### x) Mengderegler

Mengden måles som netto vekt av ferdige tråder inklusiv forsinking.

Enhet: tonn.

# Prosess 85.62 Kabler

## Prosess 85.621 Spiralslåtte kabler

### a) Omfang

Prosessen gjelder:

- bærekabler til hengebruer og skråstagbruer
- hengestenger til hengebruer og buebruer
- annen bruk av spiralslåtte kabler til bruer

Prosessen omfatter alle ledd i framstillingen av kabelen ut fra ferdig formet kabeltråd. Prosessen innbefatter levering av ferdig formet kabeltråd og spinnemiddel, men ikke kabelhoder og utstøping av disse.

Prosessen omfatter ikke montasje av kabelen.

### b) Materialer

#### Trådtyper og tråddimensjoner

Krav til tråder og trådmateriale er definert i Prosess 85.61 Tråder og trådmateriale.

#### Innvendig korrosjonsbeskyttelse med spinnemiddel

Hulrommet mellom trådene i den ferdige kabel skal under spinningen fylles med et spinnemiddel med følgende egenskaper:

- Spinnemidlet skal gi god korrosjonsbeskyttelse for trådene
- Spinnemidlet skal virke som et smøremiddel mellom trådene og ha varig plastiske egenskaper
- Spinnemidlet skal ikke danne stoffer som eventuelt sammen med fuktighet virker korrosivt på sink eller stål
- Spinnemidlet skal hefte til trådoverflaten
- Spinnemidlet skal være så stabilt at det over tid ikke siger ut av kablene
- Spinnemidlet skal kun inneholde ubetydelig mengder løsemidler
- Spinnemidlet skal beholde sitt volum, sin homogenitet og plastisitet i bruas levetid og under skiftende temperaturer (-50°C til +60°C)
- Spinnemidlet skal kunne fjernes uten å skade trådenes sinkbelegg og skal kunne overmales med et korrosjonshindrende malingsystem

Leverandøren skal i sitt tilbud legge fram beskrivelse, tekniske data og erfaringsgrunnlag for det spinnemiddel som foreslås brukt. Spinnemiddelet skal godkjennes av byggherren. Byggherrens godkjenning fritar ikke leverandøren for ansvaret for produktet. For øvrig skal spinnemiddelet tilfredsstillende de generelle krav til spinnemiddel for kabler som er beskrevet i ISO 4346 [15].

### c) Utførelse

#### Generelt

Under spinneprosessen skal leverandøren regelmessig sende byggherren en oversikt med rapport vedrørende produksjonsgangen. Det legges vekt på at eventuelle produksjonsproblemer av betydning for leveransen straks meddeles byggherren.

Kabelen skal konstrueres slik at den ikke vrir seg under pålasting.

Kablene skal ha en overlengde, slik at byggherren på fritt grunnlag skal kunne velge ut de kabler som skal prøves iht. e) Prøvetaking. Antall kabler med nødvendig prøvelengde skal være som følger:

- Bærekabler til hengebruer. Alle kabler.
- Bærekabler til skråstagbruer. Minimum en for hver femte kabel av samme dimensjon og minimum en for hver kabeldimensjon.
- Kabler til hengestenger. Det vises til e) Prøvetaking. Strekkprøving av ferdig kabel. Prøveomfang.

Overlengdene som kappes av ved lengdemålingene skal være merket og tas vare på inntil hele kabelleveransen er ferdig produsert. En kabellengde på ca. 5 m skal sammen med kabelleveransen sendes byggherren for lagring på brustedet.

#### Lukkede kabler

Lukkede kabler består av ytre lag av profiltråder og indre lag av rundtråder. For kabelkonstruksjonen vises det til DIN 18800 -1 +A1 [16] og NS-EN 12385-2 [17]. Lukkede kabler benyttes som bærekabler til hengebruer og skråstagbruer samt til hengestenger.

De ytterste lagene i kabelen skal være bygget opp av Z-tråder eller likeverdige trådformer som gir samme grad av tetting. Antall lag med Z-tråder skal øke med økende kabeldiameter,  $\varphi$ , og minst være:

- 2 lag Z-tråder for  $\varphi < 50$  mm
- 3 lag Z-tråder for  $50 \text{ mm} \leq \varphi < 90$  mm
- 4 lag Z-tråder for  $90 \text{ mm} \leq \varphi < 120$  mm
- 5 lag Z-tråder for  $120 \text{ mm} \leq \varphi < 150$  mm
- 6 lag Z-tråder for  $\varphi \geq 150$  mm

**Åpne kabler**

Når det er spesifisert åpne kabler skal samtlige trådlag bestå av runde tråder.

**Skjøting av tråder**

Det vises til prosess 85.61 Tråder og trådmateriale.

**Spinning**

Det legges vekt på at kablene blir jevnt spunnet med god trådfordeling.

Under spinningen skal kablene tilføres en jevn strøm av spinnemiddel. Mengden av spinnemiddelet skal avpasses slik at mellomrommet mellom trådene er helt fylt med spinnemiddel når kabelen står montert og belastet, men ikke slik at det oppstår vesentlig utpressing av overskytende mengde spinnemiddel.

En tråd i det ytre trådlag skal være malt med en kontrastfarge, eller på annen måte være markert, for å lette identifisering av trådenes posisjon etter at kablene er montert.

**Utvendig korrosjonsbeskyttelse**

Leverandøren skal levere kablene med et temporært korrosjonsbeskyttende middel som er påført overflaten av kablene og som beskytter mot korrosjon inntil kablene får et varig beskyttende malingsbelegg. I noen tilfeller kan dette stoffet være det samme som spinnemiddelet.

Det varig beskyttende malingsbelegg vil bli påført etter monteringen av kablene. Arbeidet og materialer til dette malingsystem inngår ikke i prosessen for levering av kabler. Leverandøren skal levere et forslag til endelig malingsystem for kablene som er tilpasset kablernes spinnemiddel.

**Strekkebehandling av kabler**

Dersom det er spesifisert å strekkebehandle kablene før levering, skal dette utføres etter følgende opplegg:

- Kablene forbelastes med en kraft på minimum 5 % av foreskrevet bruddkapasitet. Målelengden registreres.
- Kabelen belastes så til 50 % av foreskrevet bruddkapasitet og forlengelsen avleses etter 2 minutter. Denne lasten holdes deretter i en time hvorefter forlengelsen igjen avleses.
- Kabelen avlastes så til 5 % av foreskrevet bruddkapasitet og forlengelsen avleses etter 2 minutter.
- Kabelen belastes så til egenlast pluss trafikklast og forlengelsen avleses etter 2 minutter.
- Lasten reduseres så til egenlast og forlengelsen avleses etter 2 minutter.

- Lasten veksles så mellom egenlast og egenlast pluss trafikklast en rekke ganger (min. 10 ganger) inntil kabelens E-modul blir konstant i området. Ved hver lastveksling holdes lasten konstant i 2 minutter før forlengelsen måles.
- Kabelen avlastes så til 5 % av foreskrevet bruddkapasitet og forlengelsen avleses.

Lasten påføres sentrisk i kabelen.

Byggherren vil oppgi egenlast og trafikklast.

### Lengdemåling

Lengden av de ferdige kablene skal måles med referansetemperatur +5°C hvis ikke annet er avtalt. Utmålingen skal foregå under stabil temperatur og uten sol på kabelen.

Under lengdemålingen legges kablene normalt ut på et jevnt underlag og gis et strekk på 5 % av foreskrevet bruddkapasitet med mindre annet er angitt i den spesielle beskrivelsen. Lasten påføres sentrisk i kabelen. Temperaturen på stedet måles, og den registrerte lengden korrigeres i forhold til referansetemperaturen.

Følgende lengdetoleranser gjelder: ( $L$  er lengden av kabelen målt i meter)

- Bærekabler til hengebruer:  $\pm (\sqrt{L} + 20)$  mm
- Bærekabler til skråstagbruer:  $\pm (\sqrt{L} + 20)$  mm
- Hengestenger:  $\pm 5$  mm

Det skal foreligge resultat av strekkprøven for den aktuelle kabeldimensjonen før nøyaktig kabellengde blir oppgitt. For hengebruer gjelder at det skal foreligge resultat av minst to prøver.

### Kabelmerking

For full identifikasjon av kablene skal leverandøren utarbeide en tabell som viser sammenhengen mellom kablenes produksjonsnumre og identifikasjonsnummeret på kabelhodet.

### Håndtering og lagring av ferdige kabler

Den ferdige kabel skal ikke spoles opp på tromler som har mindre indre spolediameter enn  $30 \times$  kabeldiameteren. Ingen del av kabelen skal på noe tidspunkt krummes krapere enn dette.

Kablene skal under lagring være beskyttet mot regn og kondens. Mens kablene står på tromler eller er kveilet opp er de relativt åpne og ømfintlig for korrosjon. De lagrede kabler skal inspiseres med jevne mellomrom, minst ukentlig.



**d) Toleranser**

For toleranser til kablenes lengde vises det til c) Utførelse. Lengdemåling.

Kablenes diameter skal ikke avvike mer enn:

- $\pm 3\%$  av diameter oppgitt i tilbudet
- $\pm 0,5\%$  mellom de enkelte kabler av samme dimensjon

Kablenes diameter måles ved midten av kablene og ved begge ender og oppgis som middelverdien av to målinger vinkelrett på hverandre. I tilfelle manglende samsvar måles diameteren ved en strekkbelastning på 5 % av kablenes foreskrevne bruddkapasitet.

**e) Prøving, kontroll**

Prøve/objekt	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok. NS-EN 10204 [6]
Ferdig kabel	Strekkprøving	Som definert i avsnittet: "Strekkprøving av ferdig kabel. Prøveomfang"	Som definert i avsnittet: "Strekkprøving av ferdig kabel. Prøvekrav"	3.2 (2)
Enkeltråder fra kabel	Strekkfasthet Bøyning Torsjon Spinnetap skal beregnes som definert i avsnittet: "Beregning av spinnetap"	Som definert i avsnittet: "Prøving av enkeltråder fra kabel"	Som definert i avsnittet: "Prøving av enkeltråder fra kabel"	3.2 (2)
Ferdig kabel	Utmattingsprøving	Som definert i den spesielle beskrivelsen	Som definert i avsnittet: "Utmattingsprøving"	3.2 (2)
Ferdig kabel	Magnetinduktiv prøving	Som definert i den spesielle beskrivelsen	Som definert i avsnittet: "Magnetinduktiv prøving"	3.2 (2)
Spinnemiddel		Som definert i avsnittet: "Prøving av spinnemiddel"	Som definert i avsnittet: "Prøving av spinnemiddel"	3.1

**Tabell 3**

- (1) Byggherren skal i tillegg ha rett til å ta ut prøver for egen prøving.
- (2) Dokument produsert av leverandørens autoriserte inspektør uavhengig av produksjonsavdelingen, og av byggherrens autoriserte kontrollrepresentant.

**Strekprøving av ferdig kabel. Prøveomfang****Bærekabler til hengebruer:**

For kabelleveransen, som kan leveres fra en eller flere produsenter, skal det for hver kabeldimensjon prøves følgende antall ferdig spunnete kabler (n) fra hver av produsentene:

- antall kabler:  $n \leq 10$  → 2 stk. prøvekabler
- antall kabler:  $10 < n \leq 20$  → 3 stk. prøvekabler
- antall kabler:  $20 < n \leq 30$  → 4 stk. prøvekabler
- antall kabler:  $n > 30$  → 5 stk. prøvekabler

**Bærekabler til skråstagbruer:**

Antall prøvekabler bestemmes ut fra total kabeltonnasje som følger:

- 0 – 50 tonn → 2 stk. prøvekabler
- 50 – 250 tonn → 3 stk. prøvekabler
- 250 – 500 tonn → 4 stk. prøvekabler
- 500 – 1000 tonn → 5 stk. prøvekabler
- > 1000 tonn → 6 stk. prøvekabler

men det skal være minimum en prøve pr. kabeldimensjon.

**Kabler til hengestenger:**

Det skal tas en prøve for hver 50. hengestang, minimum to prøver. Minimum en prøve pr. spinnelengde.

**Strekprøving av ferdig kabel. Prøvekrav**

Kablene strekkprøves til brudd med opptegning av spennings-/tøyningsdiagram for bestemmelse av kablens E-modul.

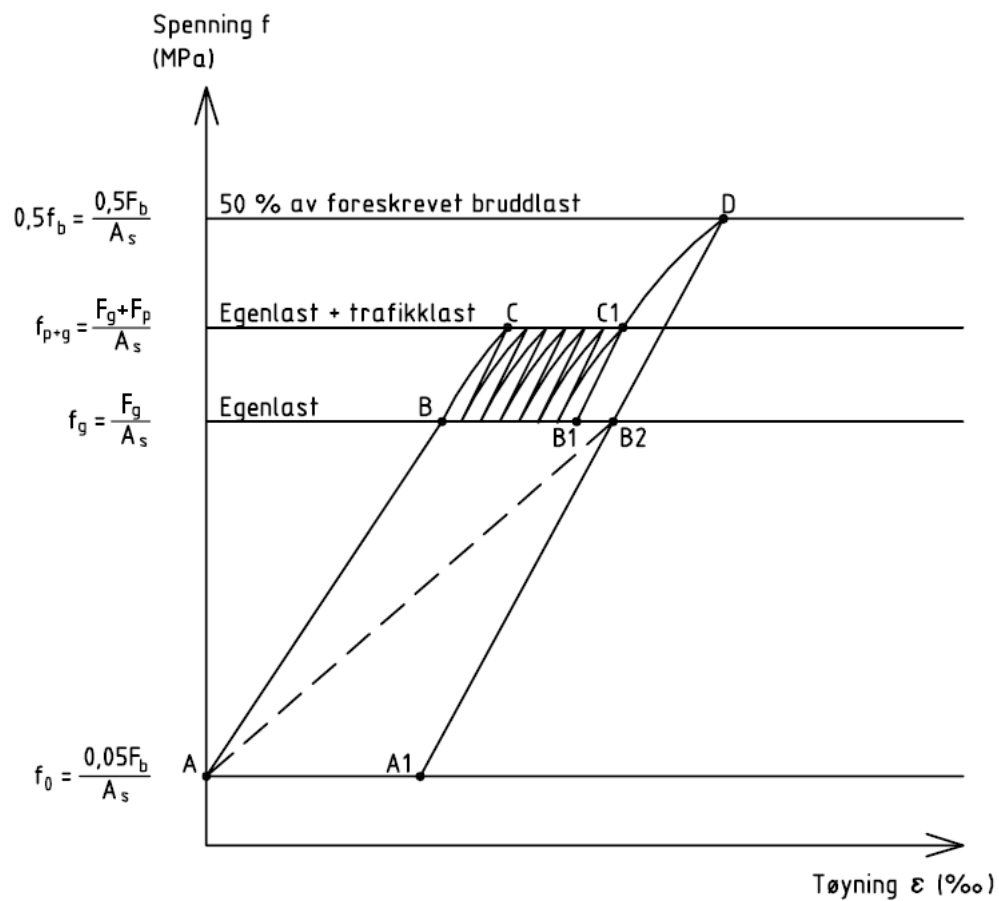
Strekprøvingen skal utføres på følgende måte:

(Utførelsen av strekkprøvingen er illustrert i figur 1 for hengebruer og i figur 2 for skråstagbruer.)

1. Tøyningsmålingen starter ved punkt A, som tilsvarer 5 % av foreskrevet bruddkapasitet. Målelengden registreres.
- 2 a. (Gjelder kun hengebruer)  
Kabelen belastes opp til punkt B i diagrammet, som tilsvarer egenlast. Egenlast holdes i 30 minutter. Tøyningen avleses før og etter lastpåføring.

- 2 b. (Gjelder kun skråstagbruer)  
Kabelen belastes opp til pkt. D0 i diagrammet, som tilsvarer 50 % av foreskrevet bruddkapasitet. Tøyningen avleses før og etter lastpåføring. Ved punkt D0 holdes lasten konstant i 1 time hvorefter tøyningen igjen måles.
3. (Gjelder kun skråstagbruer)  
Kabelen avlastes så til punkt B som tilsvarer egenlast.
4. Kabelen pålastes så til punkt C i diagrammet, som tilsvarer egenlast pluss trafikklast. Kabelen avlastes og pålastes (minimum ti ganger) i trafikkintervallet inntil E-modulen tilnærmet blir konstant (mellom B1 og C1). I dette området skal lasten holdes på hvert nivå i 2 minutter før tøyningen måles.
5. Etter dette økes lasten til punkt D som tilsvarer 50 % av foreskrevet bruddkapasitet. Lasten holdes i 5 minutter før tøyningen måles.
6. Deretter avlastes kabelen til 5 % av foreskrevet bruddkapasitet, med registrering av tøyningen i punkt B2 og A1 (dvs. ved egenlast og ved 5 % av foreskrevet bruddkapasitet).
7. Til slutt belastes kabelen til 50 % av foreskrevet bruddkapasitet igjen, og deretter i 10 trinn til brudd. Hvert trinn holdes i 1 minutt. Alternativt kan den siste pålastingen (i 10 trinn) utføres kontinuerlig med minimum 5 minutters tidsforbruk. Den målte bruddkapasiteten,  $F_{bm}$ , registreres.

Byggherren vil oppgi egenlast og trafikklast.



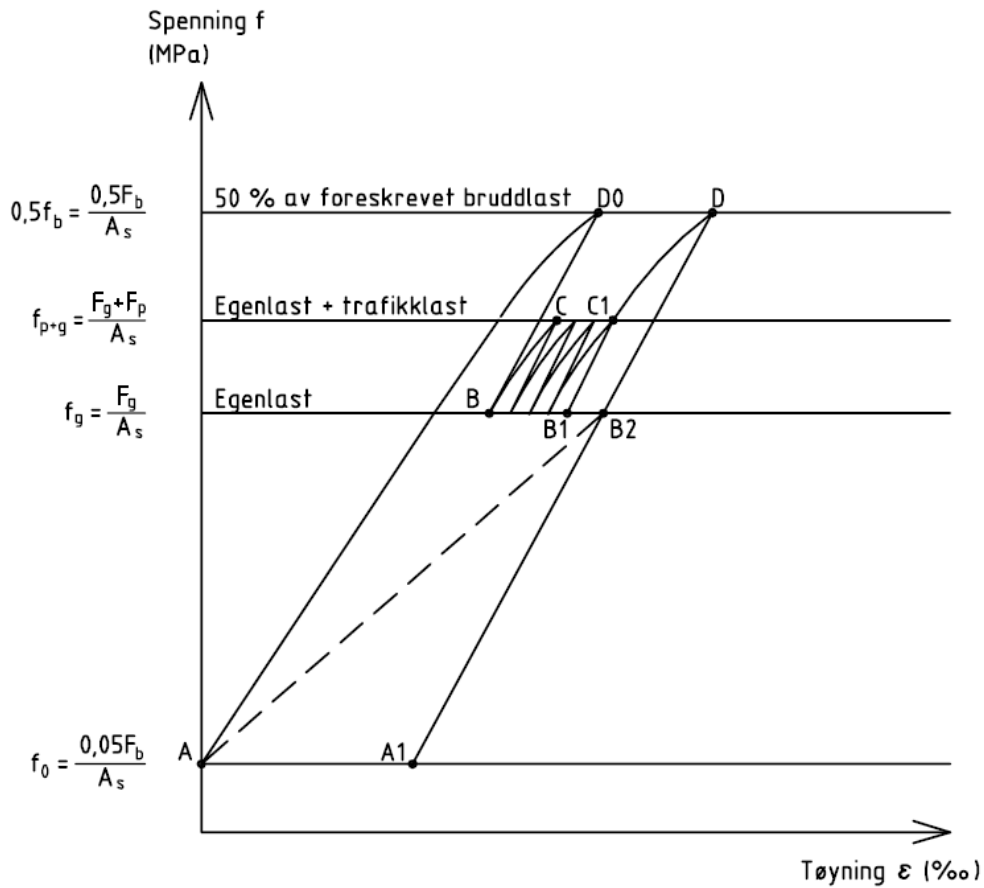
**Figur 1. Hengebruere.** Belastningsdiagram for måling av kabelens E-modul.

For utmåling av kabelen gjelder følgende E-modul:

$$E_{B2} = \frac{f_g - f_0}{\varepsilon_{B2}}$$

For trafikklastberegning gjelder følgende E-modul:

$$E_{traf} = \frac{f_{g+p} - f_g}{\varepsilon_p}$$



**Figur 2. Skråstagbruer.** Belastningsdiagram for måling av kabelens E-modul.

For utmåling av kabelen gjelder følgende E-modul:

$$E_{B2} = \frac{f_g - f_o}{\epsilon_{B2}}$$

For første gangs oppspenning gjelder følgende E-modul:

$$E_{D0} = \frac{0,5f_b - f_o}{\epsilon_{D0}}$$

For tilstanden ferdig bru,  $t = 0$ , gjelder følgende E-modul:

$$E_B = \frac{f_g - f_o}{\epsilon_B}$$

For trafikklastberegning gjelder følgende E-modul:

$$E_{traf} = \frac{f_{g+p} - f_g}{\epsilon_p}$$

Definisjoner:

$F_{bm}$	Målt bruddkapasitet ved prøving av kabelen
$F_b$	Foreskrevet bruddkapasitet i kabelen
$F_g$	Kabelkraft fra egenlast
$F_p$	Kabelkraft fra trafikklast
$A_s$	Kabelens nominelle ståltverrsnitt
$f_b$	Spenning i kabelen ved foreskrevet bruddkapasitet
$f_g$	Spenning i kabelen fra egenlast
$f_{g+p}$	Spenning i kabelen fra egenlast pluss nyttelast
$f_0$	Spenning i kabelen ved last 5 % av foreskrevet bruddkapasitet
$\varepsilon_{D0}$	tøyning i kabelen ved last lik halvparten av foreskrevet bruddkapasitet, førstegangs belastning
$\varepsilon_B$	tøyning i kabelen ved egenlast, før langtidstøyning
$\varepsilon_{B2}$	tøyning i kabelen ved egenlast, etter langtidstøyning
$\varepsilon_p$	tøyning i kabelen fra trafikklast ( $\varepsilon_{C1} - \varepsilon_{B1}$ ), $t = \infty$
$\varepsilon_{B1} - \varepsilon_B$	langtidstøyning (krypning) som følge av trafikklast
$\varepsilon_{B2} - \varepsilon_{B1}$	langtidstøyning (krypning) som følge av egenlast

Under strekkprøvingen av kabel skal dessuten følgende registreres:

- Støpekonusens innsynkning i kabelhodet
- Eventuell uttrekking av tråder fra konus
- Diameter av kabelen
- Uttrengning av spinnemiddel
- Belastning når første trådbrudd oppstår
- Hvor kabelbruddet kommer
- Beskrivelse av trådbruddene (bruddtype)
- Vurdering av spinnemiddelets tilstand

Hver prøvekabel skal ha en fri kabellengde på minimum 6 m. Målelengden for registrering av tøyningen skal være minimum 2 m. På hver av prøvekablene skal minst ett av hodene være som spesifisert av byggherren og ha original utstøping. De spesifiserte kabelhoder på forskjellige prøvekabler skal tas fra forskjellige stålcharger (såfremt det ikke er bare en stålcharge). Med original utstøping menes at denne skal utføres på samme fabrikk og etter samme prosedyrer som ved den endelige produksjonen.

Prøvestykkene er byggherrens eiendom og kan kreves utlevert for eventuell tilleggsundersøkelse.

Ved prøvekabler med kabelhode av åpen type med ører og bolt (gaffeltype), skal det etter belastning under punkt 5 i strekkprøveprosedyren kontrolleres for eventuelle varige deformasjoner i boltehullene for alle originale kabelhoder. Boltehullenes diameter skal ikke øke med mer enn 0,2 % eller 0,1 mm (den største verdi benyttes).

Det skal benyttes samme prosedyre ved strekkprøvingen enten kablene er strekkbehandlet før levering eller ikke.

#### Prøving av enkelttråder fra kabel

Prøving av enkelttråder fra ferdig kabel skal utføres på en prøvelengde av alle kablene som kontrolleres med strekkprøving. For prøvingen vises det til NS-EN 12385-1 [17].

Samtlige tråder i første prøvekabel skal prøves. Dersom disse prøvene er tilfredsstillende, prøves 10 % av trådene i hvert trådlag i de øvrige prøvekablene. De prøver som skal utføres er strekkprøving, bøyepøving og torsjonsprøving. Kravene er spesifisert under Prosess 85.61 Tråder og trådmateriale, men med 10 % reduksjon for bøye- og torsjonsprøveverdiene.

#### Beregning av spinnetape

Det skal regnes ut prosent spinnetape,  $k$ , hvor

$$k = \frac{(F_{te} - F_{bm}) \cdot 100}{F_{te}} \quad -$$

$F_{te}$  = summen av de enkelte trådenes bruddkapasitet ved strekkprøving til brudd.

$F_{bm}$  = målt bruddkapasitet ved prøving av kabelen.

Det vises til NS-EN 12385-2 [17].

#### Utmattingsprøving

Dersom det er angitt i den spesielle beskrivelsen skal det utføres utmattingsprøver som beskrevet nedenunder:

- Prøving skal gjøres på ferdig kabel inkl. originale kabelhoder og utstøpingsmasse. Prøvestykkets lengde skal være minimum 6,0 m mellom kabelhodene.
- Hvis prøven(e) ikke tilfredsstillende de angitte akseptkriterier, skal leverandøren umiddelbart sende avviksrapport. Videre skal det utføres to nye prøver snarest mulig og for leverandørens regning.
- Prøvedataene skal omfatte følgende:
  - => Utmattingsprøving til  $2 \times 10^6$  lastvekslinger.
  - Maks. stålspenning  $\sigma_s = 0,42 \times 1570 \text{ MPa} = 660 \text{ MPa}$ .
  - Spenningsvidde  $\Delta\sigma_s = 150 \text{ MPa}$
  - Brudd tillates i maks. 5 % av totalt antall tråder.
  - Brudd tillates ikke i noen del av kabelhodet.
  - => Bruddkapasitet, med krav om at  $F_{bt} \geq 0,85 F_b$  (eller  $0,75 F_r$ ).
  - hvor

$F_{bt}$  = kabelens målte bruddkapasitet etter  $2 \times 10^6$  lastvekslinger.

$F_b$  = spesifisert bruddkapasitet for kabelen.

$F_r$  = regnerisk bruddlast.

- Konusens innsynking i forankringshodene skal måles etter  $0,5 \times 10^6$ ,  $1,0 \times 10^6$ ,  $1,5 \times 10^6$  og  $2 \times 10^6$  lastvekslinger. Maks. tillatt innsynking er 4 mm med mindre annet er spesifisert i den spesielle beskrivelsen.

Dersom det i den spesielle beskrivelsen er forlangt utmattingsprøver for kablene, kan disse bortfalle helt dersom det foreligger tilstrekkelig dokumentasjon på tidligere utførte utmattingsprøver på kabler av samme type. Dette vil i så fall bli bestemt av byggherren etter tilbudsinnlevering. Med "samme type" menes lik oppbygging av kabel med samme type tråder, tilnærmet samme antall tråder og samme kabelhoder. Utmattingsprøver av tråder skal utføres for å vise at disse har tilsvarende egenskaper som trådene som var brukt i de tidligere utførte utmattingsprøver. Dokumentasjon på tidligere utførte prøver skal vedlegges tilbudet.

Dersom det er gitt i den spesielle beskrivelsen, skal et antall av de permanente kabelhodene som er benyttet ved utmattingsprøvene deles ved saging i senterlinje kabel. Snittflatene skal slipes etter sagingen for nærmere inspeksjon. Byggherren skal varsles for mulig inspeksjon av utstøpingssonen.

Prøvestykkene er byggherrens eiendom og kan kreves utlevert for eventuell tilleggsundersøkelse.

### **Magnetinduktiv prøving**

Prøving av en eller flere kabler i hele kabellengden med magnetinduktivt prøveutstyr kan bli forlangt. Den magnetinduktive prøving tar sikte på å påvise eventuelle trådbrudd og sveise- eller loddeskjøter i det ytterste trådlaget samt eventuelle trådbrudd i innenforliggende lag.

Dersom en slik prøving ønskes utført, skal leverandøren redegjøre for hvordan denne prøven vil bli utført. Prøveomfanget vil være nærmere spesifisert i den spesielle beskrivelsen.

### **Prøving av spinnemiddel**

Generelt gjelder at den aktuelle prøving skal tilsikte å etterprøve, så langt som mulig, at det aktuelle spinnemiddelet tilfredsstiller de spesifiserte krav som er gitt under punkt b) Materialer, Innvendig korrosjonsbeskyttelse med spinnemiddel.

### **x) Mengderegler**

Mengden måles som netto vekt av ferdige kabler inkl. kabelhoder og spinnemiddel. Vektandel av spinnemiddelet skal oppgis i tilbudet.

Enhet: tonn



## Prosess 85.622 Paralleltrådkabler med utvendig vikling

### a) Omfang

Prosesen gjelder hovedkabler til hengebruer.

Paralleltrådkabler med utvendig vikling kan i prinsippet bygges opp på følgende 2 måter:

#### ”Luftspinnemetoden”

Ved denne metoden bygges kabelen opp på brustedet av ferdig formet kabeltråd. Dette gjøres ved at kabeltrådene trekkes over i en kontinuerlig prosess og legges sammen i bunt. Etter at alle tråder er montert, blir trådbunten komprimert og viklet med en ståltråd av bløttstål.

Dersom det i den spesielle beskrivelsen er foreskrevet at kabelen skal bygges opp ved ”Luftspinnemetoden”, omfatter denne prosess levering av kabeltråd.

Prosesen omfatter ikke montasje av kablene.

#### Prefabrikkerte paralleltrådkabler

Ved denne metoden bygges kabelen opp av prefabrikkerte enkeltkabler med parallelle tråder. Enkeltkablene monteres én for én og legges sammen i bunt. Etter at alle kablene er montert, blir kabelbunten komprimert og viklet med en ståltråd av bløttstål.

Dersom det i den spesielle beskrivelsen er foreskrevet at kabelen skal bygges opp av prefabrikkerte paralleltrådkabler, omfatter denne prosess alle ledd i framstilling av prefabrikkerte enkeltkabler med parallelle tråder ut fra ferdig formet kabeltråd. Prosessen innbefatter levering av ferdig formet kabeltråd, men ikke kabelhoder og utstøping av disse.

Prosesen omfatter ikke montasje av kablene.

### b) Materialer

#### Trådtyper og tråddimensjoner

Krav til tråder og trådmateriale er definert i prosess 85.61 Tråder og trådmateriale.

### c) Utførelse

Krav til utførelse gjelder kun for prefabrikkerte enkeltkabler med parallelle tråder.

#### Generelt

Under produksjon av kablene skal leverandøren regelmessig sende byggherren en oversikt med rapport av produksjonsgangen. Det legges vekt på at eventuelle produksjonsproblemer av betydning for leveransen straks meddeles byggherren.

Det skal produseres egne prøve kabler i passende lengder for prøving av kabelen.

Trådene skal kappes til beregnede lengder på et fast underlag innendørs. De skal hele tiden være beskyttet mot korrosjon og skader. Når alle trådene for en kabel er kappet, skal de ordnes til forutsatt kabelverrsnitt (rund, heksagonal) og slik at samtlige tråder ligger rette og parallelle i en bunt. Én ytre tråd i kabelen skal være malt med en kontrastfarge for å muliggjøre kontroll av eventuell vridning på kabelbunten etter montasje.

Kabelens form skal sikres med strammebånd i ca. 3 m avstand. Kabelbåndene skal ha en styrke som gjør at disse ikke ryker verken under opp-/avkveiling av kabelen på trommelen eller under montasjen på brystet. Det skal imidlertid sikres at båndene ikke er sterkere enn at disse ryker under komprimeringen av kablene etter at disse er montert. Båndene skal lages av et materiale som ikke er korrosjonsfremmende for trådene i kabelen.

#### Skjøting av tråder

Det vises til prosess 85.61 Tråder og trådmateriale.

#### Lengdemåling

Lengden av de ferdige kablene skal måles med referansetemperatur +5°C. Utmålingen skal foregå under stabil temperatur og uten sol på kabelen.

Under lengdemålingen legges kablene normalt ut på et jevnt underlag og gis et strekk på 5 % av foreskrevet bruddkapasitet med mindre annet er angitt i den spesielle beskrivelsen. Lasten påføres sentrisk i kabelen. Temperaturen på stedet måles, og den registrerte lengden korrigeres i forhold til referansetemperaturen.

Lengdetoleranse:  $\pm (\sqrt{L} + 20)$  mm.  $L$  er lengden av kabelen målt i meter.

**Kabelmerking**

For full identifikasjon av kablene skal leverandøren utarbeide en tabell som viser sammenhengen mellom kablernes produksjonsnumre og identifikasjonsnummeret på kabelhodet.

**Håndtering og lagring av ferdige kabler**

Den ferdige kabelen skal kveiles opp på tromler av en slik størrelse at det ikke oppstår skade på kabelen eller kabelhodene. Før oppkveiling av kablene skal leverandøren ved forsøk med en prøve kabel på den aktuelle trommel ha vist at kablene ikke tar skade under opp- og avkveilingen.

Kablene skal under lagring være beskyttet mot regn og kondens. Mens kablene står på tromler er de relativt åpne og ømfintlig for korrosjon. De lagrede kabler skal inspiseres med jevne mellomrom, minimum ukentlig.

**d) Toleranser**

Krav til toleranser gjelder kun for prefabrikkerte enkeltkabler med parallelle tråder.

For toleranser til kablernes lengde vises det til c) Utførelse. Lengdemåling.

Toleranse på kablernes diameter skal oppgis i tilbudet.

**e) Prøving, kontroll**

Krav til prøvetaking gjelder kun for prefabrikkerte enkeltkabler med parallelle tråder.

Prøve/objekt	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok. NS-EN 10204 (6)
Ferdig kabel	Strekprøving	Som definert i avsnittet: "Strekprøving av ferdig kabel. Prøveomfang "	Som definert i avsnittet: "Strekprøving av ferdig kabel. Prøvekrav "	3.2 (2)
Ferdig kabel	Utmattingsprøving	Som definert i den spesielle beskrivelsen	Som definert i avsnittet: "Utmattingsprøving"	3.2 (2)
Ferdig kabel	Magnetinduktiv prøving	Som definert i den spesielle beskrivelsen	Som definert i avsnittet: "Magnetinduktiv prøving"	3.2 (2)

**Tabell 4**

- (1) Byggherren skal i tillegg ha rett til å ta ut prøver for egen prøving.
- (2) Dokument produsert av leverandørens autoriserte inspektør uavhengig av produksjonsavdelingen, og av byggherrens autoriserte kontrollrepresentant.

#### **Strekkingprøving av ferdig kabel. Prøveomfang**

For kabelleveransen, som kan leveres fra en eller flere produsenter, skal det for hver kabeldimensjon prøves følgende antall kabler (n) fra hver av produsentene:

- antall kabler:  $n \leq 10$  → 2 stk. prøvekabler
- antall kabler:  $10 < n \leq 20$  → 3 stk. prøvekabler
- antall kabler:  $20 < n \leq 30$  → 4 stk. prøvekabler
- antall kabler:  $n > 30$  → 5 stk. prøvekabler

#### **Strekkingprøving av ferdig kabel. Prøvekrav**

Strekkingforsøk av kablene utføres på prøvekabler av ferdig forsinkede tråder.

Kablene strekkprøves til brudd med opptegning av spennings-/tøyningsdiagram. Strekkprøvene av ferdig kabel skal dokumentere:

- E-modul
- 0,2 % flytegrense
- Bruddkapasitet, med krav om at  $F_{bm} \geq 1,0 F_b$   
hvor  
 $F_{bm}$  = målt bruddkapasitet ved prøving av kabelen  
 $F_b$  = foreskrevet bruddkapasitet i kabelen
- Støpekonusens innsynking i kabelhodet
- Eventuell uttrekking av tråder fra konus
- Belastning når første trådbrudd oppstår
- Hvor kabelbruddet kommer
- Beskrivelse av trådbruddene (bruddtype)

Hver prøvekabel skal ha en fri kabellengde på minimum 6 m. Målelengden for registrering av tøyningen skal være minimum 2 m. På hver av prøvekablene skal minst ett av hodene være som spesifisert av byggherren og ha original utstøping. De spesifiserte kabelhoder på forskjellige prøvekabler skal tas fra forskjellige stålcharger (såfremt det ikke er bare en stålcharge). Alle typer kabelhoder som skal brukes skal være gjenstand for prøving. Med original utstøping menes at denne skal utføres på samme fabrikk og etter samme prosedyrer som ved den endelige produksjonen. Prøvestykkene er byggherrens eiendom og kan kreves utlevert for eventuell tilleggsundersøkelse.

De nevnte strekkprøver kommer i tillegg til de strekkprøvene som utføres i forbindelse med trådproduksjonen og utmattingsprøvingen.

**Utmattingsprøving**

Dersom det er angitt i den spesielle beskrivelsen skal det utføres utmattingsprøver som beskrevet nedenunder:

- Prøvingen skal gjøres på ferdig kabel inkl. originale kabelhoder og utstøpingsmasse. Prøvestykkets lengde skal være minimum 6,0 m mellom kabelhodene.
- Hvis prøven(e) ikke tilfredsstillende angitte akseptkriterier, skal leverandøren umiddelbart sende avviksrapport. Videre skal det utføres to nye prøver snarest mulig og for leverandørens regning.
- Prøvedata skal omfatte følgende:  
=> Utmattingsprøving til  $2 \times 10^6$  lastvekslinger.  
Maks. stålspenning  $\sigma_s = 0,42 \times 1570 \text{ MPa} = 660 \text{ MPa}$ .  
Spenningsvidde  $\Delta\sigma_s = 200 \text{ MPa}$   
Brudd tillates i maks. 5 % av totalt antall tråder.  
Brudd tillates ikke i noen del av kabelhodet.  
=> Bruddkapasitet, med krav om at  $F_{bt} \geq 0,85 F_b$   
hvor  
 $F_{bt}$  = kabelens målte bruddkapasitet etter  $2 \times 10^6$  lastvekslinger.  
 $F_b$  = foreskrevet bruddkapasitet for kabelen.
- Konusens innsynking i forankringshodene skal måles etter  $0,5 \times 10^6$ ,  $1,0 \times 10^6$ ,  $1,5 \times 10^6$  og  $2,0 \times 10^6$  lastvekslinger. Maks. tillatt innsynking er 4 mm med mindre annet er spesifisert i den spesielle beskrivelsen.

Dersom det i den spesielle beskrivelsen er forlangt utmattingsprøver for kablene, kan disse bortfalle helt dersom det foreligger tilstrekkelig dokumentasjon på tidligere utførte utmattingsprøver på kabler av samme type. Dette vil i så fall bli bestemt av byggherren etter tilbudsinnlevering. Med samme type menes lik oppbygging det vil si samme type tråder, tilnærmet samme antall tråder og samme kabelhoder.

Utmattingsprøver av tråder skal utføres for å vise at disse har tilsvarende egenskaper som trådene som var brukt i de tidligere utførte utmattingsprøver. Dokumentasjon på tidligere utførte prøver skal vedlegges tilbudet.

Dersom det er gitt i den spesielle beskrivelsen, skal et antall av de permanente kabelhodene som er benyttet ved utmattingsprøvene deles ved saging i CL-kabel. Snittflatene skal slipes etter sagingen for nærmere inspeksjon. Byggherren skal varsles for mulig inspeksjon av utstøpingssonen.

Prøvestykkene er byggherrens eiendom og kan kreves utlevert for eventuell tilleggsundersøkelse.

**Magnetinduktiv prøving**

Prøving av en eller flere kabler i hele kabellengden med magnetinduktivt prøveutstyr kan bli forlangt. Den magnetinduktive prøving tar sikte på å påvise eventuelle trådbrudd og sveise- eller loddeskjøter i trådene. Dersom en slik prøving ønskes utført, skal leverandøren redegjøre for hvordan denne prøven vil bli utført. Prøveomfanget vil være nærmere spesifisert i den spesielle beskrivelsen.

**x) Mengderegler****Kabler bygget opp ved "Luftspinnemetoden":**

Mengden måles som netto vekt av ferdige kabeltråder.

Enhet: tonn.

**Kabler bygget opp av prefabrikkerte enkeltkabler med parallelle tråder**

Mengden måles som netto vekt av ferdig prefabrikkerte enkeltkabler.

Enhet: tonn.

# Prosess 85.63 Kabelhoder

## Prosess 85.631 Kabelhoder av støpestål

### a) Omfang

Prosesen gjelder produksjon av kabelhoder/ankerhoder av støpestål, senere i denne prosessen betegnet som kabelhoder. Prosesen omfatter alle ledd i framstilling av kabelhodene inklusiv overflatebehandling, men ikke innstøping av kabelen i kabelhodet.

Produksjonen skal tilfredsstillende alle relevante deler av NS-EN 1559-1/2 [20].

Senest 4 uker før produksjonen av kabelhodene starter, skal leverandøren oversende byggherren følgende dokumentasjon for informasjon og uttalelse:

1. Beskrivelse av type stålframstillingsprosess.
2. Beskrivelse som inkluderer tegning av modell, hoveddimensjoner før og etter grovmaskinering samt ferdige dimensjoner med toleranser.
3. Beskrivelse av varmebehandling og hvordan denne skal dokumenteres.
4. Teknisk beskrivelse av anvendt støpeteknikk og plassering av innløp og matere.
5. Beskrivelse av ikke destruktiv prøving inkl. beskrivelse av kalibreringsblokker for ultralydprøving og beskrivelse av overflateruhet.

### b) Materialer

#### Stålkvalitet

Materialet til kabelhoder av store dimensjoner (f.eks. kabelhoder til bærekabler for hengbruere) skal primært være av et lavlegert og lavtemperatur-seigt støpestål i homogenisert og seigherdet varmebehandlingstilstand.

Materialet til kabelhoder av mindre dimensjoner (f.eks. kabelhoder til hengestenger) kan alternativt være av et ulegert/lavlegert og lavtemperatur-seigt støpestål i homogenisert og normalisert varmebehandlingstilstand.

Stålet skal fortrinnsvis være AOD (Argon Oxygen Decarburization Process) behandlet. Ved valg av konkret stålkvalitet, skal det tas hensyn til avhengigheten mellom stålets mekaniske egenskaper og kabelhodenes godstykkelse. Spesielt er slagseigheten hos seigherdede stål sterkt avhengig av godsdimensjonene og hvor i tverrsnittet prøvestavene er tatt ut. Det skal derfor velges en stålkvalitet som gir godset i kabelhodet en tilfredsstillende mikrostruktur også gjennom kabelhodets maksimale tverrsnittstykkelse.

Stålet skal være lite ømfintlig for anløpingsprøhet og det skal opprettholde de mekaniske egenskaper etter varmpåvirkningen ved innstøpingen av kablene. Det skal ikke velges et stål med så høy strekkfasthet at stålet er ømfintlig for sprekkdannelse som skyldes spenningskorrosjon ved de aktuelle miljøforhold. Det skal heller ikke velges et stål som er vanskelig å støpe eller reparasjonsveise.

Følgende mekaniske egenskaper skal tilfredsstilles for materialet i selve kabelhodet, dersom ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen.

- Flytegrense:  $300 \text{ MPa} \leq f_y \leq 600 \text{ MPa}$
- Strekkfasthet:  $450 \text{ MPa} \leq f_u \leq 900 \text{ MPa}$
- $f_y/f_u \leq 0,85$  (målte verdier)
- Bruddforlengelse:  $A_5 \geq 20 \%$  for  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $A_5 \geq 15 \%$  for  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 For mellomliggende verdier interpoleres
- Tverrsnittreduksjon:  $Z \geq 40 \%$  for  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $Z \geq 30 \%$  for  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 For mellomliggende verdier interpoleres
- Slagseighet, Charpy V: Min. 40 J ved  $-20^\circ\text{C}$

Kravene gjelder for materialer i alle retninger.

Stålsort skal velges iht. NS-EN 10213 [45].

Valget av stålsort skal framgå av tilbudet og forelegges byggherren for uttalelse.

#### **Sinkmetall for korrosjonsbeskyttelse**

Sinkmetall for korrosjonsbeskyttelse skal være sink grade Z2 eller bedre iht. NS-EN 1179 [5], dvs. sinkinnholdet skal være min. 99,99 %.

### **c) Utførelse**

#### **Form og bearbeiding**

Det skal foreligge beregninger som viser spenningsnivået i de kritiske områder av kabelhodet ved maksimal driftsbelastning. Opptredende belastningsnivåer i kablene vil bli oppgitt av byggherren.

For alle typer av kabelhoder gjelder generelt at hvor det er overganger som gir spenningskonsentrasjoner, skal overgangen avrundes ( $r_{\min} = 5 \text{ mm}$ ) og maskineres.

Konus, hull, endeflater og anleggsflater for mutter eller andre forankringskomponenter skal maskineres til rent gods og riktig dimensjon.

For kabelhoder med ører skal boltehullene i ørene maskineres ut. Sideflatene på ørene skal også maskineres.



Kabelhodenes overflate skal være fri for synlige indikasjoner på feil. Overflaten skal være fri for sprekker eller sprekklignende defekter og i overensstemmelse med NS-EN 1370 [22] med henvisning til komparatorsett BNIF N° 359 nivå 3 S1.

Porer, sugninger og sprekkindikasjoner som går til overflaten er ikke tillatt.

Det vises også til krav i forbindelse med korrosjonsbeskyttelse.

Dersom leverandøren mener at byggherrens design av kabelhodene bør endres, skal dette spesifiseres i tilbudet.

Kabelhodenes endelige form skal være godkjent av byggherren.

Kantene på kabelhodene skal være avrundet slik at de er egnet for forsinking og maling ( $r_{\min} = 2 \text{ mm}$ ).

Kabelhodene merkes med stålkvalitetsbetegnelse, et charge-nummer og et nummer for identifisering. Nummeret skal være varig lesbart (f.eks. ved et innstøpt nummer.)

### **Homogenitet og reparasjoner**

Lokale overflatefeil i stålet fjernes ved sliping og avrunding så langt ikke minste godstykkelse underskrives.

Utbedring av støpefeil med sveis tillates ikke følgende steder:

- i overgangssoner med spenningskonsentrasjoner
- i gjengepartiene for kabelhoder med forankring i gjengepartier (utvendig eller innvendig)
- nærmere boltehullet enn 20 mm i kabelhoder med ører.

I øvrige deler av kabelhodene tillates utbedring av støpefeil ved sveising hvis det utslippte krater etter støpefeilen ikke har en dybde på mer enn 20 % av den minste godstykkelsen og utstrekningen (omskrevne diameter) ikke overskrider 1,5 x den minste godstykkelsen. Større kratre klassifiseres som "store" og krever byggherrens godkjenning for sveising.

Sveiseprosedyrespesifikasjon (WPS) skal utarbeides for alt sveisearbeid iht. NS-EN ISO 15609-1 [23] og forelegges byggherren for uttalelse min. 4 uker før støping starter. WPS skal være basert på kvalifiserte sveiseprosedyrer (WPQR) i henhold til relevant standard i NS-EN ISO 15614-serien [29]. Bruk av disse standardene skal avtales mellom partene.

For å unngå for rask avkjøling skal minimum sveiselengde/omfang og eventuell bruk av forvarming framgå av sveiseprosedyrespesifikasjonen (WPS).

Leverandøren skal sikre at alt sveisearbeid utføres og dokumenteres i henhold til kravene i NS-EN ISO 3834-2 [43].

Sveisingen som skal utføres etter strukturomvandlet varmebehandling av støpegodset skal omfatte:

1. Sliping eller fresing til rent gods.
2. Kontroll av reparasjonsområdet med NDT.
3. Forvarming av kabelhodet til passende temperatur før og under sveising.
4. Manglende materiale erstattes med sveis.
5. Etter sveising maskineres sveisen (slipes/freses) og kabelhodet kontrolleres igjen med magnetpulver og ultralyd iht. NDT-prosedyrene/kravene. Magnetpulverkontrollen utføres minimum 24 timer etter avsluttet sveising.
6. Hvis resultatet av reparasjonen er tilfredsstillende, varmebehandles kabelhodet, som et minimum med avspenningsgløding til slutt.

Reparasjon ved sveising tillates normalt kun en gang på hver feil.

Det skal brukes sertifiserte sveisere som er kvalifisert ved prøving etter NS-EN 287-1 [24]. Omfang og lokalisering av sveisereparasjoner skal dokumenteres ved foto og/eller skisser. Videre skal det foreligge logg med sporbarhet til tidspunkt for utførelse samt angivelse av sveiserens ID.

### **Korrosjonsbeskyttelse**

Korrosjonsbeskyttelse utføres etter godkjent NDT og rengjøring av overflaten. Fett skal fjernes ved bruk av løsemiddel (som påviselig løser opp fett) og spyling med varmt vann (100°C).

Kabelhodene sandblåses til Sa3 iht. ISO 8501-1 [25]. Overflateruheten skal være 50-85 µm, medium G iht. NS-EN ISO 8503-1 [26]. Kabelhodene påsprøytes så 150 µm sink iht. NS-EN ISO 2063 [27]. Påsprøytingen gjøres før kablene blir innstøpt i kabelhodene.

De ferdig forsinkete hoder skal påføres ett strøk maling. Malingstypen skal avtales med byggherren.

Eventuell varmforsinking av kabelhodene kan kun benyttes ved hoder med begrenset godstykkelse, og krever spesiell godkjennelse av byggherren. En skal ved varmforsinking ta spesielle hensyn til stålkvalitet og godsdimensjoner for å unngå for tykke og sprø jern-sink legeringssjikt.

**d) Toleranser**

Byggherrens krav til toleranser er angitt på tegninger og i den spesielle beskrivelse.

Det vises også til c) Utførelse, avsnittet Form og bearbeiding.

For krav til tykkelse av nødvendig bearbeidingstillegg for avmaskinering til rent godt, vises det til DIN 1683 Teil 1 [40].

**e) Prøving, kontroll**

Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok NS-EN 10204 (6)
Prosedyre- prøving	Visuell kontroll Geometrisk kontroll Kjemisk analyse Flytegrense (4) Strekkfasthet (4) Bruddforlengelse (4) Tverrkontraksjon (4) Skårslagsprøving (4) Hardhetsmåling Metallografisk undersøkelse av tverrsnittslip (makro og mikro) (21) Magnetpulverprøving Ultralydkontroll (5) Radiografi	Ett kabelhode, eventuelt ett fra hver produsent. Prøvematerialet tas fra selve kabelhodet og ikke fra vedhefede eller påstøpte prøvestykker. (3)	Som definert i tabellen under Produksjonsprøving	3.2 (7 og 19)
<b>Produksjonsprøving</b>				
Visuell kontroll	Visuell kontroll (2)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	NS-EN 1370 [22]/ BNIF No 359 [46] nivå 3 S1	3.1. /3.2 (7, 18 og 19)
Geometrisk kontroll	Geometrisk kontroll	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	Som definert på tegning og i: c) Utførelse, Form og bearbeiding	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Kjemisk	Kjemisk analyse	(6)	Iht. valgt stålkvalitet.	3.1. (7 og 18)
Mekanisk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flytegrense (4)</li> <li>• Strekkfasthet (4)</li> <li>• Bruddforlengelse (4)</li> <li>• Tverrkontraksjon (4)</li> </ul>	(6)	Som definert i: b) Materialer Stålkvalitet	3.1. /3.2 (7,18 og 19)

Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok NS-EN 10204 (6)
Mekanisk	Skårslagsprøving (4)	(6)	Som definert i: b) Materialer og i (4)	3.1. /3.2 (7, 18 og 19)
Mekanisk	Hardhetsmåling	10 % av kabelho- dene	Iht. valgt stålkvali- tet (8)	3.1. /3.2 (7, 18 og 19)
NDT Magnet- pulver (9)	Magnetpulver NS-EN 1369 [30] (10)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	NS-EN 1369 [30] (22)	3.1. /3.2 (7,18 og 19))
NDT Ultralyd (9)	Ultralyd NS-EN 12680-2 [32] (12)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 % (11)	NS-EN 12680-2 [32] (13)	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
NDT Radiografi (9)	Radiografi NS-EN 12681 [33] (15)	(14)	DIN 1690 Teil 2 [31] (16)	3.1. /3.2 (7, 18 og 19)
Korrosjons- beskyttelse	Rengjøring: • Renhet • Ruhet  Metallbelegg: • Vedheft • Tykkelse	10 % av kabelho- dene (20)	Sa3 ISO 8501-1 [25]. 50-85 µm, Me- dium G NS-EN ISO 8503-1 [26] 3,5 Mpa, NS-EN ISO 4624 [34]. 150µm.	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Strekprøving	Strekforsøk av ferdig kabel med påstøpte hoder.	(17)	Brudd skal skje i kabel og ikke i kabelhodet	3.2 (7 og 19)

Tabell 5

- (1) Byggherren skal i tillegg ha rett til å ta ut prøver for egen prøving. Restmateriale fra prøvingen oppbevares til kabelleveransen er levert.
- (2) Visuell kontroll utføres av en erfaren operatør så snart hvert kabelhode er utformet og klarert for visuell kontroll. Kontrollen skal bestemme om godset er egnet for å sendes videre (sortering) eller vrakes. Det skal blant annet kontrolleres at charge-nummer og nummer for identifisering er godt lesbart.
- (3) Kabelhodet til prøving skal primært ha dimensjoner som for det største aktuelle kabelhodet.
- (4) Prøvestavens plassering skal reflektere materialets reelle mekaniske egenskaper og skal tas fra tykkeste del av støpegodset. Prøvestavens plassering

og orientering skal inntegnes på tegning som skal godkjennes av byggherren. Slagprøvestavene skal fordeles over hele tverrsnittet.

Prøving i henhold til NS-EN ISO 10002-1 [3] (strekprøving) og NS-EN 10045-1 [36] (skårslagsprøving).

- (5) Kalibreringsblokker for ultralyd tas fra kabelhode støpt for prøving. Prøving av lydgjennomgang skal utføres og rapporteres. Prøvingen utføres mellom to parallelle flater og skal tjene som veiledning ved kalibrering av ultralydinnstillingen og samtidig kontroll av at materialet har tilfredsstillende lydgjennomgang. Ved ikke tilfredsstillende lydgjennomgang kan ny varmebehandling og ny prøving være nødvendig. Det vises for øvrig til NS-EN 12680-2 [32].
- (6) Prøvematerialet tas fra kabelhoder produsert til prøving og ikke fra vedheftede eller påstøpte prøvestykker. Kabelhodene som skal prøves skal fordeles jevnt over smeltecharge-enhetene og varmebehandlingsenhetene, men minimum en prøve fra hver batch. Resultat av kjemisk analyse fra samtlige smeltecharger skal inngå i dokumentasjonen. Prøvingen kan gjøres på kabelhoder som har vært påstøpt kabler og vært brukt til strekkprøving dersom videre produksjon av kabelhodene kan vente inntil prøvingen er utført.

- **For kabelhoder til bærekabler på hengebruer** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter, gjelder kravene fra hver produsent)

Hvis antall kabelhoder (n) er:

$n \leq 10$	prøves ett kabelhode
$10 < n \leq 20$	prøves to kabelhoder
$20 < n \leq 30$	prøves tre kabelhoder
$30 < n \leq 40$	prøves fire kabelhoder
	osv.

Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.

- **For kabelhoder til hengestenger** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter gjelder kravene fra hver produsent gjelder kravene fra hver produsent)

Hvis antall kabelhoder (n) er:

$n \leq 20$	prøves ett kabelhode
$20 < n \leq 40$	prøves to kabelhoder
$40 < n \leq 60$	prøves tre kabelhoder
$60 < n \leq 80$	prøves fire kabelhoder
$80 < n \leq 100$	prøves fem kabelhoder
	osv.

Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.

- **For kabelhoder til kabler på skråstagbruer** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter, gjelder kravene fra hver produsent)

Hvis antall kabelhoder (n) er:

$n \leq 20$	prøves ett kabelhode
$20 < n \leq 40$	prøves to kabelhoder
$40 < n \leq 60$	prøves tre kabelhoder
$60 < n \leq 80$	prøves fire kabelhoder
$80 < n \leq 100$	prøves fem kabelhoder

osv.

Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.

- (7) 10 % av prøvene skal ha inspeksjonsdokument type 3.2, øvrige prøver skal ha inspeksjonsdokument type 3.1 iht. NS-EN 10204 [6]. Prøvingslaboratorier skal ha et kvalitetssystem som tilfredsstiller kravene i NS-EN ISO/IEC 17025 [37] eller tilsvarende.
- (8) Hardhetsmåling utføres for å påvise at verdiene fra produksjonsprøvingen tilsvarer verdiene fra prosedyreprøvene.
- (9) Alle NDT-operatører skal ha dokumentert opplæring og erfaring fra kontroll av støpestål, og være sertifisert iht. NS-EN 473 [38] nivå II eller tilsvarende. Personell ansvarlig for prosedyrer og faglig ledelse av kontrollarbeid skal være sertifisert iht. NS-EN 473 [38] nivå III eller tilsvarende.
- (10) Magnetpulverprøving skal utføres etter ferdig bearbeiding (maskinering). Kontaktpunkter slipes rene for støpehud.
- (11) Leverandørens prosedyrer for ultralydkontroll skal minst inneholde:
  - Ultralydprøving med normallydhode:  
Hvert kabelhode skal prøves med normallydhode fra alle tilgjengelige flater. Tilgjengelige flate skal defineres av leverandøren som utarbeider prosedyrer med skisser som skal forelegges byggherren for kommentar.

- Ultralydprøving med vinkellydhode:  
I tillegg skal alle kabelhoder prøves med vinkellydhode i kritiske områder som er:
  - => hvor innløp har vært plassert
  - => hvor matere (stigeløp) har vært plassert
  - => ved større tverrsnittsoverganger
  - => områder med indikasjoner påvist med normalhode
  - => partier som skal gjenges
  - => områder med sikkerhetsnivå 1 og 2, se per (13)
  - => flater hvor vinkelen mellom framside og bakside er større enn 5 grader
  - => ved prøving av sveisereparasjoner
  - => områder med indikasjoner som kan være vanskelig orientert skal prøves med forskjellige vinkellydhoder for å sikre best mulig innfall på feilen.

Leverandøren skal utarbeide kontrollplaner og prosedyrer med skisser. Disse skal forelegges byggherren for kommentar.

Prøverapportene skal inneholde alle opplysninger som er krevd i NS-EN 12 680-2 [32] eller tilsvarende.

- (12) For kabelhoder med ører skal ørene kontrolleres før boltehull maskineres ut. Områder som skal gjenges skal prøves med ultralyd før gjenging. Det anbefales lydholder med frekvenser 2-5 MHz og størrelse som passer til godstykkelsen.
- (13) Akseptkriterier iht. NS-EN 12680-2 [32] sikkerhetsnivå 1 gjelder for følgende områder:
- på kabelhoder med ører gjelder kravet i avstand 0-20 mm fra boltehullene i ørene
  - i alle gjengepartier i dybde 0-15 mm, men ikke dypere enn 1/3 av godstykkelsen
  - ved større tverrsnittsoverganger i dybde 0-20 mm, men ikke dypere enn 1/3 av godstykkelsen

For alle øvrige områder på kabelhoder gjelder:

- NS-EN 12680-2 [32] sikkerhetsnivå 2

Ved valg av andre sikkerhetsnivåer må dokumenteres med bruddmekaniske beregninger.

- (14) Det skal utføres radiografisk kontroll dersom resultatene fra ultralydkontrollen ikke kan sies å være entydige.

- (15) Radiografi skal utføres som beskrevet i NS-EN 12681 [33]. Eventuell isotopprøving på kabelhoder med ører skal utføres med iridium og med tilfredsstillende følsomhet. De mest konservative resultatene skal anvendes for bedømmelsen av NDT.
- (16) Den radiografiske kontrollen av øreplatene skal tilfredsstillende følgende krav iht. DIN 1690 Teil 2 [31] eller tilsvarende:
- avstand fra boltehullet, 0-20 mm: kvalitetsklasse 2 for alle feiltyper
  - øvrige deler av ørene: kvalitetsklasse 3 for feiltyper A og B (porer og sand/inneslutn), kvalitetsklasse 2 for øvrige feiltyper
- (17) Gjelder hoder til strekkprøving av ferdig kabel som beskrevet i prosess 85.621 (evt. 85.622, 85.623, 85.624), e) Prøvetaking. Strekkprøving av ferdig kabel. Prøveomfang og Strekkprøving av ferdig kabel. Prøvekrav.
- (18) Inspeksjonsdokument 3.1. Byggherren (Statens Vegvesen) har rett til å bestemme hvilke hoder leverandøren skal prøve.
- (19) Inspeksjonsdokument 3.2. Verifisert av leverandørens autoriserte inspektør uavhengig av produksjonsavdelingen og byggherrens autoriserte inspektør.
- (20) Ved overflatebehandling skal kvalifisert inspektør kontrollere arbeidet. Inspektøren skal være sertifisert iht. NS 476/Frosio [39], eller tilsvarende.
- (21) Makroprøven skal være fri for sprekker, kaldflyt og sår. For ande uregelmessigheter som porer, slagginneslutninger etc. skal kravene i NS-EN ISO 5817 [35], kvalitetsnivå B tilfredsstillende. Leverandøren skal sikre at alle deler av kabelhodet har tilfredsstillende mikrostruktur som angitt i b) Materialer.
- (22) Akseptkriterier iht. NS-EN 1369 [30]: Sikkerhetsnivå SM1, LM1, AM1 gjelder for følgende områder:
- på kabelhoder med ører gjelder krav i avstand 0-20 mm fra boltehullene i ørene
  - i alle gjengepartier i dybde 0-15 mm, men ikke dypere enn 1/3 av godstykkelsen
  - ved større tverrsnittsoverganger i dybde 0-20 mm, men ikke dypere enn 1/3 av godstykkelsen
- For alle øvrige områder på kabeljoder gjelder:
- NS-EN 1369 [30] sikkerhetsnivå SM2, LM2, AM2.

#### x) Mengdereglar

Mengden måles som antall ferdige kabelhoder.

Enhet: stk.



## Prosess 85.632 Kabelhoder av smidd stål

### a) Omfang

Prosessen gjelder produksjon av kabelhoder/ankerhoder av smidd stål, senere i denne prosessen betegnet som kabelhoder. Prosessen omfatter alle ledd i framstilling av kabelhodene inklusiv overflatebehandling, men ikke innstøping av kabelen i kabelhodet.

Senest 4 uker før produksjonen av kabelhodene starter, skal leverandøren oversende byggherren følgende dokumentasjon for informasjon og uttalelse:

1. Beskrivelse av type stålframstillingsprosess.
2. Beskrivelse som viser:
  - utsmiingsmåten og utsmiingsgraden av emnet
  - kabelhodets og eventuelle tilleggsdelers orientering i emnet
  - dimensjoner før og etter grovmaskinering med tilhørende toleranser
3. Beskrivelse av varmebehandlingen, hvordan denne skal dokumenteres og når i prosessen varmebehandlingen utføres.
4. Beskrivelse av ikke destruktiv prøving inkl. beskrivelse av kalibreringsblokker for ultralydprøving og beskrivelse av overflateruhet.

### b) Materialer

#### Stålkvalitet

Materialet til kabelhoder av store dimensjoner, skal primært være av et lavlegert og lavtemperatur-seigt stål i homogenisert og seigherdet varmebehandlingstilstand.

Materialet til kabelhoder av mindre dimensjoner, kan alternativt være av et ulegert/lavlegert og lavtemperatur-seigt stål i normalisert varmebehandlingstilstand.

Stålet skal fortrinnsvis være AOD (Argon Oxygen Decarburization Process) behandlet. Ved valg av konkret stålkvalitet, skal det tas hensyn til avhengigheten mellom stålets mekaniske egenskaper og kabelhodenes godstykkelse. Spesielt er slagseighe-ten hos seigherdete stål sterkt avhengig av godsdimensjonene og hvor i tverrsnittet prøvestavene er tatt ut. Det skal derfor velges en stålkvalitet som gir godset i kabelhodet en tilfredsstillende mikrostruktur også gjennom kabelhodets maksimale tverrsnittstykkelse.

Stålet skal være lite ømfintlig for anløpingsprøhet og det skal opprettholde de mekaniske egenskaper etter varmepåvirkningen ved innstøpingen av kablene. Det skal ikke velges et stål med så høy strekkfasthet at stålet er ømfintlig for sprekkdannelse som skyldes spenningskorrosjon ved de aktuelle miljøforhold. Det skal heller ikke velges et stål som er vanskelig å reparasjonsweise.

Følgende mekaniske egenskaper skal tilfredsstilles for materialet i selve kabelhodet, dersom ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen:

- Flytegrense:  $300 \text{ MPa} \leq f_y \leq 600 \text{ MPa}$
- Strekkfasthet:  $450 \text{ MPa} \leq f_u \leq 900 \text{ MPa}$
- $f_y/f_u \leq 0,85$  (målte verdier)
- Bruddforlengelse:  $A_5 \geq 20 \%$  for  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $A_5 \geq 15 \%$  for  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 For mellomliggende verdier interpoleres
- Tverrsnittreduksjon:  $Z \geq 40 \%$  for  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $Z \geq 30 \%$  for  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 For mellomliggende verdier interpoleres
- Slagseighet, Charpy V: Min. 40 J ved  $-20^\circ\text{C}$

Kravene gjelder for materialer i alle retninger.

Valget av stål kvalitet skal framgå av tilbudet og godkjennes av byggherren.

#### **Sinkmetall for korrosjonsbeskyttelse**

Sinkmetall for korrosjonsbeskyttelse skal være sink grade Z2 eller bedre iht. NS-EN 1179 [5], dvs. sinkinnholdet skal være min. 99,99 %.

#### **c) Utførelse**

##### **Form og bearbeiding**

Materialet i kabelhodet skal smis på en slik måte at det blir mest mulig homogent (isotrop) med like mekaniske egenskaper i alle retninger.

Det skal foreligge beregninger som viser spenningsnivået i de kritiske områder av kabelhodet ved maksimal driftsbelastning. Opptredende belastningsnivåer i kablene vil bli oppgitt av byggherren.

For alle typer av kabelhoder gjelder generelt at hvor det er overganger som gir spenningskonsentrasjoner, skal overgangen avrundes ( $r_{\min} = 5 \text{ mm}$ ) og maskineres. Kantene på kabelhodene skal være avrundet slik at de er egnet for forsinking og maling ( $r_{\min} = 2 \text{ mm}$ ).

Konus, hull, endeflater og anleggsflater for mutter eller andre forankringskomponenter skal maskineres til rent gods og riktig dimensjon.

For kabelhoder med ører skal boltehullene i ørene maskineres ut. Sideflatene på ørene skal også maskineres.

Kabelhodenes overflate skal være fri for synlige indikasjoner på feil. Overflaten skal være fri for sprekker eller sprekklignende defekter som framkommer ved magnetpulverkontroll. Overflatebeskaffenhet skal være slik at NDT kan utføres på tilfredsstillende måte. Det vises også til krav i forbindelse med korrosjonsbeskyttelse.

Dersom leverandøren mener at byggherrens design av kabelhodene bør endres, skal dette spesifiseres i tilbudet.

Kabelhodenes endelige form og framstillingsmåte skal framgå av tilbudet og godkjennes av byggherren.

Kantene på kabelhodene skal være avrundet slik at de er egnet for forsinking og maling ( $r_{\min} = 2 \text{ mm}$ ).

Kabelhodene merkes med en stålkvalitetsbetegnelse, et charge-nummer og et nummer for identifisering. Nummeret skal være varig lesbart (f.eks. ved et innstempelt nummer). På hengestangshoder skal nummeret ikke settes på ørene.

### **Homogenitet og reparasjoner**

Lokale overflatefeil i stålet fjernes ved sliping og avrundning så langt ikke minste godstykkelse underskrides.

Utbedring av feil ved sveising tillates ikke følgende steder:

- i overgangssoner med spenningskonsentrasjoner
- i gjengepartiene for kabelhoder med forankring i gjengepartier (utvendig eller innvendig)
- nærmere boltehullet enn 20 mm i kabelhoder med ører.

I øvrige deler av kabelhodene tillates utbedring av støpefeil ved sveising hvis det utslippte krater etter feilen ikke har en dybde på mer enn 20 % av den minste godstykkelsen og utstrekningen (omskrevne diameter) ikke overskrider  $1,5 \times$  den minste godstykkelsen.

Større kratre klassifiseres som "store" og krever byggherrens godkjennelse for sveising.

Sveiseprosedyrespesifikasjon (WPS) skal utarbeides for alt sveisearbeid iht. NS-EN ISO 15609-1 [23] og forelegges byggherren for uttalelse min. 4 uker før arbeidene starter. WPS skal være basert på kvalifiserte sveiseprosedyrer (WPQR) i henhold til relevant standard i NS-EN ISO 15614-serien [29]. Bruk av disse standardene skal avtales mellom partene.

For å unngå for rask avkjøling skal minimum sveiselengde/omfang og eventuell bruk av forvarming framgå av sveiseprosedyrespesifikasjonen (WPS).

Leverandøren skal sikre at alt sveisearbeid utføres og dokumenteres i henhold til kravene i NS-EN ISO 3834-2 [43].

Sveisearbeidene skal omfatte:

1. Sliping eller fresing til rent gods.
2. Kontroll av reparasjonsområdet med NDT.
3. Eventuell forvarming av kabelhodet til passende temperatur før og under sveising.
4. Manglende materiale erstattes med sveis.
5. Etter sveising maskineres sveisen (slipes/freses) og kabelhodet kontrolleres igjen med magnetpulver og ultralyd iht. NDT-prosedyrene/kravene. Magnetpulverkontrollen utføres minimum 24 timer etter avsluttet sveising.
6. Hvis resultatet av reparasjonen er tilfredsstillende, varmebehandles kabelhodet, som et minimum med avspenningsgløding til slutt.

Reparasjon ved sveising tillates normalt kun en gang på hver feil.

Det skal brukes sertifiserte sveisere som er kvalifisert ved prøving etter NS-EN 287-1 [24]. Omfang og lokalisering av sveisereparasjoner skal dokumenteres ved foto og/eller skisser. Videre skal det foreligge logg med sporbarhet til tidspunkt for utførelse samt angivelse av sveiserens ID.

#### **Korrosjonsbeskyttelse**

Korrosjonsbeskyttelse utføres etter godkjent NDT og rengjøring. Fett skal fjernes ved bruk av løsemiddel (som påviselig løser opp fett) og spyling med varmt vann (100°C).

Kabelhodene blåserenses til Sa3 iht. ISO 8501-1 [25]. Overflateruheten skal være 50-85 µm, medium G iht. NS-EN ISO 8503-1 [26]. Kabelhodene påsprøytes så 150 µm sink iht. NS-EN ISO 2063 [27]. Påsprøytingen gjøres før kablene blir innstøpt i kabelhodene.

De ferdig forsinkete hoder skal påføres ett strøk maling. Malingstypen skal avtales med byggherren.

Eventuell varmforsinking av kabelhodene kan kun benyttes ved hoder med begrenset godstykkelse, og krever spesiell godkjennelse av byggherren. En skal ved varmforsinking ta spesielle hensyn til stålkvalitet og godsdimensjoner for å unngå for tykke og sprø jern-sink legeringssjikt.

**d) Toleranser**

Byggherrens krav til toleranser er angitt på tegninger og i den spesielle beskrivelse.

Det vises også til c) Utførelse, avsnittet Form og bearbeiding.

For krav til tykkelse av nødvendig bearbeidingstillegg for avmaskinering til rent godt, vises det til DIN 1683 Teil 1 [40].

**e) Prøving, kontroll**

Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	lInsp.dok. NS-EN 10204 [6]
Prosedyre- prøving	Visuell kontroll Geometrisk kontroll Kjemisk analyse Flytegrense (4) Strekfasthet (4) Bruddforlengelse (4) Tverrkontraksjon (4) Skårslagsprøving (4) Hardhetsmåling Metallografisk undersøkelse av tverrsnittslip (makro og mikro) (21) Magnetpulverprøving Ultralydkontroll (5) Radiografi	Det prøves ett kabelhode, eventuelt ett fra hver produsent. Prøvematerialet tas fra selve kabelhoder. (3)	Som definert i tabellen under Produksjonsprøving	3.2 (7 og 19)
<b>Produksjonsprøving</b>				
Visuell kontroll	Visuell kontroll (2)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	Iht. interne akseptkriterier basert på håndbokens krav.	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Geometrisk kontroll	Geometrisk kontroll	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	Som definert på tegning og i: c) Utførelse, Form og bearbeiding	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Kjemisk	Kjemisk analyse	(6)	Iht. valgt stålkvalitet.	3.1 (7 og 18)

Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok. NS-EN 10204 [6]
Mekanisk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flytegrense (4)</li> <li>Strekfasthet (4)</li> <li>Bruddforlengelse (4)</li> <li>Tverrkontraksjon (4)</li> </ul>	(6)	Som definert i: b) Materialer Stålkvalitet	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Mekanisk	Skårslagsprøving (4)	(6)	Som definert i: b) Materialer og i (4)	3.1 / 3.2 (7,18 og 19)
Mekanisk	Hardhetsmpling	10 % av kabelhodene	Iht. valgt stålkvalitet (8)	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
NDT Magnetpulver (9)	Magnetpulver NS-EN 1369 [30] (10)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	Som definert i: c) Utførelse Overflaten skal være fri for sprekker eller sprekkelignende defekter. Kvalitetsklasse 4 – NS-EN 10228-1 [41]	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
NDT Ultralyd (9)	Ultralyd (12)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 % (11)	(13)	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
NDT Radiografi (9)	Radiografi (15)	(14)	(16)	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Korrosjonsbeskyttelse	Rengjøring: <ul style="list-style-type: none"> <li>Renhet</li> <li>Ruhet</li> </ul> Metallbelegg: <ul style="list-style-type: none"> <li>Vedheft</li> <li>Tykkelse</li> </ul>	10 % av kabelhodene (20)	Sa3 ISO 8501-1 [25]. 50-85 µm, Medium G NS-EN ISO 8503-1 [26] 3,5 MPa, NS-EN ISO 4624 [34]. 150µm.	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Strekprøving	Strekforsøk av ferdig kabel med påstøpte hoder.	(17)	Brudd skal skje i kabel og ikke i kabelhodet	3.2 (7 og 19)

Tabell 6

- (1) Byggherren skal i tillegg ha rett til å ta ut prøver for egen prøving. Restmateriale fra prøvingen oppbevares til kabelleveransen er levert.

- (2) Visuell kontroll utføres av en erfaren operatør så snart hvert kabelhode er utformet og klarert for visuell kontroll. Kontrollen skal bestemme om godset er egnet for å sendes videre (sortering) eller vrakes. Det skal blant annet kontrolleres at charge-nummer og nummer for identifisering er godt lesbart.
- (3) Kabelhodet til prøving skal primært ha dimensjoner som for det største aktuelle kabelhodet.
- (4) Prøvestavenes plassering skal reflektere materialets reelle mekaniske egenskaper og skal tas fra tykkeste del av godset i kabelhodet og, så langt som mulig, tas både i kabelhodenes lengderetning og tverretning. Prøvestavenes plassering og orientering skal inntegnes på tegning som skal godkjennes av byggherren. Slagprøvestavene skal fordeles over hele tverrsnittet. Prøving i henhold til NS-EN ISO 10002-1 [3] (strekprøving) og NS-EN 10045-1 [36] (skårslagsprøving).
- (5) Kalibreringsblokker tas fra kabelhode produsert for prøving. Prøving av lydgiennomgang skal utføres og rapporteres. Prøvingen utføres mellom to parallelle flater og skal tjene som veiledning ved kalibrering av ultralyddinnstillingen og samtidig kontroll av at materialet har tilfredsstillende lydgiennomgang. Ved ikke tilfredsstillende lydgiennomgang kan ny varmebehandling og ny prøving være nødvendig. Det vises for øvrig til NS-EN 10228-3 [42].
- (6) Kabelhodene som skal prøves skal fordeles jevnt over smeltecharge-enhetene og varmebehandlingsenhetene. Resultat av kjemisk analyse fra samtlige smeltecharger skal inngå i dokumentasjonen. Prøvingen kan gjøres på kabelhoder som har vært påstøpt kabler og vært brukt til strekkprøving hvis videre produksjon av kabelhodene kan vente inntil prøvingen er utført.
  - **For kabelhoder til bærekabler på hengebruer** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter, gjelder kravene fra hver produsent)  
Hvis antall kabelhoder (n) er:
    - $n \leq 10$             prøves ett kabelhode
    - $10 < n \leq 20$     prøves to kabelhoder
    - $20 < n \leq 30$     prøves tre kabelhoder
    - $30 < n \leq 40$     prøves fire kabelhoderosv.  
Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.

- **For kabelhoder til hengestenger** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter gjelder kravene fra hver produsent)

Hvis antall kabelhoder (n) er:

$n \leq 20$	prøves ett kabelhode
$20 < n \leq 40$	prøves to kabelhoder
$40 < n \leq 60$	prøves tre kabelhoder
$60 < n \leq 80$	prøves fire kabelhoder
$80 < n \leq 100$	prøves fem kabelhoder

osv.

Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.

- **For kabelhoder til kabler på skråstagbruer** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter, gjelder kravene fra hver produsent)

Hvis antall kabelhoder (n) er:

$n \leq 20$	prøves ett kabelhode
$20 < n \leq 40$	prøves to kabelhoder
$40 < n \leq 60$	prøves tre kabelhoder
$60 < n \leq 80$	prøves fire kabelhoder
$80 < n \leq 100$	prøves fem kabelhoder

osv.

Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.

- (7) 10 % av prøvene skal ha inspeksjonsdokument type 3.2, øvrige prøver skal ha inspeksjonsdokument type 3.1 iht. NS-EN 10204 [6]. Prøvingslaboratorier skal ha et kvalitetssystem som tilfredsstillt kravene i NS-EN ISO/IEC 17025 [37] eller tilsvarende.
- (8) Hardhetsmåling utføres for å påvise at verdiene fra produksjonsprøvingen tilsvarer verdiene fra prosedyreprøvene.
- (9) Alle NDT-operatører skal ha dokumentert opplæring og erfaring fra kontroll av smistål, og være sertifisert iht. NS-EN 473 nivå II [38] eller tilsvarende. Personell ansvarlig for prosedyrer og faglig ledelse av kontrollarbeid skal være sertifisert iht. NS-EN 473 [38] nivå III eller tilsvarende.
- (10) Magnetpulverprøving skal utføres etter ferdig bearbeiding (maskinering).



- (11) Leverandørens prosedyrer for ultralydkontroll skal minst inneholde:
- Ultralydprøving med normallydhode:  
Hvert kabelhode skal prøves med normallydhode fra alle tilgjengelige flater. Tilgjengelige flater skal defineres av leverandøren som utarbeider skisse som forelegges byggherren for uttalelse.
  - Ultralydprøving med vinkellydhode:  
I tillegg skal alle kabelhoder prøves med vinkellydhode i kritiske områder som er:  
=> ved større tverrsnittsoverganger  
=> områder med indikasjoner påvist med normalhode  
=> partier som skal gjenges  
=> områder med sikkerhetsnivå 1 og 2, se (13)  
=> flater hvor vinkelen mellom framside og bakside er større enn 5 grader  
=> ved prøving av sveisereparasjoner  
=> områder med indikasjoner som kan være vanskelig orientert skal prøves med forskjellige vinkellydhoder for å sikre best mulig innfall på feilen.
  - Leverandøren skal utarbeide planer og prosedyrer med skisser. Disse skal forelegges byggherren for kommentar.

Prøverapportene skal inneholde alle opplysninger som er krevd i NS-EN 10228-3 [42].

- (12) For kabelhoder med ører skal ørene kontrolleres før boltehull maskineres ut. Prøvingen skal utføres iht. NS-EN 10228-3 [42]. Områder som skal gjenges skal prøves med ultralyd før gjenging. Det anbefales lydholder med frekvenser 2-5 MHz og størrelse som passer til godstykkelsen.

- (13) Akseptkriterier i henhold til NS-EN 10228-3 [42] quality class 4 gjelder for følgende områder:
- på kabelhoder med ører gjelder kravet i avstand 0-20 mm fra boltehullene i ørene
  - i alle gjengepartier i dybde 0-15 mm, men ikke dypere enn 1/3 av godstykkelsen
  - ved større tverrsnittsoverganger i dybde 0-20 mm, men ikke dypere enn 1/3 av godstykkelsen.

For alle øvrige områder på kabelhoder gjelder quality class 3 iht. NS-EN 10228-3 [42]. Større indikasjoner rapporteres for eventuell godkjenning.

- (14) Det skal utføres radiografisk kontroll dersom resultatene fra ultralyd-kontrollen ikke kan sies å være entydige.
- (15) Radiografi skal utføres som beskrevet i NS-EN 12681 [33]. Prøving skal utføres med tilfredsstillende følsomhet. De mest konservative resultatene skal anvendes for bedømmelsen av NDT.
- (16) Den radiografiske undersøkelsen skal dokumentere feiltype for indikasjoner med tilsvarende størrelse som vist i fotnote (13). Sprekker eller sprekklignende indikasjoner er ikke akseptabelt, og skal rapporteres for vurdering med hensyn på vraking eller sveisereparasjoner.
- (17) Gjelder hoder til strekkprøving av ferdig kabel som beskrevet i prosess 85.621 (evt. 85.622, 85.623, 85.624), e) Prøvetaking. Strekkprøving av ferdig kabel. Prøveomfang og Strekkprøving av ferdig kabel. Prøvekrav.
- (18) Inspeksjonsdokument 3.1 Byggherren (Statens Vegvesen) har rett til å bestemme hvilke hoder leverandøren skal prøve.
- (19) Inspeksjonsdokument 3.2. Verifisert av leverandørens autoriserte inspektør uavhengig av produksjonsavdelingen og byggherrens autoriserte inspektør.
- (20) Ved overflatebehandling skal kvalifisert inspektør kontrollere arbeidet. Inspektøren skal være sertifisert iht. NS 476/Frosio [39], eller tilsvarende.
- (21) Makroprøven skal være fri for sprekker, kaldflyt og sår. For andre uregelmessigheter som porer, slagginneslutninger etc. skal kravene i NS-EN ISO 5817 [35], kvalitetsnivå B tilfredsstillende. Leverandøren skal sikre at alle deler av kabelhodet har tilfredsstillende mikrostruktur som angitt i b) Materialer.

**x) Mengderegler**

Mengden måles som stk. ferdige kabelhoder.

Enhet: stk.

## Prosess 85.633 Kabelhoder av valset stål

### a) Omfang

Prosessen gjelder produksjon av kabelhoder/ankeholder av valset stål, senere i denne prosessen betegnet som kabelhoder. Prosessen omfatter alle ledd i framstilling av kabelhodene inklusiv overflatebehandling, men ikke innstøping av kabelen i kabelhodet.

Senest 4 uker før produksjonen av kabelhodene starter, skal leverandøren oversende byggherren følgende dokumentasjon for informasjon og uttalelse:

1. beskrivelse av stålkvalitet
2. beskrivelse som inkluderer:
  - framstillingsmåten for kabelhodet
  - kabelhodets orientering i valseemnet
  - dimensjoner før og etter grovmaskinering med tilhørende toleranser
3. beskrivelse av varmebehandlingen, hvordan denne skal dokumenteres og når i prosessen varmebehandlingen utføres.
4. beskrivelse av ikke destruktiv prøving inkl. beskrivelse av kalibreringsblokker for ultralydprøving og beskrivelse av overflateruhet.

### b) Materialer

#### Stålkvalitet

Kabelhodet skal lages av et lavtemperatur-seigt Z-stål, med gode mekaniske egenskaper i alle tverrsnittsretninger. Det kan, avhengig av godsdimensjonene, enten være et lavlegert og seigherdet stål, eller et tett, ulegert og finkornbehandlet stål som er normalisert.

Stålet skal fortrinnsvis være AOD (Argon Oxygen Decarburization Process) behandlet. Ved valg av konkret stålkvalitet, skal det tas hensyn til avhengigheten mellom stålets mekaniske egenskaper og kabelhodenes godstykkelse. Spesielt er slagseigheten hos seigherdete stål sterkt avhengig av godsdimensjonene og hvor i tverrsnittet prøvestavene er tatt ut. Det skal derfor velges en stålkvalitet som gir godset i kabelhodet en tilfredsstillende mikrostruktur også gjennom kabelhodets maksimale tverrsnittstykkelse.

Stålet skal være lite ømfintlig for anløpingsprøhet og det skal opprettholde de mekaniske egenskaper etter varmepåvirkningen ved innstøpingen av kablene. Det skal ikke velges et stål med så høy strekkfasthet at stålet er ømfintlig for sprekkdannelse som skyldes spenningskorrosjon ved de aktuelle miljøforhold. Det skal heller ikke velges et stål som er vanskelig å reparasjonsveise.

Følgende mekaniske egenskaper skal tilfredsstilles for materialet i selve kabelhodet, dersom ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen:

- Flytegrense:  $300 \text{ MPa} \leq f_y \leq 600 \text{ MPa}$
- Strekkfasthet:  $450 \text{ MPa} \leq f_u \leq 900 \text{ MPa}$
- $f_y/f_u \leq 0,85$  (målte verdier)
- Bruddforlengelse:  $A_5 \geq 20 \%$  for  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $A_5 \geq 15 \%$  for  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 For mellomliggende verdier interpoleres
- Tverrsnittreduksjon:  $Z \geq 40 \%$  for  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $Z \geq 30 \%$  for  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$

For mellomliggende verdier interpoleres

- Slagseighet, Charpy V: Min. 40 J ved  $-20^\circ\text{C}$

Kravene gjelder for materialet i alle tverrsnittsretninger.

Valget av stål kvalitet skal framgå av tilbudet og godkjennes av byggherren.

#### **Sinkmetall for korrosjonsbeskyttelse**

Sinkmetall for korrosjonsbeskyttelse skal være sink grade Z2 eller bedre iht. NS-EN 1179 [5], dvs. sinkinnholdet skal være min. 99,99 %.

#### **c) Utførelse**

##### **Form og bearbeiding**

Det skal foreligge beregninger som viser spenningsnivået i de kritiske områder av kabelhodet ved maksimal driftsbelastning. Opptredende belastningsnivåer i kablene vil bli oppgitt av byggherren.

For alle typer av kabelhoder gjelder generelt at hvor det er overganger som gir spenningskonsentrasjoner, skal overgangen avrundes ( $r_{\min} = 5 \text{ mm}$ ) og maskineres. Ved utskjæring av kabelhodet fra plate skal kabelhodet plasseres med lengderetning i platens hovedvalseretning. For kabelhoder med ører skal ørene være parallell med plateplanet.

Konus, hull, endeflater og anleggsflater for mutter eller andre forankringskomponenter skal maskineres til rent gods og riktig dimensjon.

For kabelhoder med ører skal boltehullene i ørene maskineres ut. Sideflatene på ørene skal også maskineres.

Kabelhodenes overflate skal være fri for synlige indikasjoner på feil. Overflaten skal være fri for sprekker eller sprekklignende defekter som framkommer ved magnetpulverkontroll. Overflatebeskaffenhet skal være slik at NDT kan utføres på tilfredsstillende måte. Det vises også til krav i forbindelse med korrosjonsbeskyttelse.

Kantene på kabelhodene skal være avrundet slik at de er egnet for forsinking og maling ( $r_{\min} = 2 \text{ mm}$ ).

Dersom leverandøren mener at byggherrens design av kabelhodene bør endres, skal dette spesifiseres i tilbudet.

Kabelhodenes endelige form og framstillingsmåte skal framgå av tilbudet og godkjennes av byggherren.

Kabelhodene merkes med en stålkvalitetsbetegnelse, et charge-nummer og et nummer for identifisering. Nummeret skal være varig lesbart (f.eks. ved et innstempelt nummer). På hengestangshoder skal nummeret ikke settes på ørene.

#### **Homogenitet og reparasjoner**

Lokale overflatefeil i stålet fjernes ved sliping og avrunding så langt ikke minste godstykkelse underskrides.

Eventuell reparasjonssveising tillates kun etter spesiell avtale med byggherren.

#### **Produksjonssveising**

Framstilling av kabelhoder ved produksjonssveising tillates ikke.

#### **Korrosjonsbeskyttelse**

Korrosjonsbeskyttelse utføres etter godkjent NDT og rengjøring av overflaten. Fett skal fjernes ved bruk av løsemiddel (som påviselig løser opp fett) og spyling med varmt vann (100°C).

Kabelhodene blåserenses til Sa3 iht. ISO 8501-1 [25]. Overflateruheten skal være 50-85  $\mu\text{m}$ , Medium G iht. NS-EN ISO 8503-1 [26]. Kabelhodene påsprøytes så 150  $\mu\text{m}$  sink iht. NS-EN ISO 2063 [27]. Påsprøytingen gjøres før kablene blir innstøpt i kabelhodene.

De ferdig forsinkete hoder skal påføres ett strøk maling. Malingstypen skal avtales med byggherren.

Eventuell varmforsinking av kabelhodene kan kun benyttes ved hoder med begrenset godstykkelse, og krever spesiell godkjennelse av byggherren. En skal ved varmforsinking ta spesielle hensyn til stålqualität og godsdimensjoner for å unngå for tykke og sprø jern-sink legeringssjikt.

#### d) Toleranser

Byggherrens krav til toleranser angis på tegninger og i den spesielle beskrivelse.

Det vises også til c) Utførelse, avsnittet Form og bearbeiding.

For krav til tykkelse av nødvendig bearbeidingstillegg for avmaskinering til rent godt, vises det til DIN 1683 Teil 1 [40].

Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	llnsp.dok. NS-EN 10204 [6]
Prosedyre- prøving	Visuell kontroll Geometrisk kontroll Kjemisk analyse Flytegrense (4) Strekkfasthet (4) Bruddforlengelse (4) Tverrkontraksjon (4) Skårslagsprøving (4) Hardhetsmåling Metallografisk undersøkelse av tverrsnittslip (makro og mikro) (21) Magnetpulverprøving Ultralydkontroll (5) Radiografi	Det prøves ett kabelhode, eventuelt ett fra hver produsent. (3)	Som definert i tabellen under Produksjonsprøving	3.2 (7 og 19)
<b>Produksjonsprøving</b>				
Visuell kontroll	Visuell kontroll (2)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	Iht. interne akseptkriterier basert på håndbokens krav.	3.1. /3.2 (7,18 og 19)

Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	lInsp.dok. NS-EN 10204 [6]
Geometrisk kontroll	Geometrisk kontroll	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	Som definert på tegning og i: c) Utførelse, Form og bearbeiding	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Kjemisk	Kjemisk analyse	(6)	Iht. valgt stålkvalitet.	3.1 (7 og 18)
Mekanisk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flytegrense (4)</li> <li>• Strekkfasthet (4)</li> <li>• Bruddforlengelse (4)</li> <li>• Tverrkontraksjon (4)</li> </ul>	(6)	Som definert i: b) Materialer Stålkvalitet	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Mekanisk	Skårslagsprøving (4)	(6)	Som definert i: b) Materialer og i (4)	3.1 / 3.2 (7,18 og 19)
Mekanisk	Hardhetsmåling	10 % av kabelhodene	Iht. valgt stålkvalitet (8)	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
NDT Magnetpulver (9)	Magnetpulver NS-EN 1369 [30] (10)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 %	Som definert i: c) Utførelse Overflaten skal være fri for sprekker eller sprekk-lignende defekter.	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
NDT Ultralud (9)	Ultralud NS-EN 10160 (44) (12)	Samtlige kabelhoder kontrolleres 100 % (11)	(13)	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
NDT Radiografi (9)	Radiografi (15)	(14)	(16)	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Korrosjonsbeskyttelse	Rengjøring: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Renhet</li> <li>• Ruhet</li> </ul> Metallbelegg: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vedheft</li> <li>• Tykkelse</li> </ul>	10 % av kabelhodene (20)	Sa3 ISO 8501-1 [25]. 50-85 µm, Medium G NS-EN ISO 8503-1 [26] 3,5 MPa, NS-EN ISO 4624 [34]. 150µm.	3.1. /3.2 (7,18 og 19)
Strekkprøving	Strekkforsøk av ferdig kabel med påstøpte hoder.	(17)	Brudd skal skje i kabel og ikke i kabelhodet	3.2 (7 og 19)

Tabell 7

- (1) Byggherren skal i tillegg ha rett til å ta ut prøver for egen prøving. Restmateriale fra prøvingen oppbevares til kabelleveransen er levert.
- (2) Visuell kontroll utføres av en erfaren operatør så snart hvert kabelhode er utformet og klarert for visuell kontroll. Kontrollen skal bestemme om godset er egnet for å sendes videre (sortering) eller vrakes. Det skal blant annet kontrolleres at charge-nummer og nummer for identifisering er godt lesbart.
- (3) Kabelhodet til prøving skal primært ha dimensjoner som for det største aktuelle kabelhodet.
- (4) Prøvestavenes plassering skal reflektere materialets reelle mekaniske egenskaper og skal tas fra tykkeste del av godset i kabelhodet og, så langt som mulig, tas både i kabelhodenes lengderetning og tverretning. Prøvestavenes plassering og orientering skal inntegnes på tegning som skal godkjennes av byggherren. Slagprøvestavene skal fordeles over hele tverrsnittet. Prøving i henhold til NS-EN ISO 10002-1 [3] (strekprøving) og NS-EN 10045-1 [36] (skårslagsprøving).
- (5) Kalibreringsblokker tas fra kabelhode produsert for prøving. Prøving av lydgjennomgang skal utføres og rapporteres. Prøvingen utføres mellom to parallelle flater og skal tjene som veiledning ved kalibrering av ultralydinnstillingen og samtidig kontroll av at materialet har tilfredsstillende lydgjennomgang.  
Ved ikke tilfredsstillende lydgjennomgang kan ny varmebehandling og ny prøving være nødvendig.
- (6) Kabelhodene som skal prøves skal fordeles jevnt over smeltecharge-enhetene og varmebehandlingsenhetene, men minimum en prøve fra hver batch. Resultat av kjemisk analyse fra samtlige smeltecharger skal inngå i dokumentasjonen. Prøvingen kan gjøres på kabelhoder som har vært påstøpt kabler og vært brukt til strekkprøving hvis videre produksjon av kabelhodene kan vente inntil prøvingen er utført.
  - **For kabelhoder til bærekabler på hengebruer** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter, gjelder kravene fra hver produsent)  
Hvis antall kabelhoder (n) er:
 

$n \leq 10$	prøves ett kabelhode
$10 < n \leq 20$	prøves to kabelhoder
$20 < n \leq 30$	prøves tre kabelhoder
$30 < n \leq 40$	prøves fire kabelhoder

 osv.  
Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.



- **For kabelhoder til hengestenger** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter gjelder, kravene fra hver produsent)  
Hvis antall kabelhoder (n) er:  

$n \leq 20$	prøves ett kabelhode
$20 < n \leq 40$	prøves to kabelhoder
$40 < n \leq 60$	prøves tre kabelhoder
$60 < n \leq 80$	prøves fire kabelhoder
$80 < n \leq 100$	prøves fem kabelhoder

osv.  
Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.
  
  - **For kabelhoder til kabler på skråstagbruer** skal det prøves følgende antall kabelhoder. (Dersom det er flere kabelprodusenter, gjelder kravene fra hver produsent)  
Hvis antall kabelhoder (n) er:  

$n \leq 20$	prøves ett kabelhode
$20 < n \leq 40$	prøves to kabelhoder
$40 < n \leq 60$	prøves tre kabelhoder
$60 < n \leq 80$	prøves fire kabelhoder
$80 < n \leq 100$	prøves fem kabelhoder

osv.  
Det skal minst være en prøve for hver kabelhodedimensjon, men minst en prøve for hver batch.
- (7) 10 % av prøvene skal ha inspeksjonsdokument type 3.2, øvrige prøver skal ha inspeksjonsdokument type 3.1 iht. 10204 [6]. Prøvingslaboratoriet skal ha et kvalitetssystem som tilfredsstillter kravene i NS-EN ISO/IEC 17025 [37] eller tilsvarende.
- (8) Hardhetsmåling utføres for å påvise at verdiene fra produksjonsprøvingen tilsvarer verdiene fra prosedyreprøvene.
- (9) Alle NDT-operatører skal ha dokumentert opplæring og erfaring fra kontroll av sveiset stål, og være sertifisert iht. NS-EN 473 [38] nivå II eller tilsvarende. Personell ansvarlig for prosedyrer og faglig ledelse av kontrollarbeid skal være sertifisert iht. NS-EN 473 [38] nivå III eller tilsvarende.
- (10) Magnetpulverprøving skal utføres etter ferdig bearbeiding (maskinering).

- (11) Leverandørens prosedyrer for ultralydkontroll skal minst inneholde:
- Ultralydprøving med normaltlydhode:  
Hvert kabelhode skal prøves med normaltlydhode fra alle tilgjengelige flater. Tilgjengelige flater skal defineres av leverandøren som utarbeider skisse som forelegges byggherren for uttalelse.
  - Ultralydprøving med vinkellydhode:  
I tillegg skal alle kabelhoder prøves med vinkellydhode i kritiske områder som er:
    - => ved større tverrsnittsoverganger
    - => områder med indikasjoner påvist med normalhode
    - => partier som skal gjenges
    - => områder med sikkerhetsnivå 1 og 2, se (13)
    - => flater hvor vinkelen mellom framside og bakside er større enn 5 grader
    - => ved prøving av sveisereparasjoner
    - => områder med indikasjoner som kan være vanskelig orientert skal prøves med forskjellige vinkellydhoder for å sikre best mulig innfall på feilen.

Leverandøren skal utarbeide planer og prosedyrer med skisser. Disse skal forelegges byggherren for kommentarer.

Hvert kabelhode prøves iht. NS-EN 10160 [44], pkt. 8.2.2 og pkt. 8.3.

Alle parametere som inngår i prøvingen skal rapporteres. Testrapportene skal inneholde all informasjon som er krevd i NS-EN 10228-3 [42].

- (12) For kabelhoder med ører skal ørene kontrolleres før boltehull maskineres ut. Områder som skal gjenges skal prøves med ultralyd før gjenging. Det anbefales lydholder med frekvenser 2-5 MHz og størrelse som passer til godstykkelsen.
- (13) Akseptkriterier iht. NS-EN 10160 [44], Table 5, Class E4 gjelder for følgende områder:
- på kabelhoder med ører gjelder kravet i avstand 0-20 mm fra boltehullene i ørene
  - i alle gjengepartier i dybde 0-15 mm, men ikke dypere enn 1/3 av godstykkelsen
  - ved større tverrsnittsoverganger i dybde 0-20 mm, men ikke dypere enn 1/3 av godstykkelsen

For alle øvrige områder på kabelhoder gjelder: NS-EN 10160 [44], Table 4, Class S3. Sprekker eller lineære indikasjoner aksepteres ikke.

- (14) Det skal utføres radiografi dersom resultatene fra ultralydkontrollen ikke kan sies å være entydige.

- (15) Radiografi skal utføres som beskrevet i NS-EN 12681 [33]. Eventuell prøving skal utføres med tilfredsstillende følsomhet. De mest konservative resultatene skal anvendes for bedømmelsen av NDT.
- (16) Den radiografiske undersøkelsen av øreplatene skal dokumentere feiltype for indikasjoner med tilsvarende størrelse som vist under fotnote (13). Sprekker eller sprekk lignende indikasjoner er ikke akseptabelt.
- (17) Gjelder hoder til strekkprøving av ferdig kabel som beskrevet i prosess 85.621 (evt. 85.622, 85.623, 85.624), e) Prøvetaking. Strekkprøving av ferdig kabel. Prøveomfang og Strekkprøving av ferdig kabel. Prøvekrav.
- (18) Inspeksjonsdokument 3.1 Byggherren (Statens Vegvesen) har rett til å bestemme hvilke hoder leverandøren skal prøve.
- (19) Inspeksjonsdokument 3.2. Leverandørens autoriserte inspektør uavhengig av produksjonsavdelingen og byggherrens autoriserte inspektør.
- (20) Ved overflatebehandling skal kvalifisert inspektør kontrollere arbeidet. Inspektøren skal være sertifisert iht. NS 476/Frosio [39], eller tilsvarende.
- (21) Makroprøven skal være fri for sprekker, kaldflyt og sår. For ande uregelmessigheter som porer, slagginneslutninger etc. skal kravene i NS-EN ISO 5817 [35], kvalitetsnivå B tilfredsstillende. Leverandøren skal sikre at alle deler av kabelhodet har tilfredsstillende mikrostruktur som angitt i b) Materialer.

**x) Mengderegler**

Mengden måles som stk. ferdige kabelhoder.

Enhet: stk.



# Prosess 85.64

## Forankring av kabel i kabelhode

### Prosess 85.641 Utstøping med metall

#### a) Omfang

Prosessen omfatter alle ledd vedrørende utstøping med metall av forankring mellom kabel og kabelhode. Prosessen innbefatter alle materialer knyttet til utstøpingen.

Ustøpingsprosedyre med tilhørende sjekklisteskjema skal forelegges byggherren for uttalelse minimum 4 uker før prosedyreutstøp.

#### b) Materialer

Støpemetallet skal ha tilstrekkelig styrke og ikke være ømfintlig for siging ved de belastninger som er aktuelle ved arbeidstemperatur opp til +60°C.

Metallet skal ha en anbefalt utstøpingstemperatur som ikke er over 500°C.

På forhånd godkjennes følgende 2 støpemetaller:

- Sink grade Z2 (evt. Z1) som inneholder minimum 99,99 % Zn i henhold til NS-EN 1179 [5]
- Sinklegering GB-ZnAl6Cu1 (Z610) i henhold til NS-EN 1774 [28] inneholdende 5.6-6.0 % Al, 1.2-1,6 % Cu og resten Zn.

Andre støpemetaller skal godkjennes av byggherren i hvert enkelt tilfelle.

Leverandøren skal oppgi hvilket metall som ønskes benyttet.

Det gjøres spesielt oppmerksom på at bly og blylegeringer ikke tillates.

#### c) Utførelse

##### Oppmåling, kapping og oppsplitting av kabel

Kabelens lengde skal måles som definert under prosess 85.62.

Før kapping av kableen, skal denne sikres med bendsling i tilstrekkelig grad, eventuelt også med klemmer i tillegg til bendsling. Det vises også til NS-EN 13411-4 [21]. Kapping skal foretas mekanisk, brenning tillates ikke.

Trådene ordnes i en kvast slik at rengjøring og utstøping kan foretas. Kvasten skal ordnes på en slik måte at ikke trådene skades.

Kvastens lengde skal tilpasses slik at frie trådender ikke skal bryte toppflaten på støpekonen, men ligge maksimalt 10 mm under toppflatenivået.

### **Rengjøring av kabelkvast**

Trådene skal rengjøres kjemisk med egnet løsemiddel som løser opp spinnemiddelet. Alle rester etter rengjøringsmidler skal fjernes. Rengjøring skal foretas uten at varmfor-sinkingen eller kabelen for øvrig skades.

Spesifikasjon for løsemiddel og komplett rengjøringsprosedyre skal forelegges byggherren for uttalelse senest 4 uker før arbeidet starter.

### **Montering av kabel med hode i utstøpingsrigg**

Kabel med hode skal før utstøping monteres i en solid rigg som holder kabel og hode i riktig posisjon og hindrer bevegelser under utstøpingsarbeidet. Senterlinje for konus og kabel skal stå vertikalt.

**For spiralslåtte kabler og lukkede kabler** skal kabeldelen nærmest kabelhodet ha en rett lengde på minimum  $30 \times$  kabeldiameteren. Ved krumning av kabelen etter denne rettstrekingen, skal krumningsradiusen være minimum  $50 \times$  kabeldiameteren.

**For andre kabeltyper** vurderes kravet til rettstreking og bøyeradius i hvert enkelt tilfelle.

For øvrig skal kravet til minste krumningsradius for vedkommende kabeltype til enhver tid overholdes for alle deler av kabelen.

Kabelen skal være sentrisk plassert i hullet i kabelhodet. Åpningen mellom kabel og konus skal tettes slik at hele konusen støpes ut. Trådene skal være jevnt fordelt i konusen.

Ved påsetting av kabelhode nr. 2 på korte kabler ( $1 < 100$  m), skal det påseses at innbyrdes orientering av kabelhodene blir riktig slik at ikke kabelen blir påført utilsiktet vridning under montasjen.

Der det benyttes styreskrue mellom hode og konus, skal det kontrolleres at denne er i riktig posisjon, dvs. at denne går litt inn i konusen.

Det skal ikke være innstøpt bendsling i overgangen mellom kabel og kabelhodet, og det skal primært ikke være bendsling som er innstøpt i kabelhodet.

**Forvarming av kabelhode**

Kabelhodet skal forvarmes til følgende temperatur:

- Ved utstøping med sink grade Z2:  $325 \pm 25^{\circ}\text{C}$
- Ved utstøping med Z610:  $325 \pm 25^{\circ}\text{C}$

For utstøping med andre metaller vurderes forvarmingstemperaturen i hvert enkelt tilfelle. Forvarmingen skal gis tilstrekkelig tid slik at hele kabelhodet oppnår foreskrevet temperatur før utstøpingen starter.

**Støpmetall**

Ved utstøping skal støpemetallet ha følgende temperatur:

- Sink grade Z2:  $490 \pm 10^{\circ}\text{C}$
- Z610:  $450 \pm 10^{\circ}\text{C}$

For andre metaller vurderes temperaturen i hvert enkelt tilfelle.

**Utsøping**

Støpemassen skal gi en fullstendig utfylling i hele konusen og være mest mulig fri for porer. Konusen skal støpes ut til plan med bakkant hode.

Støpekonusen skal utvendig ha jevn og homogent sinkmetall helt fram til tettingen ved åpningen av kabelhodet. Over kortere lengder tillates for øvrig enkelte tråder å være synlige i konusens overflate som følge av kontakt med kabelhodet.

Trådene skal i tverrsnittet være jevnt fordelt i konusen og være fullstendig innstøpt med full inntrengning av sink mellom trådene. Unntak fra dette kravet gjelder for et kort parti ved innføringen av kabelen i konusen.

Umiddelbart etter ihelling av støpemasse og under hele størkneprosessen skal toppflaten ettervarmes med gassflamme for å forhindre at det oppstår innsynkning i konusen. Innsynkning skal utjevnes med etterfylling av støpemasse. Oksydebelegg skal fjernes. Støpemassen i ferdig utstøpt konus skal være homogen. Det skal ikke forekomme forurensninger i støpemassen.

Kabel og hode skal være i ro under avkjølingen som skal foregå i luft ved romtemperatur.

Utsøpt konus og hodet skal merkes med varig merke i konus og hodet slik at riktig orientering sikres når hodet dras inn på konusen etter å ha vært slått tilbake.

**d) Toleranser**

For krav til toleranser i forbindelse med lengdemåling av kablene, vises det til prosess 85.621, 85.622, 85.623 og 85.624, c) Utførelse, Lengdemåling.

For krav til vinkel mellom kabelhode og kabel gjelder følgende regler:

- For kabelhoder som festes ved anlegg mot mutter (vanlig for bærekabler til hengebruer), skal kabelen stå vinkelrett på mutternes anleggsflater.
- For kabelhoder med ører (vanlig for hengestenger), skal kabelens senterlinje krysse senterlinjen gjennom kabelørens opphengningshull og stå vinkelrett på denne.
- For kabelhoder som festes ved hjelp av utvendige eller innvendige gjengepartier, skal kabelen være parallell med gjengepartiets akse.

Toleransen på disse vinkler er:

- Ved kabeldiameter  $\leq 50$  mm:  $0,6^\circ$
- Ved kabeldiameter  $\geq 100$  mm:  $0,4^\circ$
- For mellomliggende dimensjoner på kabeldiameteren, interpoleres det lineært.

**e) Prøving, kontroll**

Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok. NS-EN 10204 [6]
Prosedyreprøving	Kontroll av utstøping med alle tilhørende aktiviteter som definert i: b) Materialer c) Utførelse d) Toleranser	En prøve fra hver kabeldimensjon.	Som definert i: b) Materialer, c) Utførelse, d) Toleranser, (2) eller i den spesielle beskrivelsen	3.2 (3) (4)
Produksjonsprøving (5)	Kontroll av støpe-metall.	En prøve fra hver charge av støpe-metallet.	Som definert i: b) Materialer, eller i den spesielle beskrivelsen.	3.2/3.1 (3)
	Kontroll av oppmåling/merking (7)	Samtlige kabler	Som definert i: d) Toleranser	3.2/3.1. (3) (6)
	Kontroll av kabelkvast: • Rengjøring av tråder • Ordning av tråder	Samtlige kabelkvaster	Som definert i: c) Utførelse, eller i den spesielle beskrivelsen.	3.2/3.1. (3) (6)



Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok. NS-EN 10204 [6]
	Kontroll av kabel og kabelhode i utstøpingsrigg.	Alle kabelhoder	Som definert i: c) Utførelse, d) Toleranser eller i den spesielle beskrivelsen.	3.2/3.1. (3) (6)
	Kontroll av temperaturer.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forvarming av samtlige kabelhoder.</li> <li>• Temperatur i støpemetall.</li> </ul>	Som definert i: c) Utførelse, eller i den spesielle beskrivelsen.	3.2/3.1. (3) (6)
	Kontroll av utstøping.	Samtlige kabelhoder.	Som definert i: c) Utførelse d) Toleranser, eller i den spesielle beskrivelsen	3.2/3.1. (3) (6)

**Tabell 8**

- (1) Byggherren skal i tillegg ha rett til å ta ut prøver for egen prøving.
- (2) Støpekonen skal presses tilbake for besiktigelse. Den skal videre gjennom skjæres ved tverrsnitt som renslipes for kontroll av trådfordelingen og støpegodsets homogenitet. Det skal plasseres ett snitt 50 mm fra topp av konus og ett snitt 100 mm fra bunn av konus. Videre skal snitt plasseres i avstand maksimalt 100 mm. Det skal være minimum 3 snitt pr. hode.
- (3) Dokument produsert av leverandørens autoriserte inspektør uavhengig av produksjonsavdelingen, og av byggherrens autoriserte kontrollrepresentant.
- (4) Inspeksjonsdokumentet skal dokumentere at de krav som er stilt under b) Materialer, c) Utførelse og d) Toleranser er oppfylt for prosedyreprøvene.
- (5) Det forutsettes at leverandøren utarbeider detaljerte sjekklister for hele utstøpingsprosessen.
- (6) Inspeksjonsdokument type 3.2 for første kabel og inspeksjonsdokument type 3.1 for de øvrige.
- (7) Leverandøren skal forsikre seg om at oppmåling og merking av kabellengde er utført og kontrollert før utstøpingsarbeidet begynner.

**x) Mengderegler**

Mengden måles som antall utstøpinger.

Enhet: stk

## Prosess 85.642 Utstøping med kunststoff

### a) Omfang

Prosesen omfatter alle ledd vedrørende utstøping med kunststoff av forankring mellom kabel og kabelhode. Prosessen innbefatter alle materialer knyttet til utstøpingen.

Utsøpingsprosedyre med tilhørende sjekklisteskjema skal forelegges byggherren for uttalelse minimum fire uker før prosedyreutstøp.

### b) Materialer

Med kunststoff forstås her både rene kunststoffblandinger og spesialblandinger av kunststoff og andre materialer, f.eks. blanding av spesialepoksy, sinkstøv og stålkuler.

Alle egenskaper skal oppgis i tilbudet og skal dokumenteres før utstøping av det første kabelhodet. Dokumentasjon som viser at blandingen har blitt brukt tidligere til utstøping av kabelhoder på kabler til brukonstruksjoner skal vedlegges tilbudet.

Kunststoffblandingen skal ha tilstrekkelig styrke og minimum 100 års levetid og ikke være ømfintlig for siging ved de belastninger som er aktuelle. Arbeidstemperaturen skal kunne variere mellom  $-50^{\circ}\text{C}$  og  $+60^{\circ}\text{C}$ .

### c) Utførelse

#### Generelt

Dokumentasjon på at valgt utførelse er tidligere benyttet i tilsvarende konstruksjoner skal vedlegges tilbudet.

#### Oppmåling, kapping og oppsplitting av kabel

Kabelens lengde skal måles som definert under prosess 85.62.

Før kapping av kabelen, skal denne sikres med bendsling i tilstrekkelig grad, eventuelt også med klemmer. Det vises også til NS-EN 13411-4 [21].

Kapping skal foretas mekanisk, brenning tillates ikke.

Trådene ordnes i en kvast slik at rengjøring og utstøping kan foretas. Kvasten skal ordnes på en slik måte at ikke trådene skades. Kvastens lengde skal tilpasses slik at frie trådender ikke skal bryte toppflaten på støpekonen, men ligge maksimalt 10 mm under toppflatenivået.

**Rengjøring av kabelkvast**

Trådene skal rengjøres kjemisk med egnet løsemiddel som løser opp spinnemiddelet/fyllmiddelet. Alle rester etter rengjøringsmidler skal fjernes. Rengjøring skal foretas uten at varmforsinkingen eller kabelen for øvrig skades.

Spesifikasjon av løsemiddel og komplett rengjøringsprosedyre skal forelegges byggherren for uttalelse senest fire uker før arbeidet starter.

**Montering av kabel med hode i utstøpingsrigg**

Kabel med hode skal før utstøping monteres i en solid rigg som holder kabel og hode i riktig posisjon og hindrer bevegelser under utstøpingsarbeidet. Senterlinje for konus og kabel skal stå vertikalt.

**For spiralslåtte kabler og lukkede kabler** skal kabeldelen nærmest kabelhodet ha en rett lengde på minimum 30 x kabeldiameteren. Ved krumning av kabelen etter denne rettstrekningen, skal krumningsradiusen være minimum 50 x kabeldiameteren.

**For andre kabeltyper** vurderes kravet til rettstrekning og bøyeradius i hvert enkelt tilfelle.

For øvrig skal kravet til minste krumningsradius for vedkommende kabeltype til enhver tid overholdes for alle deler av kabelen.

Kabelen skal være sentrisk plassert i hullet i kabelhodet. Åpningen mellom kabel og konus skal tettes slik at hele konusen støpes ut. Trådene skal være jevnt fordelt i konusen.

Ved påsetting av kabelhode nr. 2 på korte kabler ( $1 < 100$  m), skal det påseses at innbyrdes orientering av kabelhodene blir riktig slik at ikke kabelen blir påført utilsiktet vridning under montasjen.

Der det benyttes styreskrue mellom hode og konus, skal det kontrolleres at denne er i riktig posisjon, dvs. at denne går litt inn i konusen.

Det skal ikke være innstøpt bendsling i overgangen mellom kabel og kabelhodet, og det skal primært ikke være bendsling som er innstøpt i kabelhodet.

**Forvarming av kabelhode**

Kabelhodet skal forvarmes til korrekt temperatur i henhold til leverandørens prosedyre for den aktuelle kunststoffblandingen.

Kabelhodet skal ha jevn temperatur under hele utstøpingen.

**Utstøping**

Ved utstøping og herding skal kunststoffblandingen ha jevn temperatur i henhold til leverandørens beskrivelse.

Støpemassen skal gi en fullstendig utfylling i hele konusen og være mest mulig fri for porer. Konusen skal støpes ut til plan med bakkant hode.

Støpekonusen skal utvendig ha jevn og homogent støpemasse helt fram til tettingen ved åpningen av kabelhodet. Over kortere lengder tillates for øvrig enkelte tråder å være synlige i konusens overflate som følge av kontakt med kabelhodet.

Trådene skal i tverrsnittet være jevnt fordelt i konusen og være fullstendig innstøpt med full inntrengning av kunststoff mellom trådene. Unntak fra dette kravet gjelder for et kort parti ved innføringen av kabelen i konusen.

Støpemassen i ferdig utstøpt konus skal være homogen. Det skal ikke forekomme forurensninger i støpemassen.

Kabel og hode skal være i ro under herdeprosessen.

Utstøpt konus og hodet skal merkes med varig merke i konus og hodet slik at riktig orientering sikres når hodet dras inn på konusen etter å ha vært slått tilbake.

**d) Toleranser**

For krav til toleranser i forbindelse med lengdemåling av kablene, vises det til prosess 85.621, 85.622, 85.623 og 85.624, c) Utførelse, Lengdemåling.

For krav til vinkel mellom kabelhode og kabel gjelder følgende regler:

- For kabelhoder som festes ved anlegg mot mutter (vanlig for bærekabler til hengebruer), skal kabelen stå vinkelrett på mutternes anleggsflater.
- For kabelhoder med ører (vanlig for hengestenger), skal kabelens senterlinje krysse senterlinjen gjennom kabelørens opphengningshull og stå vinkelrett på denne.
- For kabelhoder som festes ved hjelp av utvendige eller innvendige gjengepartier, skal kabelen være parallell med gjengepartiets akse.

Toleransen på disse vinkler er:

- Ved kabeldiameter  $\leq 50$  mm:  $0,6^\circ$
- Ved kabeldiameter  $\geq 100$  mm:  $0,4^\circ$
- For mellomliggende dimensjoner på kabeldiameteren, interpoleres det lineært.

**e) Prøving, kontroll**

Prøve	Prøvetype	Prøveomfang (1)	Akseptkriterier	Insp.dok. NS-EN 10204 [5]
Prosedyre- prøving	Kontroll av utstøping med alle tilhørende aktiviteter som definert i: b) Materialer c) Utførelse d) Toleranser	En prøve fra hver kabeldimensjon	Som definert i: b) Materialer, c) Utførelse (9), d) Toleranser, (2) eller i den spesielle beskrivelsen	3.2 (3), (4)
Produksjons- prøving (5)	Kontroll av kunststoff for riktig sammensetning	Samtlige blandinger av kunststoff (8)	Som definert i: b) Materialer, eller i den spesielle beskrivelsen.	3.2/3.1. (3), (6)
	Kontroll av oppmåling/merking (7)	Samtlige kabler	Som definert i: d) Toleranser	3.2/3.1. (3), (6)
	Kontroll av kabelkvast: • Rengjøring av tråder • Ordning av tråder	Samtlige kabelkvaster	Som definert i: c) Utførelse, eller i den spesielle beskrivelsen.	3.2/3.1. (3), (6)
	Kontroll av kabel og kabelhode i utstøpingsrigg.	Alle kabelhoder	Som definert i: c) Utførelse, d) Toleranser eller i den spesielle beskrivelsen.	3.2/3.1. (3), (6)
	Kontroll av temperaturer.	• Forvarming av samtlige kabelhoder • Temperatur i kunststoff under hele herdeprosessen	Som definert i: c) Utførelse, eller i den spesielle beskrivelsen.	3.2/3.1. (3), (6)
	Kontroll av utstøping.	Samtlige kabelhoder. (9)	Som definert i: c) Utførelse d) Toleranser, eller i den spesielle beskrivelsen	3.2/3.1. (3), (6)

**Tabell 9**

- (1) Byggherren skal i tillegg ha rett til å ta ut prøver for egen prøving.
- (2) Støpekonen skal presses tilbake for besiktigelse. Den skal videre gjennomskjæres ved tverrsnitt som renslipes for kontroll av trådfordelingen og støpe-

godsets homogenitet. Det skal plasseres ett snitt 50 mm fra topp av konus og ett snitt 100 mm fra bunn av konus. Videre skal snitt plasseres i avstand maksimalt 100 mm. Det skal være minimum 3 snitt pr. hode. Dersom det ikke er mulig å presse hodet tilbake, skal støpekonusen med hode gjennomskjæres.

- (3) Dokument produsert av leverandørens autoriserte inspektør uavhengig av produksjonsavdelingen, og av byggherrens autoriserte kontrollrepresentant.
- (4) Inspeksjonsdokumentet skal dokumentere at de krav som er stilt under b) Materialer, c) Utførelse og d) Toleranser er oppfylt for prosedyreprøvene.
- (5) Det forutsettes at leverandøren utarbeider detaljerte sjekklister for hele utstøpingsprosessen.
- (6) Inspeksjonsdokument type 3.2 for første kabel og inspeksjonsdokument type 3.1 for de øvrige.
- (7) Leverandøren skal forsikre seg om at oppmåling og merking av kabellengde er utført og kontrollert før utstøpingsarbeidet begynner.
- (8) Det skal tas tre vilkårlige prøver av hver forsendelse av kunststoffblandingen. Fra hver prøve skal det utstøpes 2 stk. prizmer med dimensjoner ca. 40x40x200 mm, én for trykk-, og én for strekkprøving.
- (9) Når forankringskonen utstøpes, skal det samtidig utstøpes 4 stk. prismeprøver med mål som angitt ovenfor for hver forankring. Prismene merkes og 2 stk. skal prøves for strekk og trykk av leverandøren før den tilhørende kablen sendes fra fabrikken. De 2 andre prismene skal lagres og være tilgjengelig for prøving inntil ett år etter at brua er overtatt av byggherren.

#### **x) Mengdereglar**

Mengden måles som antall utstøpinger.

Enhet: stk

## Prosess 85.643 Annen forankring

### a) Omfang

Prosesen omfatter levering av alle materialer samt utførelse av alle arbeider i tilknytning til produksjon av forankring mellom kabel og kabelhode.

Arbeidsprosedyre med tilhørende sjekklisteskjema skal forelegges byggherren for uttalelse minimum 4 uker før arbeidet utføres.

### b) Materialer

Alle data som beskriver materialenes mekaniske egenskaper skal detaljert beskrives i tilbudet. Materialvalget skal være godkjent av byggherren før produksjonen starter.

Generelt gjelder tilsvarende kvalitetskrav som beskrevet for forankringene under de øvrige prosesser for forankring mellom kabel og kabelhode.

### c) Utførelse

#### Generelt

Utførelsen av forankringsarbeidene skal detaljert beskrives i tilbudet. Prosedyrer for utførelse av forankringsarbeidene skal være godkjent av byggherren før produksjonen starter.

#### Oppmåling, kapping og oppsplitting av kabel

Kabelen skal måles som definert under prosess 85.62.

Før kapping av kabelen, skal denne sikres med bendsling i tilstrekkelig grad, eventuelt også med klemmer. Det vises også til NS-EN 13411-4 [21].

Kapping skal foretas mekanisk, brenning tillates ikke.

### d) Toleranser

For krav til toleranser i forbindelse med lengdemåling av kablene, vises det til prosess 85.621, 85.622, 85.623 og 85.624, c) Utførelse, Lengdemåling.

For krav til vinkel mellom kabelhode og kabel gjelder følgende regler:

- For kabelhoder som festes ved anlegg mot mutter (vanlig for bærekabler til hengebruer), skal kabelen stå vinkelrett på mutternes anleggsflater.
- For kabelhoder med ører (vanlig for hengestenger), skal kabelens senterlinje krysse senterlinjen gjennom kabelørenes opphengningshull og stå vinkelrett på denne.
- For kabelhoder som festes ved hjelp av utvendige eller innvendige gjengepartier, skal kabelen være parallell med gjengepartiets akse.

Toleransen på disse vinkler er:

- Ved kabeldiameter  $\leq 50$  mm:  $0,6^\circ$
- Ved kabeldiameter  $\geq 100$  mm:  $0,4^\circ$

For mellomliggende dimensjoner på kabeldiameteren, interpoleres det lineært.

#### **e) Prøving, kontroll**

Det skal foretas 100 % visuell kontroll av alle arbeidsoperasjoner i tilknytning til forankringsarbeidet.

Leverandøren skal i tilbudet detaljert beskrive alle prøver med tilhørende akseptkriterier som gjelder ved produksjon av forankringen mellom kabel og kabelhode.

Prøveopplegget skal være godkjent av byggherren før produksjonen starter.

#### **x) Mengdereglar**

Mengden måles som antall forankringer.

Enhet: stk



## Prosess 85.65 Transport

### a) Omfang

Prosessen omfatter alle arbeider og materialer knyttet til emballering, merking, håndtering og transport av kablene fra produksjonsstedet og helt fram til avtalt lagerplass på leveringsstedet.

Prosessen omfatter videre arbeider og materialer knyttet til avlastning på leveringsstedet, understøttelse og overdekning.

### b) Materialer

Alle materialer skal være av en slik dimensjon og kvalitet at kabler og kabelhoder er beskyttet under transport og lagring. Materialvalget skal videre muliggjøre utkveiling av kabler og kabelhoder uten at disse skades i forbindelse med montasjearbeidene.

### c) Utførelse

Leverandøren har ansvar for kablene helt fram til leveringsstedet, inklusiv plassering og tildekking/emballering på leveringsstedet.

Kablene skal leveres og lagres emballert, slik at både kabler og hoder er beskyttet mot mekanisk slitasje, nedbør og lignende. Emballasjen skal utføres slik at den ikke samler opp fuktighet og kondens.

Generelt kreves:

- lange kabler ( $L > 200$  m) leveres på tromler av stål
- korte kabler ( $L < 200$  m) kan leveres på kveiler eller tromler hvis ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen
- tråd til kabler som bygges opp på stedet, leveres på tromler eller kveil hvis ikke annet er angitt i den spesielle beskrivelsen

Innerdiametere på kabeltromlene skal være minimum  $30 \times$  kabeldiameteren for spiralslåtte kabler.

Ytre og minste indre diameter samt bredden på kabeltromlene for transport skal være oppgitt i tilbudet.

Transport og håndtering av kablene i forbindelse med omlasting skal foregå på en slik måte at kablene og tromlene ikke kan bli skadet. Viktige forhold å ivareta er kapasitet

på kraner og løfteutstyr samt eventuelle belastningsrestriksjoner på kaier, veger, bruer og lignende samt utforming av disse elementer. Det skal videre sikres at kablene ikke kan forskyve seg eller rulle under transport og lagring.

Byggherren vil opplyse om hvor de enkelte kablene skal monteres i kabelbunten. Kablene skal lagres på brustedet under hensyntagen til montasjerekkefølgen som vil bli oppgitt av byggherren.

**d) Toleranser**

Ved levering av kablene på byggherrens område, skal leverandøren definere nødvendige krav til underlagets jevnhet, helning og bæreevne.

**e) Prøving, kontroll**

Leverandøren skal ved beregninger, forsøk eller tidligere dokumentasjon, påvise at de planlagte metoder for transport, lagring og utkveiling av kablene lar seg gjennomføre uten at noen del av leveransen skades.

**x) Mengderegler**

Mengden måles som netto vekt av kabler og kabelhoder.

Enhet: tonn.

## Referanser

- [1] NS-EN ISO 9001      Systemer for kvalitetssikring. Krav (2000).
- [2] NS-EN 10016-1/4      Ulegert stangstål for trekking og/eller kaldvalsing. Del 1: Generelle krav. Del 4: Spesielle krav til stang for spesielle formål (1995).
- [3] NS-EN 10002-1      Metalliske materialer. Strekkprøving. Del 1: Prøvningsmetode ved omgivelsestemperatur (2001).
- [4] NS-EN 10264-1/3      Ståltråd og trådprodukter. Tråd for ståltau. Del 1: Generelle krav. Del 3: Rund og profilert ulegert tråd for store belastninger (2002/2003).
- [5] NS-EN 1179      Sink og sinklegeringer. Primærsink (2003).
- [6] NS-EN 10204      Metalliske materialer. Typer av inspeksjonsdokumenter (2005).
- [7] DIN 51211      Hin-und Herbiegeversuch an Drähten (1978).
- [8] DIN 51212      Verwinderversuch an Drähten (1978).
- [9] NS 1187      Volumetrisk bestemmelse av sinkbeleggsvekt på ståltråd. (1968/1998).
- [10] NS 1183      Bestemmelse av beleggstykkelse ved avtrekking og veiing (1964/1998).
- [11] NS-EN 10244-1/2      Ståltråd og ståltrådprodukter. Ikke-jernholdige, metalliske belegg på ståltråd. Del 1: Generelle prinsipper. Del 2: Sink- og sinklegerte belegg (2001).
- [12] NS-EN ISO 1460      Metalliske belegg. Varmforsinkede belegg på jernholdige materialer. Gravimetrisk bestemmelse av masse per flateenhet. (1995).
- [13] DIN 51215      Wickelversuch an Drähten (1975).

- [14] DIN 50100 Dauerswingversuch (1978).
- [15] ISO 4346 Steel wire ropes for general purposes – Lubricants – Basic requirements. (1977).
- [16] DIN 18800 Teil 1. Stahlbauten. Bemessung und Konstruktion. Appendix Inkludert A1 (1990/1996).
- [17] NS-EN 12385-1/2 Ståltau. Sikkerhet. Del 1: Generelle krav. Del 2: Definisjoner, betegnelser og klassifisering (2002/2003).
- [18] DIN 8074 Rohre aus Polyetholen (PE) Masse (1999).
- [19] DIN 8075 Rohre aus Polyethylen (PE) Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung (1999).
- [20] NS-EN 1559-1/2 Støperiteknikk. Tekniske leveringsbetingelser. Del 1: Generelt. Del 2: Tilleggskrav for støpestål. (1997/2000).
- [21] NS-EN 13411-4 Endeavslutninger på ståltau. Sikkerhet. Del 4: Innstøpte hylser (2002).
- [22] NS-EN 1370 Støping. Kontroll av overflateruhet ved visuell-taktile komparatorer. (1997).
- [23] NS-EN ISO 15609-1 Spesifisering og godkjenning av sveiseprosedyrer for metalliske materialer. Sveiseprosedyrespesifikasjon. Del 1: Buesveising. (2005).
- [24] NS-EN 287-1 Godkjenning av sveisere. Smeltesveising. Del 1: Stål. (2004).
- [25] ISO 8501-1 Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and for steel substrates after overall removal of previous coating. (1988/1994).
- [26] NS-EN ISO 8503-1 Forbehandling av ståloverflater før påføring av maling og lignende produkter. Ruhetsprofil hos blåserensede ståloverflater. Del 1: Spesifikasjoner og definisjoner for ISO-overflateprofilkomparatorer for bedømmelse av blåserensede overflater (1995).

- [27] NS-EN ISO 2063 Termisk sprøyting. Metalliske og andre belegg. Sink, aluminium og deres legeringer (2005).
- [28] NS-EN 1774 Zinc and zinc alloys. Alloys for foundry purposes. Ingot and liquid. (1998).
- [29] NS-EN ISO 15614-1 Spesifisering og godkjenning av sveiseprosedyrer for metalliske materialer. Sveiseprosedyreprøving. Del 1: Bue- og gassveising av stål og buesveising av nikkel og nikkellegeringer 2004).
- [30] NS-EN 1369 Støping. Magnetpulverkontroll (1997).
- [31] DIN 1690 Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Gussstücke aus metallischen Werkstoffen, Stahlgussstücke Einteilung zerstörungsfreier Prüfungen (1985).
- [32] NS-EN 12680-2 Støperiteknikk. Ultralydprøving. Del 2: Stålstøpegods for turbindeler (2003).
- [33] NS-EN 12681 Støperiteknikk. Radiografiprøving (2003).
- [34] NS-EN ISO 4624 Maling og lakk. Prøving av vedheftsevne ved avtrekk (2003).
- [35] NS-EN ISO 5817 Sveising. Smeltesveiste forbindelser i stål, nikkel, titan og deres legeringer. Kvalitetsnivåer for uregelmessigheter (2003).
- [36] NS-EN 10045-1 Metalliske materialer. Charpy skårslagprøving. Del 1: Prøvmingsmetode (1990).
- [37] NS-EN ISO/IEC 17025 Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriets kompetanse (2005).
- [38] NS-EN 473 Ikke-destruktiv prøving. Kvalifisering og sertifisering av NDT-personell – Generelle prinsipper (2001).
- [39] NS 476 Maling og belegg – Godkjenning og sertifisering av inspektører for overflatebehandling (2004).
- [40] DIN 1683 Teil 1 Gussrohnteile aus Stahlguss. Allgemeintoleranzen, Bearbeitungszugaben (1980/1998).

- [41] NS-EN 10228-1 Ikke-destruktiv prøving av smistål. Magnetpulverprøving (1999).
- [42] NS-EN 10228-3 Ikke-destruktiv prøving av smistål. Del 3: Ultralydprøving av ferrittisk og martensittisk smistål (1999).
- [43] NS-EN ISO 3834-2 Kvalitetskrav for smeltesveising av metalliske materialer. Del 2: Omfattende kvalitetskrav (2006).
- [44] NS-EN 10160 Ultralydprøving av flate stålprodukter med tykkelse større enn eller lik 6 mm. (1999).
- [45] NS-EN 10213 Støpestål for trykkpåkjent utstyr (2007)
- [46] BNIF No 359 Recommandation Technique No 359 du Bureau de Normalisation des Industries de la Fonderie. (BNIF). Nouvelle Edition Novembre 1996. Caractérisation d'états de surface des pièces moulées.

# Tekniske data for kabelløse

Ved tilbud på kabler til Statens vegvesen skal minimum følgende data oppgis:

## **Prosess 85.61 Tråder og trådmateriale**

- Forventet antall og vekt av trådringer
- Stålets fremstillingsmetode (betegnelse på prosess, ikke en detaljert beskrivelse), varmbehandlingsmetode og kvalitetsbetegnelse i henhold til standard
- Hvorvidt og i hvilken grad Z-trådene blir kaldtrukket og/eller kaldvalset til endelig form
- Hvorvidt og på hvilken måte trådene blir kontrollert for defekter og overflateuregelmessigheter ved NDT under produksjonsgangen
- Tykkelsen av sinkbelegget på trådene

## **Prosess 85.621 Spiralslåtte kabler**

- Vekt pr. løpemeter
- Minste effektive bruddkapasitet
- Ståltverrsnitt
- Oppbygging av kabel med angivelse av trådenes antall, form og tverrsnitt
- Slaglengde og slagvinkler for trådene
- Forventet spinnetape
- Forventet elastisitetsmodul for ferdig kabel med forlengelseskurve opp til 50 % av minste effektive bruddkapasitet
- Kabeldiameter med toleranseangivelser
- Beskrivelse, tekniske data og erfaringsgrunnlag for det spinnemiddel som foreslås brukt
- Spinnemiddelets vektandel i kabelen
- Dokumentasjon på tidligere utførte utmattingsprøver for kabler av samme type (eventuelt)

## **Prosess 85.622 Parallelltrådkabler med utvendig vikling**

- Dokumentasjon på tidligere utførte utmattingsprøver for kabler av samme type (eventuelt)
- Toleranse på kablernes ytre diameter

## **Prosess 85.631 Kabelhoder av støpestål**

- Form og produksjonsmetode for kabelhode

- Vekt av kabelhode
- Stålets fremstillingsmetode (betegnelse på prosess, ikke en detaljert beskrivelse), varmbehandlingsmetode og kvalitetsbetegnelse i henhold til standard
- Dersom leverandøren mener at de foreløpige dimensjoner på kabelhodene som er oppgitt i konkurransegrunnlaget bør endres, skal det spesifiseres hvilke endringer som må gjøres

**Prosess 85.632 Kabelhoder av smidd stål**

- Form og produksjonsmetode for kabelhode
- Vekt av kabelhode
- Stålets fremstillingsmetode (betegnelse på prosess, ikke en detaljert beskrivelse), varmbehandlingsmetode og kvalitetsbetegnelse i henhold til standard
- Dersom leverandøren mener at de foreløpige dimensjoner på kabelhodene som er oppgitt i konkurransegrunnlaget bør endres, skal det spesifiseres hvilke endringer som må gjøres.

**Prosess 85.633 Kabelhoder av valset stål**

- Form og produksjonsmetode for kabelhode
- Vekt av kabelhode
- Stålets fremstillingsmetode (betegnelse på prosess, ikke en detaljert beskrivelse), varmbehandlingsmetode og kvalitetsbetegnelse i henhold til standard
- Dersom leverandøren mener at de foreløpige dimensjoner på kabelhodene som er oppgitt i konkurransegrunnlaget bør endres, skal det spesifiseres hvilke endringer som må gjøres

**Prosess 85.641 Utstøping med metall**

- Valg av støpemetall
- Valg av løsemiddel
- Komplette rengjøringsprosedyrer
- Utstøpingsprosedyrer m/sjekklisteskjema

**Prosess 85.642 Utstøping med kunststoff**

- Alle egenskaper til kunststoffet som planlegges benyttet
- Valg av løsemiddel
- Komplette rengjøringsprosedyrer
- Utstøpingsprosedyrer m/sjekklisteskjema
- Dokumentasjon som viser at kunststoffet er blitt brukt tidligere til utstøping av kabelhoder på kabler til brukonstruksjoner
- Dokumentasjon som viser at valgt utførelse er benyttet tidligere i tilsvarende konstruksjoner



**Prosess 85.643 Annen forankring**

- Alle data som beskriver materialenes mekaniske egenskaper
- Utførelsen av forankringsarbeidene
- Beskrivelse av alle prøver med tilhørende akseptkriterier som gjelder ved produksjon av forankringen

**Prosess 85.65 Transport**

- Ytre og minste indre diameter samt bredde på kabeltromlene for transport
- Samlet vekt av kabler, hoder og kabeltromler
- Beskrivelse av utstyr til kabelavspoling dersom konkurransegrunnlaget inkluderer leie av dette



**Statens vegvesen**

Norwegian Public Roads  
Administration

# **Cables for Suspension Bridges**

Technical Specifications



# Preface

This guideline is a revised edition of Handbook-R410: CABLES FOR SUSPENSION BRIDGES AND CABLE STAYED BRIDGES, Technical requirements and conditions of delivery, January 1999 edition. Chapters containing other cables for cable stayed bridges than spiral strands and locked coils are not included in this version of the handbook. The title of the handbook is changed to "Handbook-R410: CABLES FOR SUSPENSION BRIDGES, Technical requirements and conditions of delivery". The handbook is also valid for spiral strands and locked coils for bridges in general.

The Handbook has a layout corresponding to that of the Process Code – 2, Standard work description for bridges and quays 2007, Main Process 8, Handbook-R762, (The Process Code) and forms a part of this.

The Handbook describes the technical delivery conditions relating to cables for suspension bridges and cable-stayed bridges, and forms a part of the Process Code as Process 85.6 Delivery of cables for bridges. The handbook does not cover erection of cables.

To ensure that the Handbook can be used as a stand-alone document, a chapter entitled General is included at the beginning of the document.

Process 85 from The Process Code is not applicable for cable deliveries.

The Handbook is intended for use by suppliers and manufacturers of cables, officials in the Directorate of Public Roads and in the regions as well as inspectors and consultants working for the Public Roads Administration.

The Handbook is in its original form published in Norwegian. This English translation is provided since cable production of the relevant types is most likely to take place abroad. Unless otherwise agreed, the Norwegian text takes precedence over the English translation.

Relevant Norwegian and foreign standards are listed in the chapter entitled References and referred to herein, with reference number in brackets.

The guidelines in this handbook take precedence over Norwegian and foreign standards.

Directorate of Public Roads

Oslo, June 2008

Responsible department: Technology Department, Bridge Section



## Table of Contents:

<b>General</b>		<b>7</b>
<b>Process 85.6</b>	<b>Delivery of cables for bridges</b>	<b>9</b>
<b>Process 85.61</b>	<b>Wires and wire material</b>	<b>11</b>
<b>Process 85.62</b>	<b>Cables</b>	<b>19</b>
Process 85.621	Spiral strands and locked coil ropes	19
Process 85.622	Cable of parallel wires with external wrapping wire	31
<b>Process 85.63</b>	<b>Sockets</b>	<b>37</b>
Process 85.631	Sockets of cast steel	37
Process 85.632	Sockets of forged steel	47
Process 85.633	Sockets of rolled steel plate	57
<b>Process 85.64</b>	<b>Anchoring of cable in socket</b>	<b>67</b>
Process 85.641	Socketing with metal	67
Process 85.642	Socketing with synthetic materials	72
Process 85.643	Other anchoring	77
<b>Process 85.65</b>	<b>Transportation</b>	<b>79</b>
References		81
Technical data for delivery of cables		85



# General

## The Process Code

Handbook-R410 ("The Handbook") forms an integral part of PROCESS CODE-2, Standard work description for bridges and quays 2007, Main Process 8, Handbook-R762 ("The Process Code").

The Process Code is a technical document specifying uniform rules for production, inspection and measurement of the same work/delivery from site to site. The Process Code simplifies the work of the Owner in preparing tender inquiries and simplifies the price-setting work of the Contractor, because the scope and requirements regarding the various works/deliveries will be the same from one tender to the other and will be specified in known standardised texts.

Within the Process Code associated works are assembled in 10 groups called Main Processes. The Handbook is a part of Main Process 8: Bridges and Quays.

The Process Code is hierarchically built up in accordance with the decimal system. Texts found at a high level (i.e. with a small number of digits) also apply to subordinate part-processes (i.e. with a larger number of digits), unless a new specification relevant to the same topic is given in the subordinate part process. Example: For process 85.61 all provisions given in process 85.6 as well as general provisions apply.

To promote general understanding, the specifications are organised in accordance with the following general layout:

- a) Scope of work
- b) Materials
- c) Workmanship
- d) Tolerances
- e) Testing, inspection
- x) Rules of measurement

## Quality Assurance

The supplier shall have an implemented and documented quality system based on NS-EN ISO 9001 [1].





## Process 85.6 Delivery of bridge cables

### **a) Scope of work**

The process comprises all materials and works associated with delivery of wires for cables or pre-fabricated cables with sockets for suspension bridges and cable-stayed bridges. The wires/cables shall be delivered to a location as directed.

### **b) Materials**

All materials shall be in accordance with the standards as stated in the processes or in the special description.

### **c) Workmanship**

All work shall be in accordance with the standards as stated in the processes or in the special description.

The work shall be carried out in close contact and in co-operation with the Owner. The Contractor shall keep the Owner updated regarding work progress and provide information about any problems arising during the work, which may have an impact of the quality of the product or the time of delivery.

The completed cables shall be marked with a tag showing:

- Name of manufacturer
- Length of cable
- Nominal steel cross-section area
- Identity number
- Name of the Contractor's inspection supervisor

The identity number shall be clearly and permanently marked on the socket.

### **d) Tolerances**

As given in the special description or in the relevant processes.

### **e) Testing, inspection**

The Contractor shall carry out all necessary inspection in accordance with the requirements stated in the relevant processes. In addition to the Contractor's own inspection activities, the Owner is entitled to inspect all aspects of the production, also including

those carried out by sub-suppliers. The Owner's inspection program does in no way replace the Contractor's obligation to inspect and to document the work in accordance with the contract.

If required by the Owner, all the cable components shall be presented for inspection as soon as they are manufactured. The components shall be made available in a manner whereby the various manufacturing operations such as rolling/drawing of the wire, surface treatment, spinning, production of sockets, production/inspection of spinning compound, measurements of cables and socketing etc. can be checked. The Contractor's inspection program shall be monitored and inspection protocols shall be made available to the Owner's inspector.

The sampling and the testing must be performed in accordance with contractual requirements. The quality plan shall state clearly what the Contractor is required to test, and specify the tests to be witnessed by the Owner. Traceability is required for all materials.

The Owner will to the extent possible organize his inspection program in such a way that production is minimally detained. However, the inspection work is assumed to be carried out during normal working hours, and the consequences of the Contractor's loss of time or inconvenience caused by the inspection work shall be included in the contractor's offer. The Owner shall be notified when inspection activities are to be carried out or witnessed by the Owner. The Contractor is obliged, free of cost, to make available to the Owner the necessary work assistance and cranes for handling and turning etc. and measuring assistance. In addition, he is obliged to make safe working platforms available to the inspector wherever required.

The Owner reserves the right not to accept the product at any time if the work is not carried out in accordance with specifications.

When each described test has been carried out, the Contractor is required to send a certified copy of the test protocol to the Owner. Subsequent to the delivery of the cables, a systematized collection of these records shall be submitted as final documentation. All tests in question shall be documented by traceable reports.

#### **x) Rules of measurement**

Quantities are measured as net weight of completed manufactured cables with sockets, alternatively as net weight of wire or rope, as delivered at site.

Unit: tons

# Process 85.61

## Wires and wire material

### a) Scope of work

The process includes all stages of wire manufacturing including melting of the steel, hot rolling, cold drawing and cold rolling as well as corrosion protection of the wires prior to assembly of the cables.

Expected number and weight of wire coils shall be specified in the tender.

### b) Materials

#### General

The wires shall normally be made of unalloyed carbon steel according to NS-EN 10016-4 [2]. Micro alloyed steel may be used for the manufacturing of round wires and drawn profile wires. However, micro alloyed steel is not allowed for rolled profile wires. Special heat treatment requires approval by the Owner. Material specification for the wires shall be included in the tender.

Following hot rolling to round wires and heat treatment by "patenting" to make the steel optimally suitable for cold deformation, the wires shall either be cold drawn or cold rolled to their final shape and strength.

The hot rolled round wires are hereafter referred to as "rods" and the cold drawn wires referred to as "cable wire".

#### Chemical composition of the steel

The steel shall have the lowest possible content of impurities. There shall be no enrichment of copper (Cu) or tin (Sn) at the steel surface, which can result in the steel being susceptible to hot cracking. The steel shall have minimal occurrence of local enrichment (segregation) of carbon (C), sulphur (S) and phosphorus (P). The steel shall satisfy the requirements given in NS-EN 10016-4 [2], based on testing according to NS-EN 10016-1 [2]. If, in the case of the largest wire sizes, it is desirable to use steel with somewhat increased manganese (Mn) content or other added alloying elements, a special agreement will be required.

#### Nominal tensile strength

The nominal tensile strength of the wires subsequent to galvanizing shall be 1570 MPa.

Tolerance: + 260 MPa

- 0 MPa

Tensile testing of wires shall be carried out according to NS-EN 10002-1 [3].

If the special description permits the use of steel having higher tensile strength than 1570 MPa, the same requirements to the ductility of the wires will apply.

Requirements for bending and torsion of galvanized round wires				
Wire dimension	Round wires			
	Bending		Torsion	
Diameters (mm)	Bendingradius (mm)	No. of bends.	Test length (mm)	No. of twists.
$3,0 \leq d < 3,1$	10	11	100 x d	13
$3,1 \leq d < 3,2$	10	11	100 x d	13
$3,2 \leq d < 3,3$	10	10	100 x d	13
$3,3 \leq d < 3,4$	10	10	100 x d	13
$3,4 \leq d < 3,5$	10	9	100 x d	13
$3,5 \leq d < 3,6$	10	9	100 x d	13
$3,6 \leq d < 3,7$	10	8	100 x d	13
$3,7 \leq d < 3,8$	10	8	100 x d	12
$3,8 \leq d < 3,9$	10	7	100 x d	12
$3,9 \leq d < 4,0$	10	7	100 x d	12
$4,0 \leq d < 4,2$	10	6	100 x d	10
$4,2 \leq d < 4,4$	15	7	100 x d	10
$4,4 \leq d < 4,6$	15	7	100 x d	10
$4,6 \leq d < 4,8$	15	6	100 x d	10
$4,8 \leq d < 5,0$	15	6	100 x d	9
$5,0 \leq d < 5,2$	15	5	100 x d	9
$5,2 \leq d < 5,4$	15	4	100 x d	8
$5,4 \leq d < 5,6$	15	4	100 x d	8
$5,6 \leq d < 5,8$	15	4	100 x d	8
$5,8 \leq d < 6,0$	15	4	100 x d	8
$6,0 \leq d < 6,5$	20	4	100 x d	7
$6,5 \leq d < 7,0$	20	4	100 x d	6

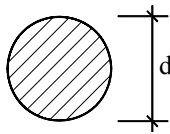
Table 1a:

Requirements for bending and torsion values of galvanized Z-wires					
Bending			Torsion		
Wire dimension Hight (mm)	Bending radius (mm)	No. of bends	Wire dimension Hight (mm)	test length (mm)	No. of twists
$3,0 \leq h < 3,5$	7,5	7	$2,00 \leq h < 4,00$	100 x h	12
$3,5 \leq h < 4,0$	7,5	5	$4,00 \leq h < 5,05$	100 x h	11
$4,0 \leq h < 4,5$	10	6	$5,05 \leq h < 5,60$	500	10
$4,5 \leq h < 5,0$	10	5	$5,60 \leq h < 6,10$	500	9
$5,0 \leq h < 5,5$	15	8	$6,10 \leq h < 6,60$	500	7
$5,5 \leq h < 6,0$	15	7	$6,60 \leq h < 7,10$	500	6
$6,0 \leq h < 6,5$	15	5			
$6,5 \leq h < 7,0$	15	5			

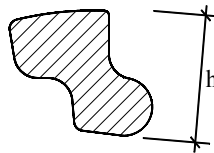
Table 1b

Definition of d and h:

Round wire:



Z-wire:



### Bending and torsion testing

The minimum requirements for bending and torsion testing of galvanised round wires and Z-wires are given in Tables 1a and 1b, respectively. For wire dimensions below those listed, NS-EN 10264-3 [4] shall apply.

The bending samples shall be subjected to forward and backward bending 180° over a cylinder with the radius specified in Table 1a and Table 1b.

The fracture surface shall be of the transverse ductile fracture type (cup and cone) and not split fracturing along the wires.

### Elongation

Both for galvanised wires for spiral strands/ropes and parallel wire cables the elongation at break shall as a minimum be:

Round wires: 4.0 % at measurement length 250 mm.

Profile wires: 4.2 % at measurement length  $L_0 = 11 \times \sqrt{A_{s1}}$  mm

$A_{s1}$  = nominal steel cross-section of the profile wire in mm<sup>2</sup>

The values are valid prior to spinning.

### Modulus of elasticity

For galvanised round wires in parallel wire cables, the modulus of elasticity shall be  $E = 2.05 \times 10^5$  MPa  $\pm 7.5$  % calculated from the nominal steel cross-section.

### Surface Condition

Rods shall have no surface irregularities or defects of a depth larger than specified in NS-EN 10016-4 [2], paragraph 3.3 for the wire dimension in question. The requirement specified for rod with a dimension  $12 \text{ mm} \leq d_N \leq 30 \text{ mm}$  shall be valid also for all dimensions of cable wire. A maximum depth of defects of 0,20 mm shall not be exceeded. Furthermore reference is made to the standard NS-EN 10264-3 [4] paragraph 4 "General conditions of manufacture" is referred to.

### Corrosion protection

All wires shall be hot galvanised unless otherwise agreed. The galvanizing shall normally be carried out with zinc metal grade Z3 or better in accordance with NS-EN 1179

[5], i.e. the zinc content shall at least be 99.95 %. If it is desirable to use alloyed zinc this shall be subject to a special agreement.

### **Fatigue strength**

In fatigue testing no fracture in the wires shall occur before  $2 \times 10^6$  load cycles at maximum stress  $\sigma_s = 0.42 \times 1570 = 660$  MPa and a stress range of  $\Delta\sigma_s = 350$  MPa.

In the case of tests failing, two new tests shall be made where both shall satisfy the requirements. For the failed test the number of load cycles at fracture shall be recorded, and a visual examination of the fracture surface in order to evaluate the cause of fracture and the size of the final rupture shall be carried out. The failed test samples shall be available for prospective additional examination by the Owner.

### **c) Workmanship**

#### **Wire dimensions**

**Z-wires for locked coil ropes** shall in general not have a height exceeding  $h = 6.0$  mm. Under certain conditions and cable compositions  $h = 6.5$  mm can be accepted in the outer wire layer.

**Round wires for spiral strand cables** should for the sake of a proper ductility have a diameter not exceeding  $d = 5.0$  mm. The maximum upper limit is  $d = 6.0$  mm.

**For parallel wire cables for suspension bridges**, the use of round wires with a maximum diameter of  $d = 5.5$  mm is allowed.

#### **Rods**

The steel making process (designation of process, not a detailed description), method of heat treatment and steel designation in relation to standards shall be stated in the tender. If some special treatment in order to improve the geometry of inclusions is carried out this should also be stated.

The Contractor's Quality plan shall contain method for verifying the quality of steel raw materials and wire rod raw material.

#### **Cable wire**

Whether and to what extent the Z-wires will be cold drawn and/or cold rolled to final shape shall be stated in the tender. Information about whether and in what way the wires are to be checked for defects by non-destructive testing (NDT) during the production process shall be given.

Normally wires shall be galvanized upon completion of rolling/drawing. If the wires

are drawn or rolled subsequently to galvanizing, then this shall be specifically agreed and the extent of such treatment shall be specified.

### **Jointing of wires**

Wires for cables of parallel wires/ropes shall not have weld joints carried out subsequently to completed heat treatment.

### **Regarding wires for spiral strand cables the following shall apply:**

Soldering is not allowed.

Possible welding for wire jointing may comprise:

1. **Welding of rod prior to heat treatment (patenting).**  
The weld is normal and has no limitations.
2. **Welding of the rod after heat treatment.**  
The weld will be relevant for a discontinuous process during heat treatment (each coil is patented individually). Welds are not accepted in the outer layer of wires, but can be accepted in the inner layers.
3. **Welding of the cable wires during the wire production process.**  
Welding will be relevant in the case of partitioned production during the drawing/rolling process, and can also occur during the repair of wire breaks at this stage of the process.  
Welding is not accepted in the outer layer of wires, but can be accepted in the inner layers.
4. **Welding of cable wires during the spinning process.**  
Welding may be relevant in order to secure continuity in the spinning process and also when repairing wire breaks during the spinning process.  
**For wires in the outer layer:**
  - Welding is not allowed. If a break occurs, then the entire layer shall be unwound and replaced.**For wires in the inner layers:**
  - Production welding is accepted provided this is stated in the special description.
  - Repair welding can in exceptional cases be accepted. If breaks occur during the spinning process, the Owner shall be notified. The fractured ends shall be cut off and the cause of break determined. The samples shall be stored in the event of further examination by the Owner. Upon repeated wire breaks, the production process shall be stopped and reviewed before production is continued.

When weld joints are allowed (according to paragraph No. 2 and No. 3), these shall be evenly distributed over the whole cable length. The planned number and distribution of weld joints (according to paragraph No. 2 and No.3) shall be reflected in the production plan. Information relating to at what stage in the process the wires will be welded and an estimate of the number of welds should also be provided.



Prior to welding of the wires procedure welding shall be carried out with mechanical testing of weld connections by means of tensile, bending and torsion testing.

Requirement: Tensile strength min. 50 % of requirement for non-welded wire.

Bending and torsion test values min. 50 % of requirements for non-welded wire.

For repair welding of the wires (according to paragraph No. 4) the same procedure shall be used and the same requirements applied as for the No. 3 paragraph welding. The number and locations of the welds shall be documented.

If the Owner requires all wires to be delivered without production welds (planned welds) subsequent to heat treatment (ref. paragraph No. 2 and No. 3), this will be stated in the special description. Any price consequences relating to this shall be included as a separate cost item.

#### **Corrosion protection**

The thickness of the zinc coating on the wires shall be specified in the tender and shall not be less than 275 g/m<sup>2</sup>. Unless otherwise agreed the thickness of zinc coating shall not exceed 400 g/m<sup>2</sup>.

Zinc metal for corrosion protection shall be zinc grade Z2 or better, ref. NS-EN 1179 [5], i.e. the zinc content shall as minimum be 99,99%.

The zinc coating shall be dense and continuous and have even thickness without local flakes or thickenings.

Subsequent to galvanizing the wires shall be stored in a dry location and without condensation to prevent the zinc coating being exposed to corrosion with white rust formation.

#### **d) Tolerances**

For tolerances reference is made to NS-EN 10264, 1/3 [4].

**e) Testing, inspection**

Test/object	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc. NS-EN 10204 [6]
<b>CHEMICAL</b>				
Rod	Determine content of: C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Mo, Cu, Al, N and possible other alloy elements	One sample from each steel charge and wire size	EN 10016-4 [2]	3.1.
<b>MECHANICAL</b>				
Rod	Tensile strength Fracture contrac- tion	One sample from each steel charge and wire size	Internal requirements provided by the Con- tractor	3.1. (2)
Cable wire	Dimensional con- trol (3) Tensile strength (4) Elongation at break (5) Bending (6) Torsion (7) Testing of zinc coating (8) Modulus of elasti- city (9) NDT	One sample from each end of each wire coil	As defined in: b) Materials, c) Workmanship or in the special description	3.1./3.2 (10) (14)
Cable wire	Fatigue (11)	As defined in (12)	As defined in: b) Materials See (13) also	3.1
Cable wire	Procedure wel- ding for possible jointing of wire, comprising: Tensile strength (4) Bending (6) Torsion (7)	3 samples per sample type and wire size, or as specified in the special description	As defined in: c) Workmanship  Procedure welding shall normally be carri- ed out in the presence of the Owner	3.2 (14)

**Table 2**

- (1) The Owner shall in addition have the right to retrieve wire samples for his own testing.
- (2) The inspection document shall as a minimum specify the quality designation of the steel, the melting method, heat number, melting analyses, wire diameter and steel grade of wires.
- (3) Dimensional tolerances for completed wire are given in NS-EN 10264, -1/3 [4].

- (4) For testing of tensile strength reference is made to NS-EN 10002-1 [3].
- (5) Elongation at break is determined from 10 % of the wire coils.
- (6) For bend testing reference is made to DIN 51211 [7].
- (7) For torsion testing reference is made to DIN 51212 [8].
- (8) To be carried out for 10 % of the wire coils. The test comprises:
- Thickness measurements:  
The thickness is determined with use of the volumetric method or in case of conflict by weighing. Regarding testing reference is made to: NS 1187 [9] and NS 1183 [10] or NS-EN 10244-1/2 [11] and ISO 1460 [12].
- Wrapping test:  
The adhesion of the zinc coating is checked by wrapping the wire around a mandrel with diameter 3 x wire dimension (3 x h for Z-wires), in accordance with DIN 51215 [13].
- (9) Applies to wires for parallel wire cables only. The test shall be carried out for 10 % of the wire coils.
- (10) 10 % of the tests shall have inspection document type 3.2 NS-EN 10204 [6]. The rest of the tests shall have inspection document type 3.1 NS-EN 10204 [6].
- (11) As basis for this testing, reference is made to DIN 50100 [14].
- (12) No. of samples is normally stated in the special description. If this is not the case, then the fatigue testing shall be made with a number of wires n, determined by
- $$n = 2 \sqrt{G}$$
- where G = weight of all wires in tons.
- The number of wires is then distributed percentage-wise to the various wire sizes. Wires of same "size" are here meant as identical wires.
- (13) Fatigue tests of wires shall be carried out prior to spinning/cable assembly. For samples failing, two new tests shall be carried out where both shall satisfy the requirements.  
Fatigue tests of wires can, in agreement with the Owner, be omitted if fatigue tests of the cable are carried out.
- (14) The document shall be prepared both by the Contractor's authorized inspector independent of the production department and the Owner's authorized inspection representative.

#### **x) Rules of measurement**

Quantities are measured as the net weight of completed wire including galvanizing.  
Unit: tons.

# Process 85.62 Cables

## Process 85.621 Spiral strands and locked coil ropes

### a) Scope of work

This process applies to:

- Main cables for suspension bridges and cable-stayed bridges
- Hanger cables for suspension bridges and arch bridges
- Other use of spiral strands and locked coil ropes for bridges

The process encompasses all stages in the production of the cable from the completed shaped cable wire. The process includes delivery of the completed shaped cable wire and the spinning compound, but not the cable sockets and the socketing of these.

The process does not include erection of the cable.

### b) Materials

#### Wire types and wire sizes

The requirements for wires and wire material are defined in Process 85.61 Wires and wire material.

#### Internal corrosion protection with the use of a spinning compound

The interstices between the wires in the completed cable shall, during the spinning, be filled with a spinning compound having the following properties:

- The spinning compound shall give good corrosion protection for the wires
- The spinning compound shall act as a lubricant between the wires and have permanently plastic properties
- The spinning compound shall not form substances which may, e.g. together with moisture, act corrosively on zinc or steel
- The spinning compound shall adhere to the surface of the wire
- The spinning compound shall on long term basis be sufficiently stable so as not to ooze out of the cables
- The spinning compound shall only contain negligible amounts of solvents
- The spinning compound shall retain its volume, homogeneity and plasticity over the life time of the bridge and under varying temperatures (-50°C to +60°C)
- The spinning compound shall be possible to remove without damaging the zinc coating and shall allow application of a corrosion-inhibiting painting system

The Contractor shall in his tender submit descriptions, technical data and references of experience for the spinning compound that is proposed used.

The Owner shall approve the spinning compound. The Owner's approval does not exempt the Contractor from bearing the responsibility for the product. The compound shall also satisfy the general requirements to spinning compound for cables as outlined in ISO 4346 [15].

### **c) Workmanship**

#### **General**

The Contractor shall during the spinning operation, on a regular basis, submit to the Owner a work progress report. Emphasis is placed on the Owner being immediately notified of all production problems of significance for the delivery.

The cable shall be designed in a manner that prevents twisting during loading.

The cables must have a contingency length to enable the Owner freely to choose which cables to test, reference is made to e) Testing. The number of cables with necessary testing length shall be as follows:

- Main cables for suspension bridges: All cables.
- Main cables for cable-stayed bridges: Minimum one out of every fifth cable of the same dimension, and minimum one cable per cable size.
- Cables for hangers: Reference is made to e) Testing, Tensile testing of completed cable. Test scope.

The contingency lengths, which are cut off during length measurements, shall be tagged and stored until the complete cable supply has been produced. A cable length of approx. 5 m shall be dispatched together with the cable delivery to the Owner for storage at the bridge site.

#### **Locked coil rope**

Locked coil rope consists of outer layers of profiled wires and inner layers of round wires. For the cable composition, reference is made to DIN 18800 -1 + A1 [16] and to NS-EN 12385-2 [17]. Locked coil ropes are used for main cables for suspension bridges and cable-stayed bridges as well as for hangers.

The outer layers of the cable shall be made up of Z-wires or similar wire shapes, which give the same degree of sealing. The number of layers with Z-wires shall increase with increasing cable diameter,  $\varphi$ , and be at least:

- 2 layers of Z-wires for  $\varphi < 50$  mm
- 3 layers of Z-wires for  $50 \text{ mm} \leq \varphi < 90$  mm
- 4 layers of Z-wires for  $90 \text{ mm} < \varphi < 120$  mm
- 5 layers of Z-wires for  $120 \text{ mm} \leq \varphi < 150$  mm
- 6 layers of Z-wires for  $\varphi \geq 150$  mm

**Open cables**

When open cables are specified, all layers of wire shall consist of round wires.

**Jointing of wires**

Reference is made to Process 85.61 Wires and wire material.

**Spinning**

Emphasis is placed upon even spinning of the cables with a good distribution of wires.

During the spinning process, the cables must be supplied with an even flow of spinning compound. The amount of spinning compound shall be such that the interstices between the wires are completely filled with spinning compound when the cable is erected and subjected to loading. However, the amount shall not be such that significant quantities of excess spinning compound are squeezed out.

One wire in the outer layer shall be painted with a contrasting colour or otherwise marked in order to ease identification of the position of the wires when the cables have been erected.

**External corrosion protection**

The Contractor shall deliver the cables with a temporary corrosion protection which is applied to the surface of the cables and which gives protection against corrosion until the cables receive a permanent protective layer of paint. In some cases this compound can be the same as the spinning compound.

The permanent protective paint coating shall be applied after erection of the cables. The work and the materials relating to this paint coating system are not included in the process for delivery of cables. The Contractor shall submit a proposal for a permanent paint system for the cables, which is suited for use with the spinning compound of the cables.

**Prestressing of cables**

If pre-stressing of cables prior to delivery is specified, this shall be performed as follows:

- The cables shall be pre-loaded with a force equal to at least 5 % of the specified breaking load. The measurement length shall be recorded.
- The cable is then to be loaded to 50 % of minimum breaking load and the elongation is recorded after 2 minutes. This load is then maintained for one hour and the elongation is again recorded.
- The cable is then to be unloaded to 5 % of the minimum breaking load and the elongation recorded after 2 minutes.
- The cable is then to be loaded to a level corresponding to dead load plus traffic load and the elongation is recorded after 2 minutes.
- The load is then to be reduced to dead load level and the elongation of the cable is recorded after 2 minutes.

- The load is then to be alternated several times between levels corresponding to dead load and dead load plus traffic load minimum 10 times until the modulus of elasticity of the cable is to be constant in that range. At each load level, the load is kept constant for 2 minutes before the elongation is recorded.
- The cable is then to be unloaded to 5 % of the minimum breaking load and the elongation is recorded.

The load is to be applied in the centre of the cable.  
The Owner will specify dead load and traffic load.

### **Length measurement**

The length of the completed cables shall be measured at a reference temperature of +5°C, unless otherwise agreed. The measurement shall take place in stable temperature conditions and without direct exposure of the cable to sun.

During the measurement of length the cables shall, in normal circumstances, be laid out on an even foundation and a tension of 5 % of the minimum breaking load shall be applied, unless otherwise stated in the special description. The load is to be applied in the centre of the cable. The temperature at the location is measured and the recorded length is adjusted in relation to the reference temperature.

Following length tolerances apply (L is length of cable in meters):

- Main cables for suspension bridges:  $\pm (\sqrt{L} + 20)$  mm
- Main cables for cable-stayed bridges:  $\pm (\sqrt{L} + 20)$  mm
- Hangers:  $\pm 5$  mm

Results from the tensile testing shall be available for the relevant cable size before exact cable length is specified. For suspension bridges the results of at least two tests shall be available.

### **Cable identification**

In order to enable complete identification of the cables, the Contractor shall prepare a table, which shows the relationship between the production number of the cables and the identification number on the socket.

### **Handling and storage of the completed cables**

The completed cable shall not be reeled on to drums with an inner reel diameter less than 30 x the cable-diameter. No part of the cable shall at any time be curved to a smaller diameter than this.

During storage the cables shall be protected against rain and condensation. While the cables are located on drums or are coiled up, they are relatively open and susceptible to corrosion. The stored cables shall be inspected at regular intervals, weekly as a minimum.

**d) Tolerances**

Regarding tolerances relating to the length of the cable, reference is made to c) Workmanship. Length measurement.

The diameter of the cables shall not deviate more than:

- $\pm 3\%$  of the diameter given in the tender
- $\pm 0.5\%$  between individual cables of the same size

The diameter of the cable is to be measured in the middle of the cables and at each end and is given as the mean value of two reciprocal orthogonal measurements. In case of non conformance, the diameter is measured with a tensile load of 5 % of the minimum breaking load.

**e) Testing, inspection**

Test/object	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc. NS-EN 10204 [6]
Completed cable	Tensile testing	As defined in section: "Tensile testing of completed cable. Testing scope"	As defined in section: "Tensile testing of completed cable. Test requirements"	3.2 (2)
Individual wires from cable	Ultimate tensile strength (UTS) Bending Torsion Spinning loss shall be calculated as defined in section: "Calculation of spinning loss"	As defined in section: "Testing of individual wires from the cable"	As defined in section: "Testing of individual wires from the cable"	3.2 (2)
Completed cable	Fatigue testing	As defined in the special description	As defined in the section: "Fatigue testing"	3.2 (2)
Completed cable	Magnet inductive testing	As defined in the special description	As defined in section: "Magnet inductive testing"	3.2 (2)
Spinning compound		As defined in section: "Testing of spinning compound"	As defined in section: "Testing of spinning compound"	3.1

**Table 3**

- (1) The Owner shall additionally have the right to retrieve samples for own testing.
- (2) The document shall be prepared by both the manufacturer's authorized inspector, independent of the production department and the Owner's authorized inspection representative.



**Tensile testing of completed cable. Testing scope****Main cables for suspension bridges:**

For cable supplies delivered from one or more manufacturers, for each cable size, the following number of completed spun cables (n) from each of the manufacturers shall be tested:

- No. of cables:  $n \leq 10$  → 2 pcs. off test cables
- No. of cables:  $10 < n \leq 20$  → 3 pcs. off test cables
- No. of cables:  $20 < n \leq 30$  → 4 pcs. off test cables
- No. of cables:  $n > 30$  → 5 pcs. off test cables

**Main cables for cable-stayed bridges:**

The number of test cables shall be determined on the basis of the total cable tonnage as follows:

- 0 – 50 tons → 2 pcs. off test cables
- 50 – 250 tons → 3 pcs. off test cables
- 250 – 500 tons → 4 pcs. off test cables
- 500 – 1000 tons → 5 pcs. off test cables
- > 1000 tons → 6 pcs. off test cables

But minimum one test per cable size.

**Cables for hangers:**

There shall be one test for every 50<sup>th</sup> hanger, but minimum two tests. Minimum one test per spinning length.

**Tensile testing of completed cable. Testing requirements**

The cables shall be tensile tested to break and the stress/strain graph shall be established in order to determine the modulus of elasticity of the cables.

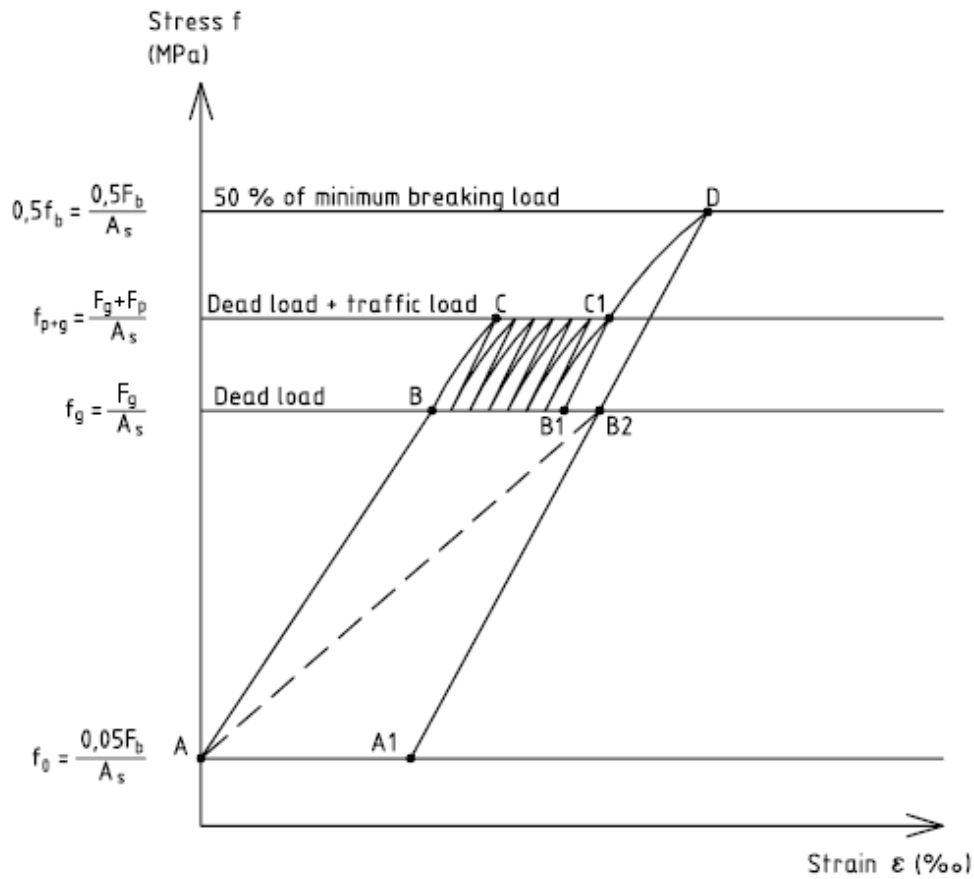
The tensile testing shall be carried out in the following way:

(The procedure for tensile testing is illustrated in Fig. 1 for suspension bridges and in Fig. 2 for cable-stayed bridges.)

1. The strain measurement commences at point A, which corresponds to 5 % of minimum breaking load. The measurement length is recorded.
- 2 a. (Valid for suspension bridges only)  
The cable is loaded up to point B in the diagram, which corresponds to dead load. Dead load to be held for 30 minutes. The strain is recorded before and after the load application.

- 2 b. (Valid for cable-stayed bridges only)  
The cable is loaded up to point D0 in the diagram, which corresponds to 50 % of minimum breaking load. The strain is recorded before and after load application. At point D0 the load is kept constant for one hour after which the strain is again recorded.
3. (Valid for cable-stayed bridges only)  
The cable is then unloaded to point B, which corresponds to dead load.
4. The cable is then loaded to point C in the diagram, which corresponds to dead load plus traffic load. The cable is then unloaded and loaded again a number of times (minimum 10 times) in the traffic interval until the modulus of elasticity becomes approximately constant (between B1 and C1). In this region the load shall be held at each load level for 2 minutes before the strain is recorded.
5. Then, the load is increased to point D, which corresponds to 50 % of minimum breaking load. The load is held for 5 minutes before the strain is recorded.
6. Subsequently the cable is unloaded to 5 % of the minimum breaking load with recording of the elongation at point B2 and A1 (i.e. at dead load and at 5 % of minimum breaking load).
7. Finally the cable is loaded to 50 % of minimum breaking load again and subsequently in 10 stages to fracture. Each stage is held for 1 minute. Alternatively, the final loading (in 10 stages) can be carried out continuously for a minimum duration of 5 minutes. The measured load at fracture,  $F_{bm}$ , is recorded.

The Owner will specify dead load and traffic load.



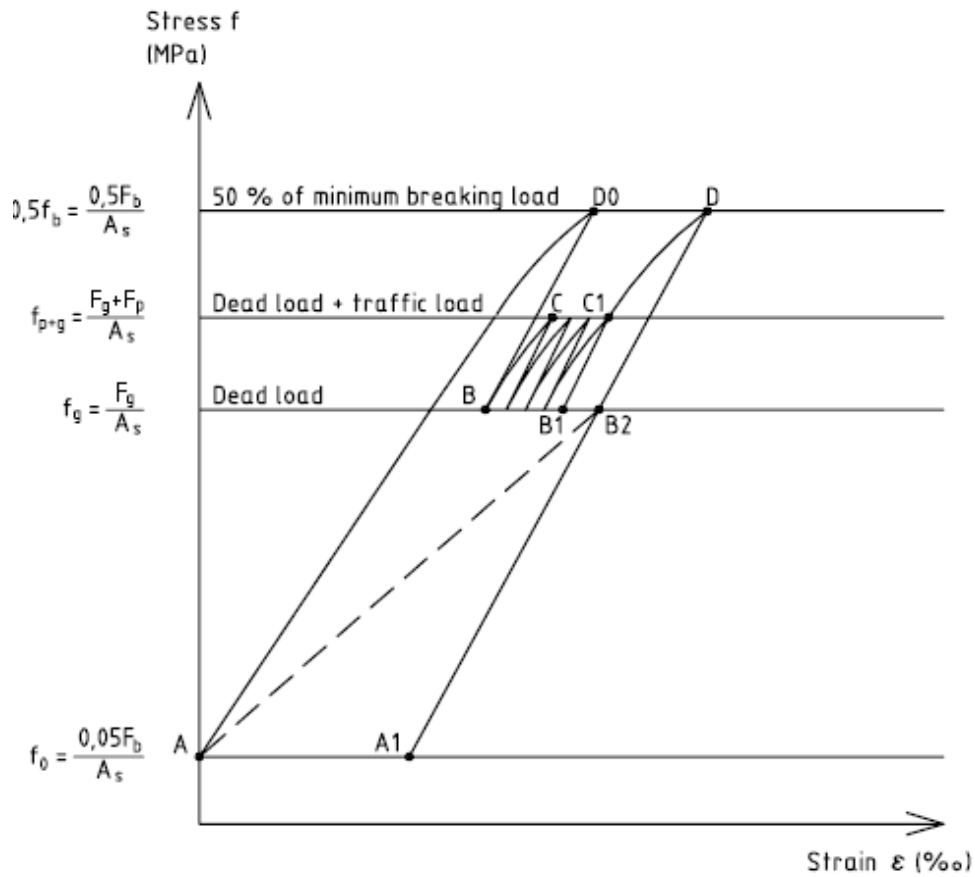
**Fig. 1. Suspension bridges.** Load diagram for measuring the elastic modulus of the cable

For measurement of the cable, the modulus of elasticity is to be taken as:

$$E_{B2} = \frac{f_g - f_0}{\epsilon_{B2}}$$

For traffic load calculations, the modulus of elasticity is to be taken as:

$$E_{\text{traf}} = \frac{f_{g+p} - f_g}{\epsilon_p}$$



**Fig. 2. Cable-stayed bridges.** Load diagram for measuring the elastic modulus of the cable

For measurement of the cable, the modulus of elasticity is to be taken as:

$$E_{B2} = \frac{f_g - f_o}{\epsilon_{B2}}$$

For first time tensioning, the modulus of elasticity is to be taken as:

$$E_{D0} = \frac{0,5f_b - f_o}{\epsilon_{D0}}$$

For the condition "completed bridge",  $t = 0$ , the modulus of elasticity is to be taken as:

$$E_B = \frac{f_g - f_o}{\epsilon_B}$$

For traffic load calculation, the modulus of elasticity is to be taken as:

$$E_{traf} = \frac{f_{g+p} - f_g}{\epsilon_p}$$

## Definitions:

$F_{bm}$	Measured breaking load when testing the cable
$F_b$	Minimum breaking load in the cable
$F_g$	Cable force from dead load
$F_p$	Cable force from traffic loads
$A_s$	Nominal steel cross-section of the cable
$f_b$	Tension in the cable at minimum breaking load
$f_g$	Tension in the cable from dead load
$f_{g+p}$	Tension in the cable from dead load and traffic loads
$f_0$	Tension in the cable at load level 5 % of minimum breaking load
$\epsilon_{D0}$	Strain in the cable at load level corresponding to 50 % of minimum breaking load, first time loading
$\epsilon_B$	Strain in the cable for dead load, prior to long term strain
$\epsilon_{B2}$	Strain the cable for dead load, subsequent to long term strain
$\epsilon_p$	Strain in the cable for traffic load ( $\epsilon_{C1} - \epsilon_{B1}$ ), $t = \infty$
$\epsilon_{B1} - \epsilon_B$	Long term strain (creep) as a result of traffic load
$\epsilon_{B2} - \epsilon_{B1}$	Long term strain (creep) as a result of dead load

During tensile testing of the cable, the following shall furthermore be recorded:

- The extent of intrusion of the casting cone into the socket
- Any extraction of wires from the cone
- Diameter of cable
- Oozing of spinning compound
- Load level at which first wire break occur
- Location of cable break
- Description of the wire break (type of break)
- Condition assessment of the spinning compound

Each test cable shall have a free cable length of at least 6 m. The measurement length for recording strain shall be at least 2 m. On each of the test cables at least one of the sockets shall be as specified by the Owner and have original casting. The specified sockets on the various test cables shall be from different steel charges (provided there is more than one steel charge). By original casting is meant that the casting is to be carried out at the same factory and according to the same procedure as for the final production.

The samples are the property of the Owner and may be required available for further examination.

The test cables with sockets of the open type with lugs and bolt (fork type) shall, after loading under item 5 of the tensile test procedure, be checked for possible permanent deformations in the bolt holes for all original sockets. The diameter of the bolt holes shall not increase by more than 0.2 % or 0.1 mm (the highest value shall be used).

The same procedure shall be used for tensile testing whether the cables have been pre-stressed before delivery or not.

#### Testing of individual wires from the cable

Testing of individual wires from a completed cable shall be performed on one test length all cables that is checked by tensile testing. For testing reference is made to NS-EN 12385-1 [17].

All the wires in the first test cable shall be tested. If these tests are satisfactory, then 10 % of the wires in each layer of wire in the other test cables shall be tested. Tests to be carried out are tensile tests, bending tests and torsion tests. The requirements are as specified in Process 85.61 Wires and wire material, but with 10 % reduction for bending test and torsion test values.

#### Calculation of spinning loss

The percentage spinning loss, k shall be calculated, where

$$k = \frac{(F_{te} - F_{bm}) \cdot 100}{F_{te}} \quad -$$

$F_{te}$  = The sum of the ultimate tensile strength of each wire found from tensile testing to break

$F_{bm}$  = Measured breaking load found when testing the cable.

Reference is made to NS-EN 12385-2 [17].

#### Fatigue testing

If stated in the special description, fatigue testing shall be carried out as specified in the following:

- Testing shall be carried out on the completed cable, including original sockets and casting material. The length of the test piece shall be minimum 6.0 m between sockets.
- Should the test(s) not satisfy the specified acceptance criteria, the Contractor shall immediately submit a non-conformance report. Furthermore, two new tests shall be carried out as soon as possible and for the account of the Contractor.
- Test data shall comprise the following:
  - => Fatigue testing to  $2 \times 10^6$  load cycles.
  - Maximum steel tension  $\sigma_s = 0,42 \times 1570 \text{ MPa} = 660 \text{ MPa}$ .
  - Stress range  $\Delta\sigma_s = 150 \text{ MPa}$
  - Break is allowed in a maximum of 5 % of the total number of wires.
  - Break is not acceptable in any part of the socket.
  - => Breaking load, with the requirement that  $F_{bt} \geq 0.85 F_b$  (or  $0.75 F_r$ ) where

$F_{bt}$  = Measured breaking load for the cable subsequent to  $2 \times 10^6$  load cycles.

$F_b$  = Specified minimum breaking load

$F_r$  = Calculated breaking load (Rechnerische Bruchkraft)

- Intrusion of the cone into the sockets shall be measured after  $0.5 \times 10^6$ ,  $1.0 \times 10^6$ ,  $1.5 \times 10^6$  and  $2 \times 10^6$  cycles. Maximum allowable intrusion is 4 mm unless otherwise specified in the special description.

If the special description requires fatigue testing of the cables to be carried out, this can be omitted in cases where sufficient documentation from earlier fatigue tests of cables of the same type is available. Whether this is the case will be decided by the Owner after submission of the tender. The "same type" is to be understood as the same composition of cable with the same type of wires, approximately the same number of wires and the same sockets. Fatigue testing of wires shall be carried out to demonstrate that these have equivalent properties to the wires that were used in the earlier fatigue tests. Documentation of earlier tests carried out shall accompany the tender.

If stated in the special description, a number of the permanent sockets used in the fatigue tests shall be split by sawing along the centre line of the cable. Cut surfaces shall be ground smooth after sawing for closer inspection. The Owner shall be notified for possible inspection of the casting zone.

The samples are the property of the Owner and may be requested for possible additional inspection.

#### **Magnet-inductive testing**

Testing of one or more cables in the complete cable length with magnet-inductive testing equipment may be required. The object of the magnet-inductive testing is to detect possible wire failures and welding or soldering joints in the outer wire layers and possible wire failures in the inner layers.

Should such testing be requested to be carried out, the Contractor shall describe how this test will be performed. The testing scope will be specified in more detail in the special description.

#### **Testing of the spinning compound**

In general, the testing must aim to verify, as far as possible, that the relevant spinning compound satisfies the specified requirements under item b) Requirements for materials, Internal corrosion protection with use of a spinning compound.

#### **x) Rules of measurement**

Quantities are measured as the net weight of the completed cables, including spinning sockets and compound. The spinning compound's share of the weight shall be stated in the tender.

Unit: tons

## **Process 85.622 Cables of parallel wires with external wrapping wire**

### **a) Scope of work**

The process applies to main cables for suspension bridges.

Parallel wire cables with external wrapping wire can, in principle, be built up in the following 2 ways:

#### **“The aerial spinning method”**

This method involves that the cable is produced at the bridge site from pre-shaped cable wires. This is done by pulling the cable wires out in a continuous process and placing them together in a bundle. When all the wires are in place, the bundle is compressed and wrapped with mild steel wire.

If cable production is prescribed with use of the “aerial spinning method” in the special description, this process applies for the delivery of wire.

The process does not include erection of the cables.

#### **Prefabricated parallel-wire cables**

With this method the cable is built up by placing prefabricated individual cables of parallel wires one by one and forming them into a bundle. When all the cables are erected, the bundle is compressed and then wrapped with mild steel wire.

If cable production is prescribed by using prefabricated parallel wire cables in the special description, this process applies to all stages of manufacturing prefabricated individual cables with parallel wires from pre-shaped cable wire. The process includes delivery of complete shaped cable wire, but not sockets and socketing of these.

The process does not include erection of the cables.

### **b) Materials**

#### **Wire types and wire sizes**

The requirements for wires and wire materials are defined in Process 85.61 Wires and wire material.



**c) Workmanship**

Requirements for workmanship apply to prefabricated individual cables with parallel wires only.

**General**

During the cable production period the Contractor shall on a regular basis submit to the Owner a summary report outlining production progress. Emphasis is placed upon that in the event of significant production problems, the Owner is to be notified immediately.

Separate test cables in suitable lengths shall be manufactured for cable testing purposes.

The wires shall be cut into calculated lengths on a solid indoor foundation. They shall at all times be protected against corrosion and damages. When all the wires for a cable have been cut, they shall be organised into the intended cable cross-section (round, hexagonal) and in such a way that all wires are placed straight and parallel in a bundle. One outer wire in the cable shall be painted in a contrasting colour to enable checking of possible twisting of the cable bundle after erection.

The shape of the cable shall be secured by means of tightening bands at approximately 3 m intervals. Cable bands shall be strong enough to ensure that they do not break during reeling and unreeling of the cable on the drum or during erection at the bridge site. The bands shall nevertheless be weak enough to ensure breaking of these during the compression of the cable during erection. These bands must be made of a material, which does not promote corrosion of the wires in the cable.

**Jointing of wires**

Reference is made to Process 85.61 Wires and wire material.

**Length measurement**

The length of the completed cables shall be measured at a reference temperature of +5°C. The measurements shall take place under stable temperature conditions without direct exposure of the cables to sun.

During the length measurement the cables are normally to be placed upon an even foundation, and subjected to a tensile force of 5 % of the minimum breaking load unless otherwise stated in the special description. The load shall be applied in the centre of the cable. The temperature at the location is to be measured and the recorded length corrected in relation to the reference temperature.

Tolerance on length:  $\pm (\sqrt{L} + 20)$  mm. L is the length of the cable measured in meter.

**Cable identification**

In order to enable a complete identification of the cables, the Contractor shall produce a table, which shows the relationship between the internal production number of the cables and the identification number of the socket.

**Handling and storage of the cables**

The completed cable shall be reeled on drums of such a size that damage is not incurred on the cable or the sockets. Before reeling of the cables commences, the Contractor shall have performed a test with a test cable on the relevant drum to demonstrate that the cable is not damaged by the reeling and unreeling operations.

During storage, the cables shall be protected against rain and condensation. While the cables are on the drums they are relatively open and susceptible to corrosion. The stored cables shall be inspected at regular intervals, weekly as a minimum.

**d) Tolerances**

Requirements to tolerances are valid for prefabricated individual cables with parallel wires only.

Regarding tolerances relating to the length of the cable, reference is made to c) Workmanship, Length measurement.

The tolerance on the outer cable diameter shall be specified in the tender.

**e) Testing, inspection**

Requirements to sampling are valid for prefabricated individual cables with parallel wires only.

Sample/object	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc. NS-EN 10204 (6)
Completed cable	Tensile testing	As defined in section: "Tensile testing of completed cable. Testing scope"	As defined in section: "Tensile testing of completed cable. Testing requirements"	3.2 (2)
Completed cable	Fatigue testing	As defined in the special description	As defined in the section: "Fatigue testing"	3.2 (2)
Completed cable	Magnet inductive testing	As defined in the special description	As defined in the section: "Magnet inductive testing"	3.2 (2)

**Table 4**

- (1) The Owner shall additionally have the right to retrieve samples for own testing.
- (2) The document shall be prepared by both the manufacturer's authorized inspector independent of the production department, and the Owner's authorized inspection representative.

**Tensile testing of completed cable. Testing scope**

For the cable delivery, which may be provided from one or more manufacturers, the following number of cables (n) for each cable size and manufacturer shall be tested:

- No. of cables:  $n \leq 10$  → 2 pcs. off test cables
- No. of cables:  $10 < n \leq 20$  → 3 pcs. off test cables
- No. of cables:  $20 < n \leq 30$  → 4 pcs. off test cables
- No. of cables:  $n > 30$  → 5 pcs. off test cables

**Tensile testing of completed cable. Testing requirements**

Tensile testing of the cables shall be carried out using test cables of already galvanised wires.

The cables shall be tensile tested to break and the stress/strain graph established. The tensile testing of completed cable shall document:

- Modulus of elasticity
- 0.2 % proof stress
- Breaking load, with the requirement that  $F_{bm} \geq 1.0F_b$   
where  
 $F_{bm}$  = Measured breaking load when testing the cable  
 $F_b$  = Minimum breaking load in the cable
- The extent of intrusion of the casting cone into the socket
- Extraction of wires from the cone if any
- Load level at which first wire break occur
- Location of cable break
- Description of the wire break (type of break)

Each test cable shall have a free cable length of at least 6 m. The measurement length for recording strain shall be at least 2 m. On each of the test cables at least one of the sockets shall be as specified by the Owner and have original casting. The specified sockets on the various test cables shall be from different steel charges (provided there is more than one steel charge). All types of sockets to be used shall be subject to testing. With original casting is meant that the casting is to be carried out at the same factory and according to the same procedure as in the final production. The samples are the property of the Owner and may be required for further examination.

The listed tensile testing is in addition to the tensile testing which is performed in conjunction with wire production and fatigue testing.

**Fatigue testing**

If stated in the special description, fatigue testing shall be carried out as specified in the following:

- Testing shall be carried out on the completed cable, including original sockets and casting material. The length of the test piece shall be a minimum of 6.0 m between sockets.
- Should the test(s) not satisfy the specified acceptance criteria, the Contractor shall immediately submit a non-conformance report. Furthermore, two new tests shall be carried out as soon as possible and for the account of the Contractor.
- Test data shall comprise the following:
  - => Fatigue testing to  $2.0 \times 10^6$  load cycles.
  - Maximum steel tension  $\sigma_s = 0.42 \times 1570 \text{ MPa} = 660 \text{ MPa}$
  - Stress range  $\Delta\sigma_s = 200 \text{ MPa}$
  - Break is allowed in a maximum of 5 % of the total number of wires.
  - Break is not acceptable in any part of the socket.
  - => Breaking load, with the requirement that  $F_{bt} \geq 0.85 F_b$
  - where
  - $F_{bt}$  = Measured breaking load subsequent to  $2.0 \times 10^6$  load cycles.
  - $F_b$  = Minimum breaking load for the cable
- Intrusion of the cone into the sockets shall be measured after  $0.5 \times 10^6$ ,  $1.0 \times 10^6$ ,  $1.5 \times 10^6$  and  $2.0 \times 10^6$  cycles. Maximum allowable intrusion is 4 mm unless otherwise specified in the special description.

If the special description requires fatigue testing of the cables to be carried out, this can be omitted in cases where sufficient documentation from earlier fatigue tests of cables of the same type is available. In such a case the Owner will decide this after submission of the tender. The "same type" is to be understood as the same composition of cable with the same type of wires, approximately the same number of wires and the same sockets.

Fatigue testing of wires shall be carried out to demonstrate that these have equivalent properties to the wires that were used in the earlier fatigue tests. Documentation of earlier tests carried out shall accompany the tender.

If stated in the special description, a number of the permanent sockets used in the fatigue tests shall be split by sawing along the centre line of the cable. Cut surfaces shall be ground smooth after sawing for closer inspection. The Owner shall be notified for possible inspection of the casting zone.

The samples are the property of the Owner and may be requested for possible additional inspection.

**Magnet-inductive testing**

Testing of one or more cables in the complete cable length with magnet-inductive testing equipment may be required. The object of the magnet-inductive testing is to detect possible wire failures and welding or soldering joints in the wires.

Should such testing be requested to be carried out, the Contractor shall describe how this test shall be performed. The testing scope will be specified in more detail in the special description.

**x) Rules of measurement****Cables built up by the "Air spinning method"**

Quantities are measured as the net weight of the completed cable wires.

Unit: tons

**Cables built up by prefabricated individual cables with parallel wires**

Quantities are measured as the net weight of the completed prefabricated individual cables.

Unit: tons

# Process 85.63     Sockets

## Process 85.631   Sockets of cast steel

### a) Scope of work

The process applies to the production of sockets/anchor heads in cast steel, later in this process referred to as sockets. The process includes all stages in the manufacturing of sockets including surface treatment, but not socketing. The production shall comply with NS-EN 1559-1 and 2 [20].

The Contractor shall, at least 4 weeks prior to starting production of the sockets, submit to the Owner the following documentation for information and comment:

1. Description of the type of steel manufacturing process.
2. Description that includes a drawing of the model, main dimensions before and after rough machining and completed dimensions with tolerances.
3. Description of heat treatment and how this is to be documented.
4. Description of applied casting technique and position of running gates and feeders.
5. Description of non-destructive testing including description of calibration blocks for ultrasonic testing and description of surface roughness.

### b) Materials

#### Steel quality

The material in large sockets (e.g. sockets for main cables in suspension bridges) shall primarily be a homogenised, quenched and tempered, low alloy and low temperature-ductile cast steel.

The material for smaller sockets (e.g. sockets for hangers) may alternatively be a homogenised, normalised, non-alloy/low alloy and low temperature-ductile cast steel.

The steel shall preferably be AOD (Argon Oxygen Decarburization Process) treated. When determining the precise steel quality due consideration must be given to the dependence between the mechanical properties of the steel and the material thickness of the sockets. In particular, the fracture toughness of quenched and tempered steel is strongly dependent on the material thickness and the exact location of the test pieces in the cross-section. Hence, a steel quality that also gives the material in the socket a satisfactory microstructure through the largest section thickness of the socket must be chosen.

The steel shall have little sensitivity to temper brittleness and it shall maintain its mechanical properties when subjected to heat effects occurring during the socketing process. Steel with a high tensile strength tending to make the steel susceptible to the formation of cracks resulting from stress corrosion cracking in the relevant environment shall not be chosen. Steel difficult to cast or repair by welding shall be avoided.

For the material in the socket, the following mechanical properties shall be satisfied unless otherwise stated in the special description:

- Yield stress:  $300 \text{ MPa} \leq f_y \leq 600 \text{ MPa}$
- Tensile strength:  $450 \text{ MPa} \leq f_u \leq 900 \text{ MPa}$
- $f_y/f_u \leq 0.85$  (measured values)
- Elongation at break:  $A_5 \geq 20 \%$  when  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $A_5 \geq 15 \%$  when  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 Interpolation for intermediate values
- Reduction of area  $Z \geq 40 \%$  when  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $Z \geq 30 \%$  when  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 Interpolation for intermediate values
- Fracture toughness, Charpy V: Min. 40 J at -20°C

The requirements are valid in all directions.

Steel quality shall be chosen according to NS-EN 10213-3 [45].

The choice of steel quality shall be included in the tender and is subject to comments by the Owner.

#### **Zinc metal for corrosion protection**

Zinc metal for corrosion protection shall be zinc grade Z2 or better, ref. NS-EN 1179 [5], i.e. the zinc content shall as a minimum be 99.99 %.

### **c) Workmanship**

#### **Form and finishing**

Calculations showing the level of stresses in critical areas of the socket for maximum operational loads shall be presented. The Owner will provide nominal load levels in the cables.

For all types of sockets, it generally applies that wherever transitions cause stress concentrations, transitions shall be rounded ( $r_{\min} = 5 \text{ mm}$ ) and machined.

Cone, hole, end surfaces and contact faces for nuts or other anchorage components shall be machined to clean material and correct dimension.

For sockets with lugs the bolt holes in the lugs shall be machined. Both sides of the lugs shall also be machined.

The surface of the sockets shall not have any visible indications of flaws. The surface shall be free from cracks or crack like indications and shall comply with NS-EN 1370 [22]. Reference shall be given to comparator BNIF N° 359 level 3 S1.

Pores, suction and crack like indications penetrating the surface are not acceptable. Reference is also made to requirements in connection with corrosion protection.

If the Contractor considers that the Owner's design of the sockets should be changed, this should be specified in the tender.

The Owner shall approve the final shape of the socket.

All edges of the sockets shall be rounded to make them suitable for zinc coating and painting ( $r_{\min} = 2 \text{ mm}$ ).

The sockets shall be marked with the steel quality designation, a charge number and a number for identification. The number shall be permanently readable (e.g. by an embedded number).

#### **Homogeneity and repairs**

Local surface flaws in the steel shall be removed by grinding and rounding to the extent that the smallest material thickness is not compromised.

Repair of casting defects by means of welding is not permitted at the following locations:

- At transition areas with stress concentrations
- In thread areas for sockets with anchorage in the thread areas (external or internal)
- Closer to the bolt hole than 20 mm in sockets with lugs

In other areas of the sockets, repair of casting defects by welding is permissible provided that the ground out crater to remove the defect is not deeper than 20 % of the smallest material thickness and the extent (enclosing diameter) does not exceed 1.5 x the smallest material thickness. Craters exceeding this are classified as "big", and weld repair require the approval of the Owner.

Welding procedure specifications (WPS) shall be based on welding procedure qualification records (WPQR) in accordance with relevant standard in the NS-EN ISO 15614 series [29]. The use of these standards shall be clarified and agreed between contracting parties. The WPS shall be prepared in accordance with NS-EN ISO 15601-1 [23] and submitted to the Owner for comment minimum 4 weeks before the casting is started.

In order to avoid rapid cooling the WPS shall take into consideration the minimum length/extent of the repair area and use of pre-heating.



The Contractor shall ensure that all welding are carried out and documented in accordance with the requirements of NS-EN ISO 3834-2 [43].

The welding to be performed subsequent to structurally transforming heat treatment of the casting material shall comprise:

1. Grinding or milling to clean material.
2. Inspection of the repair area with NDT.
3. Preheating of the socket to adequate temperature before and during welding.
4. Missing material is to be replaced with weld.
5. Subsequent to welding the weld is machined (ground/milled) and the socket is again inspected by magnet particle and ultrasonic in accordance with NDT procedures/requirements. The magnet particle investigation shall be performed not less than 24 hours after concluded welding.
6. If the result of the repair is satisfactory, the socket shall be heat treated, at least finally with stress-relieving annealing.

Repairs with use of welding are normally permitted only once for each defect.

Welders shall be certified according to NS-EN 287-1 [24]. Photos and/or sketches shall document extent and location of weld repairs. A welding log with full traceability to the time of welding as well as the ID of the welder shall be prepared.

#### **Corrosion protection**

Corrosion protection shall be applied subsequent to approved NDT and proper cleaning of the surface. Grease shall be removed by a solvent that is proved to be efficient for this purpose followed by hot water rinsing (100°C).

The sockets shall be grit blasted to Sa3, ref. ISO 8501-1 [25]. The surface roughness shall be 50-85 µm, medium G, ref. NS-EN ISO 8503-1 [26]. The sockets shall be sprayed with 150 µm zinc, ref. NS-EN ISO 2063 [27]. Spraying shall be done prior to socketing.

The completed zinc coated sockets shall be given one coat of paint. The type of paint shall be agreed with the Owner.

Possible hot-dip galvanizing of the sockets shall only be used for sockets with limited material thickness and requires special approval from the Owner. When using hot-dip galvanizing, special considerations must be given to steel quality and material dimensions to avoid thick and brittle iron-zinc alloy layers.

**d) Tolerances**

The Owner's requirements to tolerances are specified in drawings and in the special description.

Reference is also made to c) Workmanship, section Form and finishing.

For requirements regarding thickness of necessary contingency material for finishing when machining to clean material, reference is made to DIN 1683 Teil 1 [40].

**e) Testing, inspection**

Test	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc NS-EN 10204 (6)
<b>Procedure testing</b>	Visual inspection Geometric inspection Chemical analysis Yield strength (4) Tensile strength (4) Elongation at break (4) Reduction of area (4) Charpy-V impact testing (4) Hardness measurement Metallographic examination grinded section - micro and macro. (21) Magnetic particle inspection Ultrasonic inspection (5) Radiography	One socket, or one from each manufacturer. Test material is to be taken from the socket, not from attached or integrally cast samples. (3)	As defined in the table under Productiontesting	3.2 (7 and 19)
<b>Production-testing</b>				
Visual inspection	Visual inspection (2)	All sockets are to be checked 100%	NS-EN 1370 [22]/ BNIF No 359 [46] level 3 S1	3.1./3.2 (7, 18 and 19)
Geometric inspection	Geometric inspection	All sockets are to be checked 100%	As defined in drawing and in: c) Workmanship Form and finishing	3.1./3.2 (7,18 and 19)
Chemical	Chemical analysis	(6)	As per chosen steel quality	3.1. (7 og 18)
Mechanical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yield strength (4)</li> <li>• Ultimate tensile strength (4)</li> <li>• Break elongation (4)</li> <li>• Reduction of area (4)</li> </ul>	(6)	As defined in: b) Materials Steel quality	3.1./3.2 (7,18 and 19)

Test	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc NS-EN 10204 (6)
Mechanical	Charpy-V impact testing (4))	(6)	As defined in: b) Materials and note (4)	3.1. /3.2 (7, 18 and 19)
Mechanical	Hardness measurements	10% of all sockets	As per chosen steel quality (8)	3.1. /3.2 (7, 18 and 19)
NDT Magnetic particle (9)	Magnet particle NS-EN 1369 [30] (10)	All sockets are to be checked 100%	NS-EN 1369 [30] (22)	3.1. /3.2 (7,18 and 19))
NDT Ultrasonic (9)	Ultrasonic testing acc. To NS-EN 12680-2 [32] (12)	All sockets are to be checked 100% (11)	NS-EN 12680-2 [32] (13)	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
NDT Radiography (9)	Radiography acc. to NS-EN 12681 [33]	(14)	DIN 1690 Teil 2 [31] (16)	3.1. /3.2 (7, 18 and 19)
Corrosion protection	Cleaning: • Cleanness • Roughness  Metal coating: • Adhesion • Thickness	10% of all sockets (20)	Sa3 ISO 8501-1 [25]. 50-85 µm, Medium G NS-EN ISO 8503-1 [26] 3,5 Mpa, NS-EN ISO 4624 [34]. 150µm.	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Tensile testing	Tensile test of completed cable with embedded sockets	(17)	Break shall occur in the cable, not in the socket	3.2 (7 and 19)

**Table 5**

- (1) The Owner shall in addition have the right to retrieve samples for his own testing. Residual material from the testing shall be stored until the cables have been delivered.
- (2) An experienced operator shall perform visual inspection as soon as each socket is formed and checked out for visual inspection. The inspection shall determine if the material is suitable for further handling (grading) or is to be discarded. This includes checking that the charge number and identification number is readable.
- (3) The socket for testing shall primarily have dimensions corresponding to the largest socket being used.
- (4) The location of the test specimen shall reflect the real mechanical properties of

the material and shall be taken from the thickest part of the casting. The location and orientation of the test specimen shall be shown on drawing to be approved by the Owner. Specimens for charpy-V impact testing shall be distributed over the entire crosssection. Testing in accordance with NS-EN ISO 10002-1 [3] (tensile testing) and NS-EN 10045-1 [36] (charpy-V impact testing).

- (5) Ultrasonic calibration blocks shall be taken from a socket test casting. Testing of sound penetration shall be carried out and reported. The testing shall be carried out between two parallel surfaces and serve both as guidance for calibration of the ultrasonic setting and verification of the material having satisfactory sound penetration. If sound penetration is not satisfactory new heat treatment and new testing may be necessary. Reference is also made to NS-EN 12680-2 [32].
- (6) Samples shall be taken from sockets manufactured for testing purposes and not from attached or cast on test specimens. The sockets to be tested shall be evenly distributed over the melting charge units and the heat treatment units. As a minimum one test shall be taken from each batch. The result of chemical analysis from all melting charges shall be included in the documentation. Testing may be done on sockets that have been cast with cables and been used for tensile testing provided further production of sockets can be delayed until the testing has been performed.

- **For sockets for main cables in suspension bridges** the following number of sockets shall be tested. (If there are more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer.)

If number of sockets (n) is:

$n \leq 10$  one socket is to be tested

$10 < n \leq 20$  two sockets are to be tested

$20 < n \leq 30$  three sockets are to be tested

$30 < n \leq 40$  four sockets are to be tested

etc.

There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one test for each batch.

- **For sockets for hangers** the following number of sockets shall be tested. (If there is more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer).

If number of sockets (n) is:

$n \leq 20$  one socket is to be tested

$20 < n \leq 40$  two sockets are to be tested

$40 < n \leq 60$  three sockets are to be tested

$60 < n \leq 80$  four sockets are to be tested

$80 < n \leq 100$  five sockets are to be tested

etc.

There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one test for each batch.

- **For sockets for cables in cable-stayed bridges** the following number of sockets shall be tested. (If there are more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer.)

If number of sockets (n) is:

$n \leq 20$	one socket is to be tested
$20 < n \leq 40$	two sockets are to be tested
$40 < n \leq 60$	three sockets are to be tested
$60 < n \leq 80$	four sockets are to be tested
$80 < n \leq 100$	five sockets are to be tested
	etc.

There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one test for each batch.

- (7) 10 % of the tests shall have certificate type 3.2, the rest of tests shall have certificate type 3.1 according to NS-EN 10204 [6]. Testing laboratories shall have a quality system in compliance with NS-EN ISO/IEC 17025 [37] or equivalent.
- (8) Hardness measurements are to be carried out to demonstrate that the values from production testing comply with the values from the procedure tests.
- (9) All NDT-operators shall have documented training and experience from inspection of casting and shall be certified according to NS-EN 473 level II [38] or equivalent. Personnel responsible for procedures and supervision of NDT shall be certified according to NS-EN 473 level III [38] or equivalent.
- (10) Magnetic particle inspection shall be performed subsequently to finishing (machining). Contact points shall be ground clean to remove casting skin.
- (11) The Contractor's procedures for ultrasonic testing shall at least contain:
  - Ultrasonic testing with normal probe:  
Each socket shall be tested with the normal probe from all accessible surfaces. The Contractor shall define accessible surfaces and prepare procedures with sketches for comments by the Owner.

- Ultrasonic testing with angle probe:  
In addition, all sockets shall be tested with angle probe in critical areas, i.e.:
  - => Where inlet have been placed
  - => Where feeders (risers) have been placed
  - => At major cross-section transitions
  - => Areas containing indications detected with normal probes
  - => Areas to be threaded
  - => Areas with quality class 1 and 2, as per (13)
  - => Surfaces where the angle between the front and backside is larger than 5 degrees
  - => When testing weld repairs
  - => Areas containing defect indications with acute angel orientation shall be tested with different angel probes ensuring best possible angel for detecting the defect

The Contractor shall prepare plans containing the extent of testing, procedures and sketches. These documents shall be submitted to the Owner for comments.

Test reports shall contain all information required in NS-EN 12680-2 [32] or equivalent.

- (12) Sockets with lugs shall be inspected before bolt holes are machined. Areas to be threaded must be tested ultrasonically before threading is carried out. Probes with frequencies 2-5 MHz and a size suitable for the material thickness are recommended.
- (13) The acceptance criteria as per NS-EN 12680-2 [32] quality class 1 is valid for the following areas:
- On sockets with lugs, the requirement is valid within a distance of 0-20 mm from the bolt hole in the lugs
  - In all threaded areas within the depth 0-15 mm, but not deeper than 1/3 of the material thickness
  - At major cross-section transitions within the depth 0-20 mm, but not deeper than 1/3 of the material thickness

For all other areas on the socket, the following applies:

- NS-EN 12680-2 [32] quality class 2  
Selection of different quality classes shall be documented with fracture mechanics calculations.
- (14) Radiography shall be carried out if the ultrasonic recordings appear to be ambiguous.

- (15) Radiography shall be carried out as described in NS-EN 12681 [33]. Possible isotopic testing of lugs on the sockets with lugs shall be performed with iridium having satisfactory sensitivity. The most severe indications detected by any of the NDT methods shall be used to determine accept or reject.
- (16) The radiographic investigation of the lug plates shall satisfy the following requirements in accordance with DIN 1690 Teil 2 [31] or equivalent:
- Distance from bolt hole, 0-20 mm:  
Quality class 2 for all types of defects
  - Other parts of the lugs:  
Quality class 3 for defect type A and B (pores and sand/inclusions)  
Quality class 2 for other types of defects
- (17) Applies to sockets for tensile testing of completed cable as described in Process 85.621 (alternatively 85.622, 85.623, 85.624), e) Testing. Tensile testing of completed cable. Testing scope and Tensile testing of completed cable. Test requirements.
- (18) Inspection document 3.1 – The Owner is entitled to determine which sockets the Contractor shall choose for testing.
- (19) Inspection document 3.2 – Testing to be validated by the manufacturer's authorized inspection representative independent of the manufacturing department, and the Owner's authorized inspection representative.
- (20) In connection with surface treatment, inspection shall be undertaken by an inspector qualified in accordance with NS 476/Frosio [39] or equivalent.
- (21) The cross section for the macroscopic examination shall be free from cracks, seams and laps. The size of any other discontinuities e.g. cavities, solid inclusions etc. shall not exceed the limits for quality level B in NS-EN ISO 5817 [35]. The manufacturer shall ensure that all areas of the sockets have a satisfactory microstructure as described in b) Materials.
- (22) The acceptance criteria as per NS-EN 1369 [30] quality class SM1, LM1, AM1 is valid for the following areas:
- On sockets with lugs, the requirement is valid within a distance of 0-20 mm from the bolt hole in the lugs
  - In all threaded areas within the depth 0-15 mm, but not deeper than 1/3 of the material thickness
  - At major cross-section transitions within the depth 0-20 mm, but not deeper than 1/3 of the material thickness
- For all other areas on the socket, the following applies:
- NS-EN 1369 [30] quality class SM2, LM2, AM2.

#### **x) Rules of measurement**

Quantities are measured as the number of completed sockets.

Unit: pcs

## Process 85.632 Sockets of forged steel

### a) Scope of work

The process applies to the production of sockets/anchor heads in forged steel, later in this process referred to as sockets. The process includes all stages in the manufacturing of sockets including surface treatment, but not socketing.

The Contractor shall, at least 4 weeks prior to starting production of the sockets, submit to the Owner the following documentation for information and comment:

1. Description of the type of steel manufacturing process
2. Description showing:
  - Method and degree of forging of the material
  - The orientation of the socket and possible additional parts in the material
  - Dimensions before and after rough machining with associated tolerances
3. Description of heat treatment, how this is to be documented and when heat treatment is performed during the process
4. Description of non-destructive testing including description of calibration blocks for ultrasonic testing and description of surface roughness.

### b) Materials

#### Steel quality

The material for large sockets shall primarily be a homogenised, quenched and tempered, low alloy and low temperature-ductile steel.

The material for smaller sockets may alternatively be a non-alloy/low alloy and low temperature-ductile steel in normalised heat treatment condition.

The steel shall preferably be AOD (Argon Oxygen Decarburization Process) treated. When determining the precise steel quality due consideration must be given to the dependence between the mechanical properties of the steel and the material thickness of the sockets. In particular, the fracture toughness of quenched and tempered steel is strongly dependent on the material thickness and the exact location in the cross-section of the test pieces. Hence, a steel quality that also gives the material in the socket a satisfactory microstructure through the largest section thickness of the socket must be chosen.

The steel shall have low sensitivity to temper brittleness and it shall maintain its mechanical properties when subjected to heat effects occurring during the socketing process. Steel with a high tensile strength tending to make the steel susceptible to the formation of cracks resulting from stress corrosion cracking in the relevant environment shall not be chosen. Steel difficult to repair by welding shall be avoided.



For the material in the socket, the following mechanical properties shall be satisfied unless otherwise stated in the special description:

- Yield stress:  $300 \text{ MPa} \leq f_y \leq 600 \text{ MPa}$
- Tensile strength:  $450 \text{ MPa} \leq f_u \leq 900 \text{ MPa}$
- $f_y/f_u \leq 0.85$  (measured values)
- Elongation at break:  $A_5 \geq 20 \%$  when  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $A_5 \geq 15 \%$  when  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 Interpolation for intermediate values
- Reduction of area  $Z \geq 40 \%$  when  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $Z \geq 30 \%$  when  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 Interpolation for intermediate values
- Fracture toughness, Charpy V: Min. 40 J at  $-20^\circ\text{C}$

The requirements are valid in all directions.

The choice of steel quality shall be included in the tender and is subject to approval by the Owner.

#### **Zinc metal for corrosion protection**

Zinc metal for corrosion protection shall be zinc grade Z2 or better, ref. NS-EN 1179 [5], i.e. the zinc content shall as a minimum be 99.99 %.

### **c) Workmanship**

#### **Form and finishing**

Forging shall be carried out in a manner whereby the material becomes as homogeneous (isotropic) as possible with equal mechanical properties in all directions.

Calculations showing the level of stresses in critical areas of the socket for maximum operational loads shall be presented. The Owner will provide nominal load levels in the cables.

For all types of sockets, it generally applies that wherever transitions cause stress concentrations, transitions shall be rounded ( $r_{\min} = 5 \text{ mm}$ ) and machined. Edges on the sockets shall be rounded to make them suitable for zinc coating and painting ( $r_{\min} = 2 \text{ mm}$ ).

Cone, hole, end surfaces and contact surfaces for nuts or other anchorage components shall be machined to clean material and correct dimension.

For sockets with lugs the bolt holes in the lugs shall be machined. Both sides of the lugs shall also be machined.

The surface of the sockets shall not have any visible indications of flaws. The surface shall not have any cracks or crack-like defects emerging in magnet particle inspection. The state of the surface shall be such that NDT can be carried out in a satisfactory manner. Reference is also made to requirements in connection with corrosion protection.

If the Contractor considers that the Owner's design of the sockets should be changed, this should be specified in the tender.

The Owner shall approve the final shape of the socket. The production method shall be outlined in the tender and approved by the Owner.

All edges of the sockets shall be rounded to make them suitable for zinc coating and painting ( $r_{\min} = 2 \text{ mm}$ ).

The sockets shall be marked with the steel quality designation, a charge number and a number for identification. The number shall be permanently readable (e.g. by an embedded number). In the case of hanger sockets the number shall not be on the lugs.

#### **Homogeneity and repairs**

Local surface flaws in the steel shall be removed by grinding and rounding to the extent that the smallest material thickness is not compromised.

Repair of defects by means of welding is not permitted at the following locations:

- At transition areas with stress concentrations
- In thread areas for sockets with anchorage in the thread areas (external or internal)
- Closer to the bolt hole than 20 mm in sockets with lugs

In other areas of the sockets, repair of defects by welding is permissible provided that the ground out crater to remove the defect is not deeper than 20 % of the smallest material thickness and the extent (enclosing diameter) does not exceed 1.5 x the smallest material thickness.

Craters exceeding this are classified as "big" and require the approval of the Owner for weld repair.

Welding procedure specifications (WPS) shall be based on welding procedure qualification records (WPQR) in accordance with relevant standard in the NS-EN ISO 15614 series [29]. The use of these standards shall be clarified and agreed between contracting parties. The WPS shall be prepared in accordance with NS-EN ISO 15609-1 [23] and submitted to the Owner for comment minimum 4 weeks before the forging is started.

In order to avoid rapid cooling the WPS shall take into consideration the minimum length/extent of the repair area and use of pre-heating.

The Contractor shall ensure that all welding are carried out and documented in accordance with the requirements of NS-EN ISO 3834-2 [43].

The welding shall comprise:

1. Grinding or milling to clean material.
2. Inspection of the repair area with NDT.
3. Preheating of the socket to adequate temperature before and during welding if any.
4. Missing material is to be replaced with weld.
5. Subsequent to welding the weld is machined (ground/milled) and the socket is again inspected by magnet particle and ultrasonic in accordance with NDT procedures/requirements. The magnet particle investigation shall be performed not less than 24 hours after concluded welding.
6. If the result of the repair is satisfactory, the socket shall be heat treated, at least finally with stress-relieving annealing.

Repairs with use of welding are normally permitted only once for each defect.

Welders shall be certified in accordance with NS-EN 287-1 [24]. Photos and/or sketches shall document extent and location of weld repairs. A welding log traceable to the time of welding and ID of the welder shall be prepared.

#### **Corrosion protection**

Corrosion protection shall be applied subsequent to approved NDT and proper cleaning of the surface. Grease shall be removed by a solvent that is proved to be efficient for this purpose followed by hot water rinsing (100°C).

The sockets shall be grit blasted to Sa3, ref. ISO 8501-1 [25]. The surface roughness shall be 50-85 µm, medium G, ref. NS-EN ISO 8503-1 [26]. The sockets are to be sprayed with 150 µm zinc, ref. NS-EN ISO 2063 [27]. Spraying shall be done prior to socketing.

The completed zinc coated sockets shall be given one coat of paint. The type of paint shall be agreed with the Owner.

Possible hot-dip galvanizing of the sockets shall only be used for sockets with limited material thickness and requires special approval from the Owner. When using hot-dip galvanizing, special considerations must be given to steel quality and material dimensions to avoid thick and brittle iron-zinc alloy layers.

**d) Tolerances**

The Owner's requirements to tolerances are specified in drawings and in the special description.

Reference is also made to c) Workmanship, section Form and finishing.

For requirements regarding thickness of necessary contingency material for finishing when machining to clean material, reference is made to DIN 1683 Teil 1 [40].

**e) Testing, inspection**

Test	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc NS-EN 10204 (6)
<b>Procedure testing</b>	Visual inspection Geometric inspection Chemical analysis Yield strength (4) Ultimate tensile strength (4) Elongation at break (4) Reduction of area (4) Charpy-V impact testing (4) Hardness measurement Metallographic examination on grinded section - micro and macro. (21) Magnetic particle inspection Ultrasonic inspection (5) Radiography	One socket, or one from each manufacturer. Test material is to be taken from the socket itself (3)	As defined in the table under Production testing	3.2 (7 and 19)
<b>Production testing</b>				
Visual inspection	Visual inspection (2)	All sockets are to be checked 100%	Ref. internal acceptance criteria based upon the requirements of the handbook.	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Geometric inspection	Geometric inspection	All sockets are to be checked 100%	As defined in drawing and in: c) Workmanship Form and finishing	3.1. /3.2 (7,18 and 19)

Chemical	Chemical analysis	(6)	As per chosen steel quality	3.1 (7 and 18)
<b>Test</b>	<b>Testing type</b>	<b>Testing scope (1)</b>	<b>Acceptance criteria</b>	<b>Insp.doc NS-EN 10204 (6)</b>
Mechanical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yield strength (4)</li> <li>• Tensile strength (4)</li> <li>• Elongation at break (4)</li> <li>• Reduction of area (4)</li> </ul>	(6)	As defined in: b) Materials Steel quality	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Mechanical	Charpy-V impact testing (4)	(6)	As defined in: b) Materials and in (4)	3.1 / 3.2 (7,18 and 19)
Mechanical	Hardness measurements	10% of all sockets	As per chosen steel quality (8)	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
NDT Magnetic particle (9)	Magnet particle NS-EN 1369 [30] (10)	All sockets are to be checked 100%	As defined in: c) Workmanship The surface shall be without cracks or crack-like defects. Quality class 4 – NS-EN 10228-1 [41]	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
NDT Ultrasonic (9)	Ultrasonic (12)	All sockets are to be checked 100% (11) (11)	(13)	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
NDT Radiography (9)	Radiografi (15)	(14)	(16)	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Corrosion protection	Cleaning: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cleanness</li> <li>• Roughness</li> </ul> Metal coating: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adhesion</li> <li>• Thickness</li> </ul>	10% of all sockets (20)	Sa3 ISO 8501-1 [25]. 50-85 µm, Medium G NS-EN ISO 8503-1 [26] 3,5 MPa, NS-EN ISO 4624 [34]. 150µm.	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Tensile testing	Tensile test of completed cable with embedded sockets	(17)	Break shall occur in the cable, not in the socket	3.2 (7 and 19)

**Table 6**

(1) The Owner shall in addition have the right to retrieve samples for his own

testing. Residual material from the testing shall be stored until the cables have been delivered.

- (2) An experienced operator shall perform visual inspection as soon as each socket is formed and checked out for visual inspection. The inspection shall determine if the material is suitable for further handling (grading) or to be discarded. This includes checking that the charge number and identification number is readable.
- (3) The socket for testing shall primarily have dimensions corresponding to the largest socket being used.
- (4) The location of the test bar shall reflect the real mechanical properties of the material and shall be taken from the thickest part of the material in the socket and, to the extent possible, in both longitudinal and transverse direction of the socket. The location of the test bar and orientation shall be shown on drawing to be approved by the Owner.  
Bars for impact testing shall be distributed over the entire cross-section. Testing in accordance with NS-EN ISO 10002-1 [3] (tensile testing) and NS-EN 10045-1 [36] (charpy-V impact testing).
- (5) The calibration blocks shall be taken from a socket, forged for the purpose of testing. Testing of sound penetration shall be carried out and reported. The testing shall be carried out between two parallel surfaces and serve both as guidance when calibrating the ultrasonic setting and verification of satisfactory sound penetration in the material. If sound penetration is not satisfactory new heat treatment and new testing may be necessary. Reference is also made to NS-EN 10228-3 [42].
- (6) The sockets to be tested shall be evenly distributed over the melting charge units and the heat treatment units. The result of chemical analysis from all melting charges shall be included in the documentation. Testing may be done on sockets that have been embedded with cables and been used for tensile testing provided further production of sockets can be delayed until the testing has been performed.

- **For sockets for main cables in suspension bridges** the following number of sockets shall be tested. (If there are more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer.)

If number of sockets (n) is:

- |                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| $n \leq 10$      | one socket is to be tested     |
| $10 < n \leq 20$ | two sockets are to be tested   |
| $20 < n \leq 30$ | three sockets are to be tested |
| $30 < n \leq 40$ | four sockets are to be tested  |

etc.

There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one

test for each batch.

- **For sockets for hangers** the following number of sockets shall be tested. (If there is more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer.)

If number of sockets (n) is:

$n \leq 20$             one socket is to be tested  
 $20 < n \leq 40$     two sockets are to be tested  
 $40 < n \leq 60$     three sockets are to be tested  
 $60 < n \leq 80$     four sockets are to be tested  
 $80 < n \leq 100$  five sockets are to be tested  
 etc.

There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one test for each batch.

- **For sockets for cables in cable-stayed bridges** the following number of sockets shall be tested. (If there are more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer.)

If number of sockets (n) is:

$n \leq 20$             one socket is to be tested  
 $20 < n \leq 40$     two sockets are to be tested  
 $40 < n \leq 60$     three sockets are to be tested  
 $60 < n \leq 80$     four sockets are to be tested  
 $80 < n \leq 100$  five sockets are to be tested  
 etc.

There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one test for each batch.

- (7) 10 % of the tests shall have certificate type 3.2, the rest of the tests shall have certificate type 3.1 according to NS-EN 10204 [6]. Testing laboratories shall have a quality system in compliance with NS-EN ISO/IEC 17025 [37] or equivalent.
- (8) Hardness measurements are to be carried out to demonstrate that the values from production testing comply with the values from the procedure tests.
- (9) All NDT-operators shall have documented training and experience from testing and inspection of forged material and shall be certified according to NS-EN 473 level II [38] or equivalent. Personnel responsible for procedures and supervision of NDT shall be certified according to NS-EN 473 level III [38] or equivalent.

- (10) Magnetic particle inspection shall be performed subsequently to finishing (machining).
- (11) The Contractor's procedures for ultrasonic testing shall at least contain:
- Ultrasonic testing with normal probe:  
Each socket shall be tested with the normal probe from all accessible surfaces. Accessible surfaces shall be defined by the Contractor who prepares a sketch for comments by the Owner.
  - Ultrasonic testing with angle probe:  
In addition, all sockets shall be tested with angle probe in critical areas, i.e.:  
=> At major cross-section transitions  
=> Areas containing indications detected with normal probes  
=> Areas to be threaded  
=> Areas with quality class 1 and 2, as per (13)  
=> Surfaces where the angle between the front and backside is larger than 5 degrees  
=> When testing weld repairs  
=> Areas containing defect indications with acute angle orientation shall be tested with different angle probes ensuring best possible angle (normal incidence) for detecting the defect.
  - The Contractor shall prepare plans containing the extent of testing, procedures and sketches. These documents shall be submitted to the Owner for comments.

Test reports shall contain all information required in NS-EN 10228-3 [42].

- (12) Sockets with lugs shall be inspected before bolt holes are machined. Areas to be threaded must be tested ultrasonically before threading is carried out. The examination shall be performed according to NS-EN 10228-3 [42] probes with frequencies 2-5 MHz and a size suitable for the material thickness are recommended.
- (13) The acceptance criteria shall comply with NS-EN 10228-3 [42] quality class 4, for the following areas:
- On sockets with lugs, the requirement is valid within a distance of 0-20 mm from the bolt hole in the lugs
  - In all threaded areas within the depth 0-15 mm, but not deeper than 1/3 of the material thickness
  - At major cross-section transitions within the depth 0-20 mm, but not deeper than 1/3 of the material thickness

For all other areas on the socket, the following applies:

NS-EN 10228-3 quality class 3 [42]. Larger indications shall be reported for possible approval.



- (14) Radiography shall be carried out if the ultrasonic recordings appear to be ambiguous.
- (15) Radiography shall be carried out as described in NS-EN 12681 [33]. The testing shall be performed with satisfactory sensitivity. The most severe indications detected by any of the NDT methods shall be used to determine accept or reject.
- (16) The radiographic examination shall document defect types for indications with corresponding size as shown in footnote (13).  
Cracks or crack-like indications are not acceptable, and shall be reported for assessment with regard to discarding or weld repairs.
- (17) Applies to sockets for tensile testing of completed cable as described in Process 85.621 (alternatively 85.622, 85.623, 85.624), e) Testing, Tensile testing of completed cable. Testing scope and Tensile testing of completed cable. Test requirements.
- (18) Inspection document 3.1 The Owner is entitled to determine which sockets the Contractor shall take out for testing.
- (19) Inspection document 3.2 – Testing to be validated by the manufacturer's authorized inspection representative independent of the manufacturing department, and the Owner's authorized inspection representative.
- (20) In connection with surface treatment, inspection shall be undertaken by an inspector qualified in accordance with NS 476/Frosio [39] or equivalent.
- (21) The cross section for the macroscopic examination shall be free from cracks, seams and laps. The size of any other discontinuities e.g. cavities, solid inclusions etc. shall not exceed the limits for quality level B in NS-EN ISO 5817 [35]. The manufacturer shall ensure that all areas of the sockets have a satisfactory microstructure as described in b) Materials.

**x) Rules of measurement**

Quantities are measured as the number of completed sockets.

Unit: pcs

## Process 85.633 Sockets of rolled steel plate

### a) Scope of work

The process applies to the production of sockets/anchor heads of rolled steel plates, later in this process referred to as sockets. The process includes all stages in the manufacturing of sockets including surface treatment, but not socketing.

The Contractor shall, at least 4 weeks prior to starting production of the sockets, submit to the Owner the following documentation for information and comment:

1. Description of the steel quality
2. Description that includes:
  - Method of manufacture for the socket
  - The orientation of the socket in the rolled material
  - Dimensions before and after rough machining with associated tolerances
3. Description of heat treatment, how this is to be documented and when heat treatment is performed during the process
4. Description of non-destructive testing including description of calibration blocks for ultrasonic testing and description of surface roughness.

### b) Materials

#### Steel quality

The socket shall be manufactured from a low temperature-ductile Z-steel, with good mechanical properties in all cross sectional directions. It may be, depending on material dimensions either be a low alloy quenched and tempered steel or a fully killed, non-alloy, fine-grain treated and normalised steel.

The steel shall preferably be AOD (Argon Oxygen Decarburization Process) treated. When determining the precise steel quality due consideration must be given to the dependence between the mechanical properties of the steel and the material thickness of the sockets. In particular, the fracture toughness of quenched and tempered steel is strongly dependent on the material thickness and the exact location of the test pieces in the cross-section. Hence, a steel quality that also gives the material in the socket a satisfactory microstructure through the largest section thickness of the socket must be chosen.

The steel shall have low sensitivity to temper brittleness and it shall maintain its mechanical properties when subjected to heat effects occurring during the socketing process. Steel with a high tensile strength tending to make the steel susceptible to the formation of cracks resulting from stress corrosion cracking in the relevant environment shall not be chosen. Steel difficult to repair by welding shall be avoided.

For the material in the socket, the following mechanical properties shall be satisfied unless otherwise stated in the special description:

- Yield stress:  $300 \text{ MPa} \leq f_y \leq 600 \text{ MPa}$
- Tensile strength:  $450 \text{ MPa} \leq f_u \leq 900 \text{ MPa}$
- $f_y/f_u \leq 0.85$  (measured values)
- Elongation at break:  $A_5 \geq 20 \%$  when  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $A_5 \geq 15 \%$  when  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 Interpolation for intermediate values
- Reduction of area  $Z \geq 40 \%$  when  $f_y \leq 400 \text{ MPa}$   
 $Z \geq 30 \%$  when  $f_y \geq 500 \text{ MPa}$   
 Interpolation for intermediate values
- Fracture toughness, Charpy V: Min. 40 J at  $-20^\circ\text{C}$

The requirements are valid in all directions.

The choice of steel quality shall be included in the tender and is subject to approval by the Owner.

#### **Zinc metal for corrosion protection**

Zinc metal for corrosion protection shall be zinc grade Z2 or better, ref. NS-EN 1179 [5], i.e. the zinc content shall as a minimum be 99.99 %.

### **c) Workmanship**

#### **Form and finishing**

Calculations showing the level of stresses in critical areas of the socket for maximum operational loads shall be presented. The Owner will provide nominal load levels in the cables.

For all types of sockets, it generally applies that wherever transitions cause stress concentrations transitions shall be rounded ( $r_{\min} = 5 \text{ mm}$ ) and machined. When cutting the socket from plates the sockets shall be oriented with its longitudinal direction aligned with the primary direction of rolling. For sockets with lugs, the lugs shall be parallel with the plate plane.

Cone, hole, end surfaces and contact surfaces for nuts or other anchorage components shall be machined to clean material and correct dimension.

For sockets with lugs the bolt holes in the lugs shall be machined. Both sides of the lugs shall also be machined.

The surface of the sockets shall not have any visible indications of flaws. The surface shall not have any cracks or crack-like defects emerging in magnet particle inspection. The state of the surface shall be such that NDT can be carried out in a satisfactory manner. Reference is also made to requirements in connection with corrosion protection.

Edges of the sockets shall be rounded to make them suitable for zinc coating and painting ( $r_{\min} = 2 \text{ mm}$ ).

If the Contractor considers that the Owner's design of the sockets should be changed, this should be specified in the tender.

The Owner shall approve the final shape of the socket. The production method shall be outlined in the tender and approved by the Owner.

The sockets shall be marked with the steel quality designation, a charge number and a number for identification. The number shall be permanently readable (e.g. by an embedded number). In the case of hanger sockets the number shall not be on the lugs.

#### **Homogeneity and repairs**

Local surface flaws in the steel shall be removed by grinding and rounding to the extent that the smallest material thickness is not compromised.

Possible repairs by means of welding are allowed only when specifically agreed with the Owner.

#### **Production welding**

Manufacturing of sockets by means of production welding is not permitted.

#### **Corrosion protection**

Corrosion protection shall be applied subsequent to approved NDT and proper cleaning of the surface. Grease shall be removed by a solvent that is proved to be efficient for this purpose followed by hot water rinsing (100°C).

The sockets shall be grit blasted to Sa3, ref. ISO 8501-1 [25]. The surface roughness shall be 50-85  $\mu\text{m}$ , medium G, ref. NS-EN ISO 8503-1 [26]. The sockets are to be sprayed with 150  $\mu\text{m}$  zinc, ref. NS-EN ISO 2063 [27]. Spraying shall be done prior to socketing.

The completed zinc coated sockets shall be given one coat of paint. The type of paint shall be agreed with the Owner.

Possible hot-dip galvanizing of the sockets shall only be used for sockets with limited material thickness and requires special approval from the Owner. When using hot-dip galvanizing, special considerations must be given to steel quality and material dimensions to avoid thick and brittle iron-zinc alloy layers.

#### d) Tolerances

The Owner's requirements to tolerances are specified in drawings and in the special description.

Reference is also made to c) Workmanship, section Form and finishing.

For requirements regarding thickness of necessary contingency material for finishing when machining to clean, reference is made to DIN 1683 Teil 1 [40].

#### e) Testing, inspection

Test	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc NS-EN 10204 (6)
Procedure testing	Visual inspection Geometric inspection Chemical analysis Yield strength (4) Ultimate tensile strength (4) Elongation at break(4) Reduction of area (4) Charpy-V impact testing (4) Hardness measurement Metallographic examination on grinded section - micro and macro. (21) Magnetic particle inspection Ultrasonic inspection (5) Radiography	One socket, or one from each manufacturer. (3)	As defined in the table under Production testing	3.2 (7 and 19)
<b>Production testing</b>				
Visual inspection	Visual inspection (2)	All sockets are to be checked 100%	Ref. internal acceptance criteria based upon the requirements of the handbook.	3.1. /3.2 (7,18 and 19)

Test	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc NS-EN 10204 (6)
Geometric inspection	Geometric inspection	All sockets are to be checked 100%	As defined in drawing and in: c) Workmanship Form and finishing	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Chemical	Chemical analysis	(6)	As per chosen steel quality	3.1 (7 and 18)
Mechanical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yield strength (4)</li> <li>• Ultimate tensile strength (4)</li> <li>• Elongation at break (4)</li> <li>Reduction of area (4)</li> </ul>	(6)	As defined in: b) Materials Steel quality	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Mechanical	Charpy-V impact testing (4)	(6)	As defined in: b) Materials and in (4)	3.1 / 3.2 (7,18 and 19)
Mechanical	Hardness measurements	10% of all sockets	As per chosen steel quality (8)	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
NDT Magnetic particle (9)	Magnet particle NS-EN 1369 [30] (10)	All sockets are to be checked 100%	As defined in: c) Workmanship The surface shall be without cracks or crack-like defects.	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
NDT Ultrasonic (9)	Ultrasonic NS-EN 10160 [44] (12)	All sockets are to be checked 100% (11)	(13)	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
NDT Radiography (9)	Radiografi (15)	(14)	(16)	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Corrosion protection	Cleaning: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cleanness</li> <li>• Roughness</li> </ul> Metal coating: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adhesion</li> <li>• Thickness</li> </ul>	10% of all sockets (20)	Sa3 ISO 8501-1 [25]. 50-85 µm, Medium G NS-EN ISO 8503-1 [26] 3.5 MPa, NS-EN ISO 4624 [34]. 150 µm	3.1. /3.2 (7,18 and 19)
Tensile testing	Tensile test of completed cable with embedded sockets	(17)	Break shall occur in the cable, not in the socket	3.2 (7 and 19)

Table 7

- (1) The Owner shall in addition have the right to retrieve samples for his own testing. Residual material from the testing shall be stored until the cables have been delivered.
- (2) An experienced operator shall perform visual inspection as soon as each socket is formed and checked out for visual inspection. The inspection shall determine if the material is suitable for further handling (grading) or to be discarded. This includes checking that the charge number and identification number is readable.
- (3) The socket for testing shall primarily have dimensions corresponding to the largest socket being used.
- (4) The location of the test bar shall reflect the real mechanical properties of the material and shall be taken from the thickest part of the material in the socket and, to the extent possible, in both longitudinal and transverse direction of the socket. The location of the test bar and orientation shall be shown on drawing to be approved by the Owner. Bars for impact testing shall be distributed over the entire cross-section. Testing in accordance with NS-EN ISO 10002-1 [3] (tensile testing) and NS-EN 10045-1 [36] (charpy-V impact testing).
- (5) The calibration blocks shall be taken from a socket, manufactured for the purpose of testing. Testing of sound penetration shall be carried out and reported. The testing shall be carried out between two parallel surfaces and serve both as guidance when calibrating the ultrasonic setting and verification of satisfactory sound penetration in the material. If sound penetration is not satisfactory new heat treatment and new testing may be necessary.
- (6) The sockets to be tested shall be evenly distributed over the melting charge units and the heat treatment units. Minimum one test shall be taken from each batch. The result of chemical analysis from all melting charges shall be included in the documentation. Testing may be done on sockets that have been embedded with cables and been used for tensile testing provided further production of sockets can be delayed until the testing has been performed.
  - **For sockets for main cables in suspension bridges** the following number of sockets shall be tested. (If there are more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer.)  
 If number of sockets (n) is:
 

$n \leq 10$	one socket is to be tested
$10 < n \leq 20$	two sockets are to be tested
$20 < n \leq 30$	three sockets are to be tested
$30 < n \leq 40$	four sockets are to be tested

 etc.  
 There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one test for each batch.

- **For sockets for hangers** the following number of sockets shall be tested. (If there is more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer.)  
If number of sockets (n) is:
    - $n \leq 20$  one socket is to be tested
    - $20 < n \leq 40$  two sockets are to be tested
    - $40 < n \leq 60$  three sockets are to be tested
    - $60 < n \leq 80$  four sockets are to be tested
    - $80 < n \leq 100$  five sockets are to be tested
    - etc.There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one test for each batch.
  
  - **For sockets for cables in cable-stayed bridges** the following number of sockets shall be tested. (If there are more than one cable manufacturer, the requirements apply to each manufacturer.)  
If number of sockets (n) is:
    - $n \leq 20$  one socket is to be tested
    - $20 < n \leq 40$  two sockets are to be tested
    - $40 < n \leq 60$  three sockets are to be tested
    - $60 < n \leq 80$  four sockets are to be tested
    - $80 < n \leq 100$  five sockets are to be tested
    - etc.There shall be at least one test for each socket size and as a minimum one test for each batch.
- (7) 10 % of the tests shall have inspection document type 3.2, the rest of the tests shall have inspection document type 3.1 according to NS-EN 10204 [6]. Testing laboratories shall have a quality system in compliance with NS-EN ISO/IEC 17025 [37] or equivalent.
- (8) Hardness measurements are carried out to demonstrate that the values from production testing comply with the values from the procedure tests.
- (9) All NDT-operators shall have documented training and experience from inspection of welded material and shall be certified according to NS-EN 473 level II [38] or equivalent. Personnel responsible for procedures and supervision of NDT shall be certified according to NS-EN 473 level III [38] or equivalent.
- (10) Magnetic particle inspection shall be performed subsequently to finishing (machining).



- (11) The Contractor's procedures for ultrasonic testing shall at least contain:
- Ultrasonic testing with normal probe:  
Each socket shall be tested with the normal probe from all accessible surfaces. Accessible surfaces shall be defined by the Contractor who prepares a sketch for comments by the Owner.
  - Ultrasonic testing with angle probe:  
In addition, all sockets shall be tested with angle probe in critical areas, i.e.:
    - => At major cross-section transitions
    - => Areas containing indications detected with normal probes
    - => Areas to be threaded
    - => Areas with quality class 1 and 2, as per (13)
    - => Surfaces where the angle between the front and backside is greater than 5 degrees
    - => When testing weld repairs
    - => Areas containing defect indications with acute angle orientation shall be tested with different angle probes ensuring best possible angle (normal incidence) for detecting the defect

The Contractor shall prepare plans containing the extent of testing, procedures and sketches. These documents shall be submitted to the Owner for comments.

Each socket shall be tested in accordance with NS-EN 10160 [44], pkt. 8.2.2 and pkt. 8.3. All parameters used in the testing shall be reported.

Test reports shall contain all information required in NS-EN 10228-3 [42].

- (12) Sockets with lugs shall be inspected before bolt holes are machined. Areas to be threaded must be tested ultrasonically before threading is carried out. Probes with frequencies 2-5 MHz and a size suitable for the material thickness are recommended.
- (13) The acceptance criteria, ref. NS-EN 10160 [44], Table 5, Class E4 is valid for the following areas:
- On sockets with lugs, the requirement is valid within a distance of 0-20 mm from the bolt holes in the lugs
  - In all threaded areas within the depth 0-15 mm, but not deeper than 1/3 of the material thickness
  - At major cross-section transitions within the depth 0-20 mm, but not deeper than 1/3 of the material thickness

For all other areas on the socket, the following applies: NS-EN 10160 [44], Table 4, Class S3. Cracks or linear indications are not acceptable.

- (14) Radiography shall be carried out if the ultrasonic recordings appear to be ambiguous.

- (15) Radiography shall be carried out as described in NS-EN 12681 [33]. Possible testing shall be performed with satisfactory sensitivity. The most severe indications obtained from any of the NDT methods shall form the basis for accept or reject.
- (16) The radiographic examination of the lug plates shall document defect types for indications with corresponding size as shown in footnote (13). Cracks or crack-like indications are not acceptable.
- (17) Applies to sockets for tensile testing of completed cable as described in Process 85.621 (alternatively 85.622, 85.623, 85.624), e) Testing, Tensile testing of completed cable. Testing scope and Tensile testing of completed cable. Test requirements.
- (18) Inspection document 3.1. The Owner is entitled to determine which sockets the Contractor shall choose testing.
- (19) Inspection document 3.2 – Testing to be validated by the manufacturer's authorized inspection representative independent of the manufacturing department, and the Owner's authorized inspection representative.
- (20) In connection with surface treatment, inspection shall be undertaken by an inspector qualified in accordance with NS 476/Frosio [39] or equivalent.
- (21) The cross section for the macroscopic examination shall be free from cracks, seams and laps. The size of any other discontinuities e.g. cavities, solid inclusions etc. shall not exceed the limits for quality level B in NS-EN ISO 5817 [35]. The manufacturer shall ensure that all areas of the sockets have a satisfactory microstructure as described in b) Materials.

**x) Rules of measurement**

Quantities are measured as the number of completed sockets.

Unit: pcs.



# Process 85.64

## Anchoring of cable in socket

### Process 85.641 Socketing with metal

#### a) Scope of work

The process comprises all stages relating to socketing with use of metal for the anchorage between cable and socket. The process includes all materials used for the socketing.

The socketing procedure with associated check list form shall be submitted to the Owner for comment minimum 4 weeks before procedure casting is performed.

#### b) Materials

The casting metal shall have adequate strength and not be susceptible to creep at the relevant load levels for a working temperature of up to +60°C.

The metal shall have a recommended pouring temperature not exceeding 500°C.

In advance, the following 2 casting metals are approved:

- Zinc grade Z2 (alternatively Z1) which contains a minimum of 99.99 % Zn in accordance with NS-EN 1179 [5].
- Zinc alloy GB-ZnA16Cu1 (Z610) in accordance with EN 1774 [28] which contains 5.6 – 6.0 % Al, 1.2 – 1.6 % Cu and the remainder Zn.

Other casting metals shall be subject to approval by the Owner in each case.

The Contractor shall state which metal he wishes to use.

It should be particularly noted that lead and lead alloys are not allowed used.

#### c) Workmanship

##### Measuring, cutting and splitting of the cable

The length of the cable shall be measured as defined in Process 85.62.

Before cutting, the cable shall be appropriately secured by seizing/serving with wire, clamps may also be used in addition to serving. Reference is also made to NS-EN 13411-4 [21]. Cutting shall be done mechanically, flame cutting is not permitted.

The wires shall be arranged in a brush like shape to enable cleaning and socketing. The brush shall be arranged in a manner whereby the wires are not damaged. The length of the brush shall be adjusted so that no wire ends will penetrate the top surface (large end surface) of the cone, but be situated maximum 10 mm below the surface.

#### **Cleaning of the cable brush**

The wires shall be cleaned chemically with a suitable solvent that dissolves the spinning compound. All residues from cleaning substances shall be removed. Cleaning must take place without damaging the galvanizing or the cable itself.

A specification for the cleaning solvent and a complete procedure for cleaning shall be submitted to the Owner for comment at least four weeks before the work starts.

#### **Assembly of the cable with socket in the socketing rig**

Before socketing is started, the cable with socket shall be set up in a solid rig, which is designed to keep the cable and socket in the correct position and avoid movements during the socketing operation. The centre line of cone and cable shall be vertical.

**For spiral strand cables and locked coil cables** the part closest to the socket shall have a straight length of minimum  $30 \times$  the diameter of the cable. The curvature of the cable at the end of the straight section shall have radius of minimum  $50 \times$  the diameter of the cable.

**For other types of cables**, the requirement as to the straight length and the curvature shall be considered in each case.

The requirement as to the minimum radius of curvature for the relevant type of cable shall at all times be maintained for all parts of the cable.

The cable shall be placed centric in the hole of the socket. The gap between cable and cone shall be sealed in such a way that the entire cone is cast. The wires shall be evenly distributed within the cone.

When fixing socket no. 2 on short cables ( $1 < 100$  m), care should be exercised to ensure that mutual orientation of the sockets are correct to avoid the cable being subjected to inadvertent twisting during erection.

When a guiding bolt is used between the socket and the cone, it is required to check that this is in the correct position, i.e. protruding slightly into the cone.

There shall be no seizing/serving wire embedded in the transition between the cable and the socket, and there shall primarily be no seizing/serving wire cast inside the socket.

**Pre-heating of the socket**

The socket shall be preheated to the following temperature:

- When cast with zinc grade Z2:  $325 \pm 25^{\circ}\text{C}$
- When cast with Z610:  $325 \pm 25^{\circ}\text{C}$

For socketing with other metals, the preheating temperature shall be considered in each case. Pre-heating shall be allowed to act sufficiently long to ensure that the entire socket reaches the prescribed temperature before the socketing operation is started.

**The casting metal**

During socketing the casting metal shall have the following temperature:

- Zinc grade Z2:  $490 \pm 10^{\circ}\text{C}$
- Z610:  $450 \pm 10^{\circ}\text{C}$

For other metals the temperature is to be considered in each case.

**Socketing**

The casting substance shall completely fill the whole cone and, to the extent possible, be free from pores. The cone shall be cast flush with the back surface of the socket.

The cast cone shall in the exterior have even and homogeneous zinc metal entirely up to the seal at the opening of the cone. Over shorter lengths it is permissible for some wires to be visible in the surface of the cone as a result of contact with the socket.

The wires shall in the cross-section be evenly distributed in the cone and be completely embedded with full penetration of zinc between the wires. An exception from this requirement is granted for a short section by the entrance of the cable into the casting substance.

Immediately after pouring of the casting metal and during the whole of the setting process the top surface shall be post-heated by a gas flame in order to avoid subsidence in the cone. Any subsidence shall otherwise be counter-acted by topping up with use of casting metal. Surface oxides shall be removed. The casting metal in the **finished** cast cone shall be homogeneous. There shall be no impurities on the cone.

The cable and socket must be kept completely at rest during cooling, which shall take place in air at room temperature.

The cast cone and socket shall be marked with a permanent mark in the cone and the socket to ensure that the correct orientation is obtained when the socket, after having being pressed back, is pulled on to the cone again.

**d) Tolerances**

Regarding requirements to tolerance in connection with length measurements of the cables, reference is made to Process 85.621, 85.622, 85.623 and 85.624, c) Workmanship, Length measurement.

Requirements to angle between socket and cable are as follows:

- For sockets to be fastened by contact against a nut (customary for main cables in suspension bridges), the cable shall be perpendicular to the contact surface of the nut.
- For sockets with lugs (customary for hangers) the centre line of the cable shall cross the centre line through the suspension hole of the cable lugs and be perpendicular to this.
- For sockets to be fastened by means of external or internal threaded areas, the cable shall be parallel with the axis of the threaded area.

The tolerances relating to these angles are:

- For cable diameter  $\leq 50$  mm:  $0.6^\circ$
- For cable diameter  $\geq 100$  mm:  $0.4^\circ$
- For intermediate dimensions of the cable diameter, linear interpolation shall be used.

**e) Testing, inspection**

Test	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc NS-EN 10204 (6)
Procedure testing	Inspection of casting with all associated activities defined in: b) Materials c) Workmanship d) Tolerances	One sample from each cable size	As defined in: b) Materials c) Workmanship d) Tolerances, (2) or in the special description	3.2 (3) (4)
Production-testing (5)	Inspection of casting metal	One sample from each charge of the casting metal	As defined in: b) Materials or in the special description	3.2/3.1 (3)
	Inspection of measurement/markings (7)	All cables	As defined in: d) Tolerances	3.2/3.1. (3) (6)
	Inspection of cable brush: • Cleaning of wires • Arrangement of wires	All cable brushes	As defined in: c) Workmanship or in the special description	3.2/3.1. (3) (6)

Test	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc NS-EN 10204 (6)
	Inspection of cable and socket in socketing rig.	All sockets	As defined in: c) Workmanship d) Tolerances or in the special description	3.2/3.1. (3) (6)
	Measurement of temperatures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preheating of all sockets</li> <li>• Temperature in casting metal</li> </ul>	As defined in: c) Workmanship or in the special description	3.2/3.1. (3) (6)
	Inspection of socketing	All sockets	As defined in: c) Workmanship d) Tolerances or in the special description	3.2/3.1. (3) (6)

**Table 8**

- (1) The Owner shall in addition have the right to retrieve samples for his own testing.
- (2) The cast cone shall be pressed back for examination. It shall furthermore be cut through at cross-sections and ground clean for inspection of wire distribution and the homogeneity of the casting material. Sections shall be placed 50 mm from the top of the cone and 100 mm from the bottom of the cone. Furthermore sections shall be placed in distances of maximum 100 mm. There shall be minimum three sections per socket.
- (3) Document 3.2 shall be prepared by both the manufacturer's authorized inspector independent of the production department and the Owner's authorized inspection representative.
- (4) The inspection document shall document that the requirements which are set in b) Requirements for materials, c) Workmanship and d) Tolerances, are satisfied for procedure tests.
- (5) It is assumed that the Contractor prepares detailed check lists for the entire socketing process.
- (6) Inspection document type 3.2 for the first cable and inspection document type 3.1 for the others.
- (7) The Contractor shall ensure that surveying and marking of cable lengths have been carried out and checked before the socketing work is started.

**x) Rules of measurement**

Quantity is measured as the number of castings.

Unit: pcs



## Process 85.642 Socketing with synthetic materials

### a) Scope of work

The process comprises all stages relating to socketing by use of synthetic material for the anchorage between cable and socket. The process includes all materials used for the socketing.

The socketing procedure with associated check list form shall be submitted to the Owner for comment minimum 4 weeks before procedure casting is performed.

### b) Materials

The term "synthetic material" is here referring to both pure synthetic mixtures and special mixtures of synthetics and other materials, e.g. mixtures of special epoxy, zinc dust and steel balls.

All properties shall be listed in the tender and shall be documented before casting of the first socket. Documentation substantiating that the mixture has been used for socketing on previous occasions for cables for bridge structures shall be included in the tender.

The synthetic mixture shall have sufficient strength and a lifetime of minimum 100 years and not be susceptible to creep at the relevant level of loading. The working temperature shall be able to vary between -50°C and +60°C.

### c) Workmanship

#### General

Documentation substantiating that the chosen design has been previously used in similar structures in the past shall be included in the tender.

#### Measuring, cutting and splitting of the cable

The length of the cable shall be measured as defined in Process 85.62.

Before cutting, the cable shall be secured with serving wire and/or clamps. Reference is made NS-EN 13411-4 [21].

Cutting shall be done mechanically, flame cutting is not permitted.

The wires shall be arranged in a brush like shape to enable cleaning and socketing. The brush shall be arranged in a manner whereby the wires are not damaged. The length of the brush shall be adjusted so that no wire ends will penetrate the top surface (large end surface) of the cone, but be situated maximum 10 mm below this surface.

**Cleaning of the cable brush**

The wires shall be cleaned chemically with a suitable solvent that dissolves the spinning/filling compound. All residues from cleaning substances shall be removed. Cleaning must take place without damaging the galvanizing or the cable itself.

A specification for the cleaning solvent and a complete procedure for cleaning shall be submitted to the Owner for comment at least four weeks before the work starts.

**Assembly of the cable with socket in the socketing rig**

Before socketing is started, the cable with socket shall be set up in a solid rig, which is designed to keep the cable and socket in the correct position and avoid movements during the socketing operation. The centre line of the cone and cable shall be vertical.

**For spiral strand cables and locked coil cables** the part closest to the socket shall have a straight length of minimum  $30 \times$  the diameter of the cable. The curvature of the cable at the end of the straight section shall have radius of minimum  $50 \times$  the diameter of the cable.

**For other types of cables**, the requirement as to the straight length and the curvature shall be considered in each case.

The requirement as to the minimum radius of curvature for the relevant type of cable shall at all times be maintained for all parts of the cable.

The cable shall be placed centric in the hole of the socket. The gap between cable and cone shall be sealed in such a way that the entire cone is cast. The wires shall be evenly distributed within the cone.

When fixing socket no. 2 on short cables ( $1 < 100$  m), care should be exercised to ensure that mutual orientation of the sockets are correct to avoid the cable being subjected to inadvertent twisting during erection.

When a guiding bolt is used between the socket and the cone, it is required to check that this is in the correct position, i.e. protruding slightly into the cone.

There shall be no seizing/serving wire embedded in the transition between the cable and the socket, and there shall primarily be no seizing/serving wire cast inside the socket.

**Pre-heating of the socket**

The socket shall be preheated to correct temperature in accordance with the Supplier's procedure for the relevant synthetic mixture.

The socket shall have even temperature during the entire socketing operation.

**Socketing**

The synthetic mixture shall have even temperature in accordance with the Supplier's specifications during casting and setting.

The casting substance shall completely fill the whole cone and shall, to the extent possible, be free from pores. The cone shall be cast flush with the back surface of the socket.

The cast cone shall in the exterior have even and homogeneous synthetic material entirely up to the seal at the opening of the cone. Over shorter lengths it is permissible for some wires to be visible in the surface of the cone as a result of contact with the socket.

The wires shall in the cross-section be evenly distributed in the cone and be completely embedded with full penetration of synthetic material between the wires. An exception from this requirement is granted for a short section by the entrance of the cable into the cone.

The casting material in completed cast cone shall be homogeneous. There shall be no impurities in the casting substance.

The cable and socket shall be kept at rest during the setting process.

The cast cone and socket shall be marked with a permanent mark in the cone and the socket to ensure that the correct orientation is obtained when the socket, after having being pressed back, is pulled into to the cone again.

**d) Tolerances**

Regarding requirements to tolerance in connection with length measurements of the cables, reference is made to Process 85.621, 85.622, 85.623 and 85.624, c) Workmanship, Length measurement.

Requirements to angle between socket and cable are as follows:

- For sockets to be fastened by contact against a nut (customary for main cables for suspension bridges), the cable shall be perpendicular to the contact surface of the nut.
- For sockets with lugs (customary for hangers) the centre line of the cable shall cross the centre line through the suspension hole of the cable lugs and be perpendicular to this.
- For sockets to be attached by means of external or internal threading, the cable shall be parallel with the axis of the threading zone.

The tolerances relating to these angles are:

- For cable diameter  $\leq 50$  mm:  $0.6^\circ$
- For cable diameter  $\geq 100$  mm:  $0.4^\circ$
- For intermediate dimensions of the cable diameter, linear interpolation shall be used

**e) Testing, inspection**

Test	Testing type	Testing scope (1)	Acceptance criteria	Insp.doc NS-EN 10204 (6)
Procedure testing	Inspection of casting with all associated activities defined in: b) Materials c) Workmanship d) Tolerances	One sample from each cable size	As defined in: b) Materials c) Workmanship (9) d) Tolerances, (2) or in the special description	3.2 (3) (4)
Production-testing (5)	Inspection of synthetic material for correct composition	All mixtures of synthetic material (8)	As defined in: b) Materials or in the special description	3.2/3.1 (3) (6)
	Inspection of surveying/markings (7)	All cables	As defined in: d) Tolerances	3.2/3.1. (3) (6)
	Inspection of cable brush: • Cleaning of wires • Arrangement of wires	All cable brushes	As defined in: c) Workmanship or in the special description	3.2/3.1. (3) (6)
	Inspection of cable and socket in socketing rig.	All sockets	As defined in: c) Workmanship d) Tolerances or in the special description	3.2/3.1. (3) (6)
	Inspection of temperatures	• Preheating of all sockets • Temperature in synthetic material during the entire setting process	As defined in: c) Workmanship or in the special description	3.2/3.1. (3) (6)
	Inspection of socketing	All sockets	As defined in: c) Workmanship d) Tolerances or in the special description	3.2/3.1. (3) (6)

**Table 9**

- (1) The Owner shall in addition have the right to retrieve samples for his own testing.
- (2) The cast cone shall be pressed back for examination. It shall furthermore be cut through at cross-sections and ground clean for inspection of wire distribution

and the homogeneity of the casting material. Sections shall be placed 50 mm from the top of the cone and 100 mm from the bottom of the cone. Furthermore sections shall be placed in distances of maximum 100 mm. There shall be minimum 3 sections per socket. If pressing back of the casting cone is not possible, the casting cone with socket shall be cut through.

- (3) Document 3.2 shall be prepared by both the manufacturer's authorized inspector independent of the production department and the Owner's authorized inspection representative.
- (4) The inspection document shall document that the requirements which are set in b) Requirements for materials, c) Workmanship and d) Tolerances, are satisfied for procedure tests.
- (5) It is assumed that the Contractor prepares detailed check lists for the entire socketing process.
- (6) Inspection document type 3.2 for the first cable and inspection document type 3.1 for the others.
- (7) The Contractor shall ensure that surveying and marking of cable lengths have been carried out and checked before the socketing work is started.
- (8) Three random samples shall be taken from every dispatch of the synthetic mixture. For every test, two prisms with dimensions approx. 40x40x200 mm, one for compressive and one for tensile testing, shall be cast.
- (9) When the anchorage cone is cast, four prism samples for every anchorage, with dimensions as given above, shall be cast. The prisms shall be marked and two of the prisms shall be tested in tension and compression by the Contractor before the associated cable is dispatched from the factory. The 2 other prisms shall be stored and be available for testing for a period of at least one year subsequent to the bridge being handed over to the Owner.

**x) Rules of measurement**

Quantity is measured as the number of castings.

Unit: pcs

## Process 85.643 Other anchoring

### a) Scope of work

The process comprises the delivery of all materials and performance of all work in connection with manufacturing of anchorage between the cable and the socket.

The work procedure with associated check list form shall be submitted to the Owner for comment minimum 4 weeks before the work is carried out.

### b) Materials

All data describing the mechanical properties of the materials shall be described in detail in the tender. The choice of material is subject to approval by the Owner before start of production.

In general, the same quality requirements as described for anchoring in the other processes for anchorage between cable and socket, shall apply.

### c) Workmanship

#### General

The performance of the anchoring work shall be described in detail in the tender. The Owner shall, before start of production, approve procedures for performance of the anchoring work.

#### Measuring, cutting and splitting of the cable

The length of the cable shall be measured as defined in Process 85.62.

Before cutting, the cable shall be secured to the extent necessary with serving wire and/or clamps. Reference is also made to NS-EN 13411-4 [21].

Cutting shall be done mechanically, flame cutting is not permitted.

### d) Tolerances

Regarding requirements to tolerance in connection with length measurements of the cables, reference is made to Process 85.621, 85.622, 85.623 and 85.624, c) Workmanship, Length measurement.

Requirements to angle between socket and cable are as follows:

- For sockets to be fastened by contact against a nut (customary for main cables for suspension bridges), the cable shall be perpendicular to the contact surface of the nut.
- For sockets with lugs (customary for hangers) the centre line of the cable shall cross the centre line through the suspension hole of the cable lugs and be perpendicular to this.
- For sockets to be attached by means of external or internal threading, the cable shall be parallel with the axis of the threading zone.

The tolerances relating to these angles are:

- For cable diameter  $\leq 50$  mm:  $0.6^\circ$
  - For cable diameter  $\geq 100$  mm:  $0.4^\circ$
- For intermediate dimensions of the cable diameter, linear interpolation shall be used

#### **e) Testing, inspection**

There shall be 100 % visual inspection of all work operations in connection with the anchorage work.

The Contractor shall in the tender provide a detailed description of all tests with associated acceptance criteria to be applied in conjunction with the manufacturing of anchorage between cable and socket.

The Owner shall, prior to start of production, approve the test program.

#### **x) Rules of measurement**

Quantity is measured as the number of anchorages.

Unit: pcs

# Process 85.65 Transportation

## a) Scope of work

The process includes all work and materials associated with packaging, marking, handling and transportation of the cables from the place of manufacture and all the way to the agreed storage facility at the place of delivery.

In addition the process comprises further work and materials associated with unloading at the place of delivery, support and cover.

## b) Materials

All materials shall be of such a dimension and quality that cables and sockets are protected both during transportation and storage. The choice of material shall, furthermore, enable unreeling of cables and sockets without these being subjected to damage in connection with the erection work.

## c) Workmanship

The Contractor has the total responsibility for the cables all the way to the place of delivery, including placing and covering/packaging at the place of delivery.

The cables shall be delivered and stored in a wrapped condition, such that both cables and sockets are protected against mechanical wear and tear, precipitation and similar. The packaging shall be done in such a way that it does not collect moisture and condensation.

Generally the following is required:

- Long cables ( $L > 200$  m) shall be delivered on steel drums.
- Short cables ( $L < 200$  m) may be delivered in coils or on drums unless something else is stated in the special description.
- Wires for cables to be made up on site shall be delivered on drums or coils unless otherwise stated in the special description.

The inner diameter of the cable drum shall be a minimum of  $30 \times$  the diameter of the cable for spiral ropes.

The outer and smallest inner diameter and the width of the cable drums for transportation shall be stated in the tender.

Transportation and handling of the cables in connection with reloading shall take place in such a way that the cables and drums are not damaged. In this respect it is important



to take into account the capacity of cranes and lifting equipment and possible loading restrictions on quays, roads, bridges, etc. and the shape of such elements. In addition it shall be ensured that the cables can not be displaced or start rolling during transportation and storage.

The Owner will specify where each of the cables shall be placed in the cable bundle. The cables shall be stored at the bridge site with due consideration to the order of assembly which will be specified by the Owner.

**d) Tolerances**

When delivering the cables to the Owner's site, the Contractor shall define the necessary requirements to the evenness, inclination and load carrying capacity of the foundation.

**e) Testing, inspection**

The Contractor shall, by means of calculations, tests or previous documentation, demonstrate that the methods planned for transportation, storage and unreeling of the cables can be carried out without damage to any part of the delivery.

**x) Rules of measurement**

Quantities are measured as the net weight of cables and sockets.

Unit: tons

## References

- [1] NS-EN ISO 9001      Quality Management systems. Requirements (2000)
- [2] NS-EN 10016-1/4      None-alloyed steel rod for drawing and/or cold rolling. Part 1: General requirements. Part 4: Specific requirements for rod for special applications (1995)
- [3] NS-EN 10002-1      Metallic materials. Tensile testing Part 1: Method of testing at ambient temperature (2001)
- [4] NS-EN 10264-1/3      Steel wire and wire products. Steel wire for ropes. Part 1: General requirements. Part 3: Round and shaped wire for non alloyed steel wire for high duty applications (2002/2003)
- [5] NS-EN 1179      Zinc and zinc alloys. Primary zinc (2003)
- [6] NS-EN 10204      Metallic Products. Types of inspection documents (2005)
- [7] DIN 51211      Hin-und Herbiegeversuch an Drähten (1978)
- [8] DIN 51212      Verwinderversuch an Drähten (1978)
- [9] NS 1187      Volumetric determination of zinc coating weight on steel wires (1968/1998)
- [10] NS 1183      Bestemmelse av beleggstykkelse ved avtrekking og veiing (1964/1998)
- [11] NS-EN 10244-1/2      Steel wire and wire products. Non-ferrous metallic coatings on steel wire. Part 1: General principles. Part 2: Zinc or zinc alloy coatings (2001)
- [12] NS-EN ISO 1460      Metallic coatings – Hot dip galvanized coatings on ferrous materials. Gravimetric determination of the mass per unit area (1995)
- [13] DIN 51215      Wickelversuch an Drähten (1975)

- [14] DIN 50100 Dauerschwingversuch (1978)
- [15] ISO 4346 Steel wire ropes for general purposes – Lubricants – Basic requirements (1977)
- [16] DIN 18800 Stahlbauten. Part 1 and Appendix A1 (1990/1996)
- [17] NS-EN 12385-1/2 Steel wire ropes. Safety Part 1: General requirements. Part 2: Definitions, designation and classification (2002/2003)
- [18] DIN 8074 Rohre aus Polyetholen (PE) Masse (1999)
- [19] DIN 8075 Rohre aus Polyethylen (PE) Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung (1999)
- [20] NS-EN 1559-1/2 Founding. Technical conditions of delivery. Part 1: General. Part 2: Additional requirements for steel castings (1997/2000)
- [21] NS-EN 13411-4 Terminations for steel wire ropes. Safety. Part 4: Metal and resin socketing (2002)
- [22] NS-EN 1370 Founding. Surface roughness inspection by visual tactile comparators (1997)
- [23] NS-EN ISO 15609-1 Specification and approval of welding procedure for metallic materials – Welding procedure specification. Part 1: Arc welding (2005)
- [24] NS-EN 287-1 Approval testing of welders. Fusion welding. Part 1: Steels (2004)
- [25] ISO 8501-1 Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and for steel substrates after overall removal of previous coating (1988/1994)
- [26] NS-EN ISO 8503-1 Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates. Part 1: Specifications and definitions for ISO surface profile comparators for the assessment of abrasive blast-cleaned surfaces (1995)

- [27] NS-EN ISO 2063      Metallic and other inorganic coatings. Thermal spraying - Zinc, aluminium and their alloys (2005)
- [28] NS-EN 1774          Zinc and zinc alloys. Alloys for foundry purposes. Ingot and liquid (1998)
- [29] NS-EN ISO 15614-1      Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Welding procedure test. Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel alloys (2004)
- [30] NS-EN 1369          Founding  
Magnetic Particle Inspection (1997)
- [31] DIN 1690              Acceptance criteria for radiographic examination. Teil 2. Technische Lieferbedingungen für Gusstücke aus metallischen Werkstoffen, Stahlgussteile Einteilung zerstörungsfreier Prüfungen (1985)
- [32] NS-EN 12680-2        Founding. Ultrasonic examination, part 2: Steel castings for highly stressed components (2003)
- [33] NS-EN 12681        Founding. Radiographic examination (2003)
- [34] NS-EN ISO 4624        Paints and varnishes. Pull-off test for adhesion (2003)
- [35] NS-EN ISO 5817        Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys. Quality levels for imperfections (2003)
- [36] NS-EN 10045-1        Metallic materials. Charpy impact test. Part 1: Test method (1990)
- [37] NS-EN ISO/IEC 17025      General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (2005)
- [38] NS-EN 473            Non destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel – General principles (2001)
- [39] NS 476                Paints and coatings. Approval and certification of surface treatment inspectors (2004)
- [40] DIN 1683 Teil 1        Gussrohreile aus Stahlguss: Allgemeintoleranzen, Bearbeitungszugaben (1980/1998)

- [41] NS-EN 10228-1 Non-destructive testing of steel forgings Part 1: Magnetic particle inspection (1999)
- [42] NS-EN 10228-3 Non-destructive testing of steel forgings Part 3: Ultrasonic testing of ferritic or martensitic steel forgings (1999)
- [43] NS-EN ISO 3834-2 Quality requirements for fusion welding of metallic materials. Part 2: Comprehensive requirements (2006)
- [44] NS-EN 10160 Ultrasonic testing of steel flat product of thickness equal or greater than 6 mm (reflection method) (1999)
- [45] NS-EN 10213 Steel castings for pressure purpose (2007)
- [46] BNIF No 359 Recommandation Technique No 359 du Bureau de Normalisation des Industries de la Fonderie. (BNIF). Nouvelle Edition Novembre 1996. Caractérisation d'états de surface des pièces moulées.

# Technical data for cable delivery

When tendering for delivery of cables to the Public Road Administration, the following data shall as a minimum be provided:

## **Process 85.61 Wires and wire material**

- Expected no. and weight of wire coils
- Steel manufacturing method (process identification, not a detailed description), heat treatment method and quality designation according to standards
- Whether and to what extent Z-wires are cold drawn and/or cold rolled to final shape
- Whether and in which way the wires are checked for defects and surface irregularities by means of NDT during the manufacturing process
- Thickness of zinc coating on the wires

## **Process 85.621 Spiral strands and locked coil ropes**

- Weight per meter
- Minimum breaking load
- Steel cross-section
- Design of cable with specification of the number, shape and cross section of the wires
- Lay length and lay angles of the wires
- Expected spinning loss
- Expected modulus of elasticity of the completed cable with elongation graph up to 50 % of minimum breaking load
- Diameter and associated tolerance of cable
- Description, technical data and basis of experience for the spinning compound proposed to be used
- Weight ratio of the spinning compound in the cable
- Documentation from previously performed fatigue tests for cables of the same type (if possible)

## **Process 85.622 Cables of parallel wires with external wrapping**

- Documentation from previously performed fatigue tests for cables of the same type (if possible)
- Tolerances of the outer diameter of the cables

## **Process 85.631 Sockets of cast steel**

- Shape of and manufacturing method for socket

- Weight of socket
- Steel manufacturing method (process identification, not a detailed description), heat treatment method and quality designation according to standards
- If the Contractor is of the opinion that tentative dimensions of the sockets as shown in the tender inquiry should be changed, the required changes shall be specified

**Process 85.632 Sockets of forged steel**

- Shape of and manufacturing method for socket
- Weight of socket
- Steel manufacturing method (process, identification, not a detailed description), heat treatment method and quality designation according to standards
- If the Contractor is of the opinion that tentative dimensions of the sockets as shown in the tender inquiry should be changed, the required changes shall be specified

**Process 85.633 Sockets of rolled steel plate**

- Shape of and manufacturing method for socket
- Weight of socket
- Steel manufacturing method (process identification, not a detailed description), heat treatment method and quality designation according to standards
- If the Contractor is of the opinion that tentative dimensions of the sockets as shown in the tender inquiry should be changed, the required changes shall be specified

**Process 85.641 Socketing with metal**

- Selection of socketing metal
- Selection of cleaning solvent
- Complete procedure of cleaning
- Socketing procedure incl. check list form

**Process 85.642 Socketing with synthetic material**

- All properties of the synthetic material to be used
- Selection of cleaning solvent
- Complete procedure of cleaning
- Socketing procedure incl. check list form
- Documentation substantiating previous use of the synthetic material for socketing of bridge cables
- Documentation substantiating that chosen design has been used in conjunction with previous similar structures

**Process 85.643 Other anchoring**

- All data describing the mechanical properties of the material
- Procedures for the anchorage work
- Description of all tests with associated acceptance criteria valid for the production of the anchorage

**Process 85.65 Transportation**

- Outer and smallest inner diameter and width of the cable drums for transportation
- Total weight of cables, sockets and cable drums
- Description of equipment for unreeling if the tender inquiry includes renting of this







[www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker](http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker)

ISBN 978-82-7207-606-0

**Trygt fram sammen**