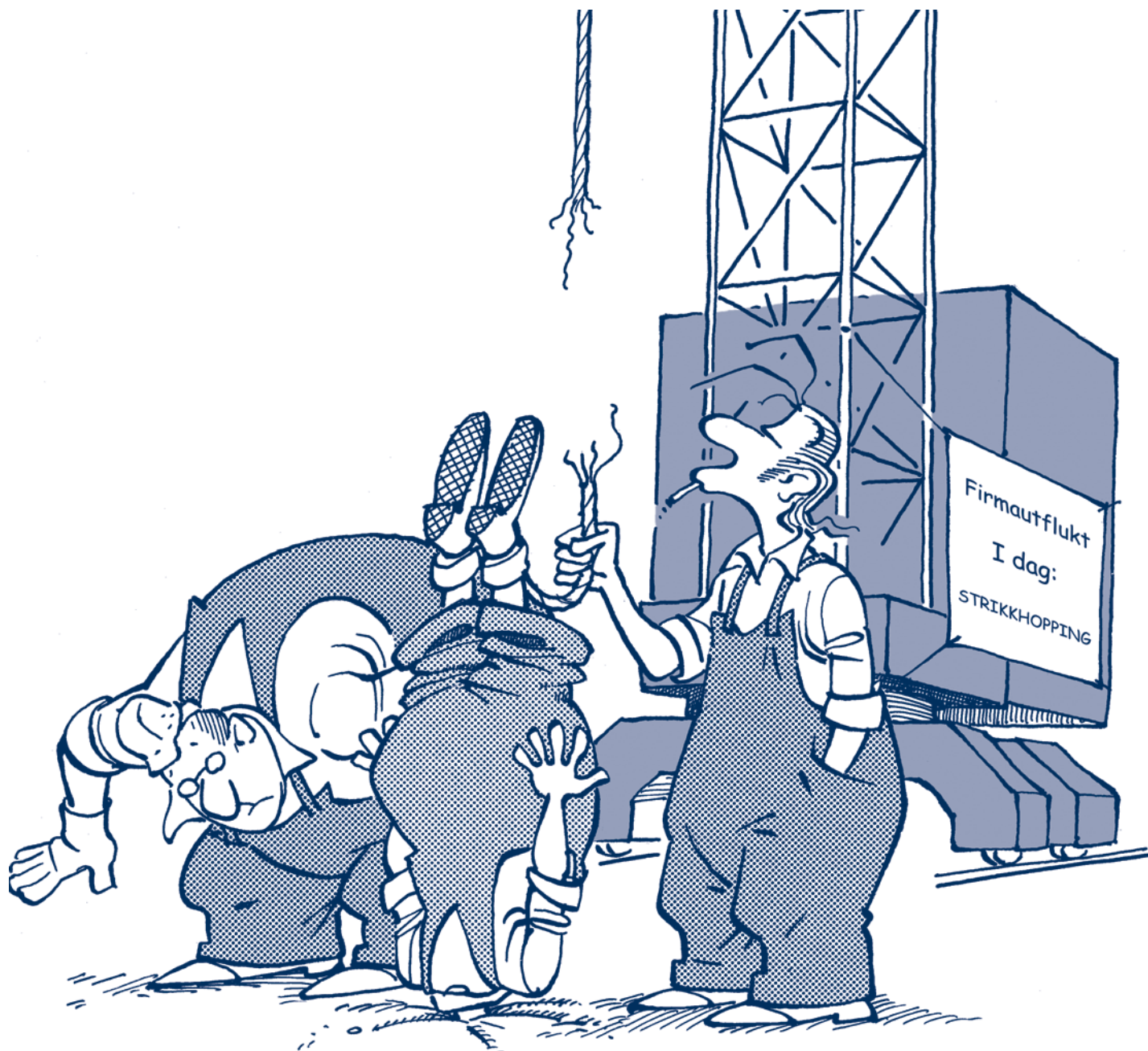


CASAR[®]

SPECIALSTÅLTAU



STÅLTAU ETTERFORSKNING

STÅLTAU ETTERFORSKNING

Av sivilingeniør Roland Verreet

Forfatteren vil dedisere den norske versjonen av dette heftet til Terje Kindt-Lien for hans livslange innsats for kranbransjen. Det har alltid vært en fornøyelse å arbeide sammen med Terje. La oss håpe at han trives like godt med pensjonist-tilværelsen som han gjorde i sitt arbeide!

Ståltau etterforskning: Introduksjon	1
Mekanisk slitasje	3
Bøyning - tretthetsbrudd	5
Korrosjonsskade	10
Strekkebrudd	12
Skjærbrudd	15
Ekstern skade	17
Martensittdannelse	21
Varmeskade	23
Innvendige trådbrudd.....	27
Rotasjonsskade	31
Fuglebur	34
Skade fra skiva	36
Skade fra trommelen	40
Andre fenomen	44
Geometrifeil	45
Produksjonsfeil.....	46
Ytterligere lesing, Om forfatterne	47

STÅLTAU ETTERFORSKNING

Hvis du noen gang har lest en Sherlock Holmes roman, vet du mønsteret:

Et lik ligger på gulvet. Var det mord eller selvmord? Hvis det var mord, hvem drepte personen? Hvorfor gjorde han det? Og hvordan gjorde han det?

Sherlock Holmes vil undersøke rommet med forstørrelsesglass, samle sammen et begrenset antall tilsynelatende ubetydelige detaljer uten forbindelse til hverandre. Deretter vil han presentere et overraskende, men ubestridt svar på alle disse spørsmålene.

Arbeidet til en ståltaudetektiv innebærer i stor grad det samme arbeid som Sherlock Holmes:

Et brudd i et ståltau har forårsaket en ulykke med store ødeleggelser som resultat. Brukeren av ståltauet, og kanskje en dommer i retten, vil vite om ståltauet ble "myrdet" (ev eksterne faktorer) eller om det begikk "selvmord" (for eksempel feil med spoling ved flere lag på trommelen). Det er forskjellige årsaker til at de vil vite hvordan det skjedde.

En årsak er selvfølgelig den menneskelige nysgjerrighet. En annen er at de ønsker å vite årsaken for å hindre at tilsvarende ulykke skal skje senere. En tredje årsak er kostnader. Feil med ståltau er ofte forbundet med kostbare materielle skader, og noen må betale regningen.

Du trenger ikke alltid ikke et ståltau-brudd. Analysen av et kassert ståltau kan også gi deg verdifull informasjon om din kran. Måten krana har blitt brukt på og hvilket ståltau du har brukt. Hvis en erfaren kontrollør får analysere tauet kan det føre til en bedre kran, eller en bedre ståltaukonstruksjon, eller forbedring av vedlikeholdsprosedyrer og sikkerhet.

Detektivens verktøy er forandret. Pulver for fingeravtrykk er byttet ut med mal for måling av skivespor, digitalt skyvelære, akselerasjonsmåler, vinkelmåler, digitale kamera og bærbare datamaskiner. Forstørrelsesglasset er erstattet med raster elektron mikroskop (SEM).

Sivilingeniør (Dipl.-Ing.) Roland Verreet har mer enn tretti års erfaring med forskning og utvikling av ståltau. Han har etterforsket flere hundre ståltau ulykker.

STÅLTAU ETTERFORSKNING



Bevisene er der, du må bare se på de rette stedene!

Terje Kindt-Lien, Knut Dorsey og Ove Weisæth, som overvåker ståltau for Kranteknisk Forening, har oversatt heftet "Wire Rope Forensics" til norsk.

Dipl. -Ing. Roland Verreet og Kranteknisk Forening har i samarbeid fått fram dette dokumentet på norsk. Dette er en oversettelse av første utgaven som ble komponert under sterkt tidspress i forbindelse med "The 10th International North Sea Offshore Crane Conference». Forfatterne ønsker å utvide og forbedre dokumentet i senere utgaver.

Dette dokumentet kan hjelpe deg til å løse ditt eget ståltau problem, eller det som er bedre å hjelpe deg til å unngå ståltau problemer.

Forfatterne ønsker å takke Klaus Turotzi. Han tok de fleste raster elektron mikroskop (SEM) bildene i laboratoriet i Roland Verreets bedrift, Wire Rope Technology, Aachen.

MEKANISK SLITASJE

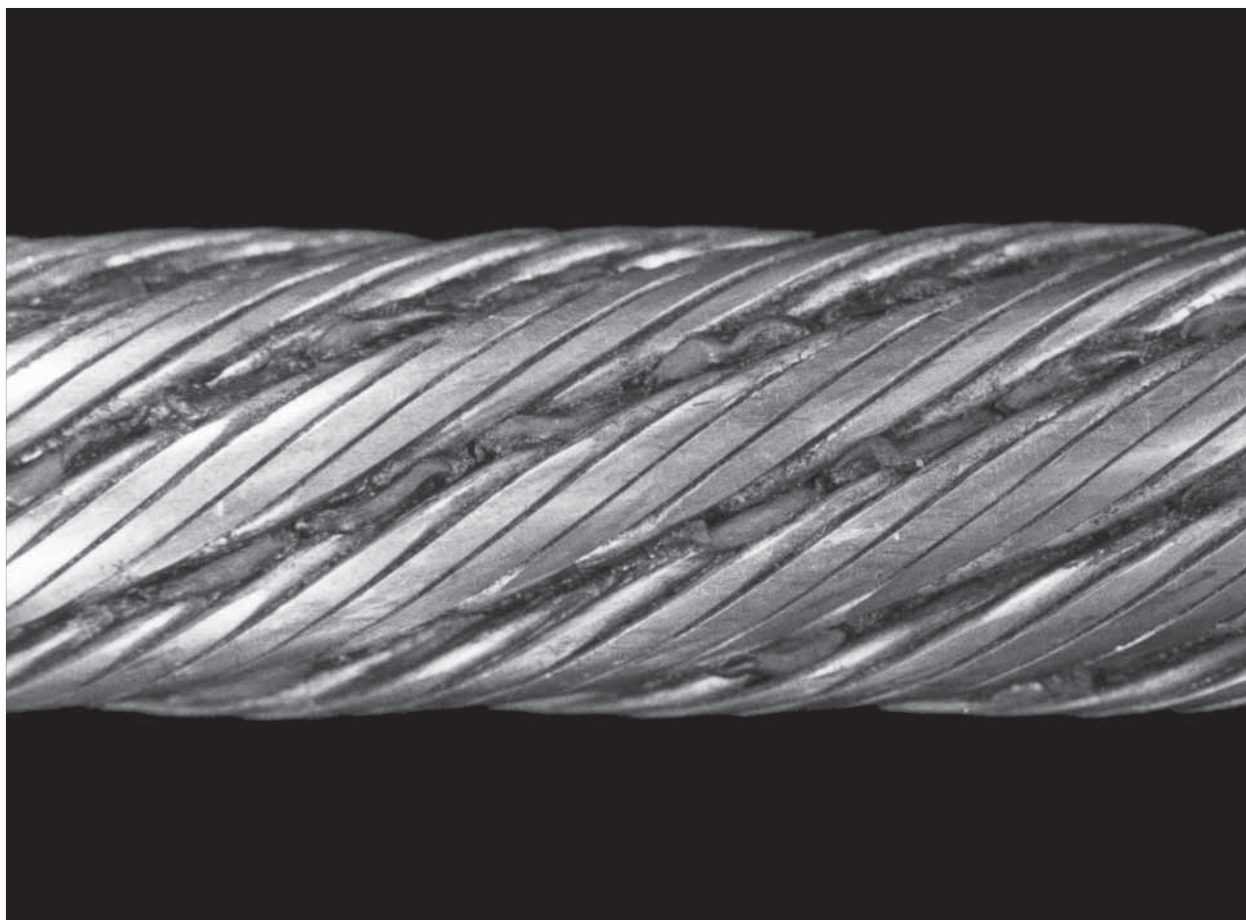
Mekanisk slitasje i ståltau er fjerning av materiale som en direkte følge av mekanisk slitasje(avsliping).

Du kan redusere mekanisk slitasje ved å bruke smøremiddel (innfetting) på ståltauet. Mekanisk slitasje på vinsjer med flere lag ståltau kan reduseres ved å velge riktig ståltautype. Ståltauet skal være langslått med kompakterte ytre parter. Hamret ståltauoverflate gir ytterligere fordeler.

Slitasje fra skiver, trommel eller "nabovinding", vil redusere tau diameteren forholdsvis hurtig. Ved økende slitasje vil imidlertid anleggsflaten til ståltauet øke og diameter reduksjonen vil modereres tilsvarende.

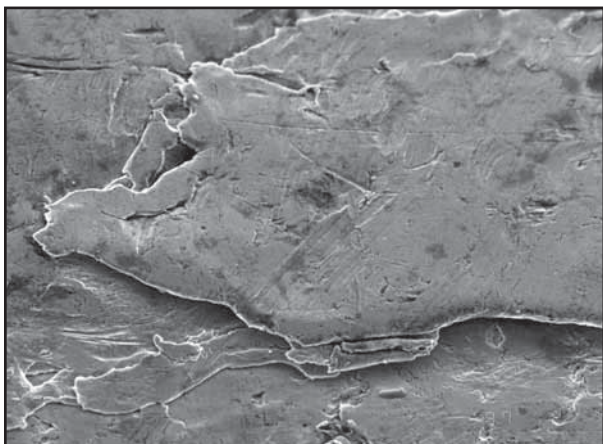
Så lenge diameterreduksjonen på grunn av slitasje er høyere enn sprekkepropageringshastigheten for tretthetsbrudd vil ståltauet ikke utvikle brudd. (Figur 1, langslått; og figur 4, krysslått). Med engang diameter reduksjonen minker vil faren for tretthetsbrudd øke. (Figur 9).

Mekanisk slitasje må ikke forveksles med plastisk slitasje. Plastisk slitasje er deformasjon og forskyvning av materiale, uten eller med minimalt tap av stål. Figurene 5, 6 og 7 viser eksempler på plastisk slitasje.

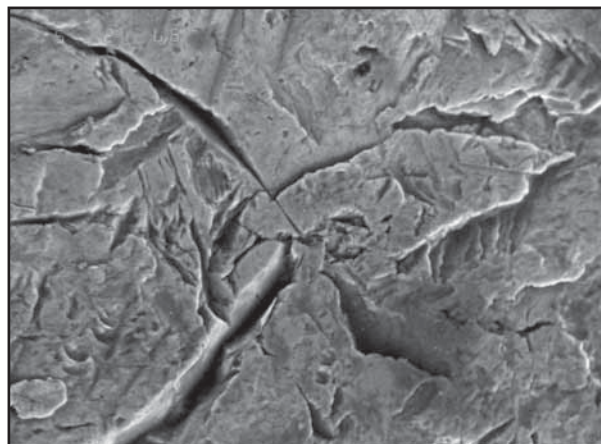


Figur 1: Et langslått ståltau med en stor del ensartet mekanisk slitasje. Legg merke til at vi ser ingen tretthetsbrudd. Anleggsflaten mot skiver og tromler har økt på grunn av den mekaniske slitasjen av ståltauet.

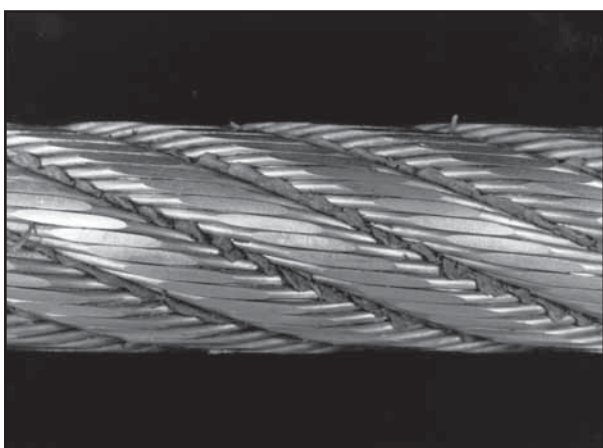
MEKANISK SLITASJE



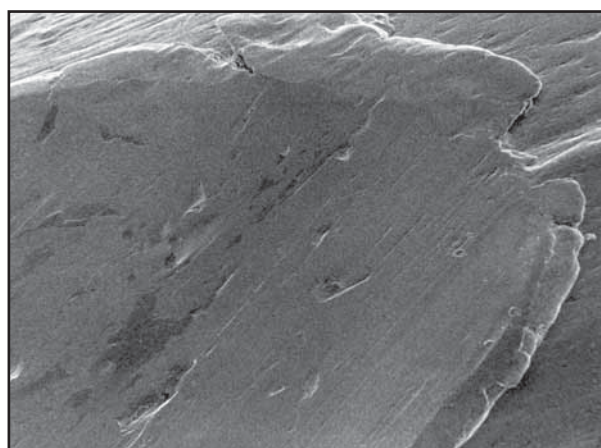
Figur 2: Slitasje overflate på en av de ytre kordelene hos et ståltau.



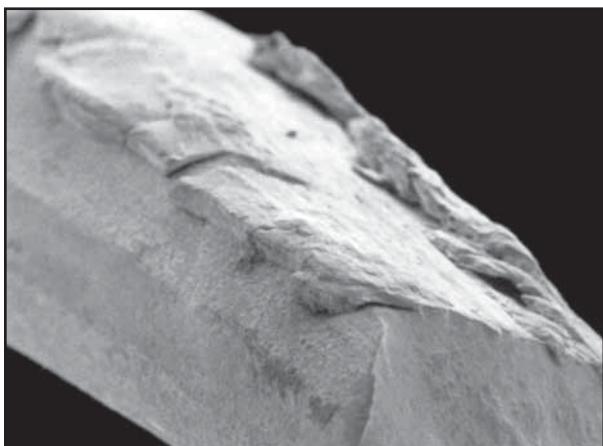
Figur 3: Forstørret detalj fra figur 2.



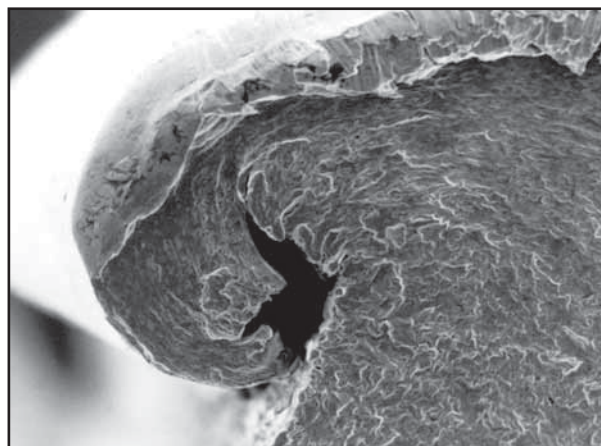
Figur 4: Krysslått ståltau med ensartet mekanisk slitasje. Legg merke til at vi ser ingen tretthetsbrudd.



Figur 5: Plastisk slitasje på en ståltauråd fra et krysningspunkt inne i tauet. Kald bearbeiding vil gjøre materialet hardere og forme brudd.



Figur 6: Plastisk slitasje på overflaten av en ytre tråd. Brudd vil starte fra den hard bearbeidede overflaten.



Figur 7: Plastisk slitasje på overflaten av en ytre tråd. Material forskyvningen kommer klart fram.

BØYNING - TRETTTHETSBRUDD

Bøye utmattingsbrudd skyldes ståltauet bevegelser over skiver og tromler. Et tretthetsbrudd starter normalt på kontakt punktet mellom de ytre trådene som berører skiva, trommelen eller krysspunktet mellom to ståltau. Det fortsetter ved økende antall bøyninger, til slutt skaper den gjentatte bøyning et brudd som er vinkelrett på ståltautråd aksen.

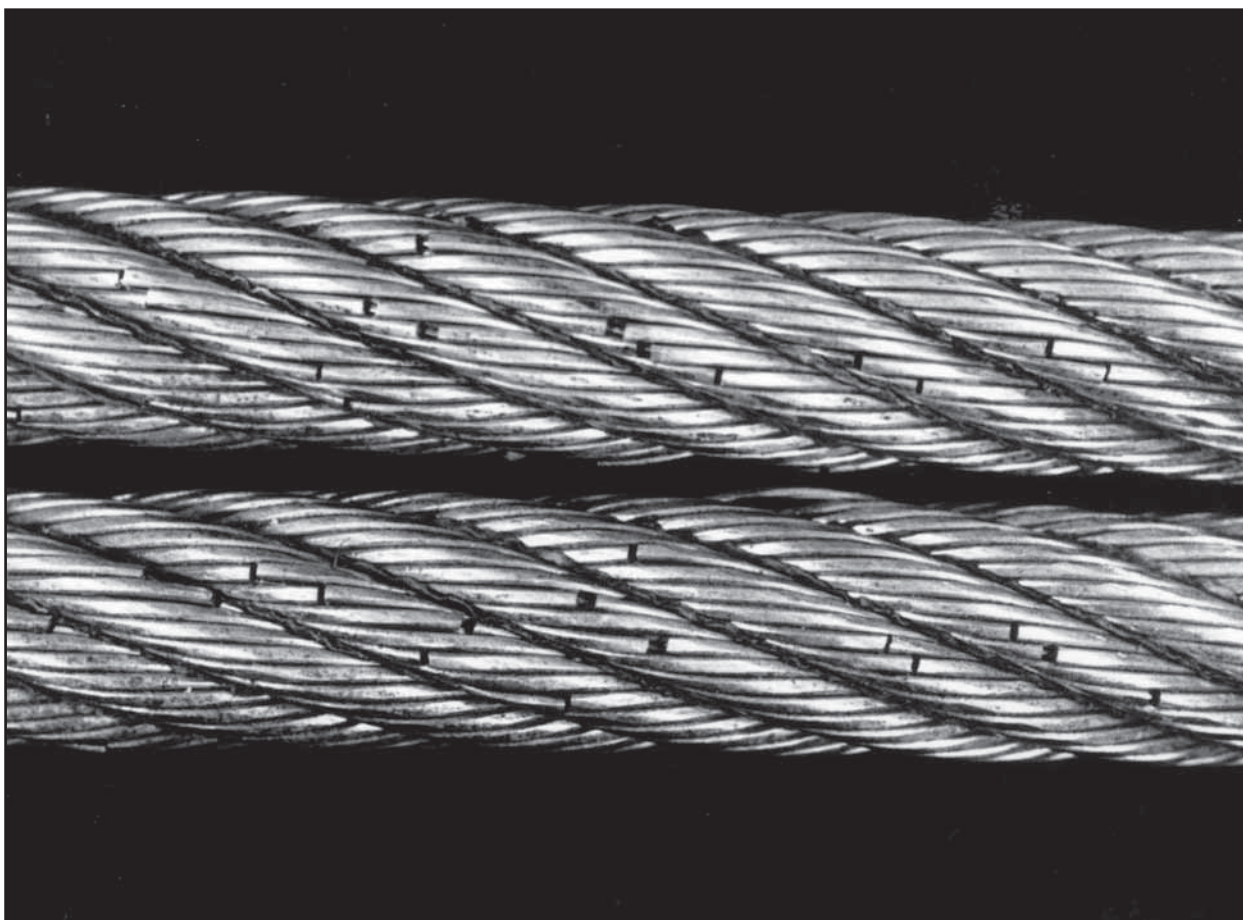
Tretthetsbrudd oppstår ofte på innsiden av bøyningen (på det punktet som har kontakt med skiva) deretter på utsiden av bøyningen (på det punktet med høyest bøyespenning).

Generelt øker utmattingstyrken på ståltau med økende antall ytre tråder og minsker med diameteren på de samme trådene. For-

bedringen avtar imidlertid t med reduksjon i ståltauets slitasje motstand.

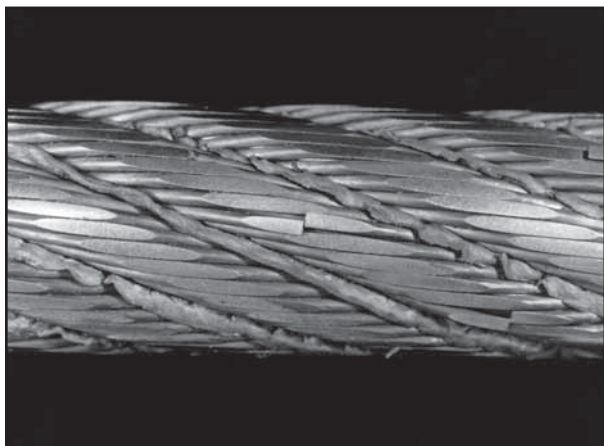
Ståltauets levetid kan også økes ved å øke skive-, trommeldiameteren eller ved å redusere strekk-kraften i ståltauet.

Slitasje eller korrosjon kan øke antall og utbredelse av brudd propagering. Godt smurt ståltau og god ettersmøring under drift vil redusere friksjon mellom ståltau bestandelene(elementene) og derfor forbedre utmattingslevetiden.

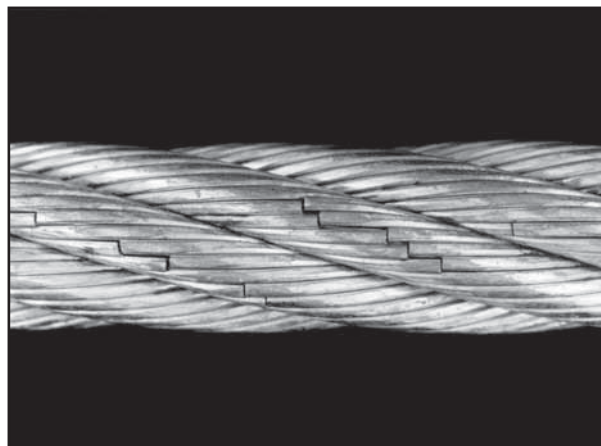


Figur 8: Bøyeutmattingsbrudd på et kompaktert ståltau. Fordelingen av bøyeutmattingsbruddene er spredd tilfeldig.

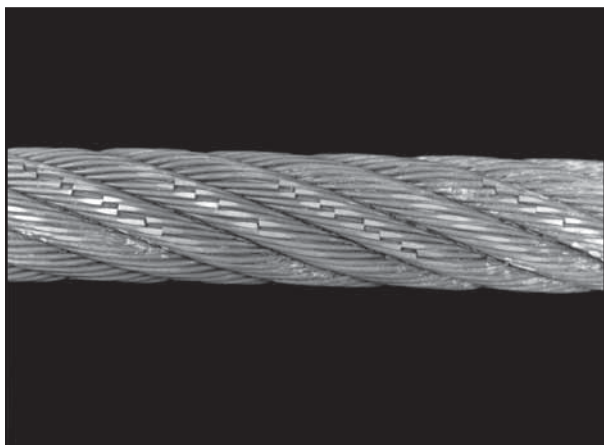
BØYNING - TRETTTHETSBRUDD



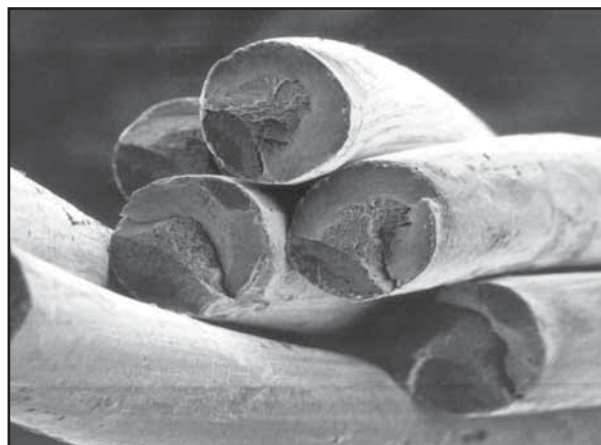
Figur 9: Meget slitt ståltau med noen tretthetsbrudd. Trådendene står i forskjellige retninger fordi ståltauet har vært vridd.



Figur 10: Dette 6-part ståltauet viser nesten ikke slitasje, men har et stort antall utmattingsbrudd.



Figur 11: Tre naboparter med utmattingsbrudd fulgt av én part uten brudd. Dette indikerer ujevn lastfordeling.



Figur 12: Utmattingsbruddene starter på kontaktpunktet mellom trådene. Bruddene blir synlige etter en strekkprøve av parten.



Figur 13: Overflate korrosjon starter ofte utmattingsbruddenes mønster.

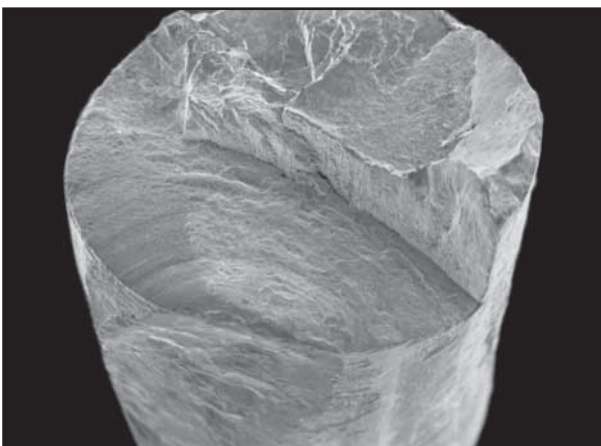


Figur 14: Korrosjon og punkt-tæring (pitting). Forstørrelse av figur 13.

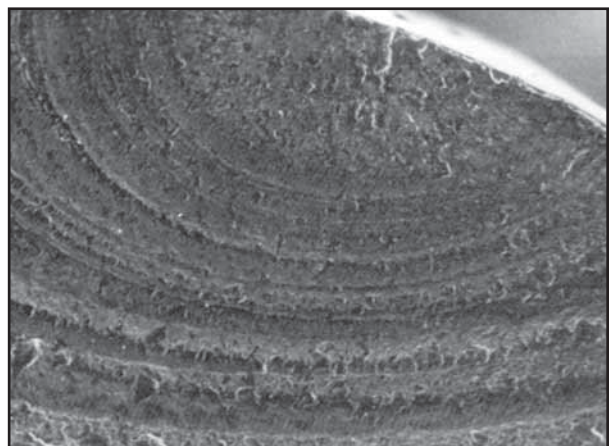
BØYNING - TRETTTHETSBRUDD



Figur 15: Utmattingsbrudd starter på kontaktpunktet mellom tråden og skiva. Vi ser at bruddet utvikler seg konsentrisk fra kontaktpunktet. (Felles midtpunkt i sentrum i halvsirkelen). Bruddet ble synlig etter en strekkprøve av tråden.

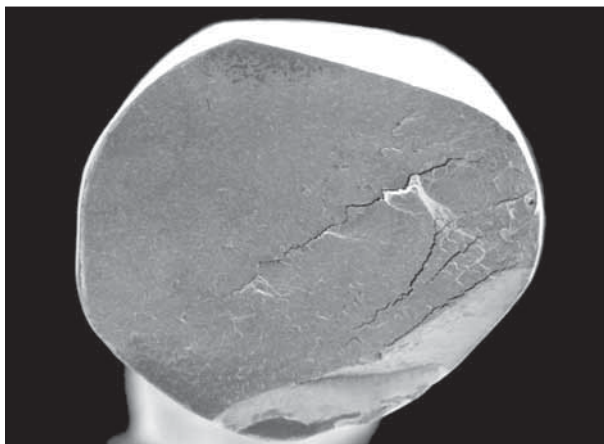


Figur 16: Utmattingsbrudd.

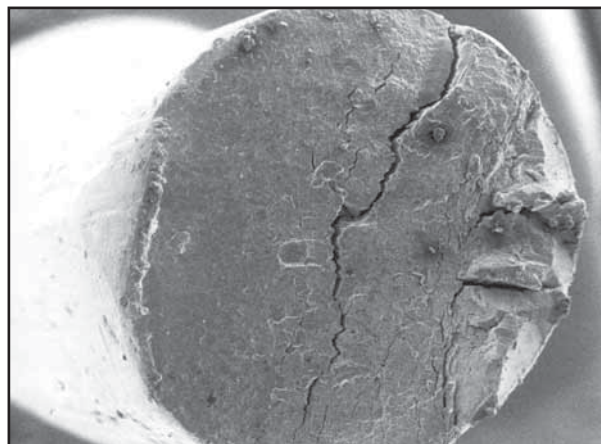


Figur 17: Utmattingsbruddet stråler ut fra startpunktet som en serie med konsentriske ringer (kalt rastlinjer eller striasjoner).

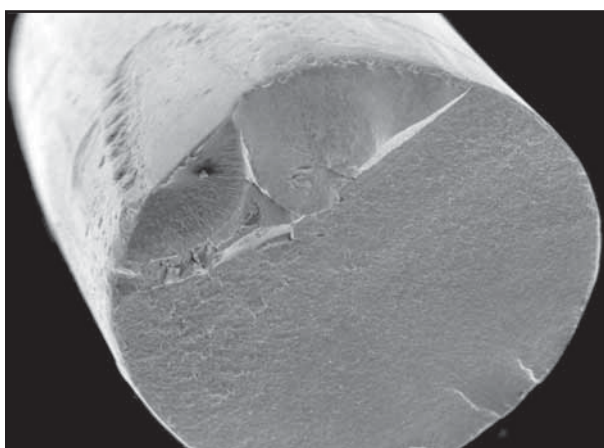
BØYNING - TRETTTHETSBRUDD



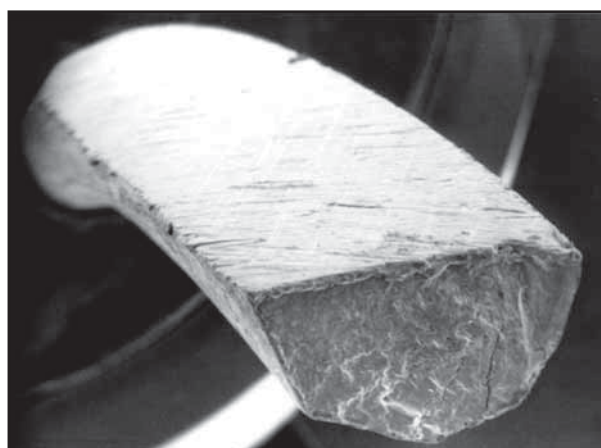
Figur 18: Dersom strekket i en wire er lavt (høydesign faktor), er området som påvirkes av materialtretthet stort før endelig brudd.



Figur 19: Et annet tretthetsbrudd



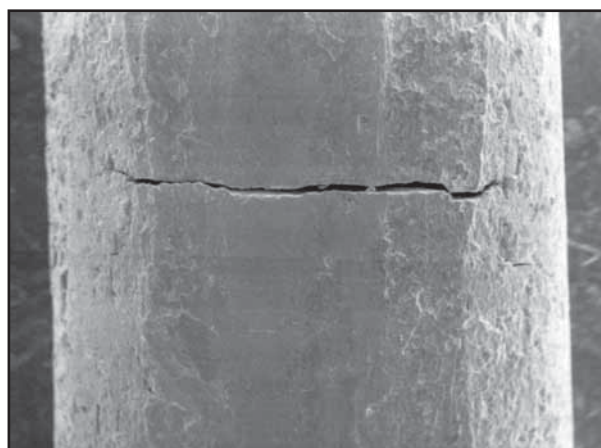
Figur 20: Et tretthetsbrudd. Startpunktet og den konsentriske utviklingen er klart synlig.



Figur 21: Betydelig slitt tråd med tretthetsbrudd.

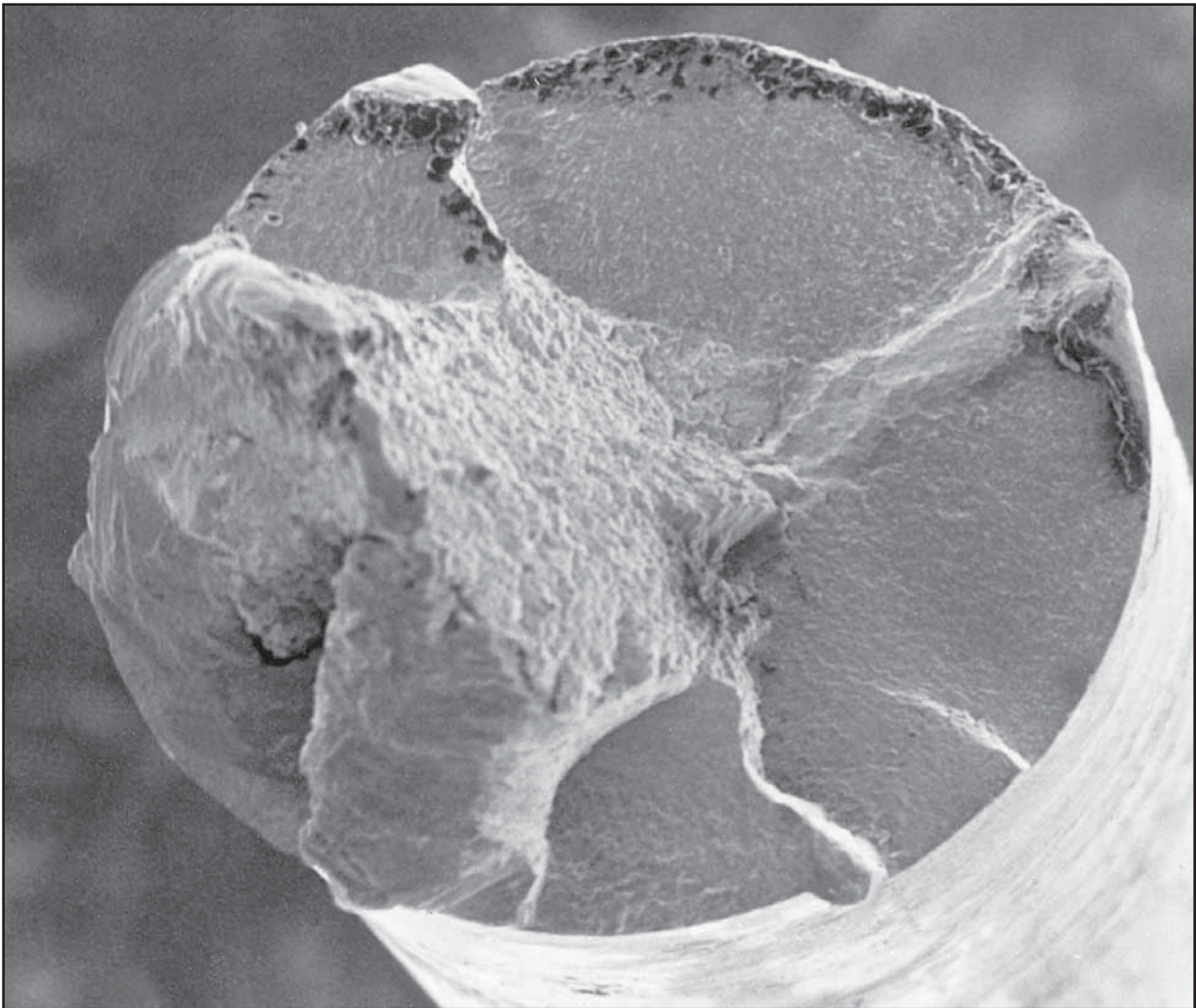


Figur 22: To nærliggende tretthetssprekker. Denne type brudd opptrer ofte i ståltau hvis trådene får uavhengig bøyning og sammenstrykking.

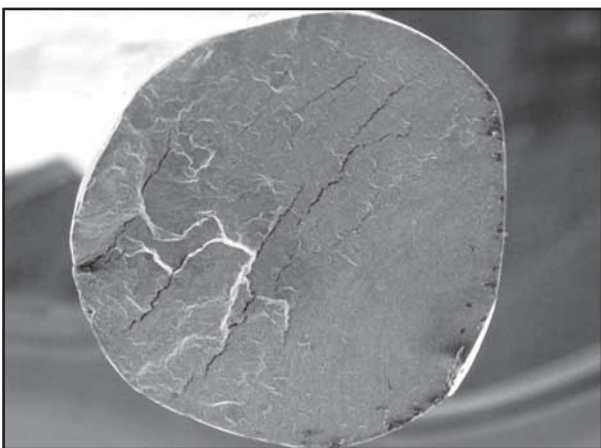


Figur 23: Utmatningssprekk.

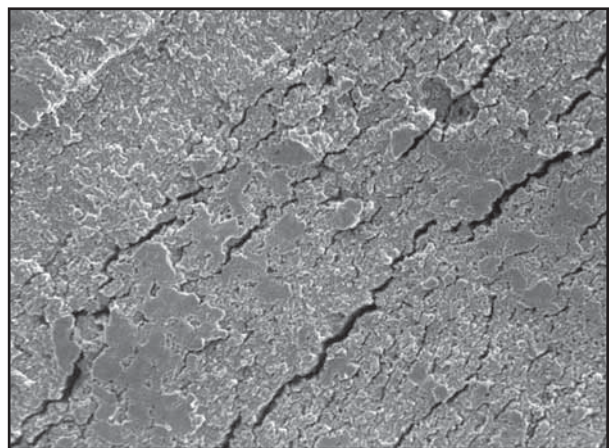
BØYNING - TRETTTHETSBRUDD



Figur 24: Tretthetsbrudd på tråd etter roterende bøyeutmattingstest. Bruddene starter fra forskjellige punkter på omkretsen.



Figur 25: Tretthetsbrudd. Bruddet oppstod etter påvirkning av både trykk- og strekkrefter.



Figur 26: Forstørret bilde av sprekke i figur 25. Bruddflaten viser avledet deformasjon forårsaket av trykkrefter.

KORROSJONSSKADE

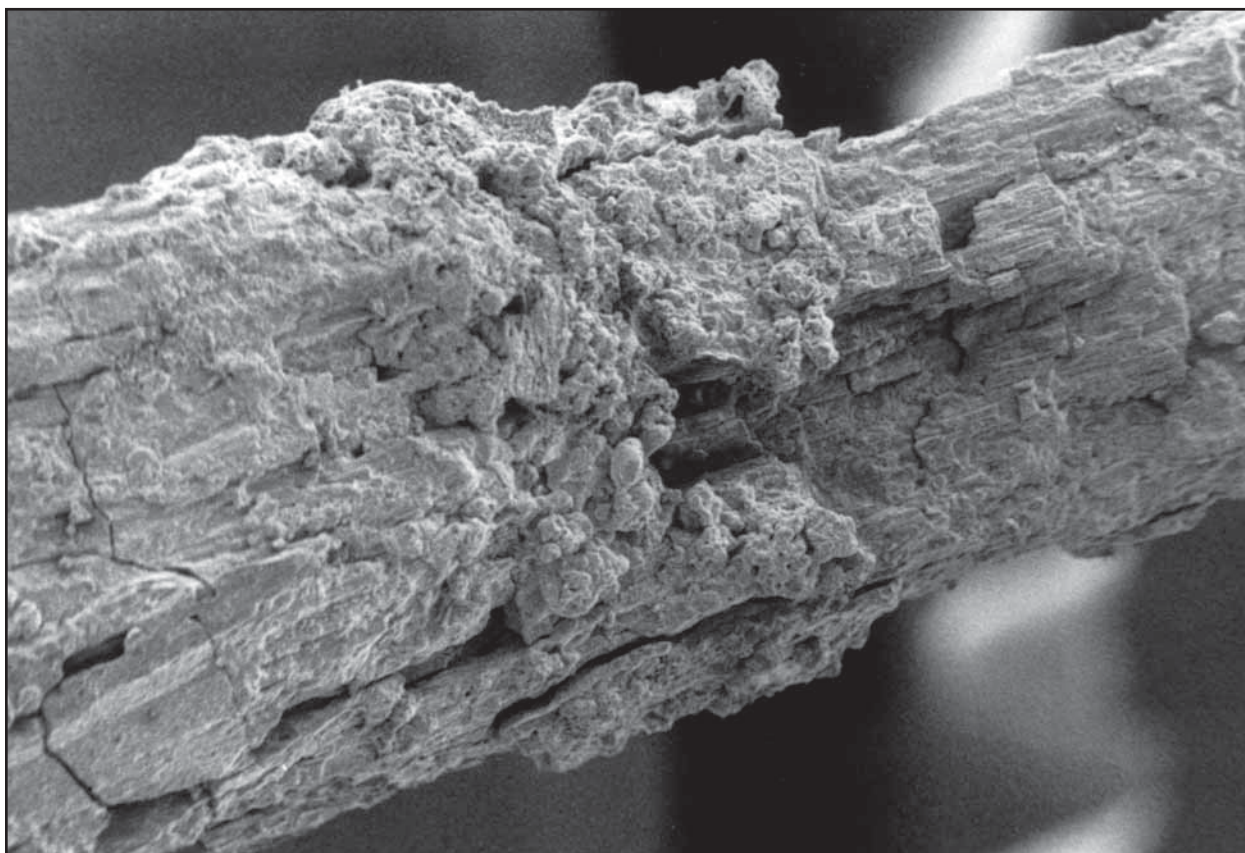
Korrosjon er kjemiske reaksjonen i stålet forårsaket av kontakt med oksygen. I ståltau skiller vi mellom atmosfærisk korrosjon (gir jevn "rust"), og mer lokale korrosjonssteder som for eksempel gravrust (punkttering lager dype hull på områder hvor den beskyttende belegg er skadet eller mangler).

Korrosjonsskadet ståltau vil miste styrke og elastisitet. Overflaterust danner tidligere tretthetsbrudd enn ståltau med beskyttende belegg. Hvis høy lokal strekkspenning er med på å utvikle disse bruddene. Vi kaller denne mekanismen for spennings korrosjon.

Mengden av stål som er rustet er en funksjon av overflaten som oksygenet kan angripe. Ståltau har en overflate som er 16 ganger større enn en stålstang med samme diameter og vil derfor ruste tilsvarende raskere.

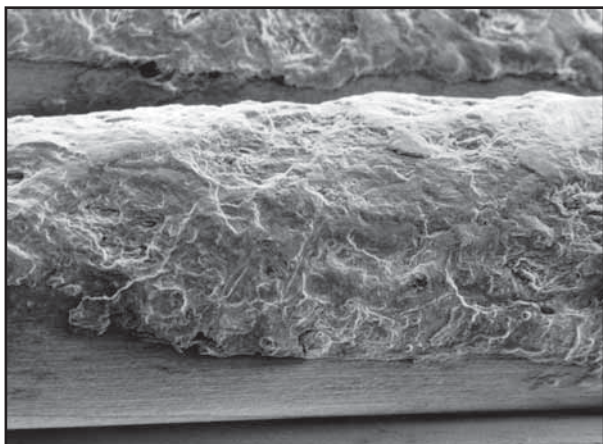
Mengden av rust kan reduseres ved å redusere den eksponerte overflate. Dette kan gjøre det ved å galvanisere ståltauet. Stålkjernerne kan også beskyttes ved innbaking i plast. Inn- og utvendig smøring er også med på å redusere eller forhindre rustangrep.

Stål utvider seg når det rustet. Hvis diameteren over tid øker kan dette muligens være en indikasjon på at ståltauet rustet innvendig. Fastspente ståltau (som ikke beveger seg, eller som går over en sadel eller en utjavningskive) har lettere for å ruste enn løpende ståltau. Vi har vist at ståltau utvider seg ved rusting, er ståltauet i bruk vil den innvendige rusten falle av og diameteren blir mindre.



Figur 27: Betydelig, ensartet, (atmosfærisk korrosjon). Stående wire og ståltau som opererer i maritimt miljø skal være galvanisert og godt innfettet. Plastikk belegg mellom kjernen og de ytre partene vil beskytte de indre elementene av ståltauet.

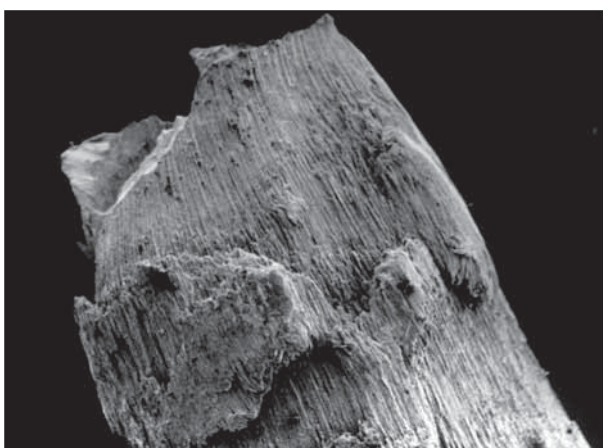
KORROSJONSSKADE



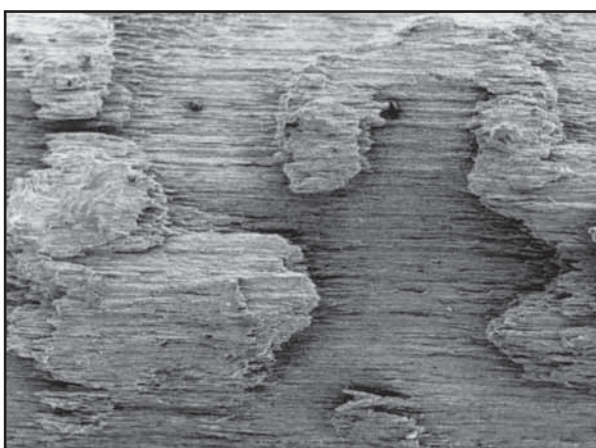
Figur 28: Overflate korrosjon. Legg merke til økning av diameter.



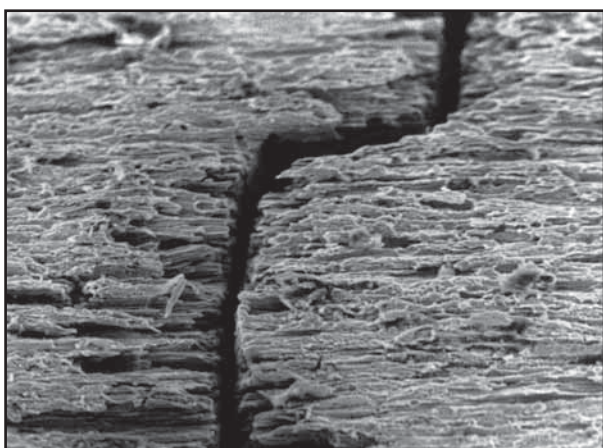
Figur 29: Gravrust (lokalt rustangrep som lager dype hull).



Figur 30: Strekkbrudd fra en tråd svekket av korrosjon.



Figur 31: Mikrostrukturen fra ståltau som har vært over flytgrensen blir tydelig når det ruster.



Figur 32: Spennings-korrosjons brudd. Strekk krefter er med på å fremskynde et brudd som startet med rustangrep.



Figur 33: Bru festepunkt fra en fornøyelse-spark. Oppsamlet vann som blir liggende på brua er med på å utvikle betydelig korrosjon.

Photograph by Jean- Marc Teissier

STREKKBRUDD

Strekkebrudd blir skapt når den sentrerte lasten i en enkelt tråd er større enn trådens bruddstyrke. Strekkebrudd kommer generelt etter en duktil reduksjon av diameteren. Bruddpunktene får en "kopp og konus" ende.

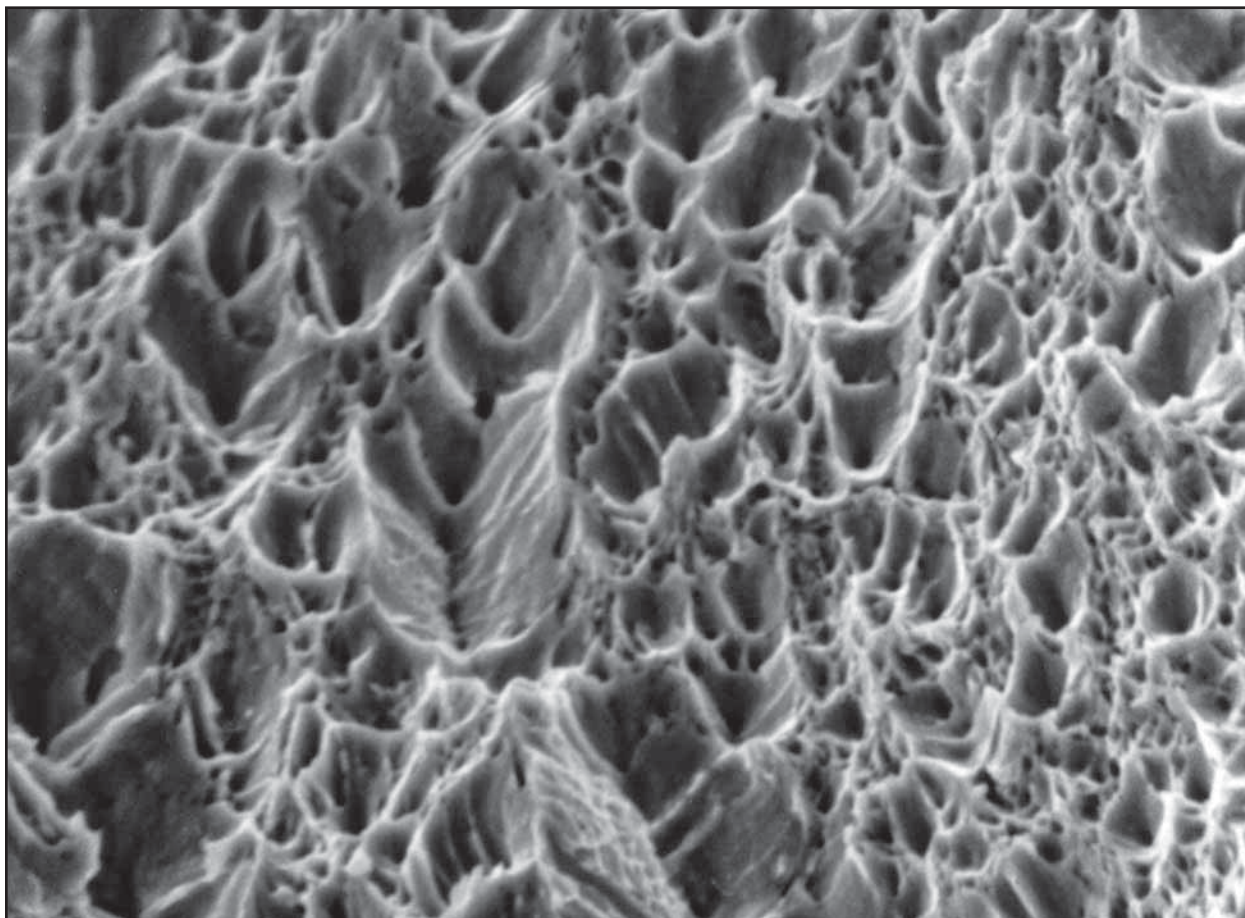
Hver ståltauskade gir flere strekk brudd. At strekk brudd finnes betyr ikke nødvendigvis at ståltauet har blitt utsatt for overlast. Det kan være at ståltauet har blitt svekket etter lang tids bruk og et stort antall bøyninger (tretthetsbrudd). De resterende trådene kunne ikke lenger bære lasten, som igjen leder til strekkebrudd for de andre trådene.

Bare hvis metall arealet fra strekkebruddene og skjærbruddene (se neste kapittel) er mye

mer enn 50% av ståltauets metall tverrsnitt er det sannsynlig at skaden skjedde på grunn av overlast.

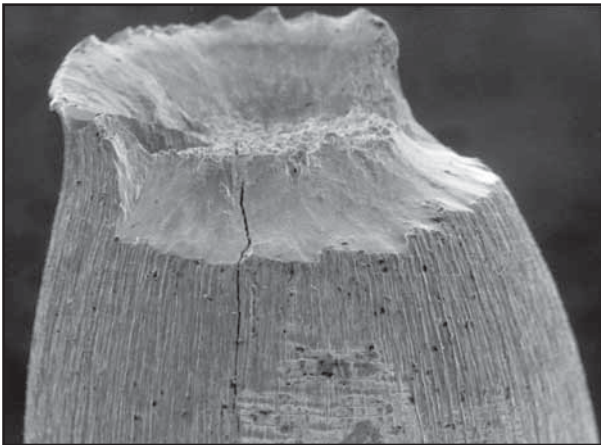
Figurene 35 og 36 viser typiske eksempler på strekkebrudd. Figur 39 viser et eksempel fra en tråd som først fikk en ytre skade. Etter at den ble svekket utviklet skaden seg til strekkebrudd.

Figur 40 viser en tråd som utviklet to områder av lokal tverrsnittminskning før den ble skadet.

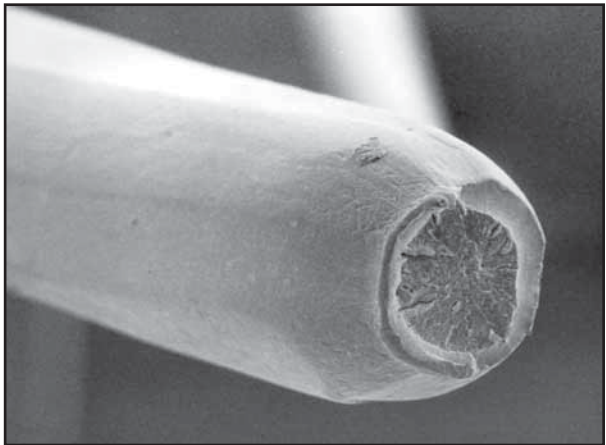


Figur 34: Duktile fordypnings formasjoner i en stål mikrostruktur er en klar indikasjon på strekkebrudd. (Forstørret bilde av bruddoverflaten fra konus senterspis).

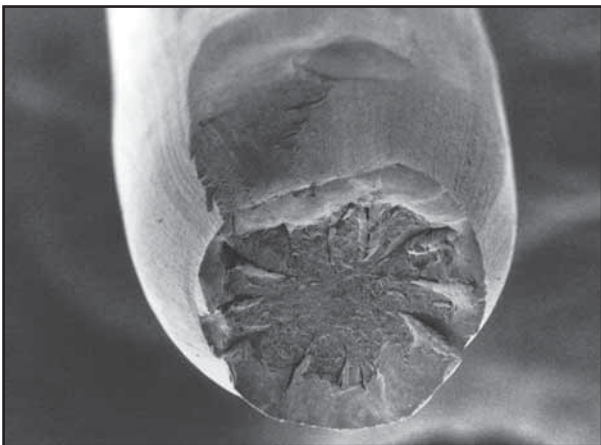
STREKKBRUDD



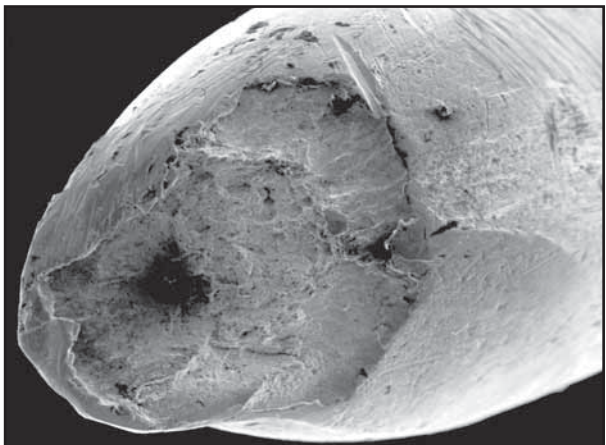
Figur 35: Klassisk "kopp og konus" strekkbrudd. Den ene halvparten har en kopp form og den andre har en konus form.



Figur 36: Klassisk "kopp og konus" strekkbrudd. Diameterreduksjonen i bruddet er klart synlig.



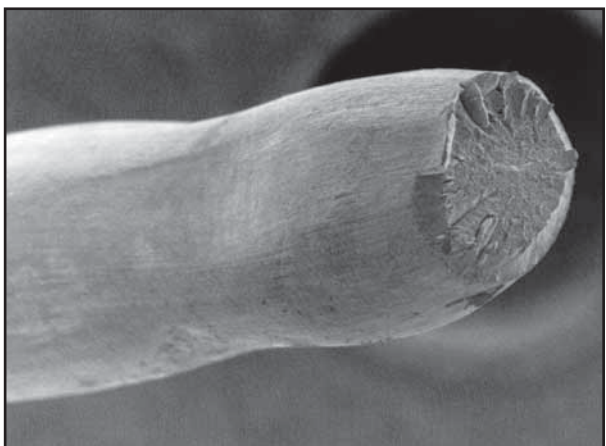
Figur 37: "Kopp og konus" strekkbrudd fra et overkrysningspunkt.



Figur 38: "Kopp og konus" strekkbrudd fra et overkrysningspunkt.

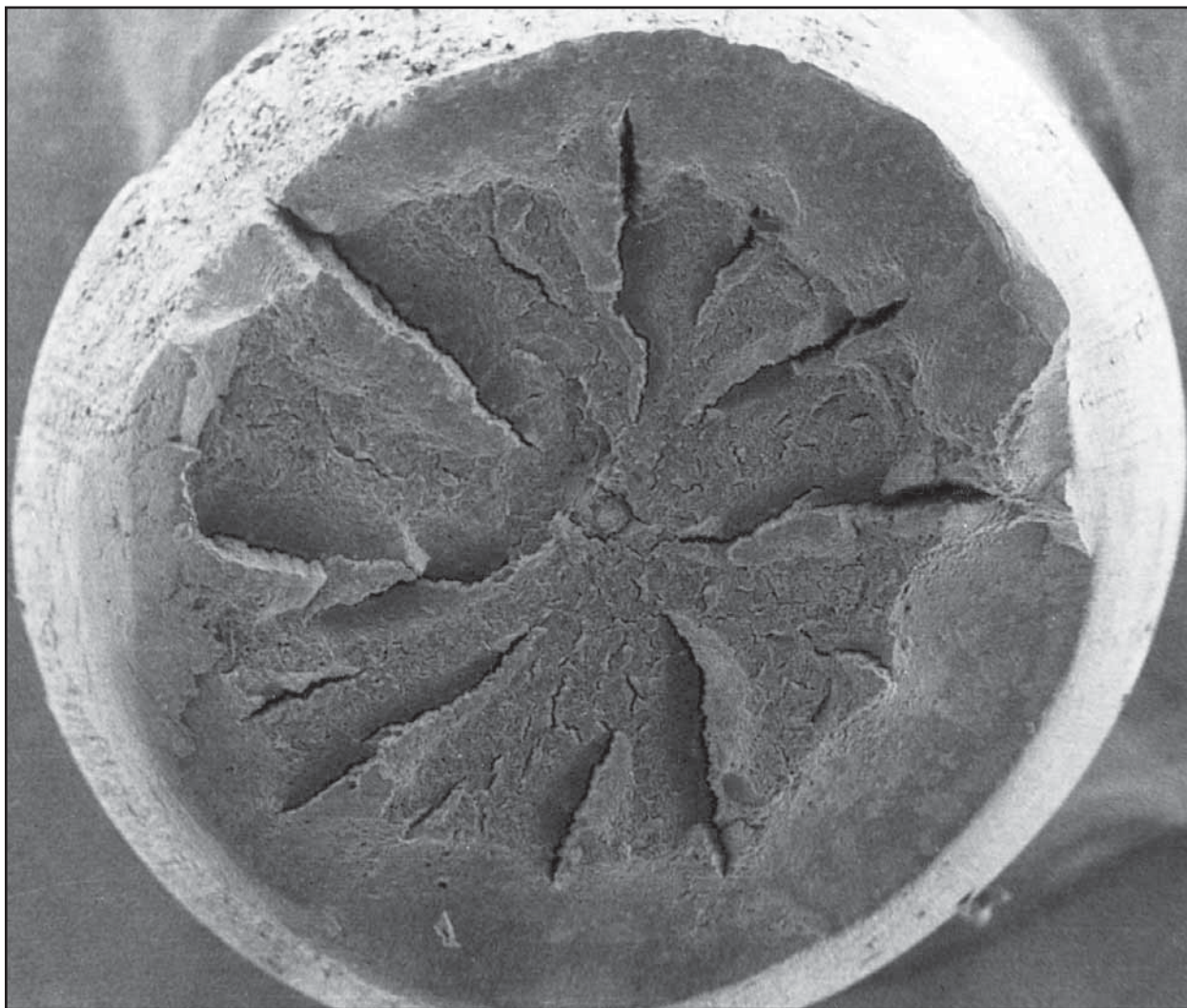


Figur 39: Denne lokalt skadde tråden fikk strekkbrudd.

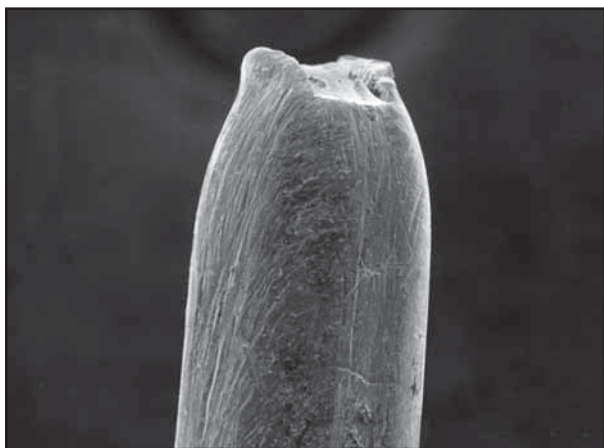


Figur 40: Før dette strekkbruddet utviklet denne tråden to områder med lokal tverrsnittminskning.

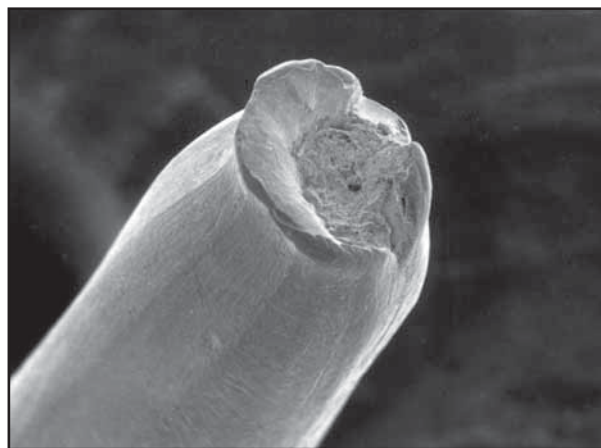
STREKKBRUDD



Figur 41: Endesnitt av et strekkbrudd fra konus halvpart. Den indre konus ble skadet på grunn av strekk deretter skjer bruddet i den ytre etter skjærspenning.



Figur 42: Strekkbrudd. Har du sett en, har du sett alle.



Figur 43: Uhhf ja, et annet strekkbrudd.

SKJÆRBRUDD

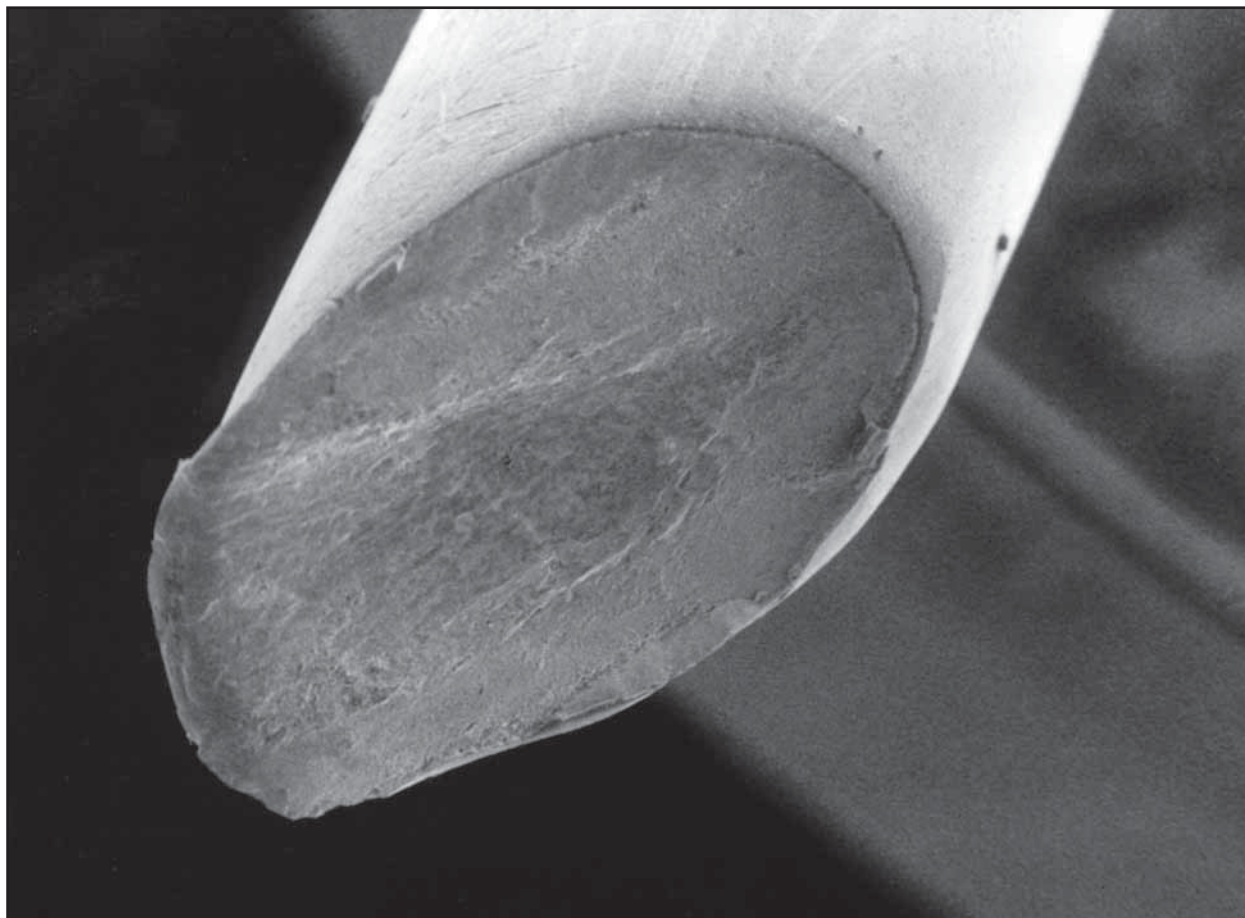
Skjærbrudd kommer av høye aksiallaster kombinert med perpendikulær sammenstrykking av ståltauet. Bruddoverflaten er cirka 45° på skrå i forhold til trådens tverrsnitt. Bruddflaten skråner cirka 45° på ståltauaksen. Ståltauet vil svikte av skjærkrefter med en lavere aksiallast enn en ren strekklast.

Hvis overlast er årsaken til ståltaubrudd vil en stor prosent av trådbruddene være skjærbrudd. Dette er fordi med stor aksiallast vil ståltauets diameter reduseres, og trådene vil presses sammen for eksempel ved overkrysningspunktene.

Hvis ståltaubruddet kommer som en følge av skiveavsporing eller fastkiling, vil et flert-

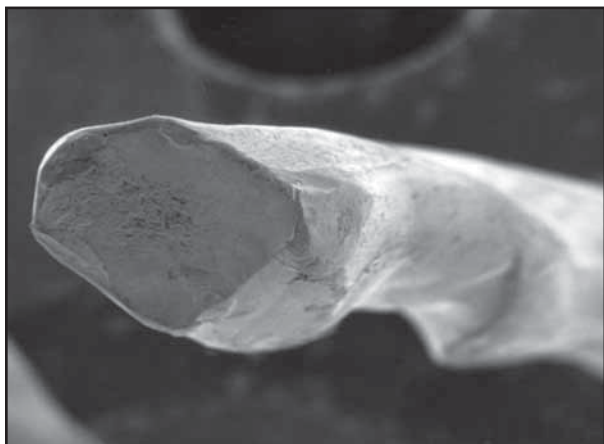
all av trådene få en typisk 45° bruddflate. Figur 44 viser et typisk skjærbrudd. Bruddflaten er fulstendig glatt. Legg merke til at det er en liten reduksjon av diameteren på kanten av bruddflaten, men den er liten i forhold til den tverrsnittminskning vi får forbundet med strekkbrudd og konisk ende ("cup and cone") (Se for eksempel figur 36).

Svært ofte vil et skjærbrudd i tråden være forbundet med slitasje (figur 45), plastisk slitasje (figur 47) eller materialtretthet (figur 48).

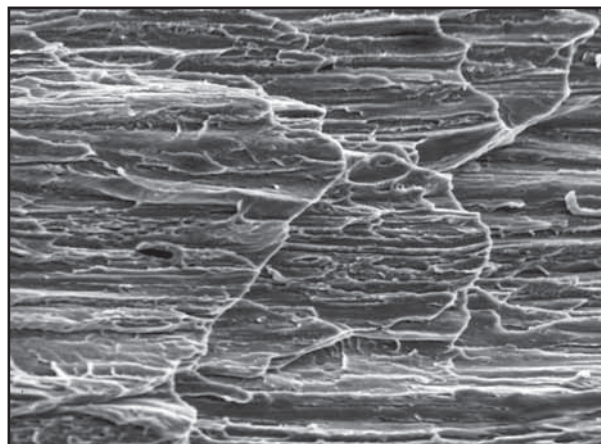


Figur 44: Et typisk 45° skjærbrudd. Legg merke til at det er en liten reduksjon av diameteren på kanten av bruddflaten, men den er liten i forhold den tverrsnittminskning vi får forbundet med strekkbrudd og konisk ende ("cup and cone") (Se for eksempel figur 36).

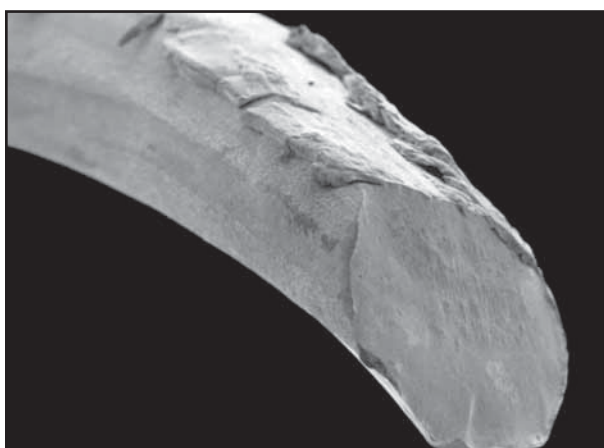
SKJÆRBRUDD



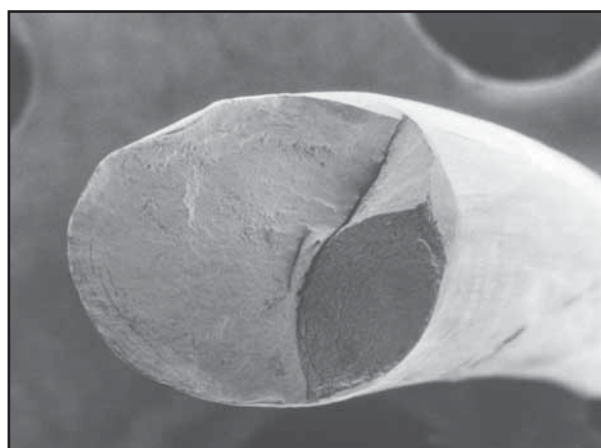
Figur 45: Skjærbrudd forårsaket av en stor strekklast og innvendig tråd sammenpressing.



Figur 46: Et eksempel på mikrostrukturen på en skjærbruddsflate.



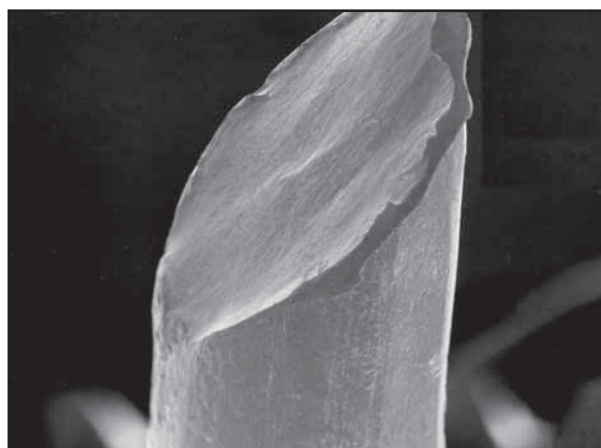
Figur 47: Høy tverrlast skapte først plastisk slitasje deretter fikk tråden et skjærbrudd.



Figur 48. En tretthetsspalte har utviklet seg til kritisk nivå før resten av tråden får et skjærbrudd.

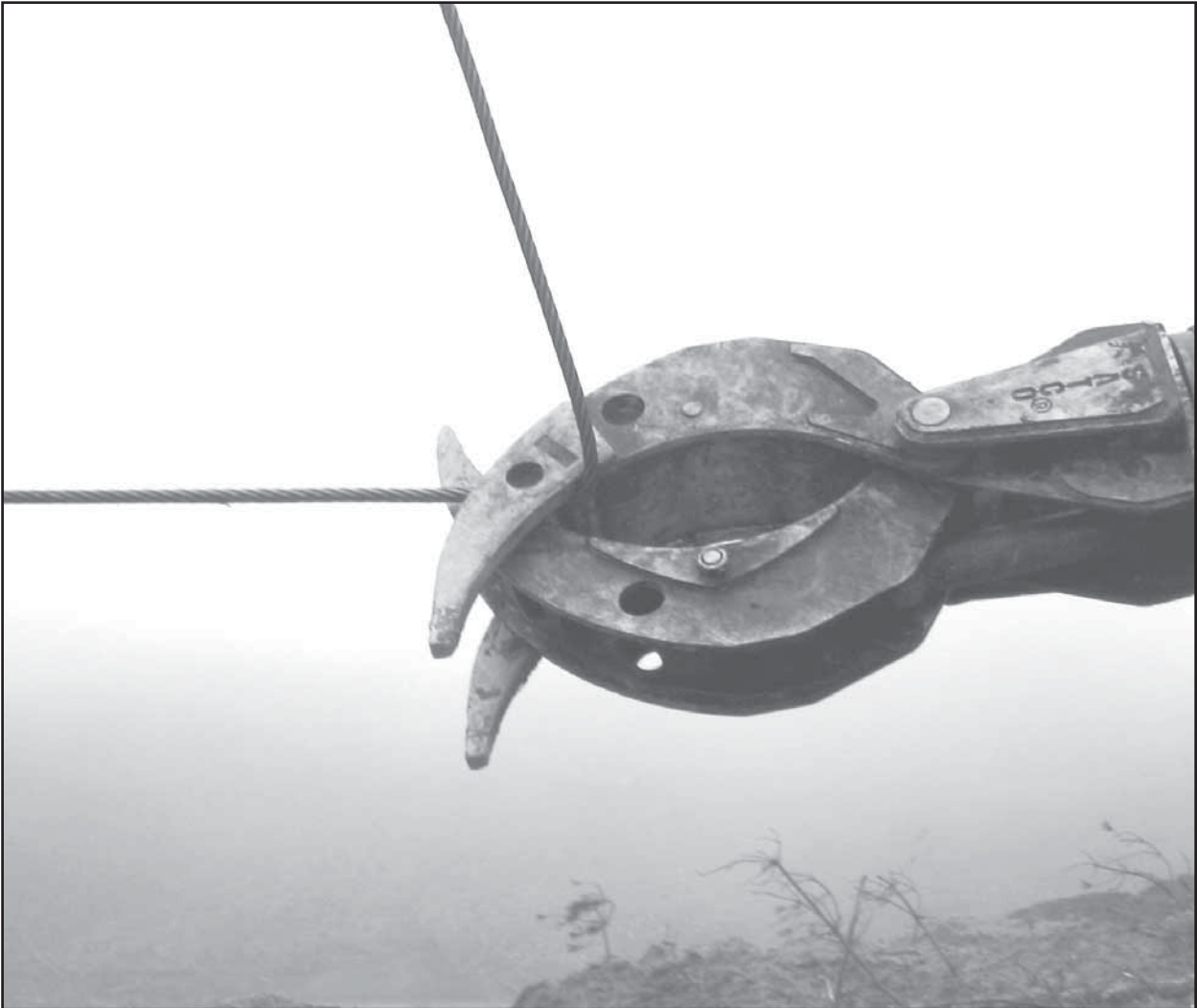


Figur 49: Et annet skjærbrudd. Hvis du har sett et....



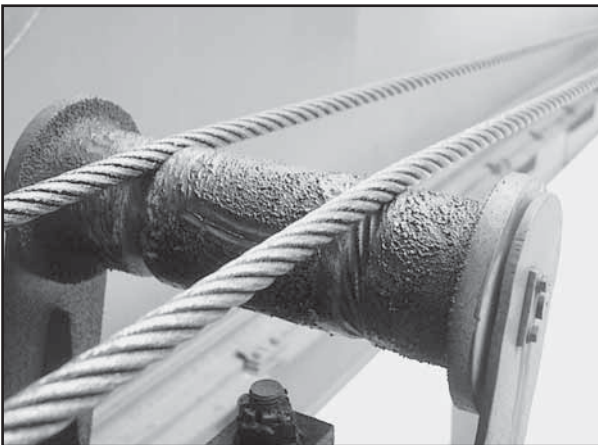
Figur 50: ...har du sett alle.

EKSTERN SKADE

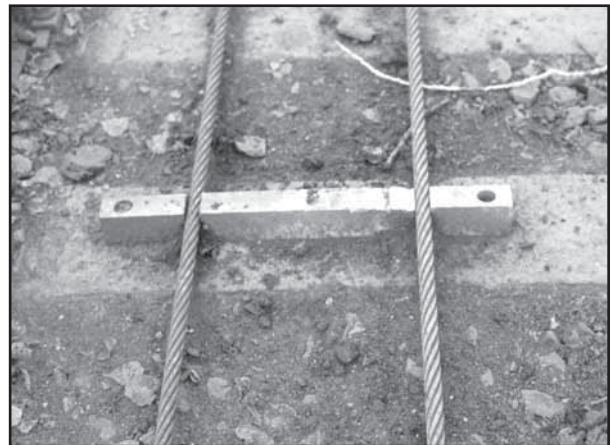


Photograph by Dennis Verreet

Figur 51: Det er mer enn en måte å ødelegge et ståltau. Du skal ikke bli overrasket hvis denne brukeren senere ringer ståtauleverandøren og forteller at ståltauet var dårlig ("no good").



Figur 52: Ruller er også veldig effektive til å ødelegge ståltau, ...



Figur 53: ... ikke å forglemme slitte støtteplater.

EKSTERN SKADE

Ståltau blir ofte mekanisk ødelagt i driftsperioden. Ståltauet kan treffe en stålstruktur og derved ødelegge lokalt noen yttertråder på en liten del av ståltauet (figur 54), eller det kan bli ødelagt ved å bli dratt langs en hard overflate, som lager mange mekaniske slitasjeskader. Et eksempel er figur 55 som viser et ståltau som har blitt dratt over en blokkert skive.

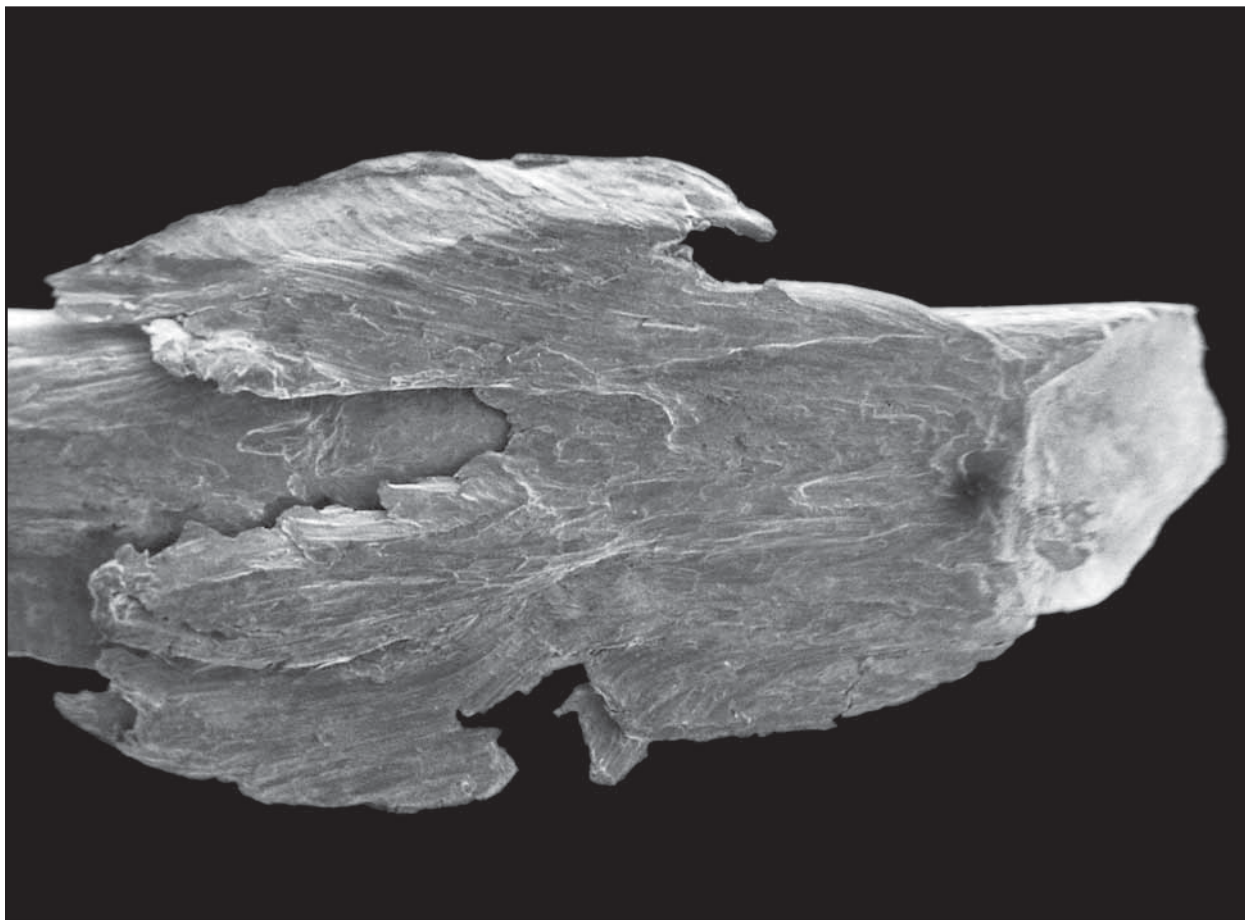
Et slitespor langs ståltauets akse eller delvis spiralformede spor viser at ståltauet har blitt dratt over en gjenstand.

Figur 56 viser et rotasjonsfattig ståltau, og figur 57 et 8 parts ståltau, begge har blitt dratt over skive kantene.

Ståltau som har blitt dratt over skarpe kanter har en tendens til å kveile seg når tauet er uten last.

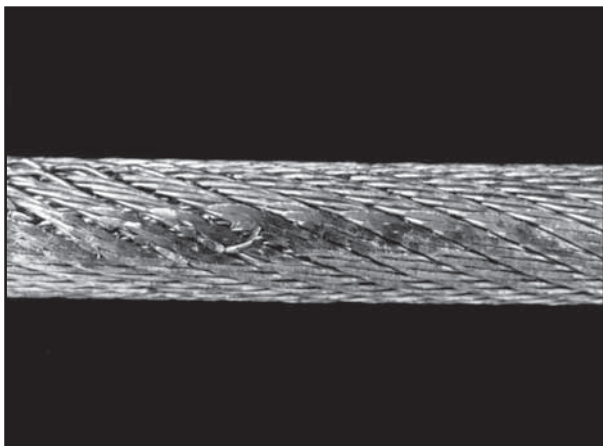
Figur 59 viser ståltau ødeleggelse forårsaket av kuleblåsing av krana før den skulle males. Stålkulene festet seg til smøringen og viklet seg senere inn i partene.

Figur 61 viser Lukke tau til en grabbkran. Alle yttertrådene har brudd på grunn av stor avsliping. Det traktformede hullet for ståltauet på grabben har skjøvet alle løse tråder langs ståltauets lengde til en plass. Dette laget dette imponerende pinnsvinet.

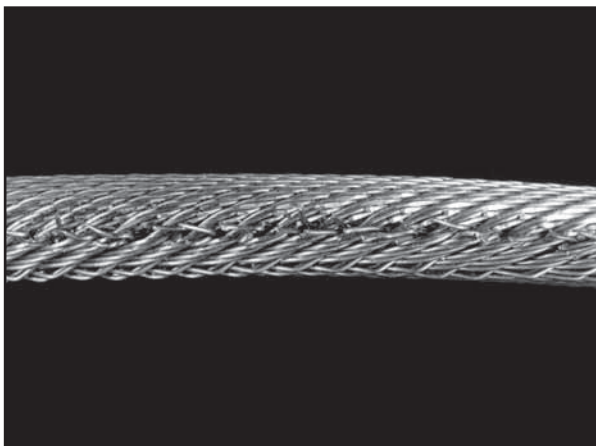


Figur 54: Kraftig plastisk deformasjon har oppstått ved at ståltauet har truffet en stålstruktur. Stor aksial trekkraft kombinert med tversgående krefter har til slutt medført skjærbrudd i ståltauet.

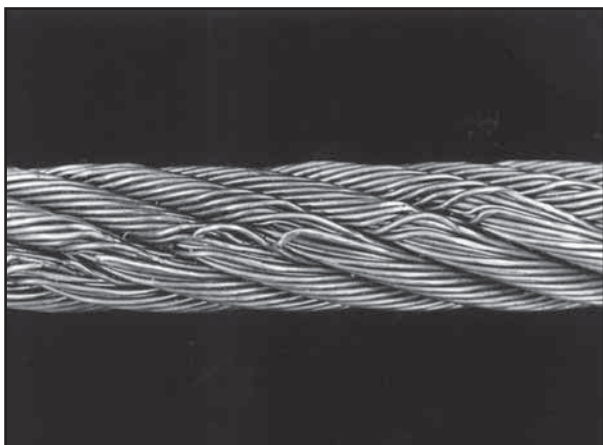
EKSTERN SKADE



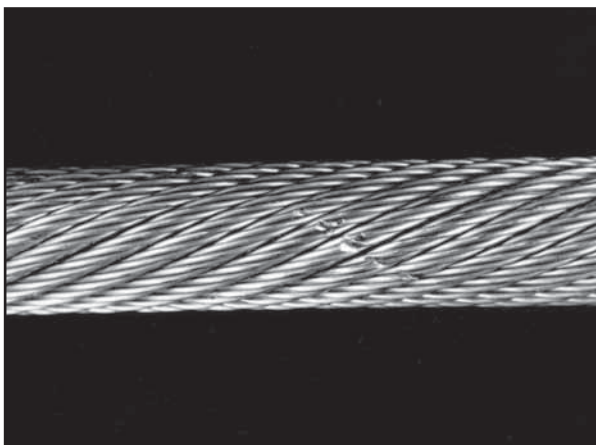
Figur 55: Dette ståltauet har blitt dratt over en blokkert skive og ødelagt.



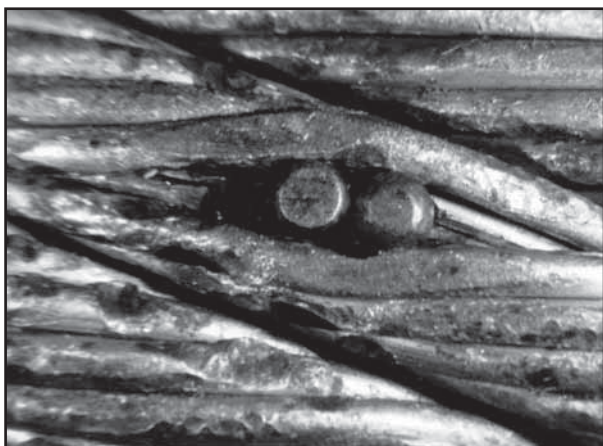
Figur 56: Et rotasjonsfattig ståltau som har blitt dratt over skivekanten.



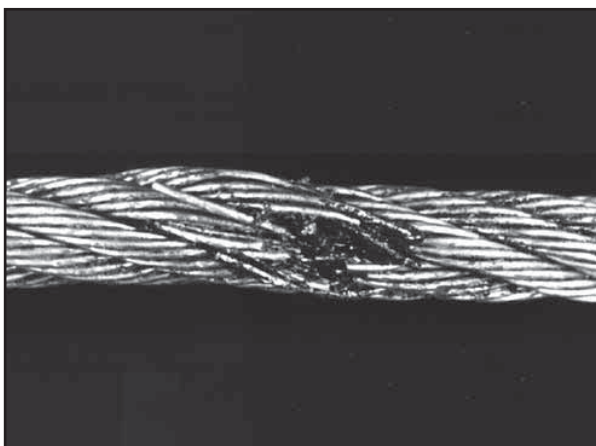
Figur 57: Et 8-parts ståltau som har blitt dratt over skivekanten. og ødelagt. Legg merke til det spiralformede skade mønsteret.



Figur 58: Rotasjonsfattig ståltau som har blitt dratt over en skarp kant og ødelagt.



Figur 59: Ødeleggelse forårsaket av kuleblåsing. Stålkulene festet seg til smøringen og viklet seg senere inn i partene.



Figur 60: 6-parts ståltau ødelagt etter at det ble dratt over en skarp kant. Dette tauet er farlig og må kasseres.

EKSTERN SKADE



Figur 61: Lukke tau til en grabbkran. Alle yttertrådene har brudd på grunn av stor avsliping. Det traktformede hullet for ståltauet på grabben har skjøvet alle løse tråder langs ståltauets lengde til en plass. Dette laget dette imponerende pinnsvinet.



Figur 62: Ståltau som har blitt dratt over en skarp kant har en tendens til å kveile seg når tauet er uten last.

MARTENSITTDANNELSE

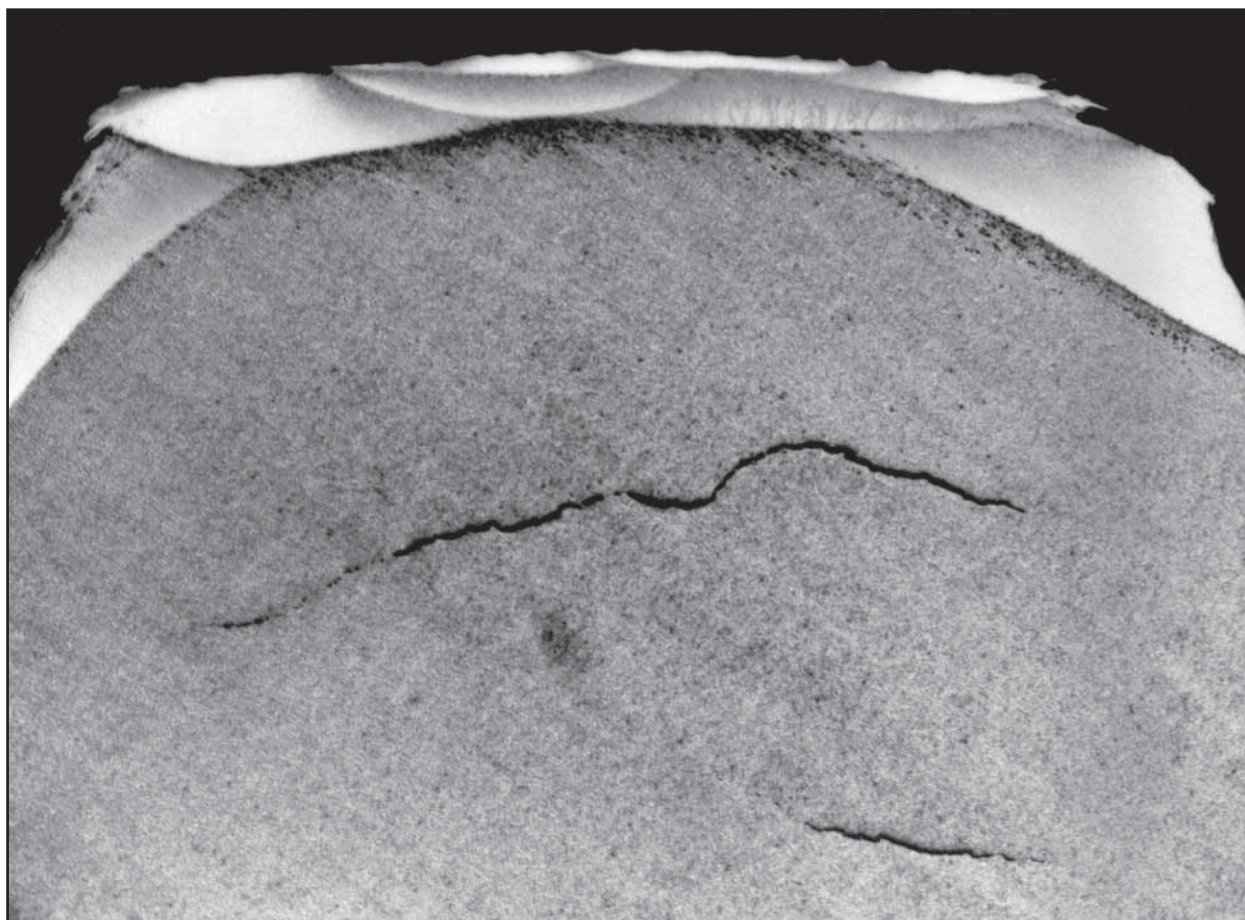
Martensitt er en hard og sprø metallstruktur. Det dannes ved at det varmes til over anløps temperaturen med hurtig avkjøling.

I ståltau finner du martensitt ofte som et tynt lag på de ytre trådene etter at tauet har blitt dratt over en hard overflate (se figurene 63 og 64). Det tynne martensittlaget vil lett knekke når ståltauet blir bøyd. Først et lite tretthetsbrudd som raskt vil utvikle seg (se figurene 66 og 67).

Martensitt formasjoner på ståltauets overflate er vanskelig å oppdage. Til og med i en demonstrasjonsprøve kan det bare bli synlig ved å se på mikrostrukturen.

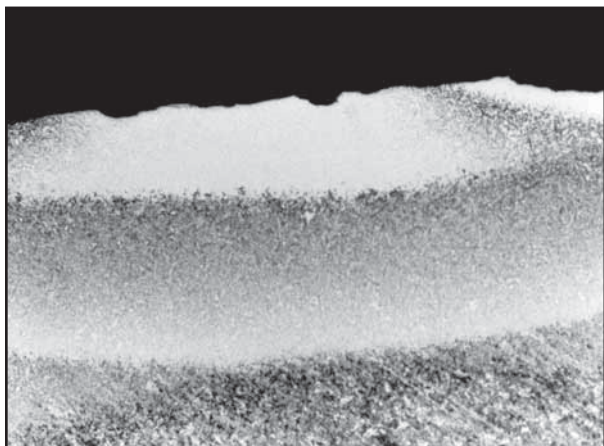
Lynnedslag eller uhell ved sveising på kranen kan også lage martensitt på ståltauets overflate.

Ståltrådene som er vist i figur 63 og 64 har blitt dratt over kanten på en lasteluke flere ganger under lossing av et skip. Hver gang et nytt lag med martensitt dannes vil martensittlaget under herdes. Den hvite strukturen er martensitt, de mørkere lagene er herdet martensitt.

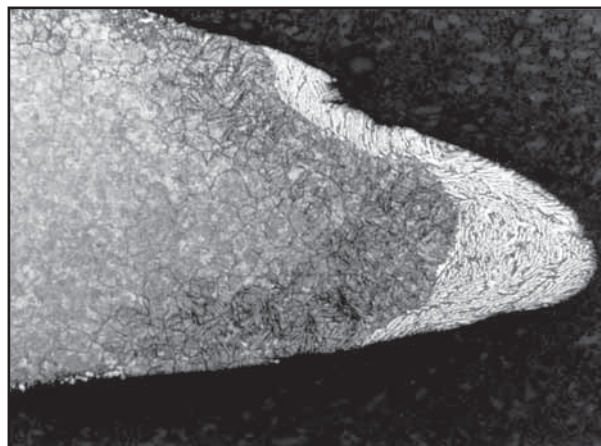


Figur 63: Denne yttertråden har blitt dratt over kanten på en lasteluke på et skip flere ganger. Hver gang et nytt lag med martensitt dannes bli de underliggende lagene herdet. Tykkelsen på dette martensittlaget er circa 0,05 mm.

MARTENSITTDANNELSE



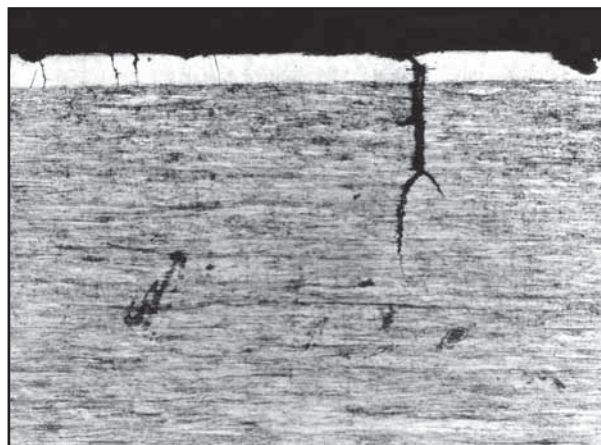
Figur 64: Detalj fra figur 63. Den hvite strukturen er martensitt, de mørkere partiene er herdet martensitt.



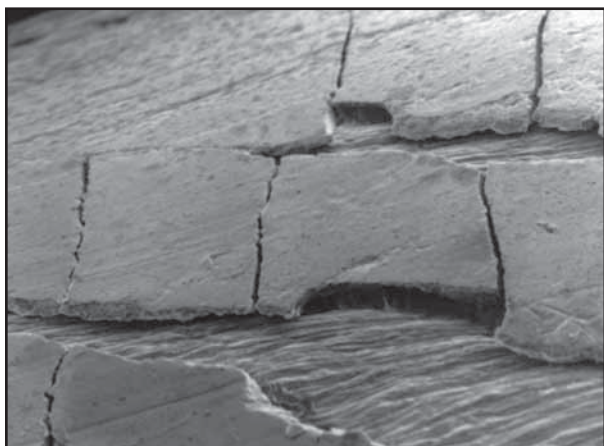
Figur 65: Den hvite spissen er martensitt dannet etter elektrodeoverslag.



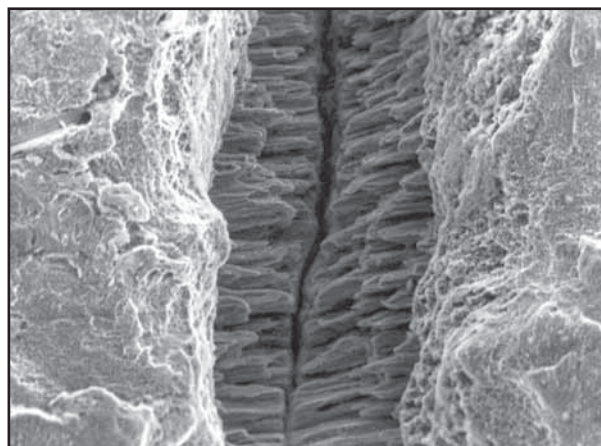
Figur 66: Martensittlag på overflaten av en ståltråd.



Figur 67: Detalj av figur 66 som viser begynnelsen på tretthetsbruddet.



Figur 68: Nei, dette er ikke martensitt. Det viser avflaknet galvanisert sink belegg (se også figur 111).



Figur 69: Detalj av samme tråd (figur 68). Et tretthetsbrudd er dannet under sink belegget.

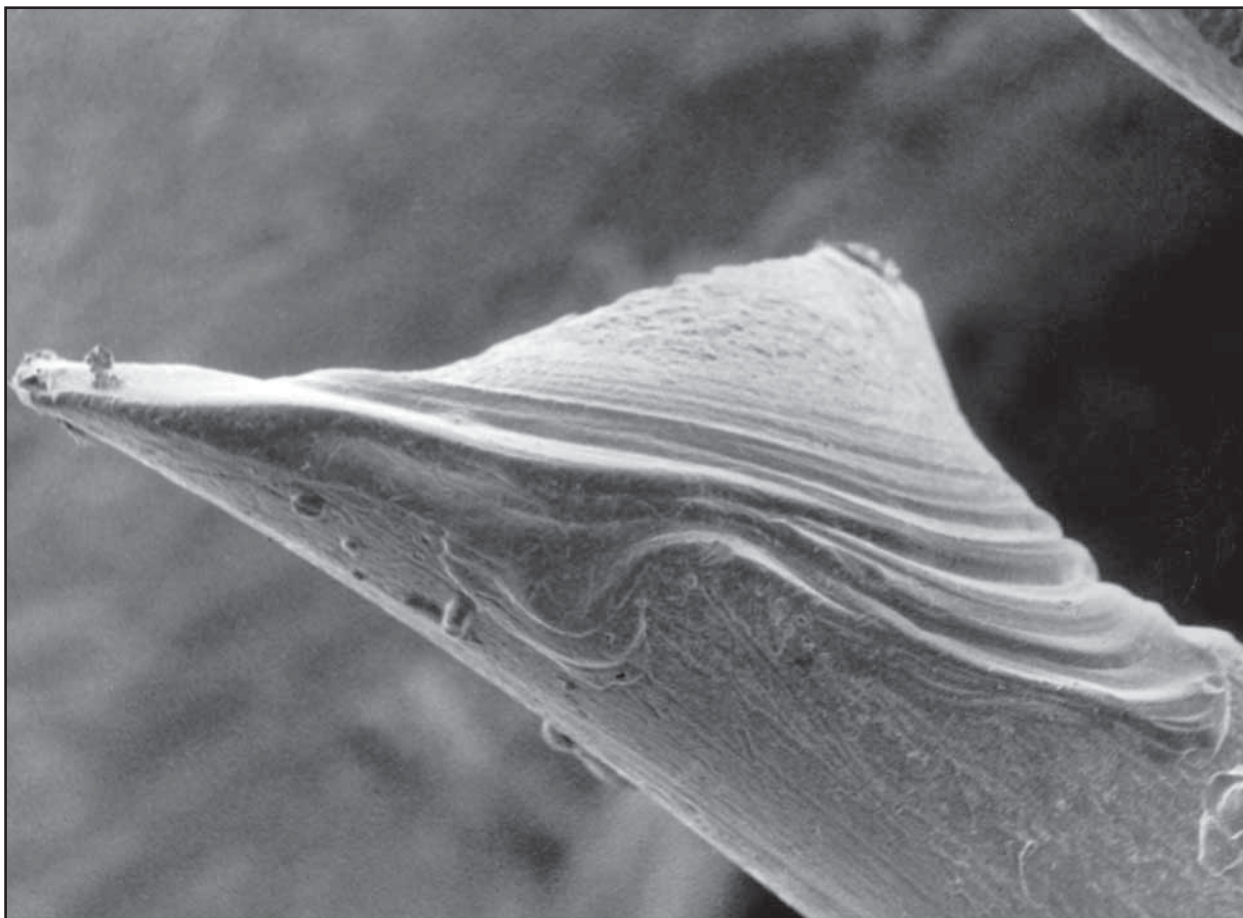
VARMESKADE

Hvis temperaturen i ståltauet overskider 300°C vil mikrostrukturen i de kaldtrukkede trådene rekrystallisere seg (figur 71, 76 og 77). Tråden mister da to tredjedeler av sin strekkstyrke i prosessen.

Hvis varmen energien som tilføres ståltauet er større enn det som forsvinner vil tauet varmes opp svært raskt. Dette vil skje ved lynnedslag eller et sveiseuhell, og ståltauet vil smelte (se figur 70 og 78).

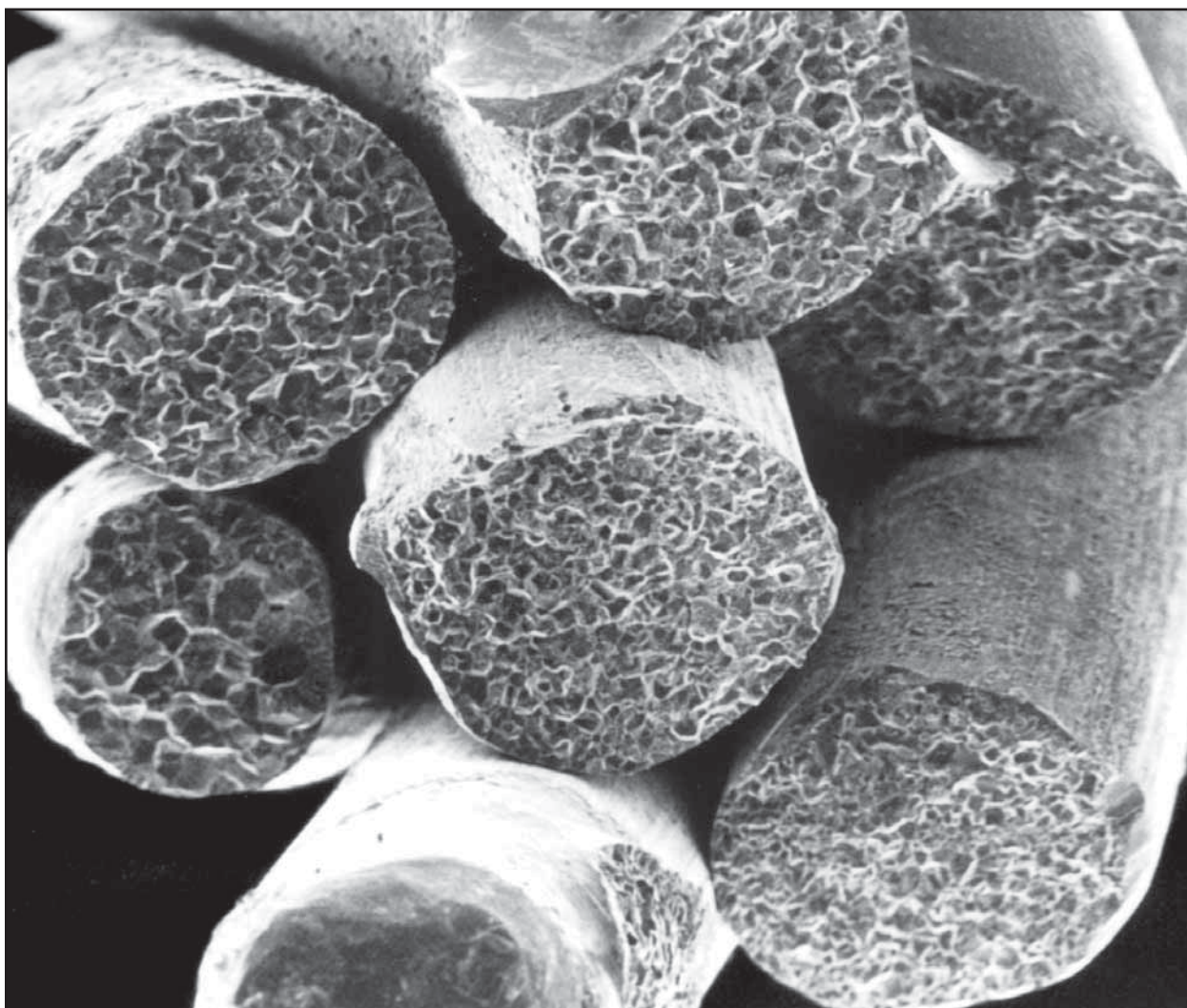
I henhold til EN 12385-3 kan ståltau med fiberkjerne bli brukt i temperaturer opp til 100°C, med stålkjerne opp til 200°C. Spesiell oppmerksomhet må bli gitt til endefestene (se EN 12385-3).

Selv om ståltauets styrke ikke blir påvirket av temperaturen vil levetiden reduseres hvis temperaturene kommer opp i eller overstiger dråpepunktet til det smøremidlet som er brukt.

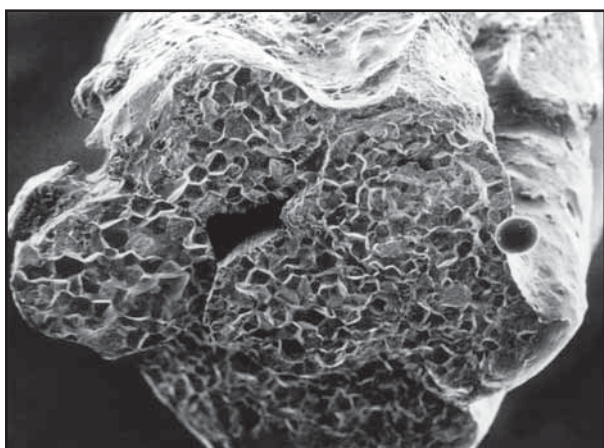


Figur 70: Et lynnedslag traff dette ståltauet og fikk stålet tråden til å smelte.

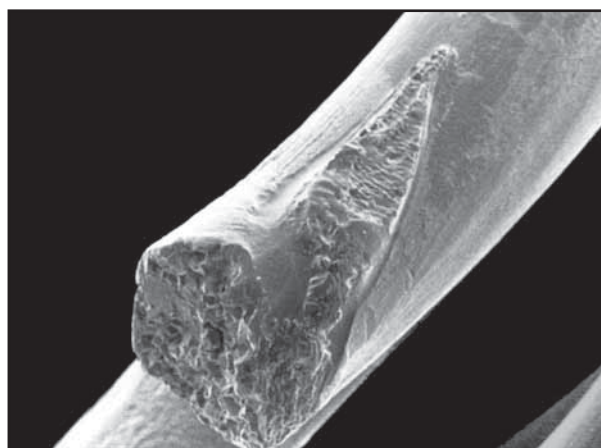
VARMESKADE



Figur 71: Dette sju kordels ståltauet har vært utsatt for temperaturer over 300°C. Mikrostrukturen i trådene har gjennomgått rekrySTALLISERING i forhold til den strengt orienterte strukturen på tråder som er ettertrukket.

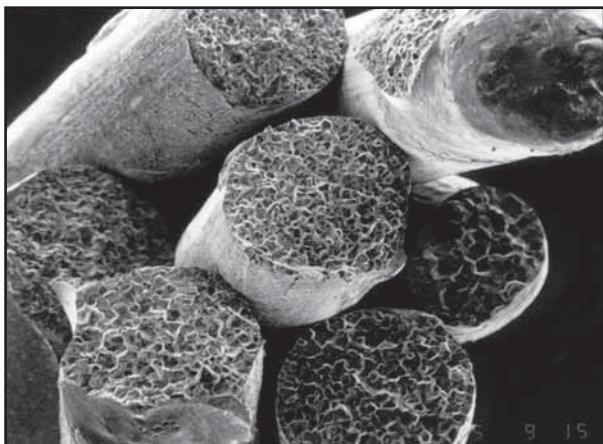


Figur 72: Med høyere temperaturer (over 300°C) vil stålet smelte og trådene vil smelte sammen.

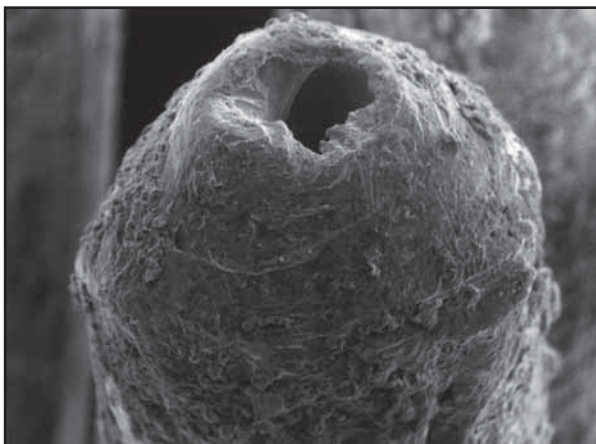


Figur 73: RekrySTALLISeringen fører også til en økning av volumet som fører til at tråden sprekker på langs.

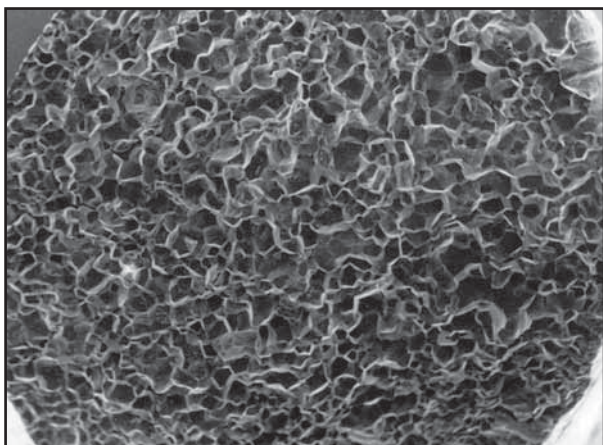
VARMESKADE



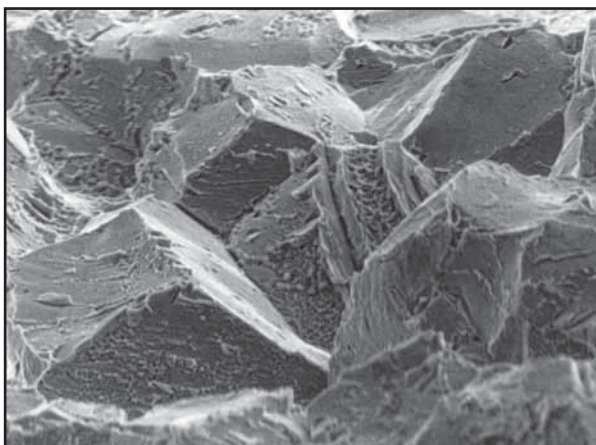
Figur 74: Mikrostrukturen i trådene har gjennomgått rekrySTALLISERING i forhold til den strengt orienterte strukturen på tråder som er ettertrukket.



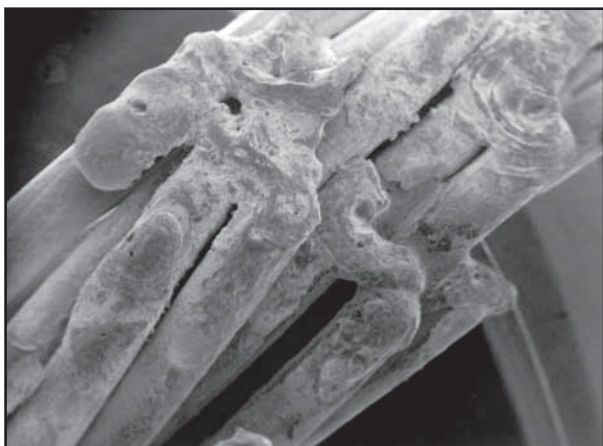
Figur 75: Detalj av tråden som vises i øvre høyre hjørne av figur 74. Her var temperaturen så høy at den smeltet tråden.



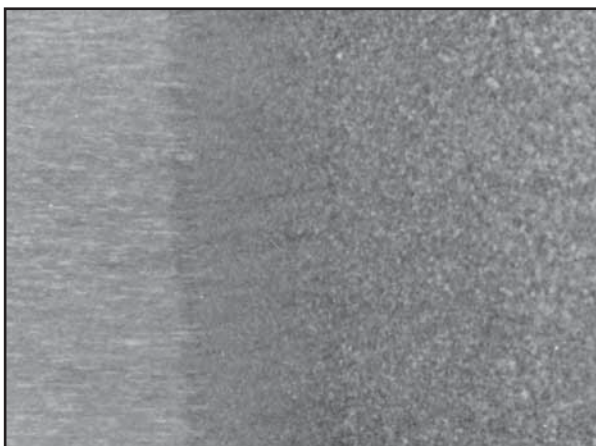
Figur 76: RekrySTALLISERT struktur.



Figur 77: Denne detaljen av figur 76 viser det intergranulære brudd av krystallstrukturen.



Figur 78: Høy lokal temperatur ved sveising samensmeltet disse trådene.

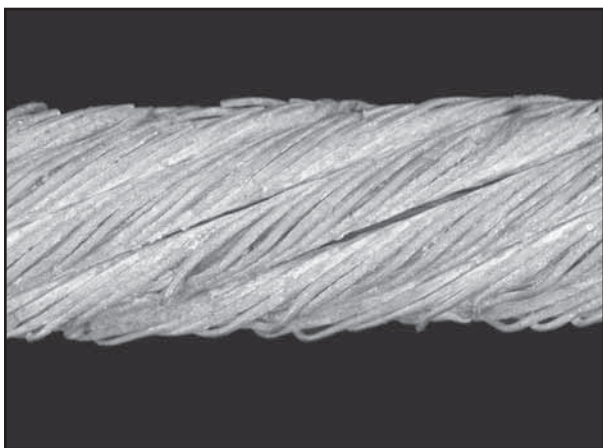


Figur 79: Dette bildet viser den kaldtrukkede strukturen (venstre) til den rekrySTALLISerte strukturen (høyre).

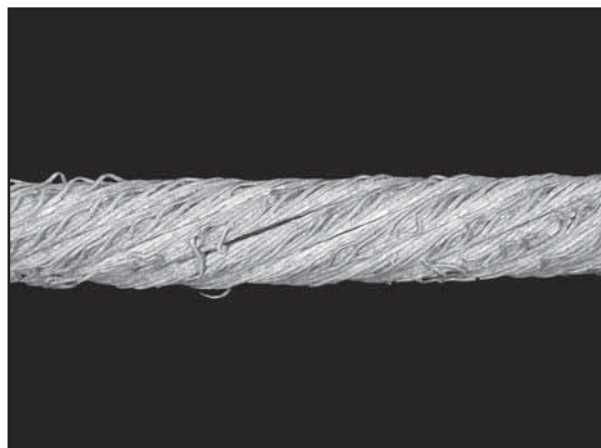
VARMESKADE



Figur 80: Dette løftetauet fra en støpekran har vært utsatt for høye temperaturer i for lang tid. Som et resultat av dette har yttertrådene glødet, myknet og blitt lengre.



Figur 81: En annen detalj fra det ståltauet vist i figur 80. Legg merke til at smøringen har forsvunnet.



Figur 82: En annen detalj fra det ståltauet vist i figur 80.

INNSENDIGE TRÅDBRUDD

Med en visuell og fysisk kontroll av ståltau må du stole på tilstanden til de ytre trådene. I de fleste ståltau representerer dette cirka 40% av det metalliske tverrsnittet. Yttertrådene er bare synlige for halvparten av lengden. Med en øye og håndkontroll har du bare kontrollert 20% av ståltauet.

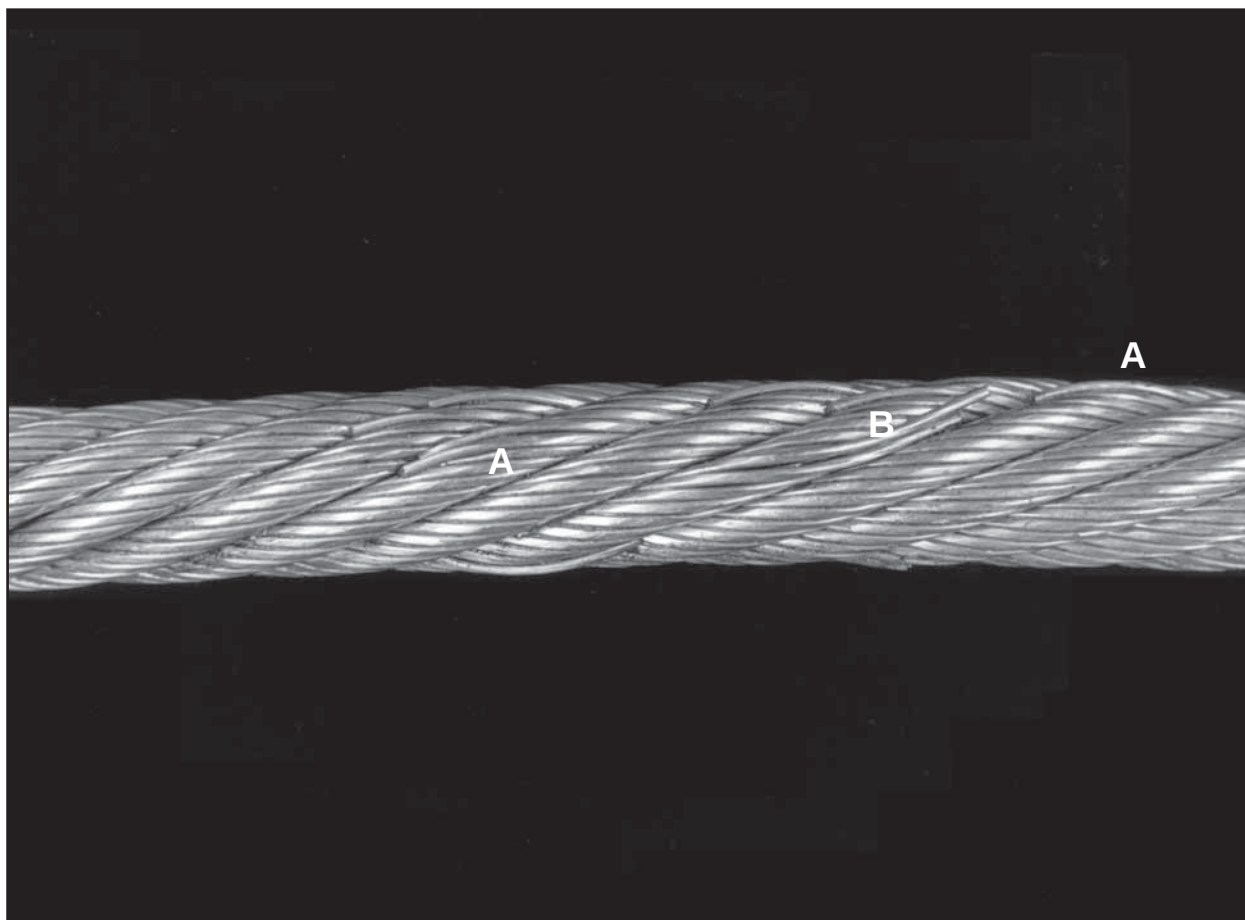
Visuell ståltauinspeksjon =
20% bevis og 80% håp.

Hvis kontaktbetingelsene inne i ståltauet er verre enn kontaktbetingelsen mot skiva, vil innvendige tråder skades først. Dette er veldig farlig fordi innvendige trådbrudd er vanskelig å finne. Ikke destruktive testeutstyr kan hjelpe til å finne slike innvendige trådbrudd.

Det er mer sannsynlig at ståltau som brukes på plastikkskiver vil skades innvendig enn skiver laget av stål.

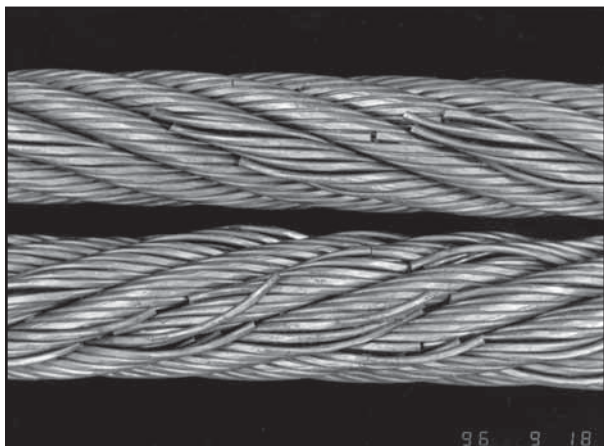
En stålkjerne som har for liten diameter vil lede til mangelfull klaring mellom to nærliggende kordeler og føre til gnissing mellom kordelene (figur 142) og såkalte "Valley brakes"-. (Finnes ikke et godt norsk uttrykk – Det nærmeste må være "trådbrudd i kordelbunn")

Et plastikklag mellom stålkjernen og neste lag med parter vil redusere det lokale trykket og dermed redusere faren for innvendige trådbrudd.



Figur 83: Et åtte-kordel ståltau viser spor etter innvendige trådbrudd. Legg merke til at de brukne trådene er dobbelt så lange (A, brudd i "dalen") eller tre ganger så lange (B, brudd på undersiden av yttertrådene) enn om bruddene hadde kommet ytterst.

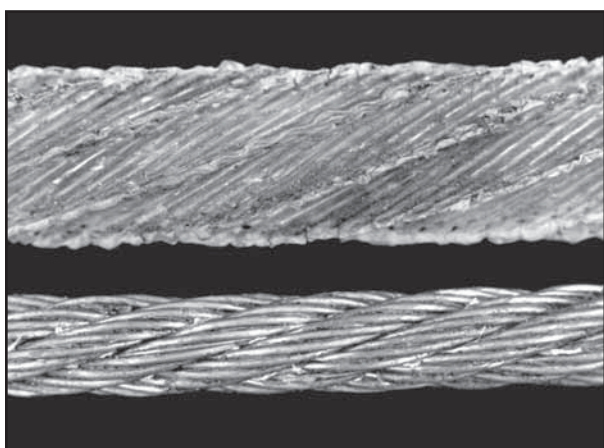
INNENDIGE TRÅDBRUKK



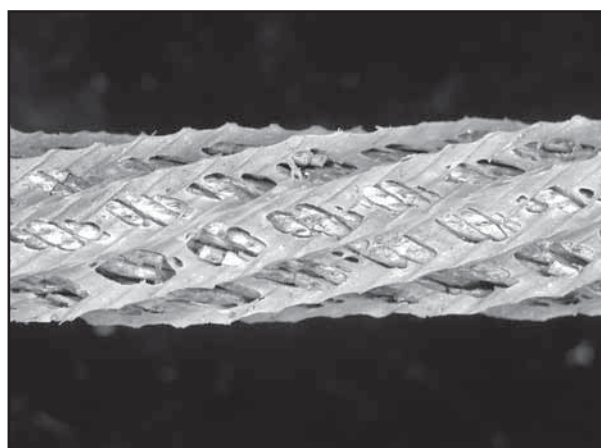
Figur 84: Det store antallet innvendige brudd kom først til syne etter hard bøying av ståltauet under inspeksjon.



Figur 85: Åpningen av dette kasserte ståltauet beviste at stålkjernen ikke lenger var i god form.

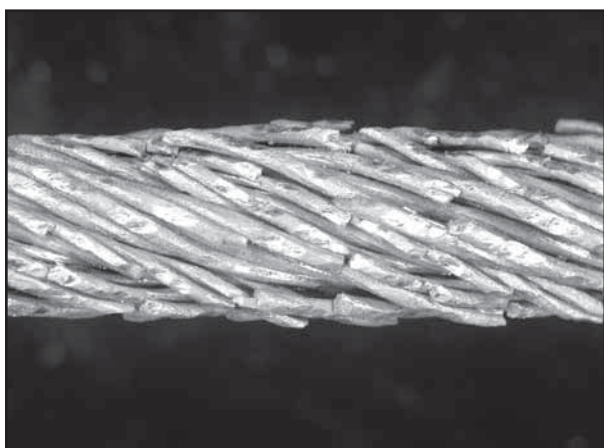


Figur 86: Ikke skadet plastikkbeskyttet stålkjerne etter at partene og plastikkbeskyttelsen er fjernet.

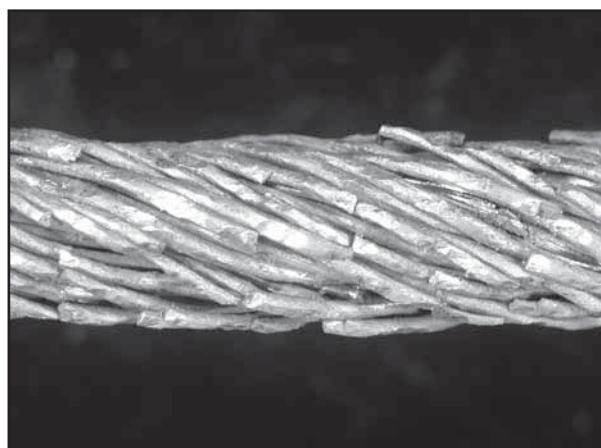


Figur 87: Ødelagt plastikkbeskyttelse, perforert av kordelene. Hardheten til plastikken var feilen i dette tilfelle.

Photograph by Frank Loch



Figur 88: Ståltauets kjerne (figur 87) etter at plastikklaget er fjernet. De ytre trådene har brudd på overkrysningspunktet.



Figur 89: Ståltauets kjerne (figur 87) etter at plastikklaget er fjernet. De ytre trådene har brudd på overkrysningspunktet.

Photograph by Frank Loch

Photograph by Frank Loch

INNVENDIGE TRÅDBRUDD

Yttertråder som har brudd på grunn av kontakt med stålkjernen kan bare bli synlig ved kraftig bøyning av ståltauet ved inspeksjon, eller ved å løfte ytre parter ved hjelp av et skrujern.

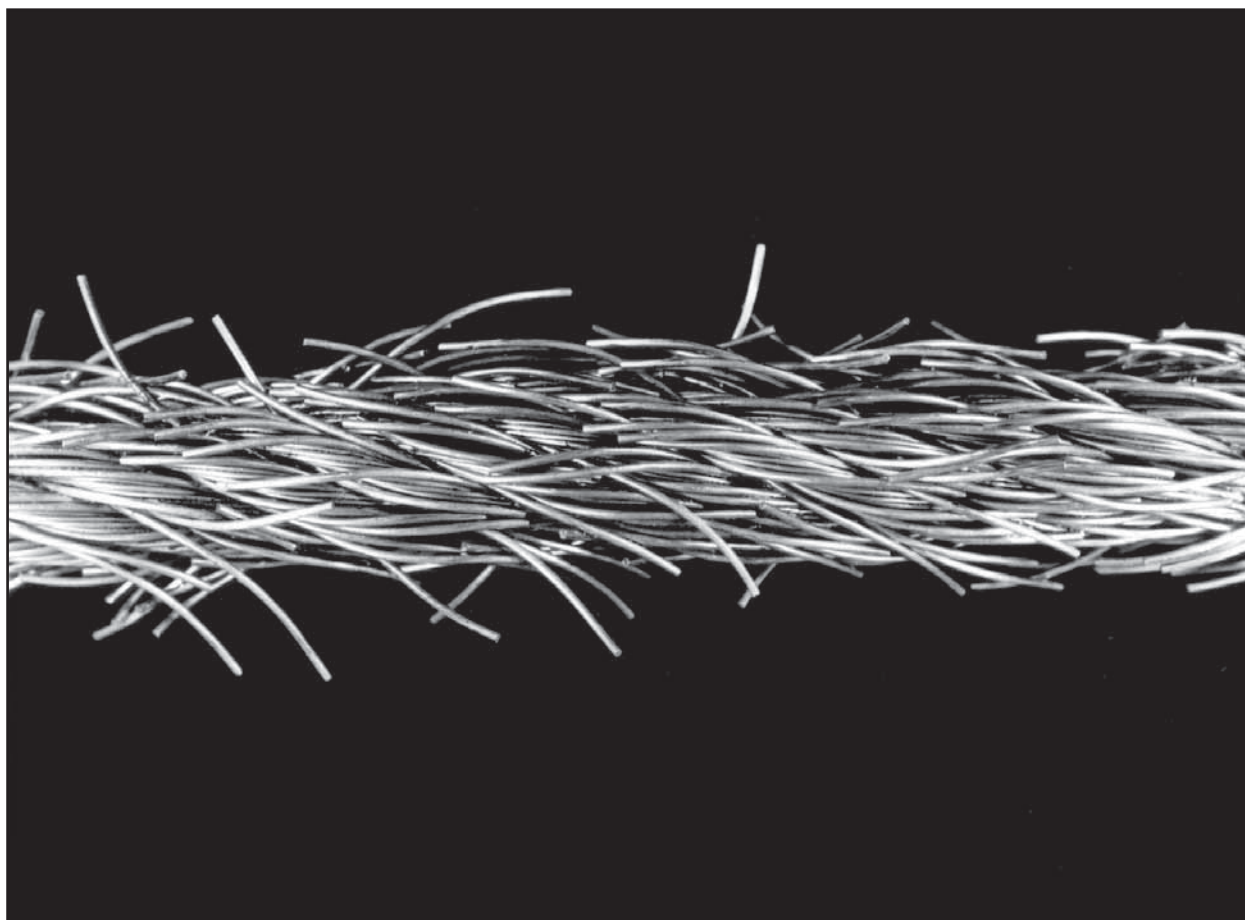
Innvendige trådbrudd vil ofte vise typiske trettethetsbrudd med tråder dobbelt så lang ("dal"-brudd) eller tre ganger så lange enn de som kommer på yttertråden (se figur 83 og 90).

Rotasjonsfattige ståltau har relativt gode kontaktforhold med skivene. Dette er fordi kjernen er slått i motsatt retning av partene. Imidlertid er det mange flere kryssningspunkter mellom tråder i kjernen og på partene. Derfor utvikler rotasjonsfattig ståltau ofte et stort antall innvendige trådbrudd.

Ståltaukjerner som er slått i en operasjon (parallellslått) eller med interne plastikklag forhindrer overkryssningspunkter og reduserer denne faren.

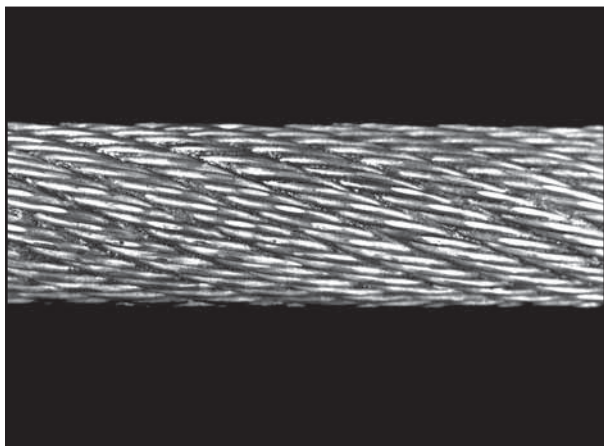
Med periodisk strekkspenning blir ståltauet lengre og kortere med hver periode. Den delen av ståltauet som er på tromler eller skiver stopper opp forlengelsen i ståltauet. Kjernen vil derfor prøve å bli lengre mens de ytre partene vil holdes tilbake fordi de har kontakt med tromlen eller skiva. Dette vil lede til innvendige trådbrudd. Skader som vist i figur 95 på trommeloverflaten er alltid en indikasjon på at ståltauet har innvendige brudd.

Som forklart tidligere vil NDT hjelpe til å finne innvendige trådbrudd.

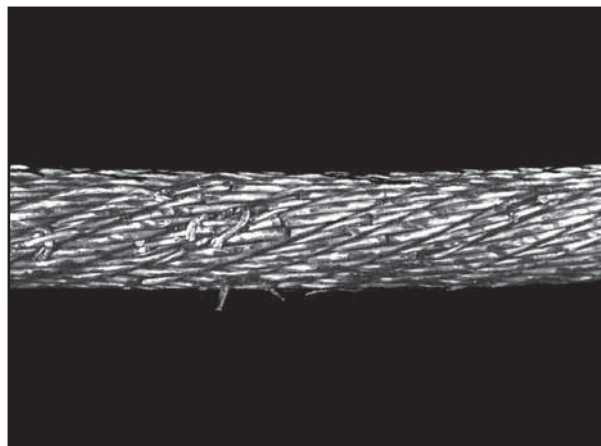


Figur 90: Dette ståltauet hadde ikke et eneste ytre trådbrudd. Heldigvis hardbøyde kontrolløren ståltauet: En utrolig mengde innvendige trådbrudd ble synlige. Plastikkbeskyttelse vil forhindre slike innvendige trådbrudd.

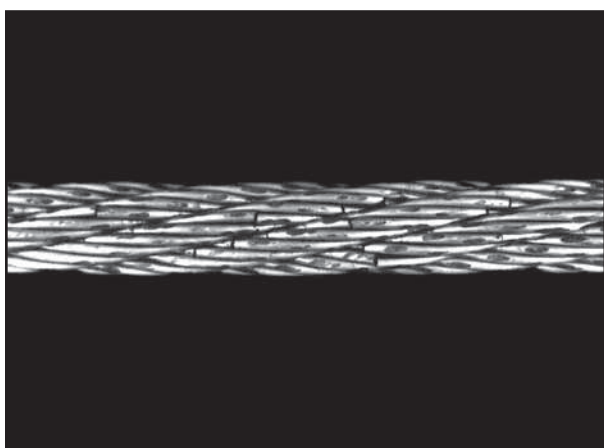
INNVEDIGE TRÅDBRUDD



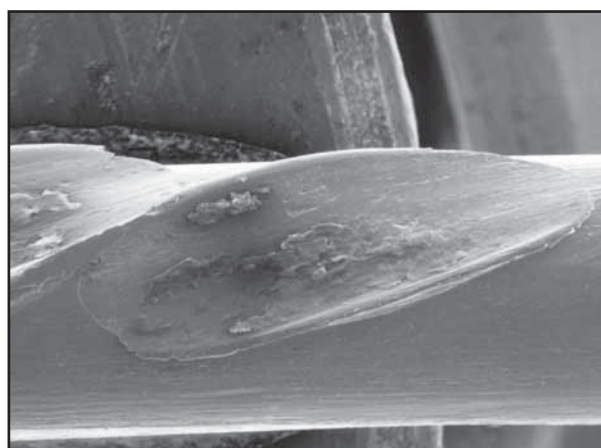
Figur 91: Ytre overflate av et 36 x 7 rotasjonsfattig løfteståltau. Ingen trådbrudd er synlige.



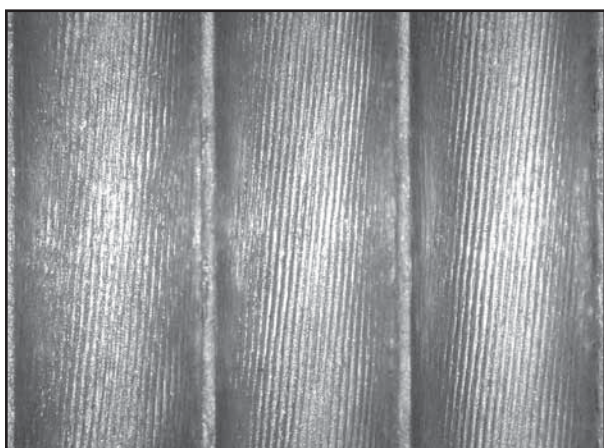
Figur 92: Det samme 36 x 7 ståltauet etter ytre kordellag er fjernet. Mange trådbrudd er synlige ved krysningspunktene.



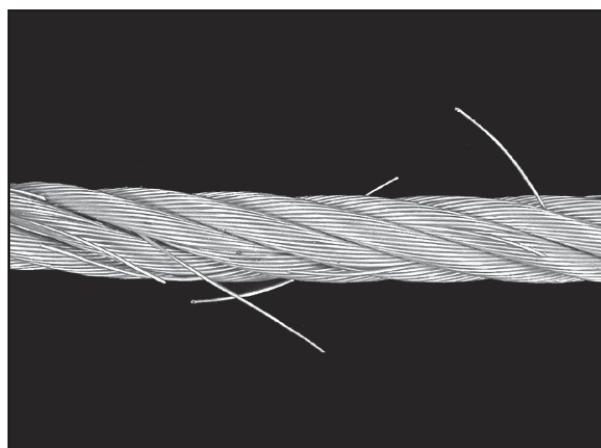
Figur 93: Det innerste kordellaget på det samme 36 x 7 ståltauet viser også mange trådbrudd.



Figur 94: Krysningspunktet mellom to kordeler er ofte startpunktet for innvendige tretthetsbrudd.



Figur 95: Langsgående slitasjemerker på en trommel er en indikasjon på at ståltauet kan utvikle innvendige trådbrudd.



Figur 96: Innvendige trådbrudd er aldri alene. Hvis du finner ett, se etter flere!

ROTASJONSSKADE

Et ståltau er bygget opp av spiralformede elementer. Hvis ståltauet blir dreid åpent vil spiralene forlenges og hvis ståltauet blir dreid sammen (lukket) vil spiralene (lengden) kortes inn. Endringen i den geometrien vil endre ståltauens egenskaper – noen ganger betydelig.

For å unngå at ståltauet dreies åpent må derfor enden på ikke rotasjonsfattig ståltau sikres mot rotasjon. På en annen side vil Rotasjonsfattig ståltau ikke ha samme tendensen til å åpne seg ved belastning og kan derfor koples til en svivel.

Svivelen vil til og med være en fordel fordi den vil sørge for at rotasjon i tauet fjernes. Hvis ståltauet beveger seg over skiver,

eller en skive beveger seg over ståltauet, vil lengdeforskjeller som skapes mellom elementene i ståltauet muligvis forflytte seg til et punkt (vanligvis på det punktet hvor skivebevegelsen stopper), se for eksempel figurene 97, 98 og 101.

Vridde partier i ståltauet har en tendens til å kvitte seg med vridningen ved å forflytte den over til andre deler av ståltauet som ikke er vridd. Det er på denne måten en vridning kan forflytte seg forbi blokker som kan forårsake problemer på områder langt fra der hvor de oppsto. (Se figur 108).

På grunn av ståltauets skrueform, kan det bli vridd når det passerer trange skiver eller ved gnissing mot konstruksjonsdeler.

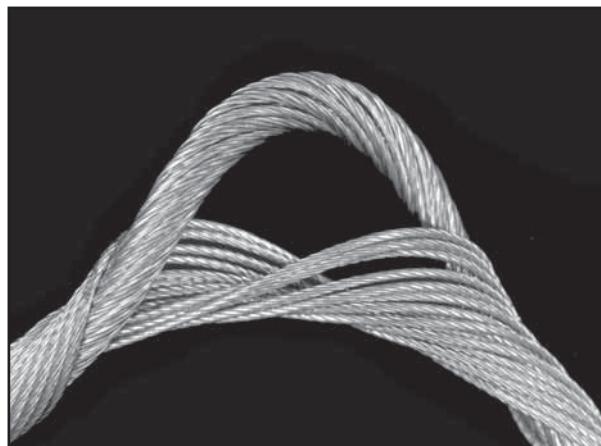


Figur 97: Overskudd av kordel-lengder fra stålkjernen forårsaket av vridning som har blitt presset sammen til et punkt ved en skive. Feil som disse finner du vanligvis på slutten av bevegelsen mot skiva (eller ved ståltauet over skiva).

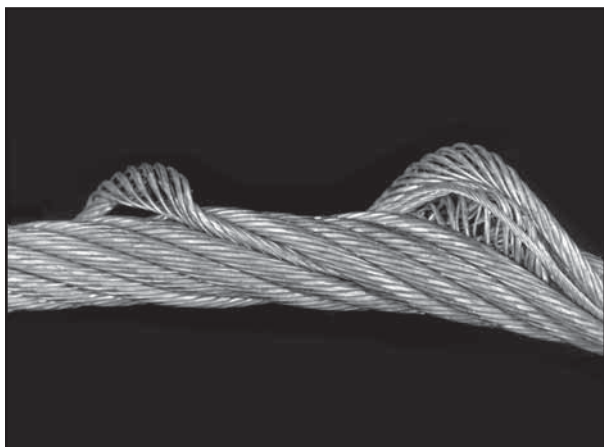
ROTASJONSSKADE



Figur 98: Her er de ytre kordelene fra figur 97 fjernet. Det viser overskuddet av kordellengder som er presset sammen i kjernen.



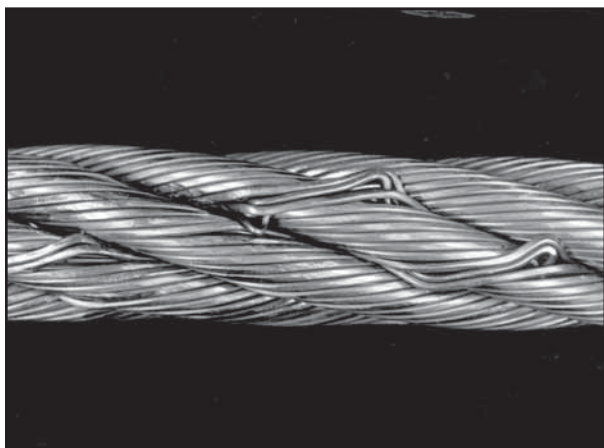
Figur 99: Dette rotasjonsfattige ståltauet har blitt forkortet og kjernen forlenget på grunn av vridning med slagretningen.



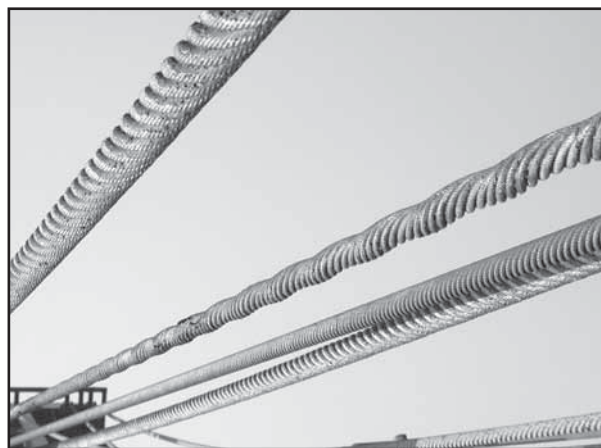
Figur 100: Dobbelt parallellslåtte ståltau er veldig fintfølelse for vridning. Her er de indre delene skjøvet ut på grunn av vridning.



Figur 101: Noen ganger innvirker vridningen kun på den innerste part som er kortest og den eneste rette part i ståltauet.



Figur 102: I dette 6-parts ståltauet har vridning løst net de to ytre lagene av tråder i de ytre partene.



Figur 103: Hvis ståltauet treffer strukturelementer eller går over trange skiver (en kombinasjon av rotasjon og vridning) får vi slike korketrekere.

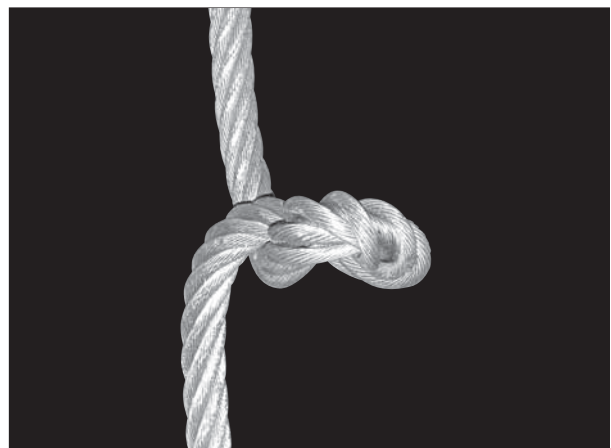
ROTASJONSSKADE



Figur 104: Dette ståltauet er vridd mot slagretningen. Når det er slakt vil det forme en løkke med slagretningen. Når løkker får last, kan de trekke seg sammen og permanent deformere ståltauet.



Figur 105: Dette ståltauet har blitt vridd med slagretningen. Når det blir slakt vil det danne en løkke mot slagretningen.



Figur 106: Den samme løkka som i figur 105. Ved belastning trekker løkka seg sammen som fører til alvorlig ødeleggelse av ståltauet.

FUGLEBUR

Et fuglebur er en liten seksjon av ståltauet hvor de ytre kordelene er mye lenger enn kjernen og derfor "står opp". Normalt formes fuglebur når ståltauet åpnes ved vridning eller at det blir vridd rundt sin egen akse. Når vi åpner det ser vi at de ytre partene er lengre enn ståltauets lengde, og at de "overflødige" partene er skjøvet til et punkt av skiva.(figur 107). Dette er årsaken til at fuglebur finnes på slutten ved skiva.

Forkortelse av ståltauet kan også forårsake forlengelse av kordelene i kjernen av tauet, se for eksempel figurene 98 og 101.

Den verste situasjonen oppstår hvis et rotasjonsfattig ståltau vris mot slagretningen. Dette forlenger de ytre partene og

forkorter kjernen. Dette er forklaringen til at rotasjonsfattig ståltau er så sensitive for å bli vridd av eksterne mekanismer (for eksempel vinkel mellom trommel og første ledeskive - flytevinkel)

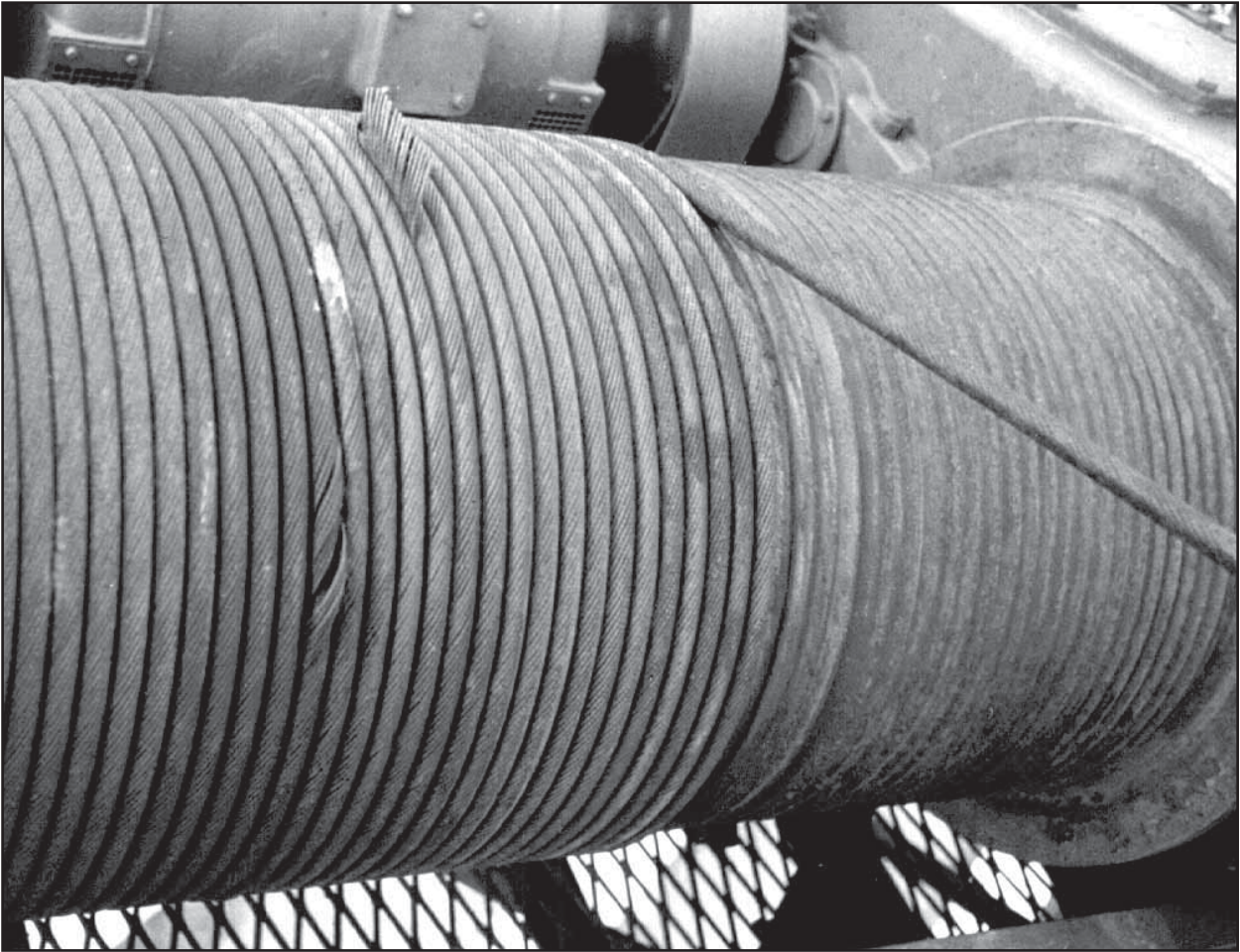
Fuglebur kan også bli dannet ved å dra ståltauet over en fast skive.

Hvis et ikke rotasjonsfattig- eller et semi-rotasjonsfattig ståltau blir brukt sammen med svivel vil tauet åpne seg. De åpnede partiene i ståltauet som går over skivene vil ofte resultere i et fuglebur eller flere fuglebur nær enden på ståltauet. (se figur 108)

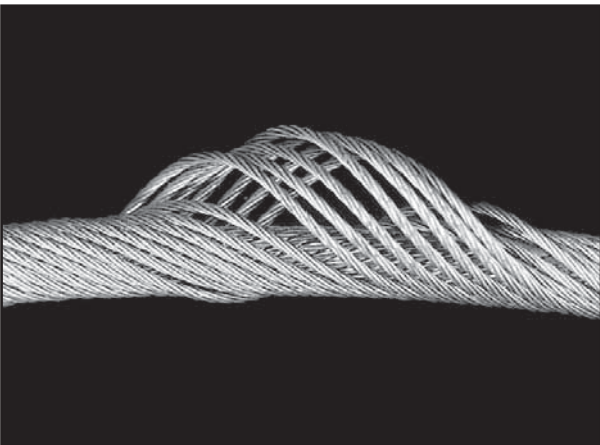


Figur 107: Dette ståltauet er blitt åpnet . De ytre partene har blitt for lange i forhold til resten av ståltauet. En skive har skjøvet de "overflødige" partene til endepunktet.

FUGLEBUR



Figur 108: Dette semirotasjonsfattige ståltauet har vært koblet til en fritt roterende svivel. Med last åpnet det seg og vridde ståltauseksjoner forflyttet seg over skivesystemet. Skivene skjøv de "overflødige" partene til de kom på trommelen. Dette er et typisk eksempel på hva som skjer på en ende av ståltauet (ved svivelen) og som medfører en reaksjon (dannelsen av fuglebur) i den andre enden.



Figur 109: Fuglebur på et rotasjonsfattig ståltau. Hvis du har sett et har du sett alle.



Figur 110: Et annet eksempel på fuglebur på et rotasjonsfattig ståltau.

SKADE FRA SKIVA

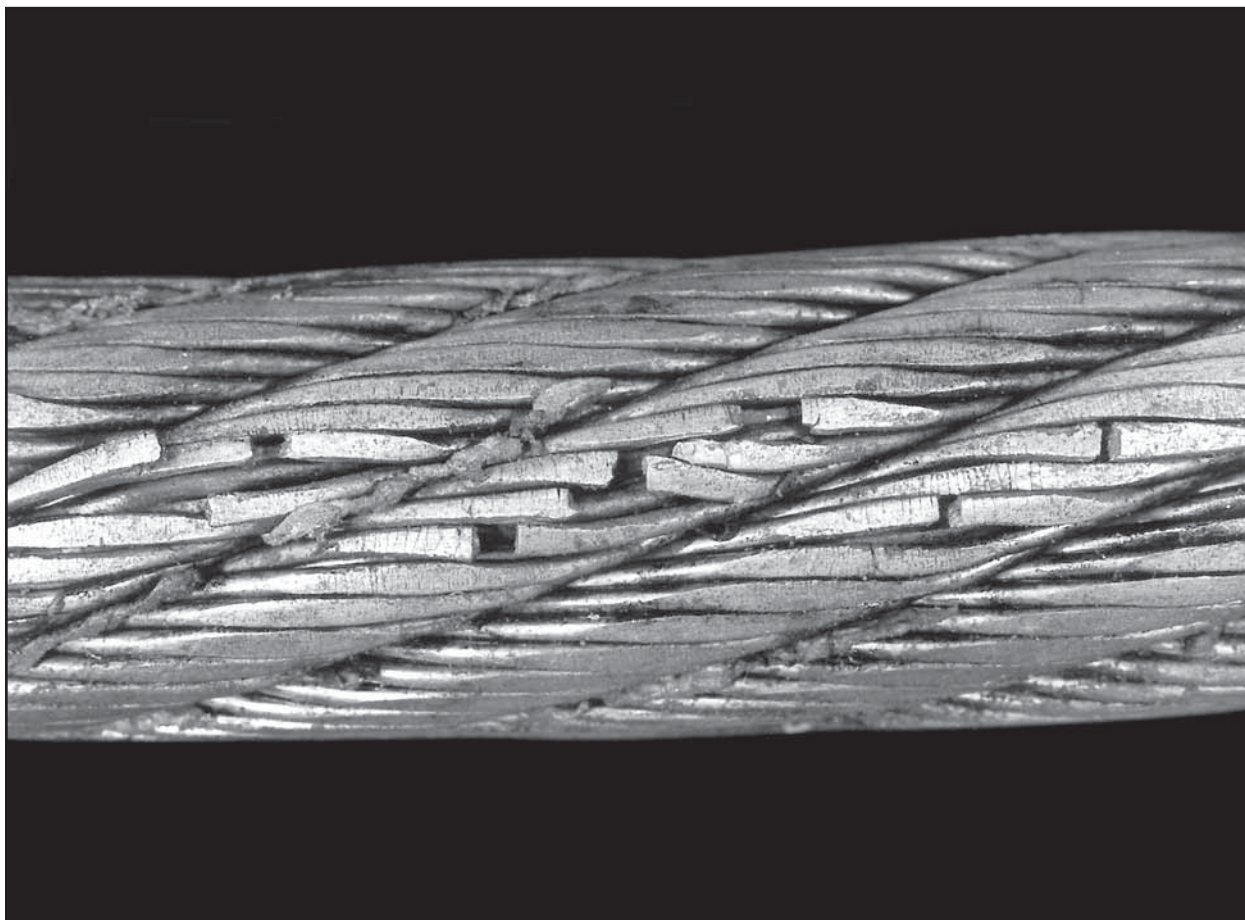
Et ståltau kommer på ei skive med en flytevinkel, det vil først berøre kanten av skivesporet. Så vil det gli ned til bunn av sporet. Dett vil vri ståltauet og lede til torsjonproblemer som er beskrevet i kapittelet foran. Det vil også lede til økt slitasje både på ståltauet og i flensen på skiva (Se figur 122 og 123).

Både størrelsen på vridningen og størrelsen på slitasjen kan reduseres ved innfetting (smøring) av ståltauet og ved å gjøre skivesporet bredere (for eksempel 60o). I motsetning til alminnelig oppfatning. Representerer en vinkel på 60o en mindre fare at tauet skal hoppe av skiva enn en vinkel på 45o.

eller deformere de ytre trådene eller kordelene i ståltauet (figur 111). Ofte er martensitt dannet på trådenes overflate (se sidene med figurene 61-69). På den annen side hvis skivesporet har mye større diameter enn ståltauet. Da vil ikke skiva støtte ståltauet nok og vil lage høyt lokalt trykk som leder til tidlige trådskeer (figur 121).

Hvis en større ansamling av ytretråder er fanget i et fuglebur vil de lett komme mellom resterende del av ståltauet og skiva som forårsaker skader eller ødeleggelse. Dette er spesielt relevant for langsslåtte ståltau hvor utsatte tråder alltid er lange (figurene 116 og 117).

En trang eller låst skive kan lage fuglebur

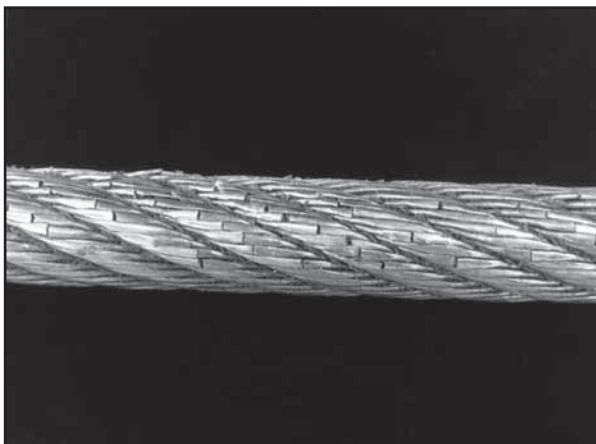


Figur 111: Dette 8-parts ståltauet har arbeidet over en låst skive. Det indre plastikklag har forhindret utviklingen av et fuglebur, men mange brudd er utviklet i de galvaniserte ytretrådene (se også figurene 68 og 69 som er fra samme ståltau).

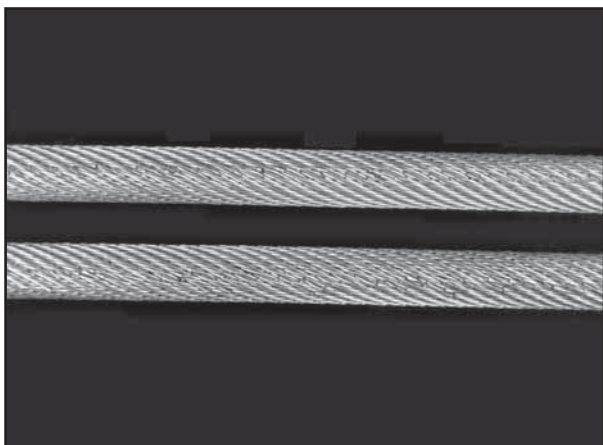
SKADE FRA SKIVA



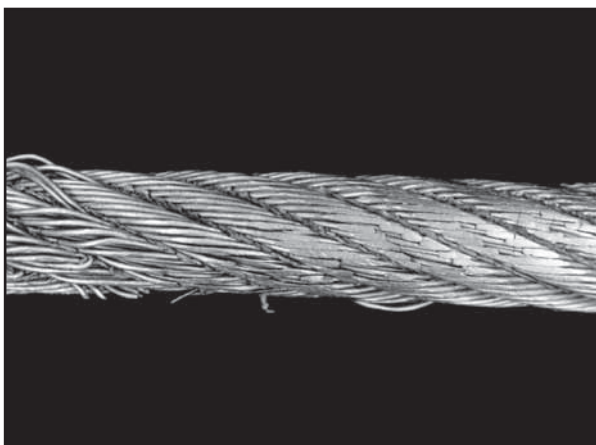
Figur 112: Dette ståltau har arbeidet i en låst skive.



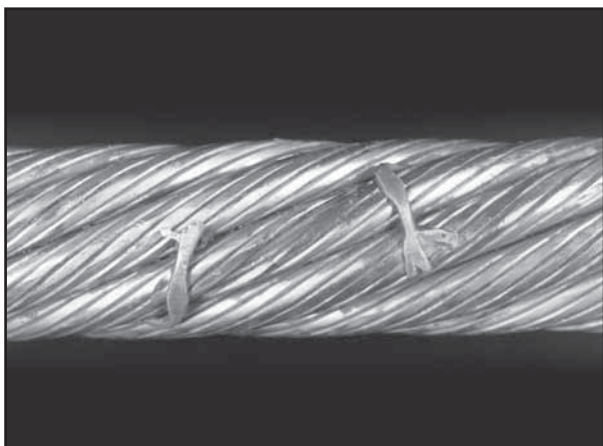
Figur 113: Et annet eksempel fra et ståltau som har virket i en låst skive.



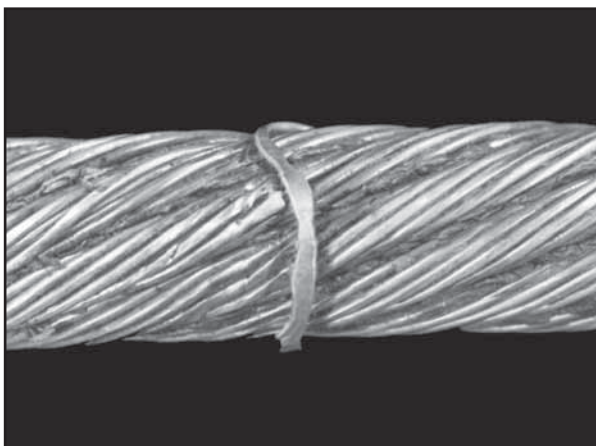
Figur 114: Dette ståltauet har virket i et alt for vidt skivespor, som ledet til tidlig skade langs kontaktlinjen.



Figur 115: Dette ståltauet har blitt dratt over en låst skive. Legg merke til skrubbsårene til høyre og løse tråder til venstre.



Figur 116: Disse to trådendene ble fanget mellom ståltauet og skiva som forårsaket hakkskade.



Figur 117: Kordel som går tversover og er blitt flatklemt mot skiva er spesielt relevant for langsslått ståltau hvor trådene alltid blir lange.

SKADE FRA SKIVA

Negative avtrykk i skivesporet kan bli laget av forskjellige mekanismer. Hvis for eksempel den indre diameter av skiva er et multiplum av det bøyde ståltauets slaglengde. Ved hver rotasjon vil skiveutsporet treffe samme geometriske punkt av ståltauet. Slitasjen kommer da på samme punkt og nabo-punktene får ikke slitasje i det hele tatt.

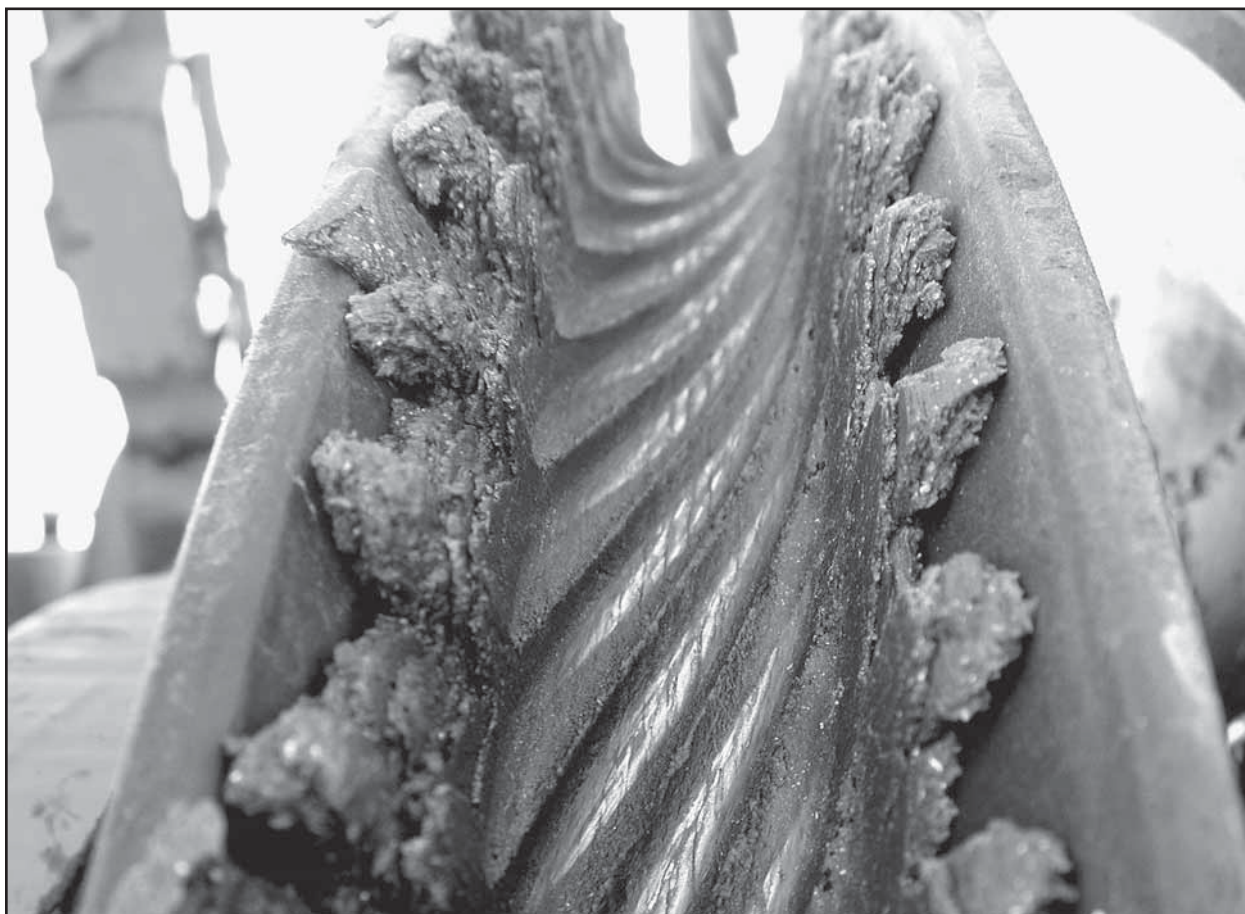
En indikasjon på slik slitasje er at smøremiddelet avsettes med faste mellomrom på skivesporets flens (figur 118).

Stadig skiftende last leder til stadig skiftende slaglengder, som igjen leder til at det er mindre sannsynlig at du får negative avtrykk i skivesporet.

Slike avtrykk vil normalt ikke skade ståltauet som laget dem. Hvis du skifter ståltau vil imidlertid det nye ståltauet bli skadet av disse avtrykkene, selv om det nye ståltauet er helt likt med det gamle.

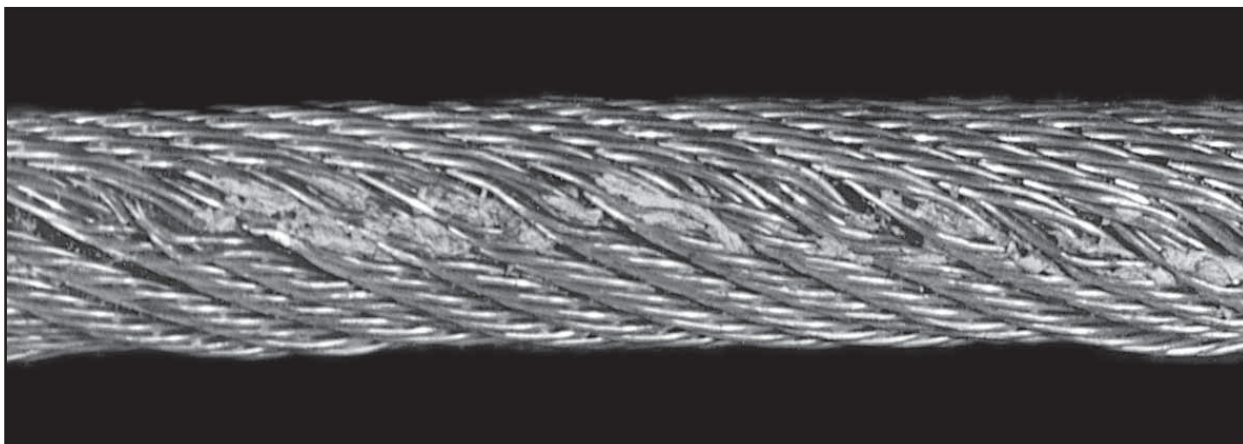
Avtrykk kan ikke alltid bli forhindret, men det kan forsinkes ved å velge hardere skivespor. Smøring og ubetydelig ståltauvridning vil også hjelpe til for å unngå slike avtrykk.

Motsatt til konvensjonelt ståltau får kompaktet, hamret ståltau som ikke har noen "daler og topper", normalt ikke negative avtrykk i skivesporet

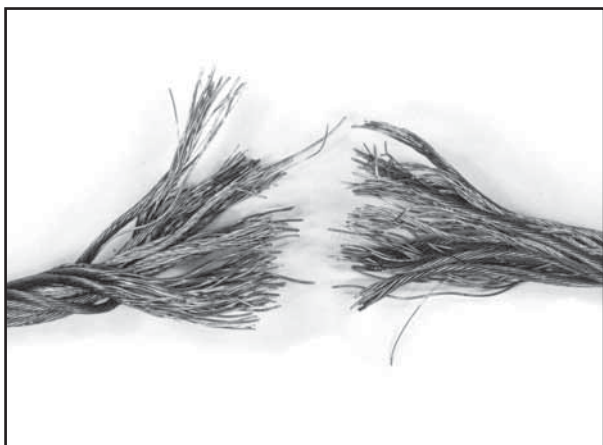


Figur 118: Smøring avsatt i faste intervaller på skivesporets flens indikerer forming av negative avsetninger i skivesporet. Motsatt tyder jevn fordeling av smøringen at det ikke er noen avsetninger i skivesporet.

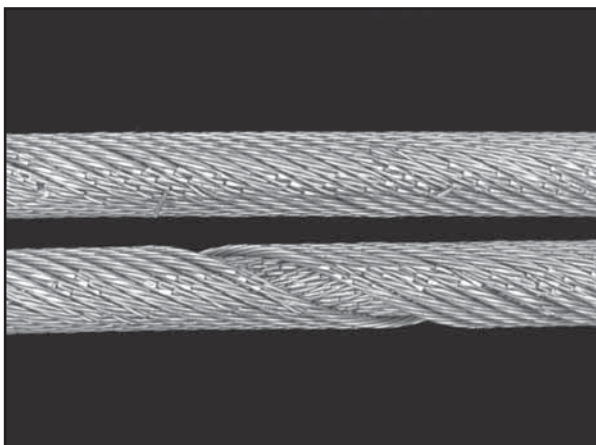
SKADE FRA SKIVA



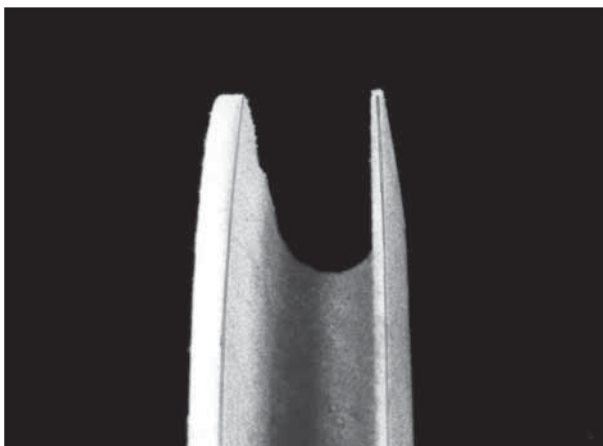
Figur 119: Dette ståltauet har sporet av en plastikkskive. Legg merke til plastikkpartiklene mellom de ytre trådene. På grunn av høyere friksjonskoeffisient under ellers like forhold, vil et ståltau spore av en plastikkskive tidligere enn en stålskive.



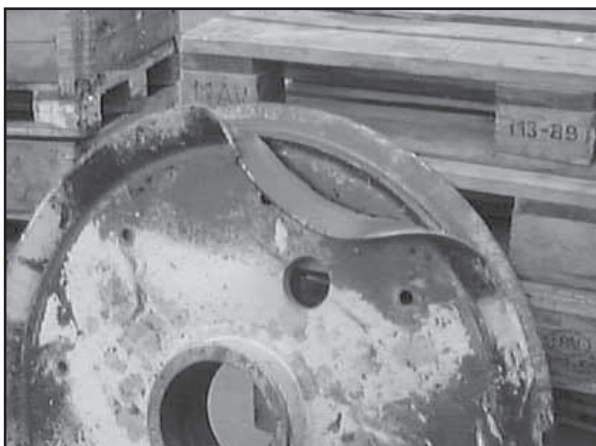
Figur 120: Et ståltau som får en mislykket avsporing ser ut som om det har blitt hogget av med en øks.



Figur 121: Dette ståltauet har arbeidet i et for bredt skivespor, som ledet til en tidlig skade langs kontaktlinjen.



Figur 122: Feil vinkel mellom ståltau og skive, leder til ståltauvridninger og økt slitasje på både ståltauet og flensen i skivesporet.



Figur 123: Ekstrem slitasje på flensen vil en dag få skiva til å kollapse. Ved kontroll må du måle skiveflensens tykkelse.

SKADE FRA TROMMELEN

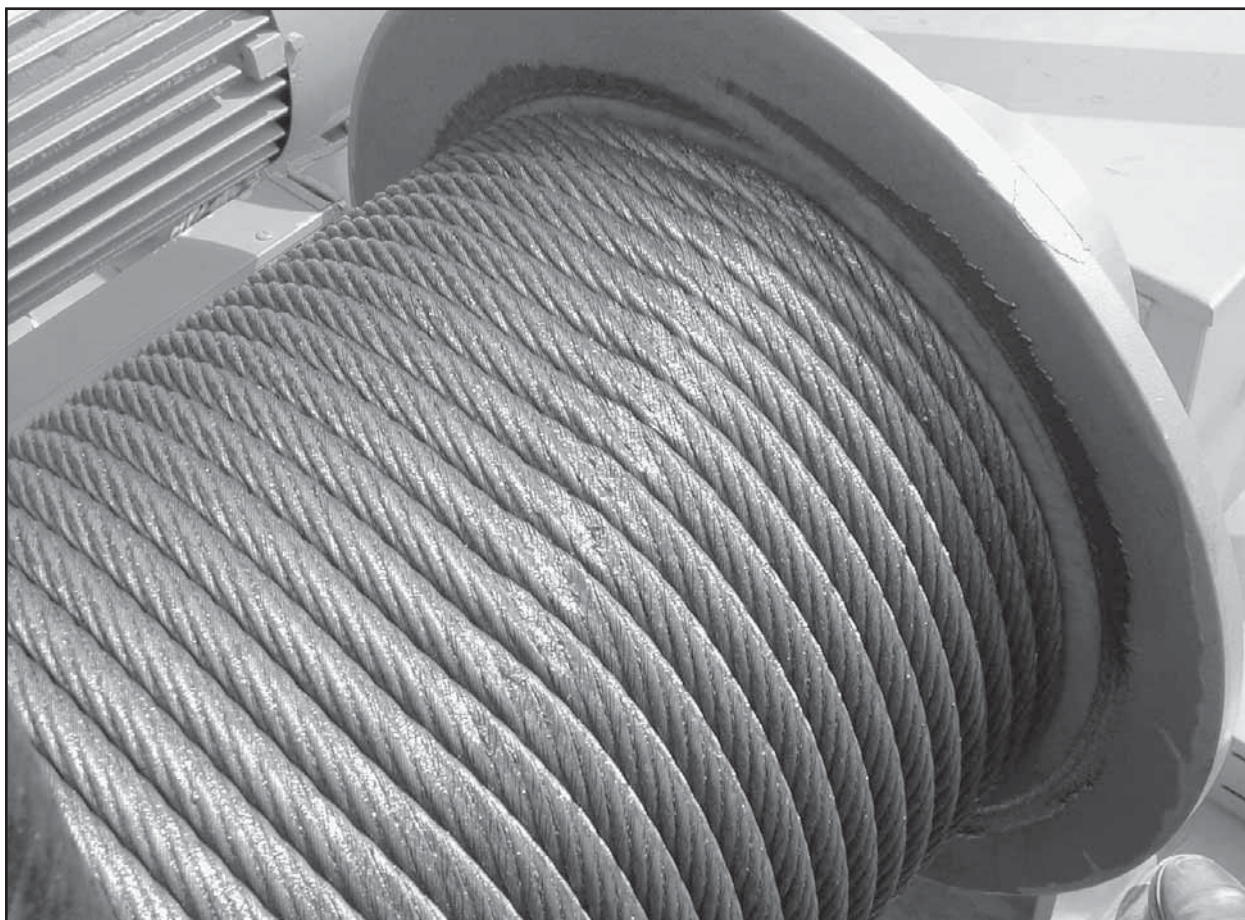
Venstre tromler skal bruke høyreslåtte ståltau. Høyre tromler skal bruke venstreslått ståltau. Overtredelse av denne regelen vil lede til ståltauvidning og strukturell ødeleggelse.

På en flerlags trommel med spesialspor, vil overkryssningssonene bli parallelle til trommelaksen. Hvis slitasje viser at overkryssningssporene kommer på skrå (figur 124), er ståltauets diameter enten for stor eller for liten i forhold til trommelens gjengestigning. Under slike forhold vil ståltauet alltid krysse over en litt for tidlig eller for sent for hver omdreining.

Hvis innfallsvinkelen fra trommelen til ståltauet er for stor, vil ståltauet enten bli

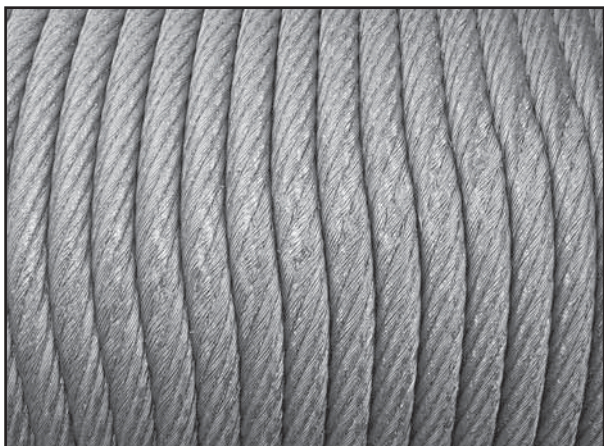
presset mot nabo viklingen (figur 128) eller mot trommelens flens (figur 130). I begge tilfellene vil ståltauets overflate bli skadet. Skade som er forårsaket av flerlagsspuling kan bli redusert ved å bruke langslått ståltau med kompakterte ytre parter. Hamret eller trukket ståltau er spesielt brukbart.

I flerlags-spuling, tromler med LeBus spor har vist seg å være overlegne til tromler med skrueformet spuling.

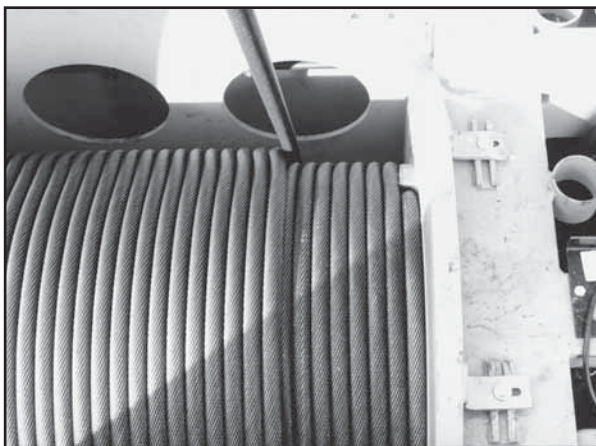


Figur 124: Overkryssningssporene som kommer på skrå, viser at ståltauet har for liten diameter i forhold til trommelens konstruksjon. Hvis overkryssningssporene hadde gått den andre veien, indikerer dette at ståltaudiameteren er for stor.

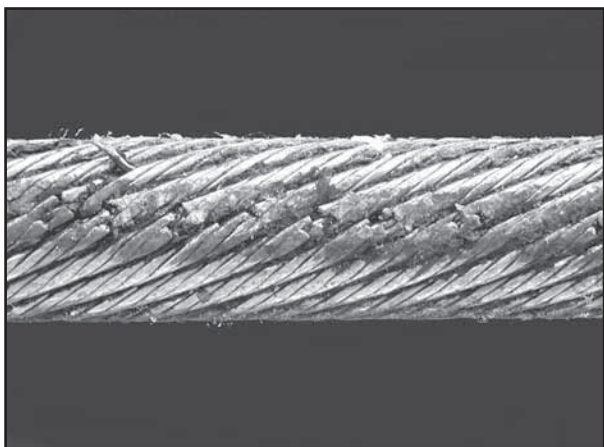
SKADE FRA TROMMELEN



Figur 125: Overkrysningsslitasje i flerlagstromler viser normalt at du bruker feil ståltaudiameter.



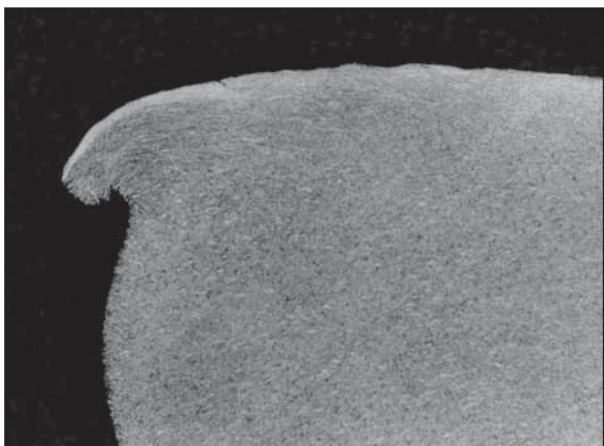
Figur 126: Dette ståltauet er spolet på en flerlagstrommel med spesial sporing. Ståltauet er i ferd med å krysse over en vinding.



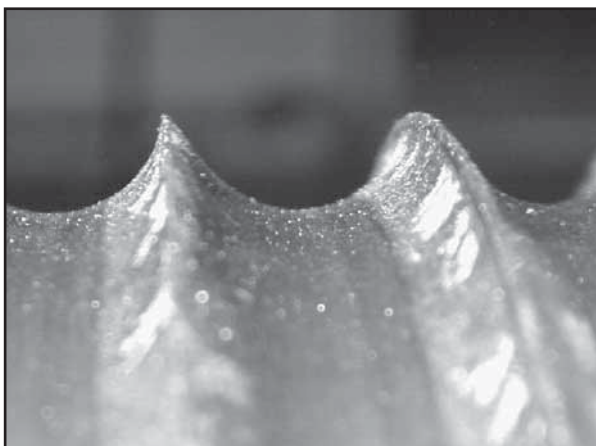
Figur 127: Typisk ståltauskade som er skapt i en overkrysningssone.



Figur 128: Innfallsvinkelen tvinger ståltauet til å presse på nabovindingen som forårsaker slitasje og vridning av ståltauet.



Figur 129: Avsliping og plastisk slitasje (se figur 7) som er forårsaket av sliping mot nabovindingen (se figur 128).



Figur 130: Hvis innfallsvinkelen får ståltauet til å presse mot trommelens flenser får vi skade både på ståltauet og trommelen.

SKADE FRA TROMMELEN

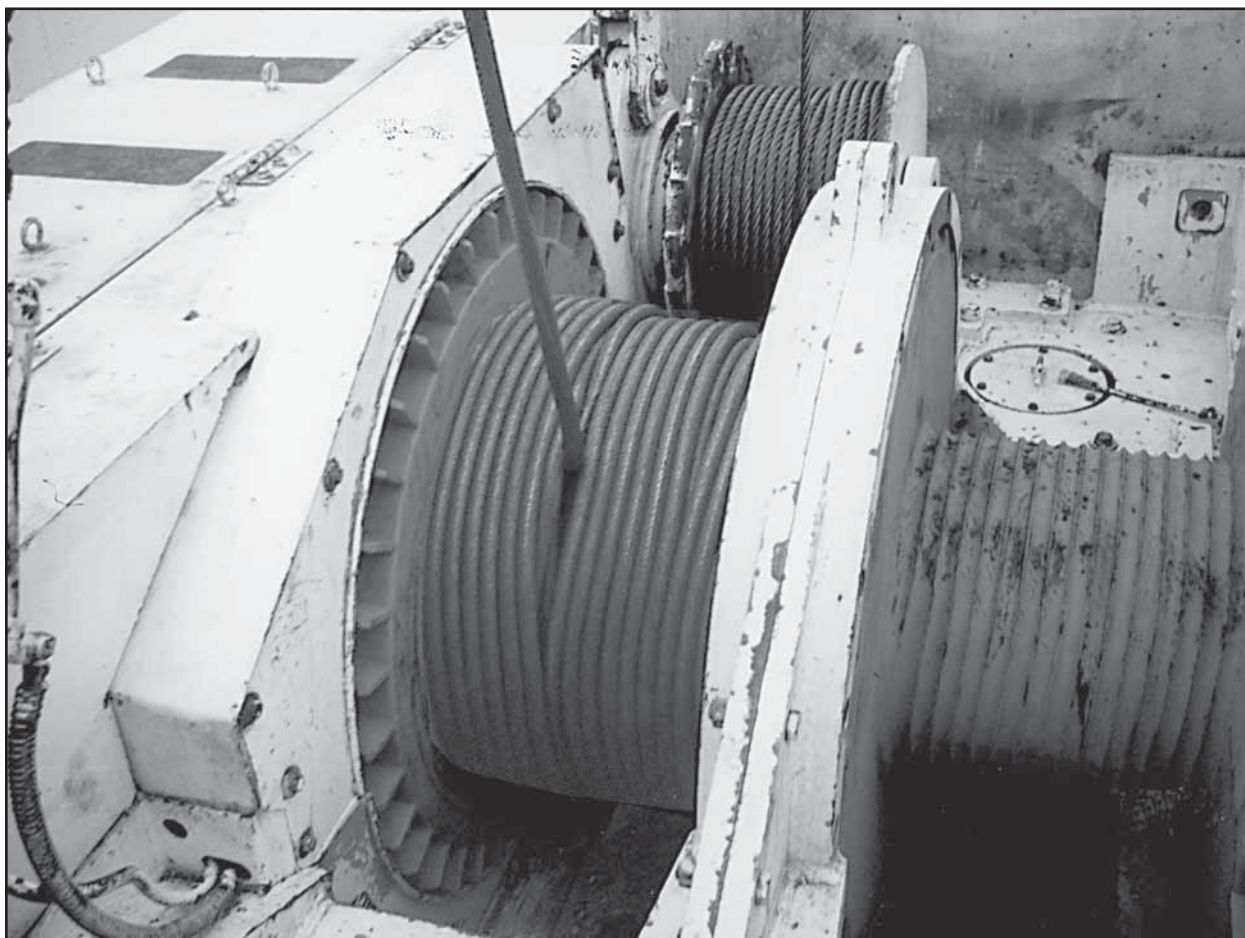
I flerlags spoling, vil en god forspenning av de innerste lagene på trommelen være en vesentlig fordel. Mangel på forspenning kan lede til alvorlig ståltauskade.

I verste tilfelle kan ståltauet under løft vikles inn mellom de lavere lagene. Ved neste låring av lasten vil kanskje ikke tauet spoles av trommelen, men låses fast slik at tauet trekker i motsatt retning (figur 131).

Under høy trekkspenning forsøker ståltauet å bli så rundt som mulig. Uten last kan ståltauet bli deformert og flatttrykt mye lettere. Øvre lag med høy trekkspenning vil alvorlig skade løse (og derfor sårbare) lavere lag (figur 132 og 133).

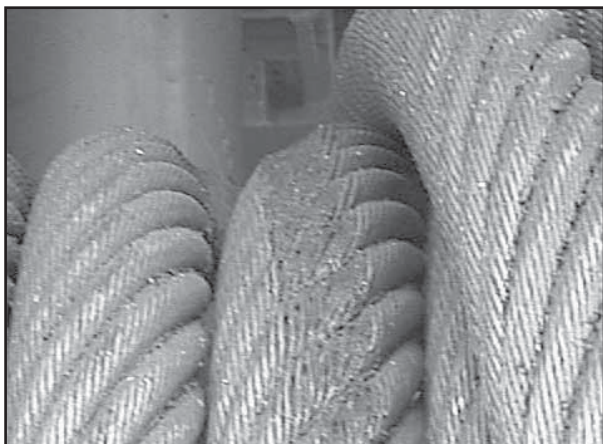
Hvis en last er festet til et ståltau, vil tauet bli lengre. Det vil legge seg stramt som det første lag på trommelen og føre til slitasje både på trommelen og ståltauet. Hvis lasten omtrent alltid er den samme vil slitasjen samle seg omkring samme sted (figur 134). For korte eller forlenge ståltauet (trommel trimming) vil spre slitasjen og bedre situasjonen.

I flerlagsspoling, små diameter forskjeller mellom to ståltau kan bli summert opp til store lengde forskjeller når de blir spolet på ellers like tromler. Derfor skal ståltau som opererer i par bli bestilt som "partilpasset" (matched pair). De skal ha veldig liten forskjell i diameter.

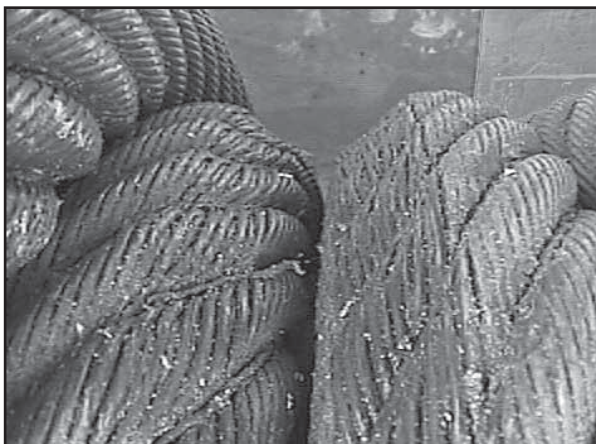


Figur 131: Dette ståltauet har blitt presset inn i et lavere lag. Det lavere laget er løsere og har mindre trekkspenning. Ved neste låring av lasten ble ståltauet låst fast og vil ikke spole av, og dermed reversere bevegelsen.

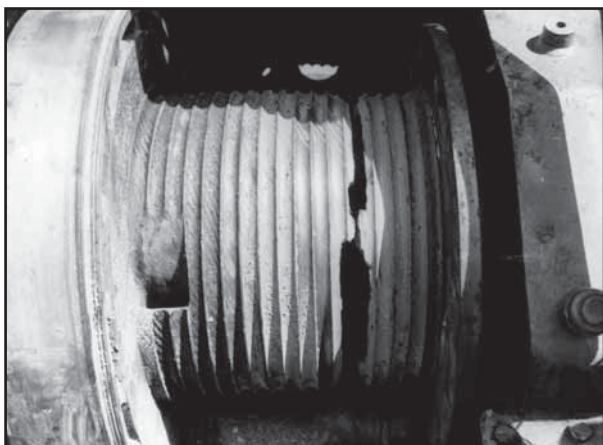
SKADE FRA TROMMELEN



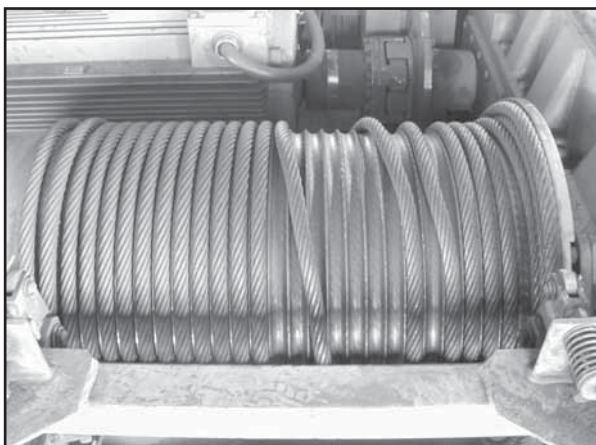
Figur 132: Dette ståltauet gjennomførte bare et løft! Ståltauet hadde høy trekkspenning og viklet seg inn i et lavere lag med lavere trekkspenning og skadet dette laget.



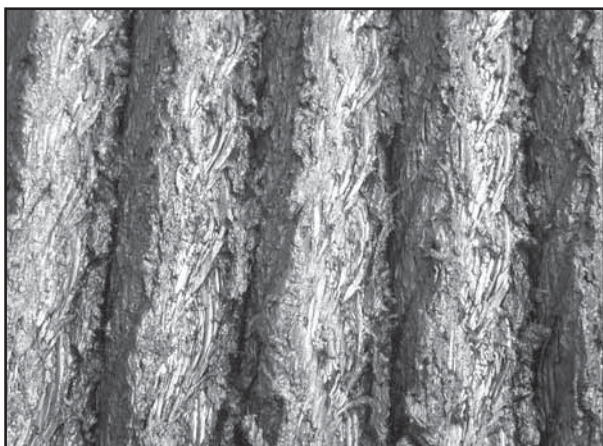
Figur 133: Dette ståltauet gjennomførte også bare et løft! Manglende forspenning forårsaket igjen at ståltauet ble ødelagt.



Figur 134: Hvis lasteoperasjonen er lik fra gang til gang, blir alltid de samme delene av ståltauet og trommelen utsatt for slitasje.



Figur 135: Ståltau- og trommelskade forårsaket avspoling over sporflensene.

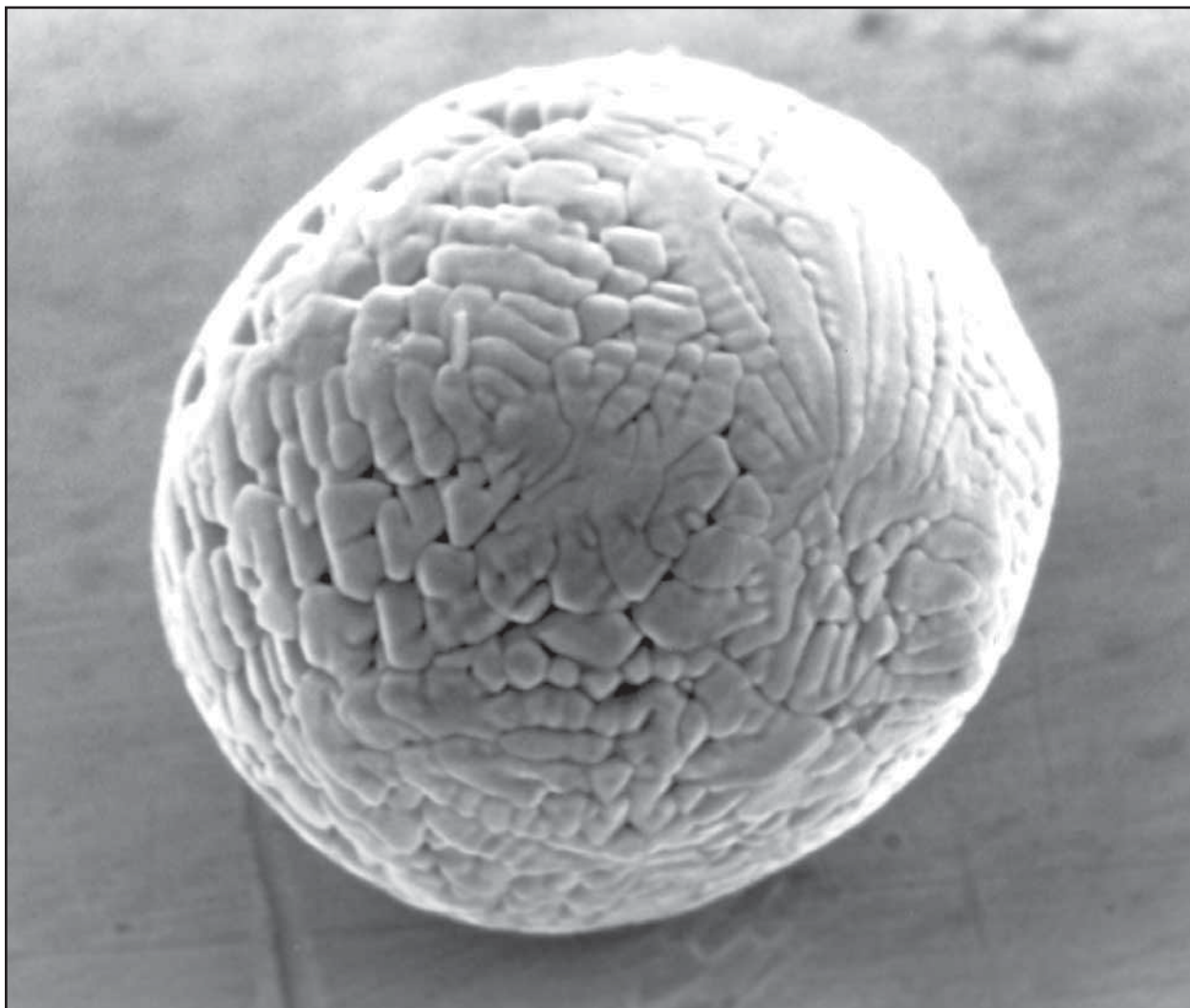


Figur 136: Ståltauskade på en flerlagstrommel. Det tok en av forfatterne lang tid på å overbevise brukeren om at...

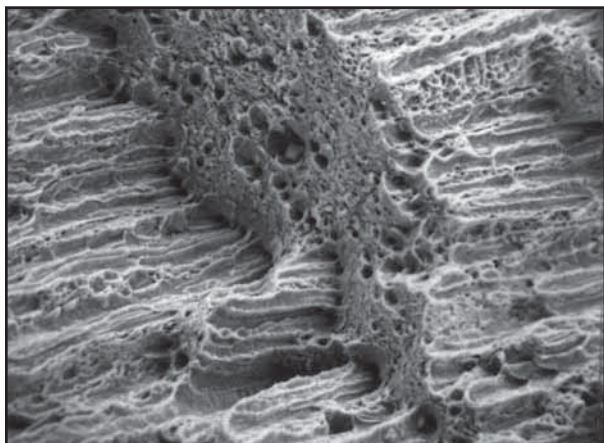


Figur 137: ...dette ståltauet måtte kasseres (se figur 136). Nærmere undersøkelse viste at hver yttertråd hadde brudd for hver tredje cm.

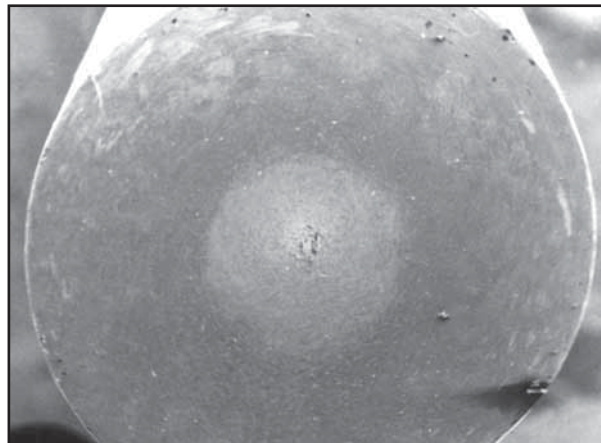
ANDRE FENOMEN



Figur 138: Mangansulfittballer i trådstrukturen er ekstremt harde og blir ikke deformert under trådens trekking. De forekommer ofte på overflaten av tretthetsbrudd, fordi trådene har en tendens til å få skade på punkter som allerede er svekket av slike inneslutninger.

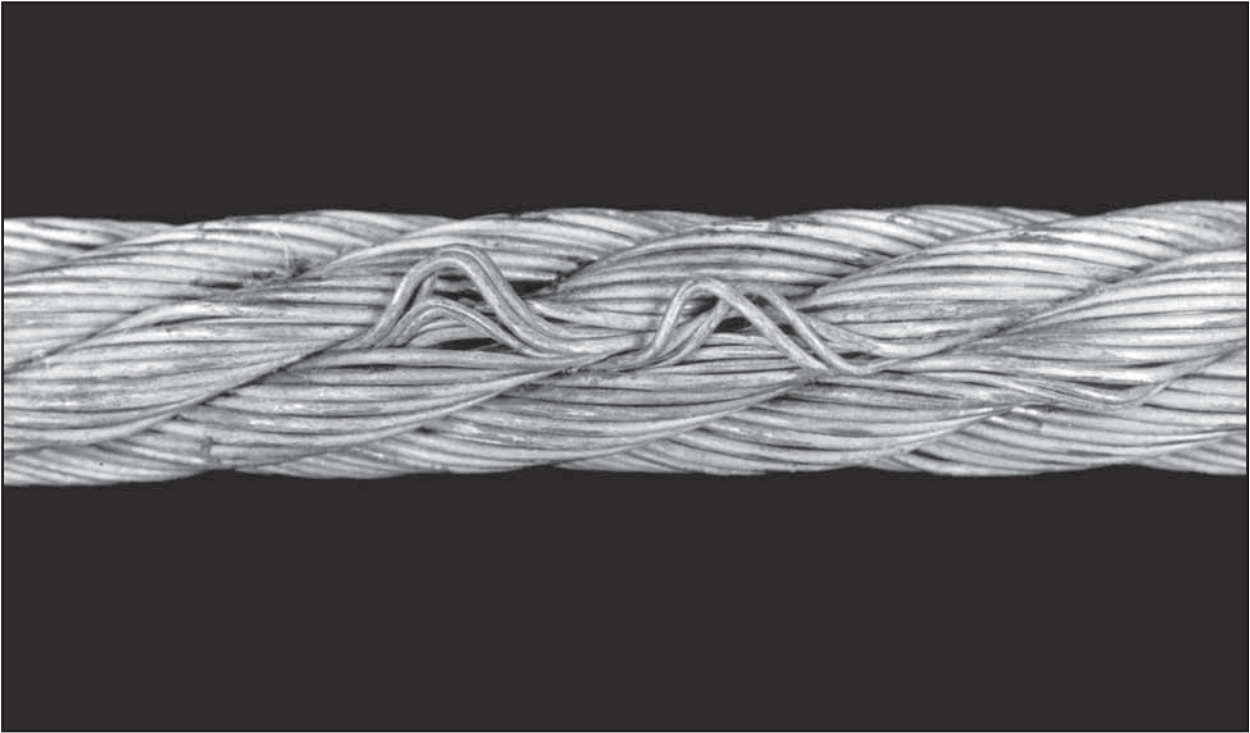


Figur 139: Bruddsonen av en tråd som er ødelagt av sterk bøyning (veldig lav syklisk utmatting) ser ut som kløyvd ved.

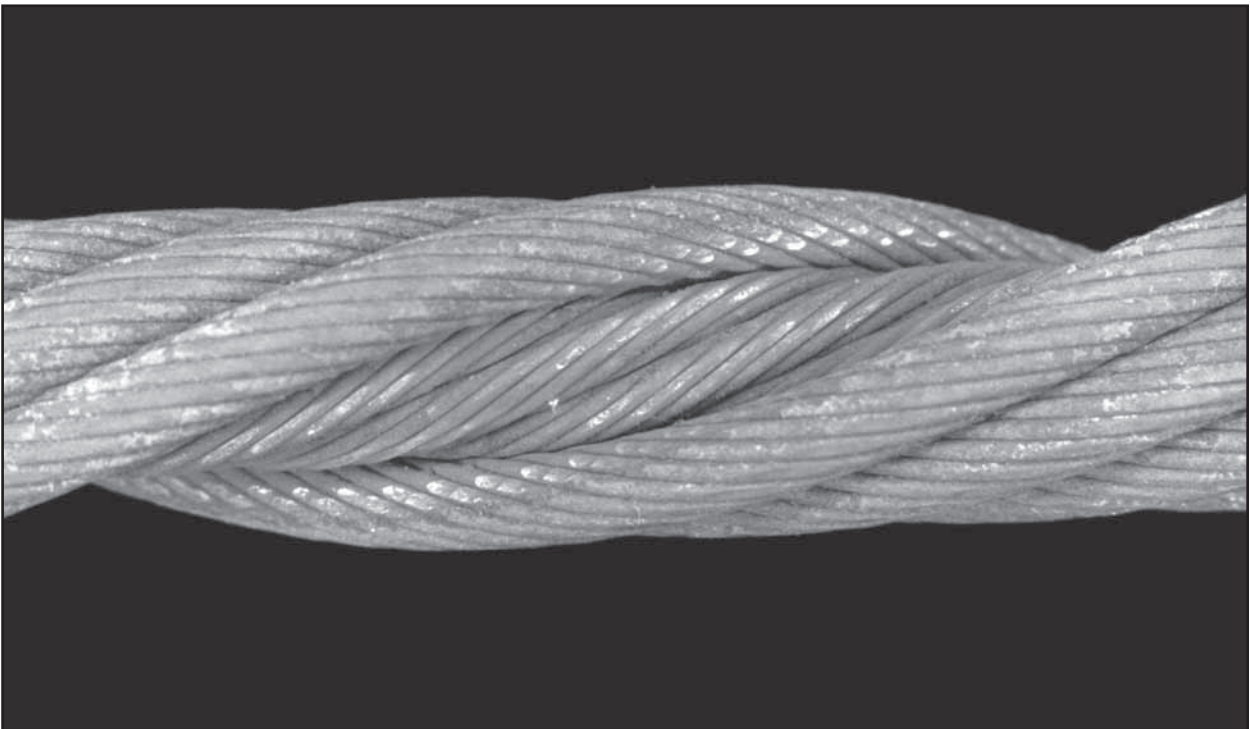


Figur 140: Bruddoverflaten av en tråd ødelagt av ren vridning ser ut som en gammel vinyl LP-plate (forgjengeren til CD-plater).

GEOMETRIFEIL



Figur 141: Løkkeformer kan bli (men kan også ikke bli) forårsaket av mangelfull klarering mellom trådene i en part. Mangel på klarering vil forhindre disse trådene fra å bevege seg relativt til nabotråden og dermed forårsake overlast og flyting (plastisk forlengelse).



Figur 142: Hvis diameteren på stålkjernen til et ståltau er for liten, vil de ytre partene ikke ha nok klarering. Partsammensmelting vil oppstå. Mangel på klarering vil redusere ståltauets livslengde betydelig.

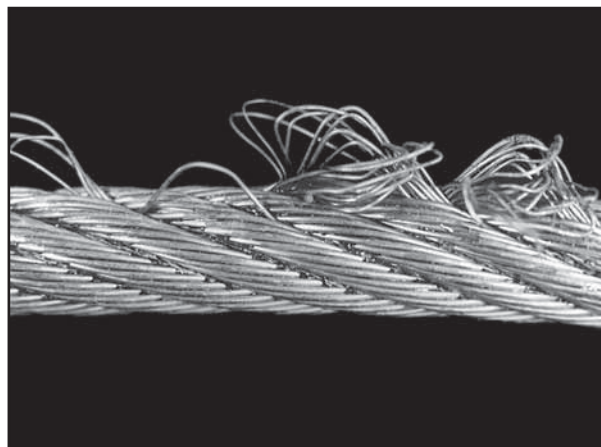
PRODUKSJONSFEIL



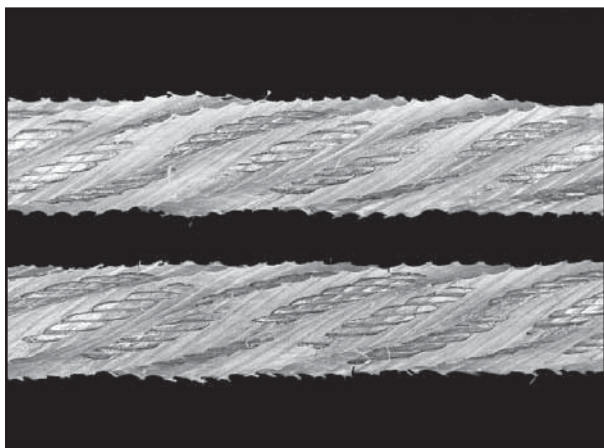
Figur 143: Produksjonsfeil når dette ståltauet ble slått. Denne slagingsfeil ble ikke oppdaget før den ble innesluttet av ytre parter.



Figur 144: Denne kordelomvikling ble ikke oppdaget under produksjon og dukket opp som en ubehagelig dekorasjon på det ferdige ståltauet.



Figur 145: En ukorrekt tilbakevridning av ståltauet har forkortet de ytre kordelene. De indre trådene, som ble lengre, ble presset ut.



Figur 146: Uengnet plastikkmateriale vil ikke gi tilstrekkelig støtte til de ytre kordelene. Vi får slitasje og det vil lede til tidlig skade.



Figur 147: I en flerlags spoling, liten diameterforskjell på to ståltau vil lede til stor forskjell i de oppspolede ståltauene.

YTTERLIGERE LESING

Dieter, G.E. Mechanical Metallurgy (SI Metric edition)
McGraw Hill ISBN: 0-07-100406-8.

Felbeck, D.K. and Atkins, A.G. Strength and fracture of engineering solids
2nd Edition, Prentice Hall, Inc USA.

Pascoe, K.J. An introduction to the properties of engineering materials
3rd Edition, Van Nostrand Reinhold, 1978 ISSN: 0 442 30233 9.

Stahl, F.L. and Garnon, C.P. Cable corrosion in bridges and other
structures ASCE Press, 1996 ISBN: 0-7844-0014-8.

Trent, E.M. The formation and properties of martensite on the surface of
rope wire J. Iron and Steel Inst. 143 (1941) 401-419.

Verreet, R. New wire rope designs for multi-layer drums
CASAR technical publication, March 2003.

Verreet, R. Steel wire ropes for cranes: problems and solutions
CASAR technical publication, January 2002.

Verreet, R. The inspection of steel wire ropes
CASAR technical publication, January 2003.

Om forfatterne

Dipl. Ing. Roland Verreet is Managing Director of Wire Rope Technology
Aachen and Vice President of OIPEEC • E-mail address: R.Verreet@t-online.de
Website: www.ropetechnology.com or www.seile.com

Oversettelse: Terje Kindt-Lien, Knut Dorsey og Ove Weisæth fra Kranteknisk fore-
ning (KTF). E-post adresse: servicekontoret@tfsk.no Website: <http://www.ktf.no>

Copyright

© 2006 PR GmbH, Aachen, Germany. First edition May 2005. Layout and typesetting:
Roland Verreet and Alexander Frings, PR GmbH, Aachen. Cartoon by Rolf Bunse, PR
GmbH. Photographs by Roland Verreet and Klaus Turotzi unless otherwise stated.
Reproduction, in whole or in part, only with the written permission of PR GmbH.



NORWEGIAN SOCIETY OF LIFTING TECHNOLOGY
Phone: + 47 67 52 60 25 Fax: + 47 67 52 60 11
<http://www.ktf.no>



CASAR

CASAR DRAHTSEILWERK SAAR GMBH
Casarstrasse 1 • D-66459 Kirkel • Germany
P.O. Box 1187 • D-66454 Kirkel • Germany
Phone: + 49 6841 / 8091-0
Phone Sales Dept.: + 49 6841 / 8091-350
Fax Sales Dept.: + 49 6841 / 8091-359
E-mail: sales.export@casar.de
<http://www.casar.de>