



Stålarbeid ved restaurering av verneverdige skip

Utskifting av hudplate



Prosjektrapport

Bredalsholmen Dokk og Fartøyvernsenter,
oktober 2006



Stålarbeid ved restaurering av verneverdige skip

Utskifting av hudplate

prosjektrapport

Rapporten er utarbeidet av
Ivan Høgeli, Trygve Larsen, Bjørn Nesdal
Sigbjørn Telstø og Svein Vik Såghus.

Prosjektet har mottatt økonomisk støtte av
Norsk handverksutvikling - NHU
og ABM-utvikling

Bredalsholmen Dokk og Fartøyvernsenter, oktober 2006

Dokumentasjonsrapport

Prosjekt BDF: 52110 Dokumentasjon – restaurering av verneverdige fartøy

© Copyright: Bredalsholmen Dokk og Fartøyvernssenter og forfattere

Innhold

1. Innledning.....	3
2. Demontering.....	4
Utbrenning av nagle ved bruk av oksygen og acetylen.....	5
Hudplaten er løs - klargjøring før maltaking.....	6
3. Maler /maltaking	8
Bruk av malbord.....	9
Andre former for maltaking	10
Fra mal til plate	11
4. Bearbeiding	12
Dimensjonering av plate.....	12
Brenning av plate	13
Hulltaking.....	13
Forsenking i hudplate	14
Vektangivelse	15
5. Montering	16
Skjøteribbe	18
6. Klinking.....	19
Nagler	20
Forarbeid	22
7. Dikking.....	28
Arbeidsprosessen.....	29
8. Testing.....	31
9. Kilder.....	32

1. Innledning

Stålarbeid ved restaurering av verneverdige fartøy på antikvarisk grunnlag, ble igangsatt som et eget prosjekt ved Bredalsholmen Dokk og Fartøyvernssenter i 2004. Mandatet for prosjektet, følger som vedlegg til denne rapporten.

Prosjektets hoveddel skulle resultere i en skriftlig og illustrert rapport over de ulike arbeidsprosessene ved restaurering av verneverdige skip. Handlingsbåren kunnskap som ikke er omfattet av generelle lese- og instruksjonsbøker, skulle særlig vektlegges. Vi har gjort et utvalg, i henhold til dette, og vil i denne rapporten ta for oss arbeidsprosessene ved utskifting av hudplater i klinkede jern- og stålskip. I følge mandatet, skulle vi utarbeide beskrivelser av de håndverksprosedyrer som er i bruk ved BDF i dag, før vi gikk videre i undersøkelser av andre kilder. Å skille dette arbeidet i to prosesser har vært vanskelig, ettersom BDFs metoder langt fra er entydige. Vi mener faktisk det ligger en motsigelse mellom mandatet og opprettelsen av selve prosjektet, ettersom prosjektet ble initiert blant annet fordi BDF ikke hadde entydige metoder i restaureringsarbeidet.

Vi startet prosjektet med en datainnsamling. Vi intervjuet tidligere arbeidere ved Bergens Mekaniske Verksted og Kristiansands Mekaniske Verksted. Vi innhentet også faglitteratur om emnet. Opplysningene fra kildeinnsamlingen ble siden vurdert i forhold til eget erfaringsgrunnlag, basert på den opplæringen som tidligere er gitt ved BDF. I det videre arbeidet, valgte vi å dele arbeidsprosessen i deloperasjoner. Vi fordelte skrivearbeidet mellom prosjektmedlemmene, men beholdt plenum som et korrigerende forum.

Når det gjelder litteratur om skipsbyggingsfaget inntil sveising overtok som metode, er omfanget svært begrenset. Vi har en mistanke om at NTNU i Trondheim, som utdannet skipsingeniører den gang klinking var gjeldende metode, kan ha en del upublisert materiale, blant annet i form av forelesningshefter. Vi har imidlertid ikke lyktes å få tak i slikt materiale og foreslår at en ved videreføring av prosjektet setter av ressurser til en nærmere undersøkelse i NTNUs bibliotek og eventuelt arkiv, dersom dette skulle være tilgjengelig.

Som det fremgår av mandatet, skulle en del av prosjektet, være en videodokumentasjon for et allment publikum. Videoproduksjonen skulle foregå i samarbeid med DS Hestmanden. Dette var en ide som var basert på at det fantes en del tilgjengelig materiale om skipsbygging i DS Hestmandens eie. Dessverre var ikke materiale i en slik form at det kunne brukes innenfor prosjektets rammer.

I rapporten har vi valgt å sette metoder og verktøy inn i en historisk sammenheng. Ettersom arbeidsmetoder, både historisk og i samtiden har variert, har vi vurdert ulike alternativer. Men mellom mulighetene har vi presentert en fremgangsmåte som vi mener det er hensiktsmessig å følge ved våre restaureringsoppdrag.

2. Demontering

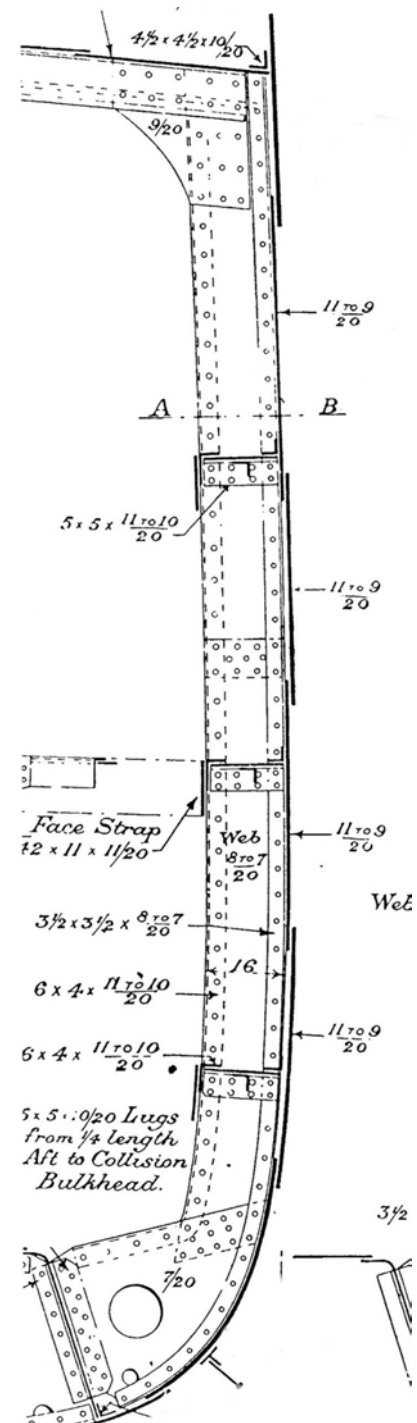
Ved demontering av klinkede forbindelser, må naglene fjernes for å få konstruksjonsdelene fra hverandre. Ved restaureringsarbeider er det særlig viktig at demontering foregår på en skånsom måte. Selv om demonterte plater, eller andre konstruksjonsdeler ikke skal brukes om igjen, vil de i noen tilfeller fungere som mal for tillaging av nye deler, og under alle omstendigheter vil de kunne være en nyttig referanse, inntil ny del er klinket på plass. Det kan for eksempel være behov for å vende tilbake til originalen for å kontrollere en detalj som plasseringa av vannlinje eller feil som kan ha oppstått. Naglene må derfor fjernes på en måte som i minst mulig grad endrer på øvrige konstruksjonsdeler.

En kunne tenke seg en like skånsom håndtering av naglene, at også disse skulle behandles som referansedeler ved gjenoppbygging. Ettersom en slik demontering ikke lar seg gjøre etter vanlige metoder, må imidlertid de mer standardiserte naglene, vanligvis vike til fordel for plater og spant. Det skal likevel nevnes at vi i visse tilfeller har valgt å brenne rundt naglen, for å få denne hel ut for nærmere granskning. Dette ble for eksempel gjort da vi oppdaget skrunagler i en konstruksjon med vanskelig tilkomst på Hestmanden.

Ved brenning av nagler brukes oksygen- og acetylgass. Skjærebrenning med disse gassene ble første gang gjort i 1904. Også tidligere hadde man kunnet brenne stål med gass, men med oksygen- og acetylgass oppnådde man høyere temperatur, og fikk rene flater. Sveising med oksygen- og acetylgass ble innført i norsk skipsbyggingsindustri fra om lag 1920 og utover. En må anta at skjærebrenning som baserte seg på den samme teknologien, kom i bruk samtidig.

Før gassflammens inntreden i verftsindustrien, ble naglene meislet ut. Hode ble slått av med meisel og den gjenstående delen ble slått ut med dor. Meisling av nagler er en effektiv metode, men krever en kompetanse vi foreløpig ikke har klart å etablere ved BDF.

Vi kan også fjerne nagler ved boring, men metoden er mer tidkrevende enn brenning. Dersom en vil unngå gnistrein fra skjærebrenneren vil boring være å foretrekke.



Snitt av skrogside. Konstruksjonsdelene er målsatt etter et system som i dag virker relativt komplisert. Dette peker på behovet for å bedre vår evne til å forstå eldre tegningsmateriale.

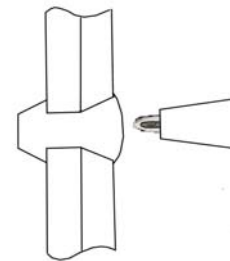
Utbrenning av nagle ved bruk av oksygen og acetylen

Før brenneren tennes, må arbeidsområdet reingjøres. Rust og maling må bort for å få minst mulig oppvarmings-tid på naglehodet. Dersom oppvarmingen tar for lang tid, vil varmen spre seg unødige fra nagle til stålplate. Verktøy som nålepikke, hammer og dørslag, det vil si dor med skaft, også kalt skaftedor legges frem. Brenning av nagler er dessuten varmt-arbeid, så sikkerhetsprosedyrer for dette skal følges. Det brukes brennbriller/ beskyttelsesmaske, skinnjakke og hansker. For skjærebrenneren brukes brennspiss etter nagledimensjonen og oksygentrykk tilpasset denne.



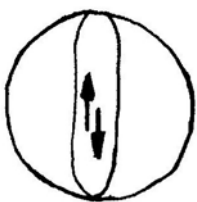
Plate i Hestmandens akterende brennes ut

Det vanligste startpunktet for brenning, er naglens oppklinkede ende. En må sørge for å bruke et tilpasset lavt trykk ved brenning, veiledende 2,8 kilo. Man varmer opp naglen ved å holde brenneren ca 15 mm fra sentrum på naglen. Når senter av naglen får en gulhvitt farge, det vil si at temperaturen nærmer seg 1200°, begynner man og blåse lett, mens man trekker spissen bort fra naglen samtidig som man øker blåsing. (Skisse 1) Avstanden vil nå kunne være ca. 25 til 50 mm, alt etter størrelse på naglen. Der det i noen tilfeller er vanskelig å se naglen, varmes nagleområdet lett for og få frem konturene.

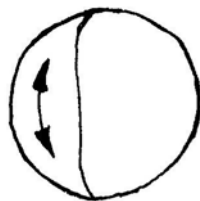


Skisse 1: Forsenket nagle vist i snitt med brennerens bevegelser inntegnet

Først blåser man en stripe over midten av naglen. (Skisse 2). Så blåser man den halvdelen av naglen som er lengst bort fra operatøren ut med halvmåneformede bevegelser (Skisse 3). Dette medfører at det blir mindre brennesprut på operatøren. Deretter brennes den siste halvdelen. (Skisse 4) Det må fjernes så mye av naglen som vist på skisse 5. Man kan nå dore ut den gjenstående delen ved bruk av et dørslag. (Skisse 5) Dersom naglen ikke løsner, må man brenne dypere i hullet. Man risikerer da å ødelegge forsenkningen. Hullet må i så fall repareres, enten med pålagt sveis, eller bores og forsenkes, tilpasset en større nagle.



Skisse 2: Forsenket nagle vist fra utsiden med brennerens bevegelser inntegnet

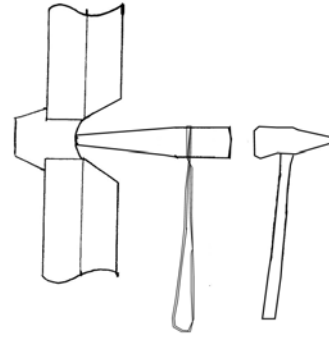


Skisse 3: Forsenket nagle vist fra utsiden med brennerens bevegelser inntegnet



Skisse 4: Forsenket nagle vist fra utsiden med brennerens bevegelser inntegnet

Det er viktig at varmen som tilføres naglen er så liten som mulig. For mye varme kan resultere i varmeoverføring til plate, med skadet forsenkning, som resultat. Dette vil kreve reparasjon, samt vanskeliggjøre maltaking. I tilfeller der naglen blir for varm, kan det svare seg å avbryte brenningen og fortsette på neste nagle. Når en avbryter brenningen av en nagle går man tilbake til denne når den er avkjølt.



Skisse 5: Dørslag for utslagning av resterende del av nagle

Det er også mulig å brenne ut naglen fra setthodets ende. Man kan da varme naglen fra siden og fjerne alt som stikker utenfor platen. Alternativt kan man varme naglen midt på naglehodet og deretter blåse mens man roterer rundt naglens senter. Når naglehodet er borte, og hulllets kanter trer frem, dorer man ut naglen.

Flere platetykkelser

Ved bruk av ikke forsenket nagle eller bruk av forsenket nagle med mer en 2 platetykkelser, kan saksing av platene forekomme. Dette kan føre til at naglen blir sittende fast etter brenning av hode eller forsenkning. Man er da nødt til å brenne dypere i hullet. Deretter prøver man igjen og dore ut naglen. Hvis dette ikke går, gjentar man prosessen. Ved mange platetykkelser og naglen stadig sittende fast, må man brenne den ut med vanlig skjærebrenning. Man varmer da midt på naglen, brenner gjennom, og brenner så i sirkler til man kommer ut til hullkanten. Til slutt dores restene av naglen ut. Doringen kan gjerne foregå mens naglen er varm, etter som den lettere kan formes og dores løs fra saksede kanter.



Platesammenføyninger med flere eksempler på saksing mellom platene

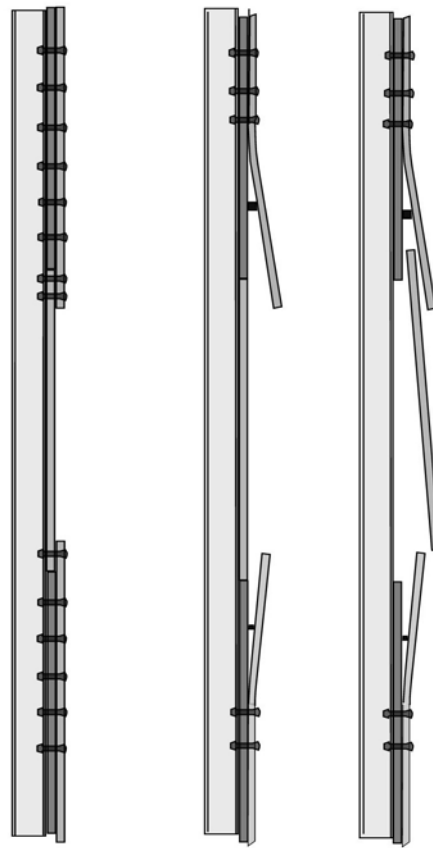
Hudplaten er løs - klargjøring før maltaking

Ytterplatene vil være løse så snart naglene er ute. Demontering av innerplate vil imidlertid være noe mer arbeidskrevende. I tillegg til naglene i platen som skal skiftes, må det brennes ut nagler i tilstøtende plater. I plategangene over og under må det brennes ut to eller tre nagler nærmest nat i hvert spant. For og aktenfor støt i begge nat brennes det ut 3 eller 4 nagler. Det kiles en åpning mellom plate og spant, slik at gammel plate kan tas ut.

Når platen er demontert, må gjenstående plater og andre konstruksjonsdeler klargjøres for montering av ny plate. Alle flater som skal ligge an mot ny plate må reingjøres. Ettersom overflatene ofte er ujevne på grunn av tæring, vil nålepikke være velegnet til reingjøringen. Dette er dessuten et verktøy som er skånsom mot det gamle materiale. Slipeskive som alternativt kan brukes, vil ikke ha god nok effekt i gropene, og vil lett kunne skade

originalmaterialet. Eventuell skjøteribbe, kiler og mellomlegg må også reingjøres, og dersom tæring har forårsaket for stor tykkelsesreduksjon, må de fornyes.

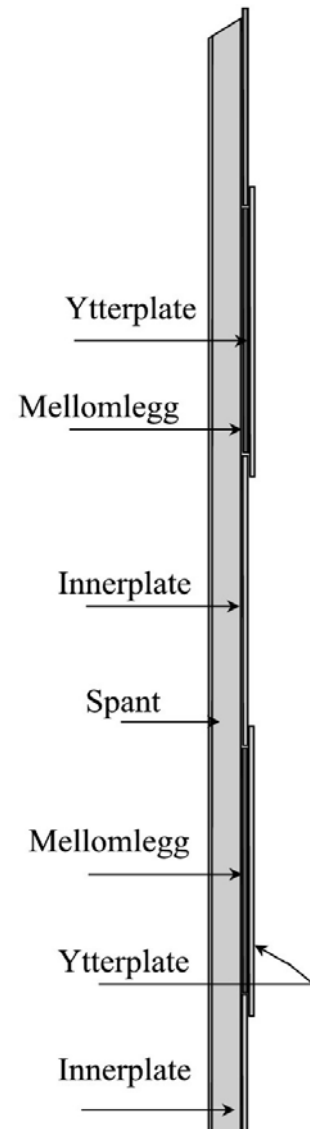
Når flatene er reingjort må platekanter som har vært dicket prepareres, slik at det oppnås en tilfredsstillende dikkekant mot den nye platen. Deformasjoner skal meisles eller slipes bort (se illustrasjon). Dersom avstand mellom naglehull og platekant er for snau, (min. en naglediameter) må man påleggsveise, eventuelt vurdere å skifte platen.



Demontering av innerplate

Tæring kan nødvendiggjøre reparasjon av platekant med påleggssveis, eller innfelling i gammel plate, for å oppnå en tilfredsstillende dikkekant. Hvilken løsning en velger vil være avhengig av antikvariske og økonomiske forhold.

Tæring i stålet, eller dårlig tilpassing mellom hull i to konstruksjonsdeler, kan føre til utette nagleforbindelser. En løsning er å reparere utilfredsstillende hull med sveis. Alternativt kan en gå opp i nagledimensjon for dermed å oppnå en bedre tilpassing. Alle rengjorte, bearbejdede flater, påføres primer.



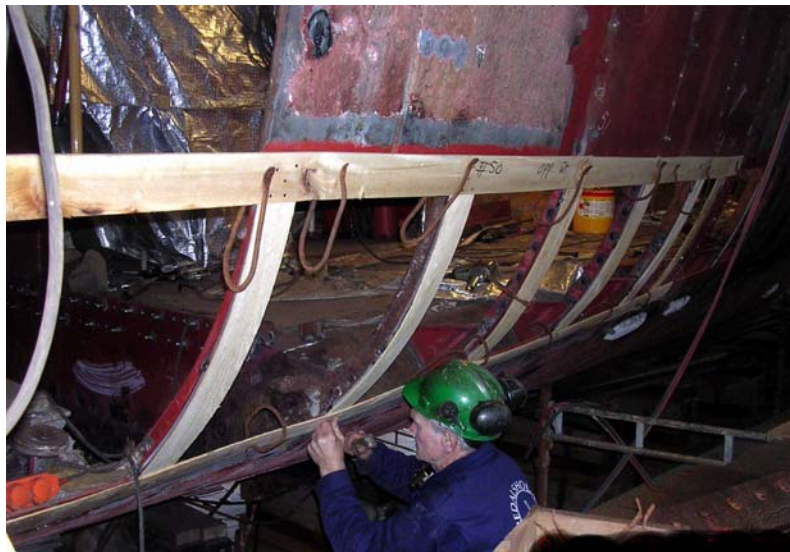
Snitt i skuteseide



Platekant etter dicking. Skravert felt må meisles eller slipes bort

3. Maler /maltaking

Ved skifting av hudplate er det nødvendig å benytte mal for å få form og krumming lik den originale delen, samt å få hull og andre tilpasninger korrekt. I mange tilfeller kan den demonterte platen brukes som mal. Den må da være i så god tilstand at form og struktur er bevart. Krumming etter skrogformen må heller ikke være for stor, for å få overført målene direkte til det nye emnet. Store og tunge plater er dessuten uhåndterlige, og veien om en tillaget mal kan derfor være langt enklere. I de tilfeller hvor den gamle platen



Malbord festet med malklyper for tillaging av mal for hudplate

benyttes som mal, skal en være særlig oppmerksom på at deformasjoner i platen, kan gi utslag på platekant og naglehull. Buler i platen bør derfor brennes ut før en overfører målene til det nye emnet. En skal også være oppmerksom på at hull kan være vinklet skjevt i originalplaten for at den skal passe mot spantehullene, noe som vil gjøre direkte overføring vanskelig. Dessuten må en ta hensyn til at originalplaten kan ha detaljer en ikke ønsker å kopiere til den nye platen.

Velger en å gå veien om en egenprodusert mal, vil mal av malbord være det vanligste. På mindre deler kan en likevel med fordel bruke hel malplate når en ønsker å overføre mange detaljer, og mal av rundtjern dersom det skal overføres mye krumming, særlig ved dobbelkrumming. En rundtjernsmal sveises av rundtjern, formet etter skrogets krumming.

Ved nybygg kunne maltakingen effektiviseres ved at samme mal ble brukt på en rekke plater med relativt lik form. Malen ble da ikke formet nøyaktig etter hudplatens ytterkant. Den skulle helst falle innenfor omrisset av hudplaten. Den endelige ytterkanten ble da angitt ved måltaking fra ei linje på malen. Ved restaureringsarbeid blir det laget mal for hver plate som skal skiftes og hudplatens form overføres derfor til malen med stor nøyaktighet.

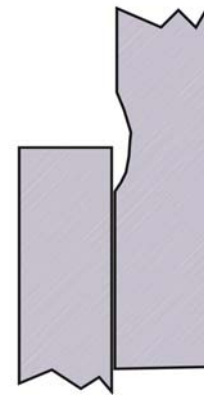
Maltaking er ikke bare forbeholdt reparasjonsarbeide hvor plater skal kopieres og erstattes med nye. Ved stålskipsbygging på bedding, ble skrogets deler forarbeidet i plateverkstedet før montering på beddingen. Merking, valsing, bøying og hulltaking ble gjort etter maler som var produsert på merkeloft, og senere ved overføring via optisk merketårn. En stor del av maltakingen ble også gjort på byggestedet, særlig ved maltaking av ytterplater og plater med mye krumming. For å overføre gjentakende konstruksjoner ble det gjerne brukt sjablone/mønstermal. Nøyaktige maler var avgjørende for både effektivitet og kvalitet når nye skrog skulle bygges.

Før maltaking av ytterplater og plater med vekslende overlapping, er det viktig at kiler og mellomlegg er montert på plass. Dermed vil malen få rett krumming når den ligger tett an mot hudplater og spant. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 5 om montering.

Bruk av malbord

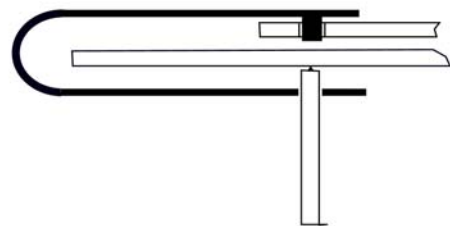
Som malbord brukes et tremateriale som er motstandsdyktig mot sprekkdannelser og derfor tåler bøyning og spikring. Lind er et velegnet og ofte brukt materiale. Tykkelse velges av hensyn til belastninger ved bruk og tillaging. Malen skal tåle transport og bevegelse, men samtidig være så tynn at den gir etter for platens krumming og platekantens bue. En dimensjon på 100 x 4-7 mm, er ofte velegnet.

Vi starter med å feste malbord med malklyper slik at malbordets ytterkant angir hudplatens lengde og bredde. Ytterplater skal senere dikkes, Det er derfor viktig at mal angir riktig bredde. Tæringer som vist på skisse kan vanskeliggjøre dikkearbeid hvis plate er for bred. Også for innerplater er det viktig at bredde er korrekt. Dersom den blir for bred, vil den støte mot kiler eller mellomlegg.



Tæringer som vil kunne vanskeliggjøre dikkearbeidet

Når ytterkantene er angitt, spikres malbord på alle spant, ribber, livholt og lignende slik at alle hull kan merkes på mal. Malstiften må ha en lengde som gjør at den bøyes når den er slått gjennom malbordene. Det brukes et mothold for å få bøyd spikeren og få sammenføyningen i klem. Under spikring trekkes malbordene slik at malen sammenfaller med kurvingen i tomrommet etter den demonterte platen. Er kurvene for store kan det være nødvendig og skjære til eller skjøte malbordet.



Overmerker for avmerking av naglehull

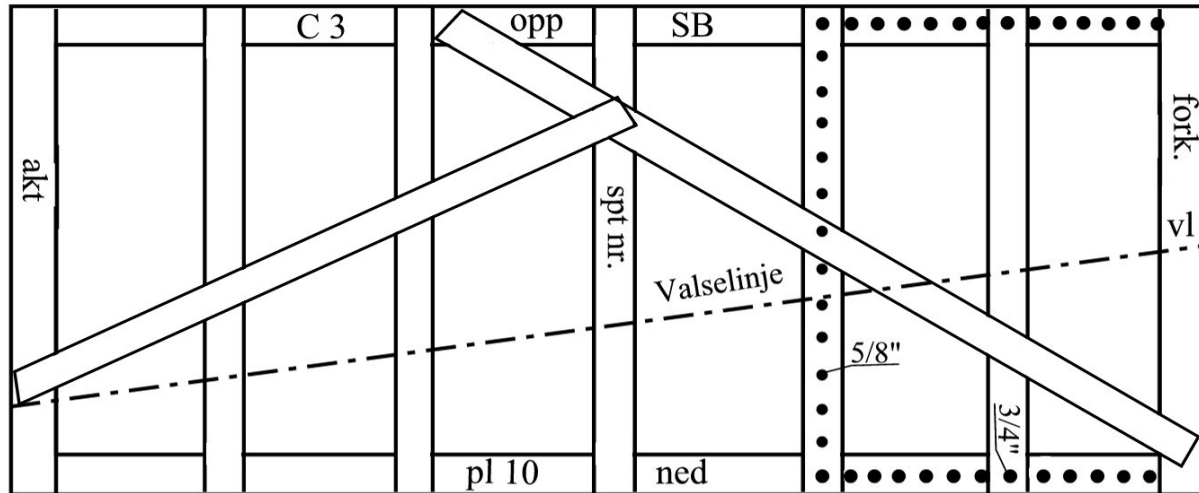
På malen merkes platenummer, styrbord- eller babord side, for- og akterkant, opp- og nedside, samt spantenummer. Alle hull i platekanter, spant, ribber med mer, merkes også av, med hulldiameter og opplysninger om hvilke hull som skal forsenkes. Hull kan enten merkes av i senter med blyant eller tusj, eller det kan benyttes et merkerør som passer nøyaktig i hullene. Det brukes da farge på enden av røret for å merke hullets omriss av på malen. Alternativt kan det benyttes en overmerker for avmerking av hullet. Dersom det er plater med vannlinje som skal fornyes, bør også denne merkes av.



Bruk av valsemal

Skal platen krummes, brukes ei snor eller et malbord som rettholt, for å finne valselinjen. Ved enkel krumming er valselinje ei rett linje som tangerer alle spant og angir valseretningen.

Valsemal brukes for å overføre spantenes krumming til platen som skal produseres. Valsemaler lages oftest av malbord. Andre materialer nyttes hvor krumming gjør malbord uegnet. Det er vanlig å lage 2 maler for valsing av hudplate. Man velger et spant i akterkant og et i forkant på platen. På større plater kan en eventuelt øke antall malbord. Malbordets lengde skal tilsvare platebredden. Spantets bue tegnes av på malbordet som skjæres nøyaktig til, og



Mal av malbord, påtegnet relevante opplysninger

merkes med platenummer, styrbord- eller babord side, opp og ned samt valselinje. Valselinje merket på plate og valsemal sikrer at mal plasseres riktig under valsing.

Andre former for maltaking

Mal av hel plate skal vi ikke gi større oppmerksomhet her, annet enn å nevne at dersom det er mange detaljer som skal overføres fra original plate til nytt emne, vil malbord være mindre egnet. Ved mal av hel plate kan en merke av detaljer hvor som helst på malen. Den vil imidlertid være vanskeligere å forme etter hudplatens kuring og krumming og derfor lite anvendbar på skroget.



Dersom krumningen blir så stor at også malbord blir for stive kan en gå over til å bruke mal av rundtjern.

Overføring av krumming fra rundtjernsmal til plate

Rundtjernet, som kan ha en diameter på 5-6 mm bøyes, om nødvendig med varme, inntil skroget. Ytterkantene bøyes til av fire emner og sveises sammen, slik at den ferdige malen vil angi platens ytre mål. Ytterligere maltaking av krumningen gjøres ved å forme til og sveise på rundtjern, for eksempel et for hvert spant mellom natekantene.

En mal for hudplater, som følger den nøyaktige krummingen på skroget, kan også brukes til valsemal, og i flere tilfeller er dette å foretrekke frem for å lage egne valsemaler. Mal av rundtjern egner seg ikke til å overføre hull i nat og spant, og heller ikke andre detaljer fra original til ny plate.

Fra mal til plate

Når malen er ferdig skal alle opplysninger på malen overføres til ny plate. Malen spennes fast på det nye emnet med tvinger. Malens ytre mål merkes av på det som skal bli ny hudplate. Overføring av senter hull gjøres ved hjelp av en malkjørner. Denne blir slått gjennom senteret for hvert hull i malen. Dersom malbordene er av en kvalitet eller tykkelse som gjør at de sprekker ved kjøring kan man bore med 3-4 mm bor i senter av alle hull, før kjøring. Til slutt overføres alle øvrige opplysninger på malen til det nye emnet. I de tilfeller hvor demontert plate benyttes som mal, merkes hullene av med en senterkjørner. Denne har en ytre diameter som tilsvarer naglehullet og en kjørnespiss i senter.



En egnet malkjørner for malbord er slank, for å unngå sprekke-dannelser i malbordet

Når malen er fjernet, kan det være nyttig å markere alle kjørnemerker ved å tegne en ring rundt merket. Dette gjør det enklere å se om kjørnemerker mangler, og det vil lette arbeidet når platen skal lokkes eller bores. Rundt kjørnemerket vil det ha dannet seg en forhøyning som gjør det vanskelig å treffe senter i lokkemaskinen. Kjørnemerkeene kan derfor med fordel bores opp med et lite bor, slik at lokketappen lettere treffer senter.



Senterkjørner for merking direkte fra original-til ny plate

Malen bør bevares for kontroll til den nye platen er montert. I likhet med den originale platen vil også malen kunne fungere som referanse ved tilpasninger og detaljoverføring.

4. Bearbeiding

Det nye emnet som vi har avmerket fra malen, skal bearbeides til ny hudplate. I verftsindustrien ble arbeidet utført i verkstedenes velutrustede platehaller, med en maskinpark som kunne bearbeide materialene på en rasjonell måte for senere sammenstilling på bedding. Sammen med utviklingen av elektriske motorer ble det utviklet nye typer bearbeidingsmaskiner for valsing, bøyning, boring, lokking, jogling, skjjeving, klipping og høvling. Det ble også utviklet brennemaskiner og pressverktøy.

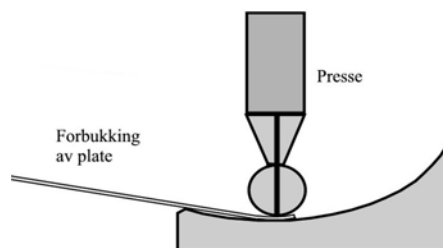
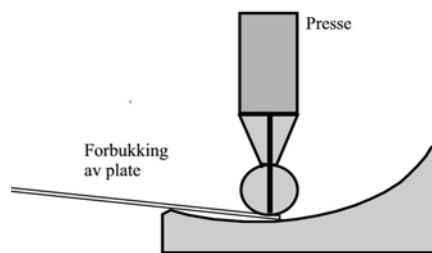
Ved BDF er platehallen noe mangelfullt utrustet med tanke på å utføre alle operasjonene. De største oppgavene med krumming av plater, har vi derfor måtte sette bort til andre aktører, med det kunnskapstapet dette medfører. For øvrig har vi klart oss med mindre utstyr og en del håndholdte maskiner for hulltaking og brenning.

Ved valsing av hudplater er det vanskelig å unngå at øvre og nedre kant får et rett parti. For å oppnå tilstrekkelig tett forbindelse kan det være nødvendig å *bukke* platens kanter før valsing. Alternativt kan en ha overmål på platen før valsing, slik at kanten, som da ikke følger skrogets krumming, kan kuttes av. Betydningen av et jevnt omlegg kommer først og fremst til syne under dikkearbeidet. Unøyaktige tilpasninger kan gjøre dikkingen svært vanskelig.

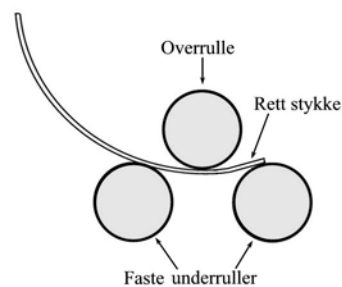
I Klinkefagets tidsepoke var verkstedene utrustet med spanteovner og spanteplan for varmebøyning av spant og andre profiler. Senere gikk en over til å bøye slike skrogdeler kalde, mens kraftige dimensjoner som for eksempel stevner, fortsatt måtte varmes opp for å få fasong. Ved BDF mangler vi spanteovn og -plan, men vi har utviklet utstyr som gjør at vi i begrenset grad kan kaldbøye stålprofiler i presse.

Dimensjonering av plate

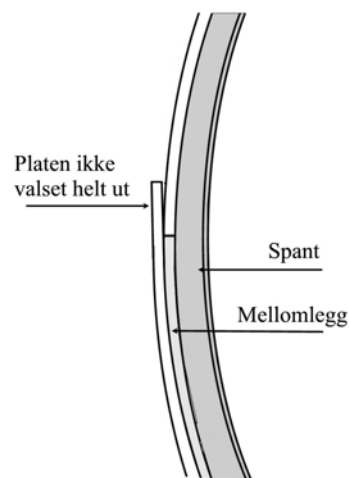
Et emne vi støter på ved utskifting av plater, er dimensjonering av skrog og hvilke dimensjoner som skal anvendes på de ulike konstruksjonsdelene, som for eksempel hudplater og nagler. Ofte vil en ta utgangspunkt i materiale som demonteres, og gjenoppbygge konstruksjonen med samme dimensjon som tidligere. Andre ganger vil dette være umulig eller lite hensiktsmessig. Det eksisterende materiale kan for eksempel være så rustet at en ikke kan bedømme dimensjoner. Eller, dersom oppgaven er tilbakeføring til en



Bukking av platekant, før valsing



Valsing av plate



Kimingsplate som etter mangelfull bukking, ikke er valset helt ut

tidligere versjon av fartøyet eller deler av denne, vil en ofte ikke ha eksisterende materiale å ta utgangspunkt i. Det kan også tenkes at en av tekniske årsaker, ønsker å endre på dimensjoneringen, kanskje fordi den gamle versjonen ikke var solid nok. Ved restaureringsarbeide er det derfor viktig å forholde seg til tegningsmateriale og det regelverket som lå til grunn for konstruksjonen. På stålskip vil en som regel kunne bestemme dimensjoner med utgangspunkt i tegningsmateriale. Dimensjoneringen, både på nybygg så vel som senere ombygginger ble vanligvis avmerket på tegninger. Plateledningstegninger midtspanttegninger vil derfor være et uvurderlig hjelpemiddel.

I visse tilfeller må en likevel gå veien om regelverket. Dette har endret seg over tid og variert mellom ulike land. Nybygget og senere ombygginger kan ha vært utført etter ulike regelverk. Det mest brukte regelverket på norske verneverdige skip er Det Norske Veritas (DNV). DNV ga ut sitt første regelverk i 1865 og har siden fornyet dette med jevne mellomrom. Det er et omfattende materiale, og fra det første regelverket kom ut og frem til i dag har det vokst til over 20.000 sider. Regelverket må derfor brukes med en viss grad av skjønn. Ved BDF har vi DNV regelverket fra 1909, 1939 og 1960 tilgjengelig, og til bruk på våre oppdrag. I tillegg til DNV kan skipskontrollens og Lloyds regelverk være aktuelt å bruke.

Brenning av plate

Den nye hudplaten brennes ut av emnet etter mål som er avmerket fra malen. Deretter slipes kantene rette og jevne. Skarpkanter som ikke skal dikkes, rundes av. Dette gjøres for å sikre et jevnt malingslag rundt kanten.

Hulltaking

Ved BDF lokkes eller bores alle hull i hudplater. Lokkemaskinen dekker vårt behov når det gjelder platetykkelser og hull diameter, men avstanden fra lokketappen til bunnen av gapet på maskinen er for liten til å lokke hull i midten av en vanlig hudplate. I slike tilfeller velger en derfor å bore.

I lokkemaskin lages hull ved at en lokketapp presses med stor kraft ned i ei dyne. Dyna skal ha større diameter enn lokketappen.

Eldre lærebøker sier at forskjellen på diameteren skal være 1/5 av tykkelsen, på det materialet som skal lokkes, hvis dette er vanlig skipskvalitet. Ved hull til en 5/8" nagle, det vil si et hull på 16 mm, ble det lokket med en lokketapp med diameter på 17,5 mm. Lokketappen hadde altså en diameter som var 1/10 større enn naglens. Dynens diameter ved lokking av 10 mm plate, var 19,5 mm.

Lokking av et 17,5 mm hull, med dyne på 19,5 mm, gav en tydelig nedbøying av hullkanten på undersiden av platen. For å få en tett forbindelse ved montering av hudplate om bord, var det derfor viktig å lokke platen fra riktig side. For å overføre merker fra den ene til den andre siden av platen, ble det brukt en overmerker.



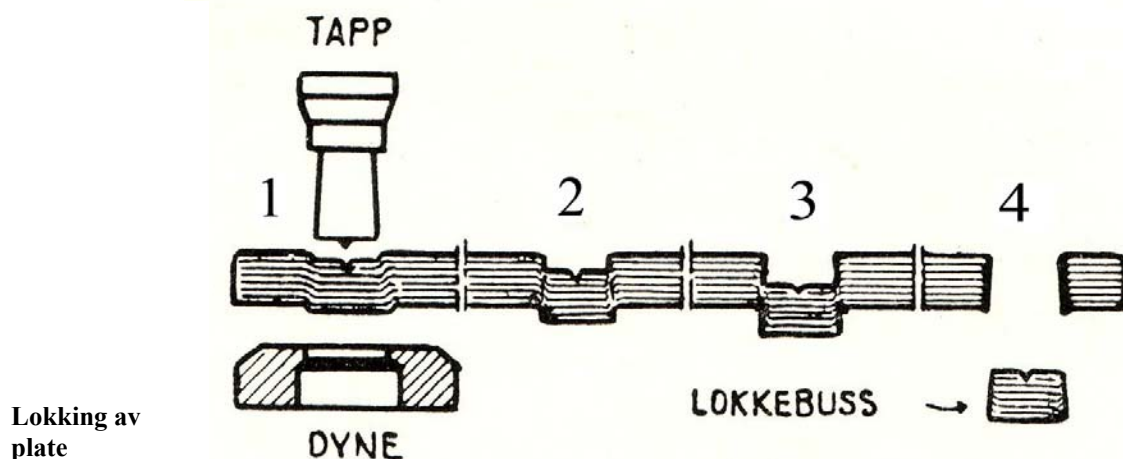
Overmerker, for overføring av merker ved kjøring, fra den ene platesiden til den andre



Lokkemaskin med tapp og dyne

Ved lokking, endrer materialet nær hullkanten struktur. Det blir hardere, og vil lettere sprekke. Denne effekten reduseres ved at noe materiale fjernes ved brotsjing og forsenking, samt ved at klinking med varm nagle i noen grad virker som en utgløding. For de fleste klinkforbindelser anses ikke strukturendring som et problem, men på operasjoner hvor det stilles spesielle krav til kvalitet, for eksempel ved klinking av kjeler, kreves det at alle hull bores.

Ved BDF lokkes det hull til 5/8" nagle med en lokketapp med diameter på 17 mm, og dyne med diameter på 17,7 mm. Forskjellen på lokketappen og dynens diameter, er med andre ord mer enn halvert i forhold til det som tidligere er beskrevet. Hullkant på underside av platen får med denne fremgangsmåten en ubetydelig nedbøying, men en grad som enkelt slipes bort.



Det bores hull i hudplater med magnetboremaskin. Det brukes da kjernebor som er svært effektive. Boret har en spiss fjærbelastet tapp i senter som plasseres i kjørnermerket og senter boret nøyaktig. Grader etter boring må fjernes.

Avstander

Naglene skal ikke plasseres nærmere til noen kant av plate, vinkel eller skjøteplate enn sin egen diameter. Maksimum avstand fra senter til senter for nagler i støter i huden, skal ikke overstige 3,5 naglediameter. For nater i hud er avstanden 4 naglediameter.

Dersom det er dobbel naglerække, bør avstanden mellom midten av radene være 3 ganger diameteren for laskeplater og 3 ½ ganger diameteren for overskjøter. Maksimum avstand fra senter til senter for nagler i dekk skal ikke overstige 4 ½ diameter.

Forsenking i hudplate

Hvilke hull i en hudplate som skal forsenkes, bestemmes av om det er inner eller ytterplate og av om forbindelsen i støt har skjøteribbe eller overlapp. Utvendig hud skal ha tilnærmet slett overflate. Naglehull må forsenkes for å oppnå tilstrekkelig styrke og tetthet.

Dybde i forsenkning

DNV regler for stålskip av 1939 sier at forsenkingen må gå gjennom hele platetykkelsen hvis denne er mindre enn 15 mm og gjennom 90 % av platetykkelsen hvis denne er mer enn 15 mm. Tilsvarende DNV regler fra 1953, sier at forsenkingen må gå gjennom hele

platetykkelsen hvis denne er mindre enn 12,5 mm, og gjennom 80 % av platetykkelsen hvis denne er mer enn 12,5 mm. DNV angir forsenkingens form ved å oppgi største og minste diameter for det forsenkede hullet. Hull for alle naglediameterer får forskjellig gradantall.

Grader i forsenkning

DNV-reglene fra 1909 er lite presise, men sier at forsenkningens ytre diameter skal være minst 1 ½ ganger naglediameter. Lloyds Registers regler, angir en forsenkingsvinkel på 60° for plater opp til 12,5mm og 45° for større tykkelser. Ettersom DNV regelverk om grader og forsenkning er komplisert å forholde seg til, benytter BDF Lloyds Registers regler for forsenkingsvinkel. Vi forsenker dermed gjennom hele platetykkelsen hvis denne er mindre enn 12,5 mm. Ved platetykkelser under 3 mm, forsenkes det ikke.

5. Montering

Ved montering av hudplater flyttes arbeidet fra platehall tilbake til fartøyet. Før den nye platen kan klinkes, må imidlertid kanter og form justeres dersom ikke forarbeidet er hundre prosent vellykket. Dessuten skal hullene klargjøres før naglene hamres inn. Mange av disse arbeidsoperasjonene vil være enklere å utføre ved nybygging, enn ved utskifting av enkeltdeler. Ved nybygg ble rekkefølge valgt med tanke på effektivitet og tilkomst. Innerplater ble for eksempel montert før ytterplater. Ved restaurering er det ikke mulig å gjøre slike valg, noe som kan gjøre monteringsarbeidet mer krevende. Ved reparasjon må innerplatene løftes opp bak plategangen over og deretter senkes ned bak plategangen under. En må dermed sørge for tilstrekkelig åpning mellom spant og ytterganger for å få innerplatene i posisjon.

Ved montering av plate må også eventuelle kiler og mellomlegg på plass. Dette kan festes med bomulls- eller ulltråd på forhånd, eller skyves mellom spant og hudplate under monteringen. Sveising frarådes ettersom det vil føre til skader i stål og malingslag, som i neste omgang kan føre til rustdannelse. Dessuten kan det oppstå avstand mellom kile og spant under sveisearbeidet. Den klinkede konstruksjonen vil dermed bli svekket på grunn av manglende friksjon.

For å få platen i rett posisjon, og holde den i posisjon inntil den er festet med nagler, benyttes bolter med mutter. Den beste tilpasningen får en ved å benytte samme dimensjon på boltene som de tiltenkte naglene. Platen skrues til spant, skjøteribber, og tilstøtende plater med bolter etter naglehullenes størrelse. Hvor en skal velge å feste de første boltene, kan være avhengig av om platen har lite eller mye krumming. Erfaring viser at det ofte vil være riktig å starte midt på platen og så gå mot støtene. Ved montering på nybygg er det vanlig og bolte om lag tredje hvert hull, men ved restaurering er det ofte flere ujevnheter og buler å ta hensyn til, slik at en gjerne har



Kiler er montert for platemontering. Den nye platen vil overlape innenfor nedre plategang og utenfor øvre plategang. Kilene er imidlertid montert med sveis, et metodevalg vi skal unngå.



Ytterplate taljes på plass

en bolt i annet hvert hull. Tidligere ble det brukt en spesialisert platenøkkel for å trekke til boltene. Dette svært anvendelige verktøyet har likevel måttet vike til fordel for luftdrevne tiltrekkingsmaskiner.

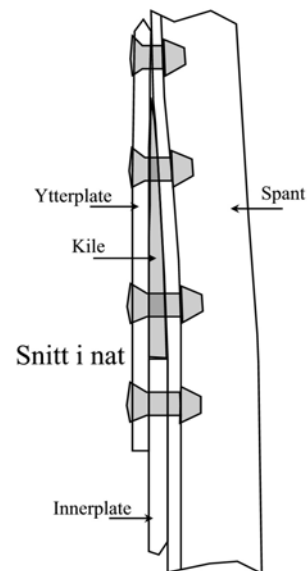
Naglehullene dores samtidig som platen skrues tettere til. Dermed oppnår en best mulig tilpasning både for det enkelte hull og for platen som helhet.

Når platen er montert og alle anleggsflater er tette, brotsjes og forsenges de ledige hullene. Dersom en skader en forsinking på grunn av unøyaktigheter i tilpasningene, må det forsenges på nytt. Skruer flyttes så til de ferdig bearbejdede hullene og operasjonen med brotsjing og forsinking gjentas før platen er klar til klinking. Det har også vært praktisert å klinke de først klargjorte hullene før boltene løsnes, for deretter klargjøre og klinke de gjenstående hullene. Ved en slik fremgangsmåte unngår en å flytte boltene, men ettersom en må rigge om fra brotsj og forskningsutstyr til klinkeutstyr to ganger, har vi likevel funnet den første fremgangsmåten mest effektiv.

I støter med overlapp brukes det kiler i natet av ca 250 – 300 mm lengde, for å få en tett forbindelse. Kilen må ha en bredde som gjør det mulig å dikke hudplate mot kile og kile mot hudplate.



Platenøkler med spiss ende til å rette inn plater fra naglehullene

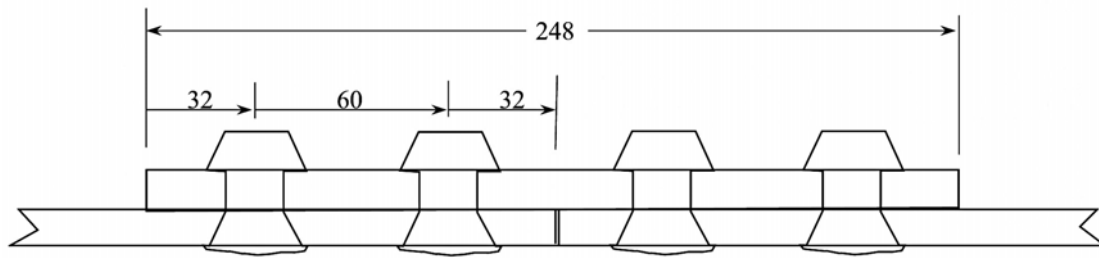


Kiler ved overlapp i nat

Mye av styrken i en klinket forbindelse ligger i den friksjonen som oppstår når to flater presses sammen. I tillegg til svekket styrke, kan utette forbindelser føre til rustsprenging og lekkasje. Det er derfor viktig at området reingjøres, slik at anleggflatene er frie for spon fra brotsjing og forsinking.

Avstand mellom hull og platekant må kontrolleres. For stor avstand vanskeliggjør dikking, og for liten avstand svekker styrken. Etter reglene skal avstanden minimum være en naglediameter. Største avstand er ikke definert av regelverket, men for å unngå problemer ved dikkearbeidet bør den heller ikke overstige en naglediameter for mye. Vi tilstreber med andre ord en avstand lik en naglediameter.

Skjøteribbe



Snitt av skjøteribbe, utført med doble naglerader

I en del tilfeller brukes det skjøteribbe ved sammenføyning av hudplater i en plategang. Skjøteribber, skjøteplater, laskeplater, eller rett å slett bare ribber på innsiden av huden, gir et glattere utvendig skrog. Ved anvendelse av skjøteribber stilles det imidlertid visse krav til utførelse. Når det gjelder nagledimensjon, og bredden på skjøteribbene, står det i DNV regler fra 1960, i tabell 12, at en ved platetykkelse 5,5 - 9,0 mm, skal bruke 16 mm nagler. Ved enkel naglerad skal skjøteribben da være 115 mm og ved dobbel naglerad, 205 mm. Ved økt platetykkelse til 9,0 - 12,5 mm, skal det anvendes 19 mm nagler. Ved enkel naglerad skal skjøteribben da være 135 mm, og ved dobbel naglerad, 250 mm.

Med hensyn til skjøteribbenes tykkelse, finner vi i DNV regler fra 1939, i tabell 33, at ved hudplatetykkelser opp til 7,5 mm, skal ribbene ha lik tykkelse som hudplaten. Ved tykkere hudplate enn 7,5 mm skal tykkelsen på skjøteribben økes i henhold til tabellen. Dette er senere endret og i DNV regler fra 1960, finner vi at enkle skjøteribber skal være 25 % tykkere enn platene som skal sammenføyas. I dette ligger det at det også kan benyttes doble skjøteribber, en på hver side av platene som skal forbindes. I dette tilfelle vil ribbene være under tykkelsen på platene som skal sammenføyas. Vi har imidlertid ikke sett dette anvendt i plategangene på huden ved noen av de fartøy som har vært restaurert ved BDF.

6. Klinking

Klinking i forbindelse med stålarbeid, er enkelt forklart en prosess der man sammenfører to eller flere ståldeler ved bruk av stål nagler. Ved mindre nagledimensjoner, (< 10mm) kan arbeidet utføres uten varme. Innen skipsbygging må en som regel gløde naglene, og det er klinkeprosessen med glødende nagler som beskrives her.

Historisk sett ble klinking først utført som såkalt håndklinking, og foregikk da ved at to mann slo vekselvis på naglen mens en tredje mann var motholder. Med de relativt lette klinkhammerne ble naglen stuket i hullet, og slutthodet grovformet. Deretter ble hodet formet ferdig med en tyngre hammer.

Etter forrige århundreskifte har klinking som regel foregått med maskin, enten pressmaskiner eller slagmaskiner. Pressmaskinene kunne være hydrauliske, pneumatiske, elektriske, pneumatisk-hydrauliske, elektrisk-hydrauliske eller rent mekaniske. De var faste eller transportable. Hovedprinsippet var at ståldelene som skulle sammenføres, ble presset sammen ved stort trykk, samtidig som naglen ble formet. Delene ble holdt sammenpresset til naglen var avkjølt. De hydrauliske pressmaskinene var store og dyre, og fantes derfor kun ved de største skipsbyggeriene.

Slagklinkemaskinen arbeidet med pressluft eller elektrisk kraft. Med sin relativt lette vekt, god tilgjengelighet på trykkluft og lave pris, ble lufthammeren mest utbredt ved skipsverftene.

Ved Bredalsholmen brukes luftdrevne slagmaskiner av typen Ingersoll-Rand eller Atlas. Unntaksvis klinkes det for hånd, dersom tilkomst gjør maskinbruk vanskelig. Avhengig av forskjellige konstruksjoner vil valg av verktøy for sammenklinking av stål, variere noe. I hovedsak vil Bredalsholmen befatte seg med skipsklinking, som har litt andre krav til utførelse enn for eksempel broklinking.

Klinking er et arbeid som medfører mye støy. Er det flere klinkelag i sving samtidig, kan det være tungvint å kommunisere med hverandre. Det er derfor viktig at klinkelaget har et godt samarbeid, og at alle har forståelse for, og kjenner rutinene og arbeidsprosedyrene.

Fra de første jernskipene ble bygget, til slutten av 1800-tallet, var håndklinking det eneste alternativet for forming av nagler ved jern og stålskipsverftene. Utover 1900-tallet ble imidlertid muskelkraft erstattet med luftdrevne, håndholdte maskiner som var langt raskere og enklere i bruk. I en mellomperiode var begge metodene mulige alternativ, og så sent som i 1927, ble det håndklignet ved Høyvolds Mekaniske Verksted i Kristiansand, da Fullriggeren Sørlandet sto på beddingen.

Ved skipsbygging opererer en med klinking, med og uten forsenkede hull. De to utformingene har ulike egenskaper. Ved valg av metode tas det for det første hensyn til om den ferdig klinkede forbindelsen skal være vanntett eller ikke, for det andre hvilke krefter naglen vil bli utsatt for, og for det tredje hvilken overflate en vil oppnå.

Med hensyn til kravet om vanntetthet er regelverket klart. Alle vanntette sammenføyninger skal ha forsenkede nagler.

I tillegg til behov for vanntetthet, er det hvilke krefter de ulike sammenføyningene utsettes for som er avgjørende for om man forsenker eller ikke. Mens nagler i huden vil være utsatt for krefter som virker i naglens lengderetning, vil kneplater og lignende være utsatt for skjærkrefter som virker på tvers av naglen. En nagle i et forsenket hull står lettere mot presset på naglens lengderetning, ettersom forsenkningen gir naglen en større overflate. Nå kan det også sies at også koppede nagler er motstandsdyktige mot krefter på naglens lengderetning, men så vil de igjen være uegnet på for eksempel en skuteside.

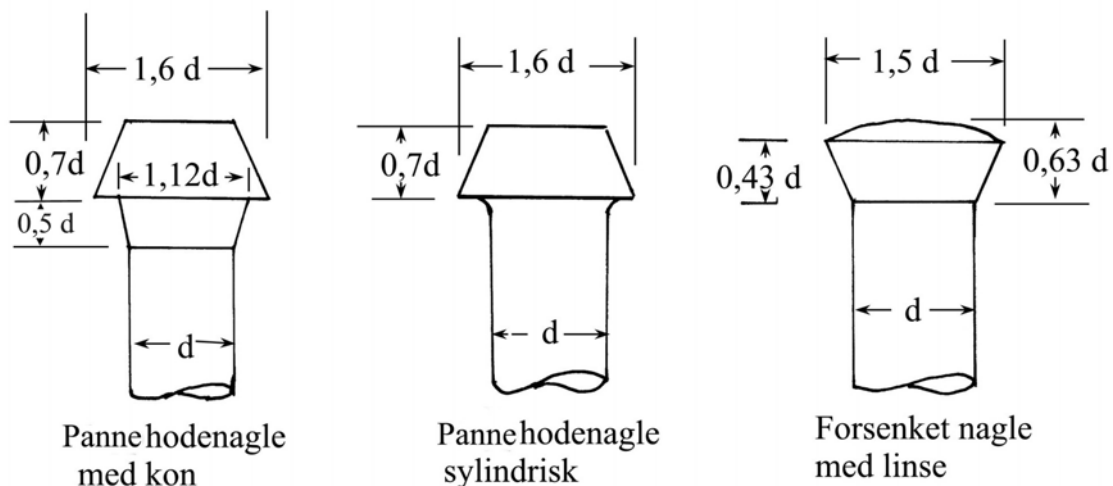
Derimot vil en nagle i et ikke forsenket hull, ha større kraft til å motstå skjærkrefter da den forsenkede platen ellers kan virke som en saks. Når dette er sagt, må det understrekes at det er friksjonen mellom ståldelene som er presset mot hverandre av naglen, som avgjør forbindelsens styrke.

Ved det siste forholdet, krav til overflate på nagleforbindelsen, kan det henvises til at en særlig på skrogsider, på grunn av friksjonen i vannet, men også på steder som i rennestein, ønsker en jevn overflate, slik en oppnår når naglehullene forsenkes.

Nagler

I alminnelighet brukes det nagler av omtrent dobbelt så stor diameter som tykkelsen av de platene som skal klinkes sammen, men ikke tykkere enn 32 mm, da tykkere nagler vil krympe så mye at de kan ryke. For særlig lange nagler, det vil gjerne si nagler som overstiger $4\frac{1}{2}$ naglediameter, bør det brukes nagler med passform. Ved oppvarming av lange nagler, varmes bare den delen som skal klinkes.

Klassifikasjonsselskapene foreskriver at det for plater fra 5,5 til 8,5 brukes 16 mm ($5/8''$) nagler for plater fra 8,5 til 12 brukes 19 mm nagler.



Ulike typer nagler påført mål etter forskriftene

Forsenkede nagler

Den oppklinkede enden av naglen skal, for alt arbeid i hud, midtbærer, tanktopp, slagbærer, dekk, skott, casinger og hus osv. ha form etter forsenkningen i materialet. For tykkelser opp til 12,5 mm forsenkes det gjennom hele platen eller vinkelen, og for større tykkelser gjennom 90

% av godset. Et ferdig klinket naglehode må aldri ligge under platens overflate, men helst være litt buet utover. For casing og hus klinkes eller meisles overflatene jevne med platen.

For alle nagler i innvendige deler, der det ikke er forsenkede hull, som bunnstokker, sidebærere, slagbærer-knær, bjelkeknær, bjelkebærere, knær til skottstivere og liknende, får den oppklinkede enden av naglen form av et utbuet, koppet hode.

I vaterbordvinkler, lukevinkler, stangkjøler, stevner og liknende, hvor det ønskes glattklinking på begge sider, vil hullet bli forsenket fra begge sider. Det brukes da nagler med forsenket hode.¹

Den koniske formen bør være litt brattere på naglens hode enn for forsenkningen i plate eller vinkelflens. Hodet må dessuten ligge litt ut fra platen av hensyn til godt mothold. Under oppklinkingen vil motholdet presse slik at hodet vil legge seg naturlig godt an mot forsenkningen og naglen vil fylle godt ut. Sammenføyningen trekkes dermed så godt til at den som regel vil bli tett, men for å sikre seg ytterligere, kan det forsenkede hodet overklinkes litt etterpå.

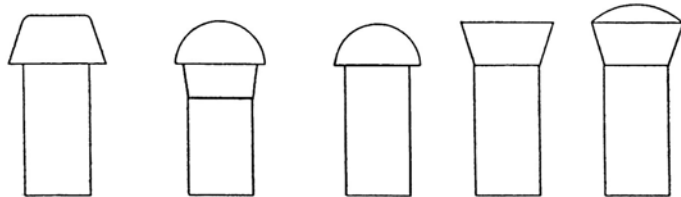
Forsenkede naglehoder, eller forsenkning på begge sider, er særlig gunstig dersom en vil oppnå vanntetthet. Det krever imidlertid mer arbeid, og forsenkningene svekker dessuten materiale. Derfor begrenses utførelsen med forsenkning av naglehoder til de steder det er nødvendig av hensyn til overflaten.²

Koppede nagler

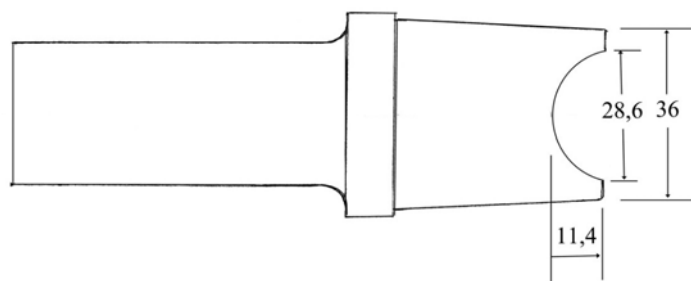
Koppede nagler har en litt annen utførelse enn nagler i forsenkede hull. Først og fremst ved at det stilles ekstra store krav til at naglelengde og utførelse er riktig. Har man imidlertid dette på plass, så er det en rask og enkel klinkemetode.



90° forsenker



Ulike typer nagler. Fra venstre: sylindrisk pannehodenagle, kophodenagle med konisk hode, sylindrisk kophodenagle, nagle med forsenket hode og forsenket nagle med linsehode.



¾" kopperhammer, snitt i senter

¹ Steen, s.62

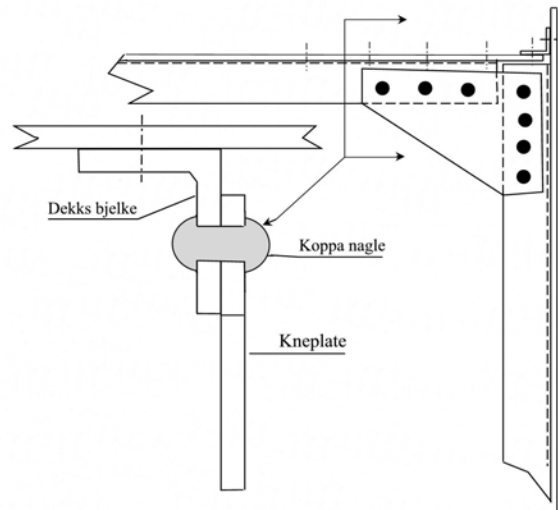
² Steen, s. 60-63

Hullet skal ha ca 1 mm. større diameter enn nagleskaftet, for at den varme naglen skal kunne føres igjennom. Videre skal naglen ha en merlengde utover tykkelsen av de deler som skal klinkes sammen. Det må være nok materiale til å stuke naglen så den fyller hullet helt opp, og nok til å danne slutthodet. Merlengden kan beregnes til: $L = 1,2 - 1,4 d$ (naglen diameter), avhengig av tykkelsen på delene som skal klinkes sammen. Merlengden kan imidlertid også beregnes etter andre metoder som: $L = d + 3 \text{ mm}$ for hver fuge.³ Er merlengden for liten, vil slutthodet bli mangelfullt og naglen må kasseres. Hvis merlengden er for stor, vil det danne seg en grad rundt slutthodet. Denne graden må slipes eller meisles bort. Man må derfor være ekstra nøye med lengden på naglene ved denne formen for klinking.



Hammere for koppede nagler

For koppede nagler benyttes forskjellige klinkhammere for hver nagletykkelse. Dimensjonen står ofte preget inn i hammeren. Hvis ikke, så kan det enkelt kontrolleres ved at diameteren på uthulingen skal være 1,5 d, og dybden 0,6 d. Eksempelvis vil en 3/4" hammer for å klinge 19 mm nagler, ha en diameter på 28,6 mm, og en dybde på 11,4 mm. Likeledes vil en 7/8" - 22 mm hammer være 33,3 mm gange 13,3 mm. For en 5/8" hammer vil forholdet være 23,8 mm gange 9,5 mm.



Koppa nagle i kneplate

Ved tidligere tiders håndklinking satt motholderen setthammeren mot naglens setthode, mens to andre arbeidere slo naglen fast i hullet ved bruk av vanlig håndklinkhammere. Deretter plasserte den ene en setthammer med riktig uthuling mot den uferdige naglen, mens den andre slo. Setthammeren ble dreid rundt mellom slagene, og operasjonen avsluttet når slutthodet var formet.

Ved maskinklinking gjennomføres hele prosessen i en operasjon. Det brukes en kopphammer som tilsvarer naglediameteren. I det man begynner å slå, må hammeren være helt på linje med naglen, slik at ikke hodet blir skjevt. Med hammerslagene jobber hammeren seg innover til den er inne mot stålet, men uten å skade dette. Naglen har nå opptatt fasongen av uthulingen i hammeren. Prosedyrer for etterklinking følges som ved vanlig klinking.

Forarbeid

Før klinkingen begynner, må delene som skal klinkes være boltet godt sammen med nødvendig antall bolter for at sammenføyningen skal bli tettest mulig.

³ Bjørnstad, s. 11

Er den ikke godt nok sammenpresset før klinkingen starter, vil man miste den effekten man får når naglen krymper, og trekker delene enda mer sammen.

Klassifiseringsselskapene krever at de klinkede delene skal være så godt sammenføydd at selv den tynneste prøvekniv, ikke kan føres inn mellom dem. En god sammenføyning vil også lette dikkearbeidet etterpå.

Hullene skal være sylindriske, uskadete og nøyaktig oppbrosjede, slik at en oppvarmet nagle passer akkurat inn.

Det er viktig at anleggsflatene er nøye rengjort for grader og spon, da det faktisk er friksjonen stål mot stål som hindrer platene i å forskyve seg på hverandre. Dersom platene gis mulighet til å forskyve seg, kan dette skade, eller i verste fall klippe over naglene. Et annet problem som kan oppstå ved dårlig friksjon er at tetningen vil skades, med korrosjon og rustsprengning som resultat.

Tradisjonelt har anleggsflatene mellom klinkede sammenføyninger ikke vært påført rustbeskyttelse. Ved Bredalsholmen har det vært diskutert om bruken av primer (mønje) på anleggsflatene vil redusere friksjonen, men ettersom belegget er svært tynt, mener vi det ikke vil være tilfelle. Vi legger derimot vekt på at stålet bør beskyttes for å unngå rustsprengning. Dette synet får også støtte i DNV regler fra 1960. Ståldeler i en ikke vanntett forbindelse som skal klinkes uten dikking, ”gis et strøk god rustbeskyttende maling på de flater som skal ligge mot hverandre etter klinkingen”.

Et godt forarbeid og riktig klinking bidrar til god friksjon, ved at ståldelene presses sammen når naglen avkjøles og krymper.

Antall nagler, dimensjoner og avstanden mellom dem, bestemmes av klassifiseringsselskapene, og vil være beskrevet i skipets konstruksjonstegninger.

Utførelse

Et klinkelag består av klinker, motholder, og naglevarmer. Avhengig av tilkomst og avstand mellom naglevarmer og motholder, kan det i noen tilfeller være behov for en naglelanger. En klarer seg imidlertid som oftest uten langer, ved en effektiv organisering av arbeidet og ved å ta i bruk enkle hjelpemidler. Befinner motholderen seg f.eks. på et lavere dekk enn der det varmes nagler, benyttes ofte et fastmontert stålrør til å slippe den varme naglen ned til motholder.

Naglevarmeren vil før klinkingen starter, påse at han har tilstrekkelig antall nagler av de forskjellige lengder som skal brukes til jobben. Han får beskjed fra klinkeren underveis hvilke nagler som trengs og sørger for å varme disse opp, en og en, til riktig temperatur.



Naglevarming i esse

En stålnagle skal varmes opp til gulhvit farge, det vil si om lag 1200°. Naglen kan bli ødelagt ved for stor oppvarming. Det kan sees ved at den avgir gnister når den brenner opp. Tidligere tiders jernnagler kunne varmes atskillig varmere, samtidig som de kunne bearbeides i et større tidsrom før de ble for kalde. Allikevel er stålnagler mest brukt til skipsbygging, da de er både sterkere og seigere, og ikke så sprø som jernnagler.

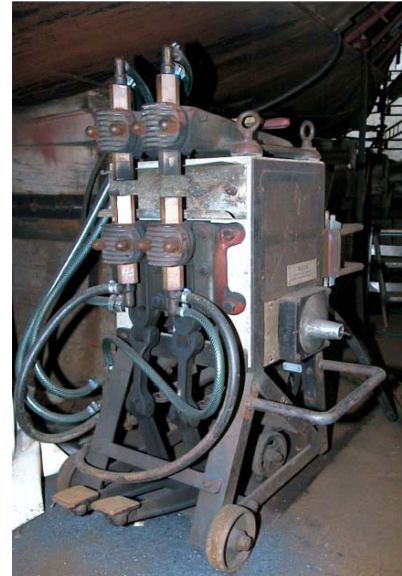
Oppvarmingen vil normalt foregå enten i kullfyrt esse eller ved elektrisk naglevarmer. Den første metoden har den fordelen at essa er lett og flytte med seg, og den er uavhengig av strømtilførsel. Det er også lett å justere riktig temperatur på naglene i essa, og man kan holde flere nagler delvis oppvarmet samtidig. Ulempene er til tider mye røyk som gjør at den bør stå på godt ventilert sted, samt at oppfyringen kan være arbeidskrevende. Den er best egnet når det er mye klinking ettersom den ikke bare er til å slå av og på.

Den elektriske varmeren er tyngre å flytte med seg, men er enkel i bruk, og passer like godt til enkeltvis nagler som kontinuerlig klinking. Det fins ulike typer som kan varme fra en nagle opp til flere om gangen, men oppvarmingen skjer raskt og naglen må brukes når den først er blitt varm.

Oppvarming ved hjelp av gass er også brukt. Propan er å foretrekke, da acetylen kan påvirke stålets overflate. Gass som oppvarming er kostbart og brukes helst der det er få nagler som skal klinkes.

Naglelangeren henter den varme naglen med en spesiell nagletang og sørger for at den raskest mulig kommer på plass hos motholderen.

Motholderens oppgave er å holde i mot på naglehodet under klinkingen. Det kan brukes enten manuelt eller luftdrevet mothold. Når motholdet er på plass på naglehodet, gis et tydelig signal til klinkeren om at det er klart. Dette vil være et hardt dunk med motholdet på naglehodet. Samtidig blir naglen dermed drevet godt på plass.



Dobbel elektrisk naglevarmer for varming av to nagler samtidig



To typer nagletenger, den nederste med nagle i grepet



Manuelt mothold



Luftmothold, brukt på skuteside

Når så klinkeren begynner å slå fra den andre siden, må motholderen, når han bruker manuelt mothold, holde hardt i mot til naglen får festet seg i hullet, dvs. at den ikke blir slått innover igjen. Når naglen begynner å stuke seg kan motholderen løsne litt på presset og la motholdet svare klinkhammeren, slik at naglen får slag fra begge sider.

Et godt klinket naglehode skal dekke hele hullet og ligge tett inn mot platen. Det er mange forskjellige utforminger av manuelle mothold, og man velger det som passer best etter hvor det klinkes. Ved vanskelig tilkomst, kan det være naturlig å bruke luftmothold. I så fall velges en kopp i motholdet som er tilpasset til naglehodet.

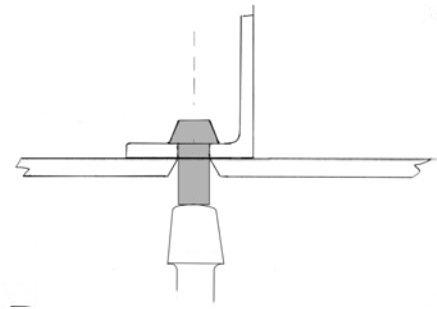
Resultatmessig er det ingen forskjell på om det brukes manuelt eller luftmothold. Det sistnevnte er imidlertid mye mindre arbeidsbelastende å bruke, og derved mer rasjonelt. Samtidig har det og en stor fordel på trange steder som for eksempel i dobbelbunntanker.

Av hensyn til arbeidsbelastninger og effektivitet, er det viktig å utarbeide kreative løsninger for motholdet. I tillegg til å finne rett mothold kan en ta i bruk hjelpeverktøy som er spesialtilpasset oppgaven.

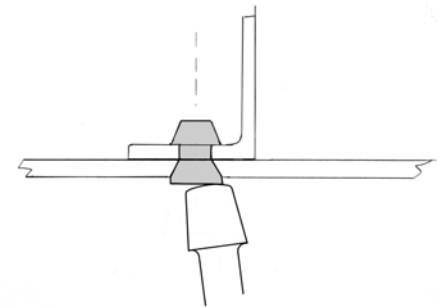
Klinkeren kan enten klinkes for hånd, eller med luftverktøy. Ved Bredalsholmen brukes det nesten bare lufthammer. Unntak er hvis det ikke er tilkomst for annet enn håndklinking.

Det er viktig at naglen har riktig lengde. Er naglen for kort slik at den ikke fyller forsinkingen godt nok, må den brennes ut igjen. Dette er kostnadskrevenende og lite rasjonelt. En erfaren klinker vil se med en gang om naglen er lang nok, før han begynner å klinker den. En for lang nagle er heller ikke ønskelig, da det blir liggende som overflødig metall utenpå platen, og man oppnår ikke den ønskede krympeeffekten når naglen kjølnes. Spesielt på en skuteseide, vil man tilstrebe en glatt og jevn naglerad, der det klinkede naglehodet skal ha en liten konveks fasong. Selve kanten rundt det ferdigklinkede naglehodet skal ha et par millimeter oppkant, da den vil være utsatt for snarlig rustangrep, dersom den er for tynn.

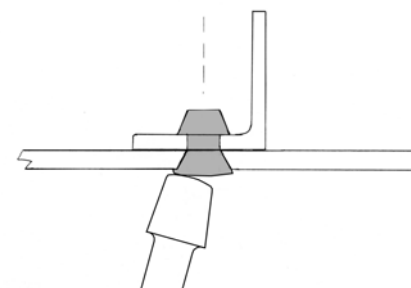
Når den varme enden av naglen er kommet ut gjennom hullet, venter klinkeren på signalet fra motholderen. Deretter slår han noen raske slag på siden av naglen. Dette igjen for å drive naglen helt inn. Så starter klinkingen ved at han slår midt på nagleenden, slik at naglen stukes ut og fyller hullet og forsinkingen helt opp.



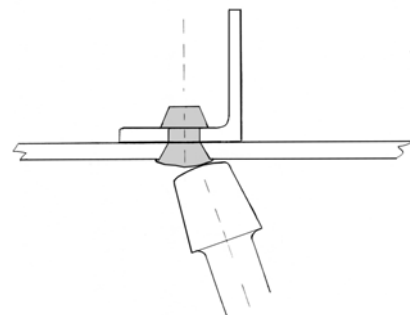
Naglen stukes i lengderetningen inntil den fyller hullet



Klinkhammeren skråstilles i naglens ytterkant



Naglen formes ved at hammeren sirkles rundt naglekanten



Operasjonen avsluttes når naglen har fått en jevn form

Deretter dreies lufthammeren i ring på naglen slik at det hele ender opp med et jevnt og glatt hode.

Det har lenge vært diskutert, og det har hersket en del usikkerhet om hvorvidt naglen kan klinkes ferdig i en operasjon, eller om den skal etterklinkes når den er blitt kald. De eldre verftsarbeiderne vi har vært i kontakt med kan berette at de alltid klinket naglen i to operasjoner. Først formet de den mens den var varm, og etter noen minutters avkjøling gjenopptok de arbeidet og klinket den kald. En effektiv arbeidsmetode er da å først klinke naglen glødende, gå videre til neste nagle, klinke denne glødende for så å gå tilbake til den første naglen å klinke denne kald. Slik kan en alternere mellom varm og kald klinking langs med nagleraden. Ved kaldklinking er det viktig å ikke slå midt på naglen da strekkpåkjenningene her er størst. Naglen kan dermed løsne som resultat av etterklinking.

En god begrunnelse for å gjennomføre klinkeprosedyren med varm og kald klinking synes vi imidlertid ikke vi har fått av de tidligere verftsarbeiderne, verken ved KVM eller BMV. Når det også er hevdet at slik etterklinking ikke ble praktisert i Sverige, kan en stille spørsmål ved om det er unødvendig spill av tid.

I en dansk lærebok fra 1954 finner vi imidlertid en begrunnelse som støtter praksisen ved de to norske verftene. Her kan en lese at klinkingen av den glødende naglen må avsluttes i det naglen begynner å kjøles, det vil si når den blir mørk blåfarget, eller blåskjør. Naglen vil da være for skjør til å kunne bearbeides. Klinkingen kan så gjenopptas og fullføres etter at naglen er blitt kald.⁴ Hvorvidt en unngår å klinke i det blåskjøre temperaturområdet slik det praktiseres med varm og kald klinking i vår tradisjon, er usikkert. Men teorien støtter i alle fall metoden med å klinke to ganger, og dersom en klarer å legge oppholdet mellom varm og kald klinking til det blåskjøre området, skal det etter teorien bli en sterk forbindelse. Vi har derfor valgt å holde på metoden vi fikk overlevert fra de tidligere verftsarbeiderne og klinker

⁴ Jørgensen, s. 651



Bruk av klinkeroppheng, letter arbeidet



Den fortsatt glødende naglen begynner å ta form

naglen to ganger. Å komme nærmere en ”sannhet” får vi overlate til et fremtidig forskningsprosjekt. Kanskje en analyse av ståltemperaturene under klinkerarbeidet, holdt opp mot egenskapene til moderne stål, vil gi oss mer kunnskap om emnet.

Før klinkingen tar til skal platen være montert med bolter etter behov, vanligvis i tredje-fjerde hvert hull. Disse skrur ut etter hvert som de åpne naglehullene blir ferdig klinket. Det er en fordel at alle hull, også der det står bolter, er ferdig oppbrosjede før klinkingen starter, slik at ikke klinkelaget får unødige opphold. Det er ikke noen teknisk begrunnelse for hvor på platen klinkingen skal starte og stoppe. Men det vil ved bruk av klinkeoppheng på en hudplate, være naturlig å klinke fra venstre mot høyre. Ellers er det naturlig at klinker og motholder blir enige seg i mellom før klinkingen starter, ut ifra hensyn til tilkomst, stillinger osv.

I tilfeller hvor man kombinerer sveising og klinking, for eksempel ved innfellinger i hudplate, skal nagler som blir berørt av sveisevarmen alltid klinkes etter at sveisingen er utført.

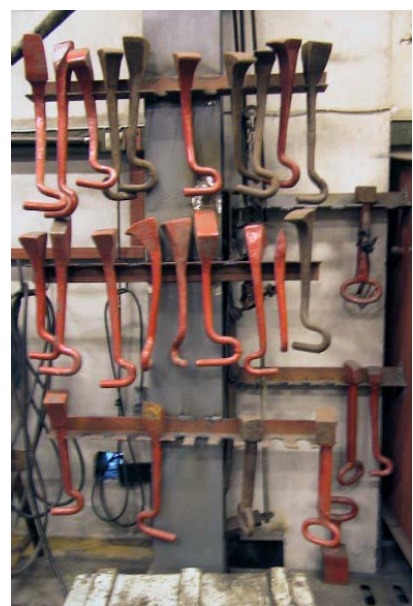
Etter klinkingen må det kontrolleres at ingen nagler har løsnet. Dette gjøres ved å holde fingeren på den ene enden av naglen og slå lett med en hammer på den andre. Dette er den sikreste metoden selv om man nok kan oppnå det samme ved å holde fingeren på naglehodet og slå ved siden av. Er naglen løsnet og ikke brukket, kan den kaldklinkes fast igjen.

Når alle forbindelser er ferdig klinket og godkjent er det klart for dikking.



Mothold ved klinking av bindevinkel. Motholderen har flere mothold for hånden, men har valgt det mest hensiktsmessige for oppgaven

Et utvalg av mothold



7. Dikking

Klinkede konstruksjoner som skal være vann- og/ eller oljetette, må dikkes. Selv om tilpasningen er god og klinkingen godt utført, kan det oppstå utettheter. Dersom vann først trenger inn i en klinket forbindelse vil det kunne oppstå rustsprengning, som igjen kan føre til lekkasje.

Tidligere var det vanlig å dikke for hånd, med hammer og dikkemeisel, men i dag utføres så å si alle operasjoner med luftverktøy.



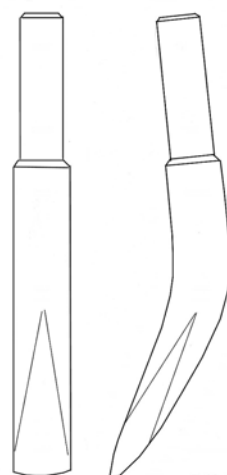
Rennesteinsvinkel dikkes mot rennesteinsplate

Dikking kan være å stuke en platekant mot en tilstøtende plate, eller det kan være å stuke to platekanter mot hverandre. For eksempel vil hudplater bli dikket mot hverandre og bindevinkler bli dikket i rennesteiner og tanker.

Ettersom formålet med dikkearbeidet er å hindre vann eller oljeinntrengning i sammenføyningen, skal det fortrinnsvis dikkes på den siden av konstruksjonen som står eksponert for vann eller olje. Noe tungtveiende argument er dette likevel ikke, ettersom unntakene er lett å finne. Tanker som skal trykktestes ved vannfylling, kan med fordel dikkes fra utsiden. Lekkasje vil her lett kunne lokaliseres og tettes uten at tanken må tømmes. Dermed vil en raskt se om forbindelsen, bokstavelig talt, holder vann.



Et utvalg av ulike dikkemeisler

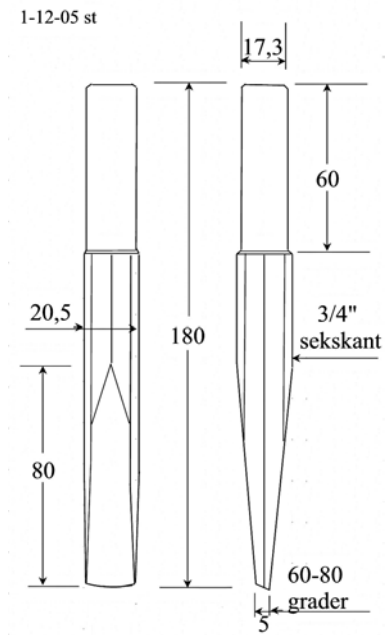


7-12-05 st

Krum dikkemeisel, for lettere tilkomst

Ved et tilstrekkelig utvalg av dikkemeisler, tilpasset plate- og profiltykkelser, samt arbeidstilling, kommer en til med dikking de fleste steder. For øvrig aksepteres det bruk av pakning på steder hvor tilkomst for dikking ikke er mulig. Dette godkjennes også av klassifikasjonsselskapene, selv om de primært ønsker at alle forbindelser skal være stål mot stål.

Utforming av dikkemeisel



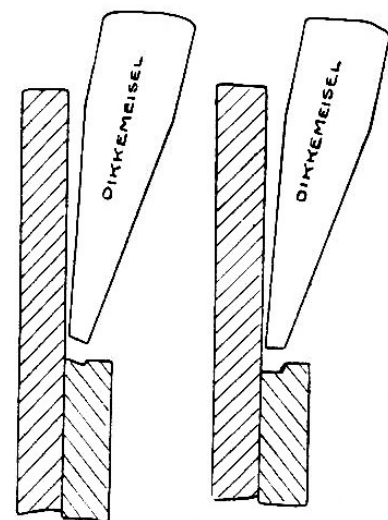
Arbeidsprosessen

Selve arbeidsoperasjonen utføres ved at meiselen føres langs platekanten, med meiselens skråkant mot godset, slik at materiale presses fra platekanten, inn mot tilstøtende plate. Deretter snus meiselen, og den samme operasjonen gjentas.

For å oppnå en varig tett forbindelse, er det viktig å få en bred anleggsflate mellom enhetene som stukes sammen. Anleggsflaten vil øke sammen med mengden gods som stukes. Derfor må dikkeranden, det vil si sporet man etterlater seg i platekanten, være tilstrekkelig bredt. Likevel bør det stå igjen noe stål, og det bør heller ikke dikkes for dypt. Det kan nemlig være nødvendig å gå over en gang til, dersom forbindelsen viser seg å ikke bli tett. En dikkerand på ca 5 mm ved 10-12 mm plate kan være retningsgivende.

Det er viktig, og avgjørende, at en har riktig press på dikkemeiselen. Trykket må være så pass at stålet blir bearbeidet, men dikker man for hardt, kan det fort oppstå alvorlige skader. Ved for mye kraft vil delene som skal dikkes sammen, i stedet bli presset fra hverandre. Det samme vil også lett skje dersom avstanden fra naglehull til dikkekant er for stor. Åpning mellom platene gir, som omtalt i kapitlet om klinking, mindre friksjon og dermed mindre styrke.

Platestøter som er klinket med skjøteribbe, dikkes ved at en vanlig dikkemeisel føres langs begge platekanter og stuker forbindelsen tett. Dikkingen fullføres med en rett meisel som føres over senter på skjøten.



Dikkemeiselen vendes og operasjonen gjentas



God dikkerand

Ved kontroll av nagleforbindelser, vil man kunne komme over utette nagler. Årsaken er at naglen ikke fyller naglehullet fullstendig. Som hovedregel skal slike nagler skiftes, ettersom kald overløking bare vil påvirke overflaten og ikke manglende utfylling inne i godset. Likevel ble slik overløking akseptert som godt nok i mange tilfeller. På gamle skip finner man også nagler som har vært forsøkt dikket tette. Dikking på nagler er bestridt som metode, men er likefullt en utbredt måte å rette opp utette nagleforbindelser på.

Dikking ved reparasjonsarbeid

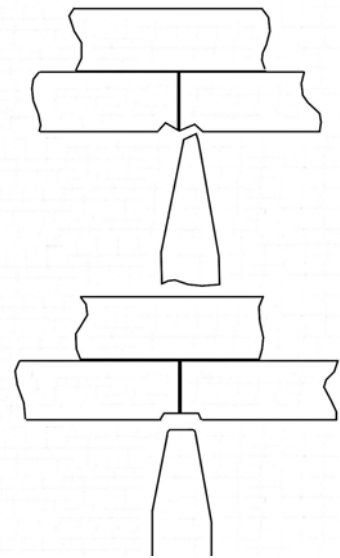
Ved nybygging, sørget man som regel for at vann- og oljetette forbindelser ble utformet, eventuelt oppbygd i en rekkefølge, slik at en kunne komme til med dikking. Ved reparasjoner kan en likevel oppleve tilkomstproblemer. En trenger armslag for å kunne føre verktøyet, og dersom konstruksjonen er til hinder for dette, kan resultatet bli svakt og utett. Dersom tilkomsten ikke er tilstrekkelig, kan sveising være en mulig metode. På konstruksjoner som skal tilbakeføres til en tidlig periode, kan dette naturligvis komme i konflikt med antikvarisk tenkning, men en skal ikke glemme at sveiseapparatet har vært brukt i verftsindustrien, i alle fall tilbake til 1920, og i begynnelsen, nettopp som et supplement til de tradisjonelle metodene.

En annen metode for å tette konstruksjoner som ikke lar seg dikke, er å støpe med sement. På gamle skip kan man komme over konstruksjoner som ikke lar seg dikke, og heller ikke kan ha latt seg dikke den gang skipet ble nybygd. Et eksempel på dette, er ved gjennomgående spant i rennesteiner. For å få rennesteinen tett på slike steder støpte man med sement i rennesteinen.

Det er imidlertid ikke bare vanskelig tilkomst, som gjør at reparasjonsarbeidet medfører ekstra utfordringer. I en del tilfeller er det gamle plater og vinkler som skal dikkes. Gammelt materiale er ofte deformert. Det kan ha spor etter tidligere dikking, og redusert tykkelse på grunn av rustangrep. Slike deler må bearbeides for å oppnå en tilstrekkelig god dikkekant. I andre tilfeller er det nye plater som skal dikkes mot en gammel plate. Også her er det viktig at den gamle platen er godt bearbeidet, slik at ikke groptæringer og deformasjoner vanskeliggjør dikkingen for mye. Generelt vil det være mer materiale som skal stukes ved reparasjoner, og dikkingen må derfor utføres hardere.

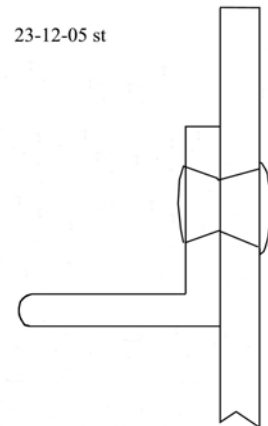
En annen utfordring en møter ved restaureringsarbeid, er utformingen på moderne materialer. Vinkler leveres i dag med avrundede kanter. Dersom disse skal dikkes må det arbeides dypt i materialet. Det letteste er derfor å slippe kantene som skal dikkes, før montering.

1-12-.05 st



Dikking av skjøter på ribbe

23-12-05 st



Avrettet vinkelkant på moderne stålprofil

8. Testing

Når hudplaten er på plass og klinket, skal hver nagle kontrolleres, før klinkeforbindelsen kan godkjennes. Det mest vanlige redskapet ved etterprøving, er hammer. Kvaliteten kan da vurderes med hjelp av sanseintrykk. Vi skal gjøre rede for noen av fremgangsmåtene i det følgende:

- Ved slag på et naglehode, vil hammeren sprette fort tilbake dersom naglen er godt klinket. Hvis det derimot er utettheter eller slark i nagleforbindelsen, vil det ikke være sprett i hammeren. Slaget vil da også gi en annerledes lyd, enn et slag på en god nagle.
- Dersom man holder en finger mot den ene siden av et naglehode og slår med hammeren på den andre siden, vil en merke forskjell på en god og en dårlig nagleforbindelse. Ved en god forbindelse vil materiale kjønes dødt, mens en løs nagle vil medføre vibrasjoner. Hvis det er mulig å komme til på begge sider av forbindelsen, kan samme metode brukes ved å holde fingeren på den oppklinkede ende av naglen, mens en slår med hammeren mot naglehodet.
- Et slag med en hammer mellom naglene, skal gi et kraftig tilbakeslag i hammeren dersom klinkingen er god, og motsatt hvis den ikke er tilfredstillende. Man vil også kunne skille en godt klinket forbindelse fra en mindre god ved å vurdere lyden av hammerslaget. Denne metoden har også blitt brukt for å bestemme omfanget av skade etter grunnstøting, og ved lignende skader i hud.

Bruk av sanseintrykk, slik som i tilfellene over, baserer seg i stor grad på kontrollørens erfaring og skjønn, med andre ord en form for handlingsboren kunnskap som vanskelig lar seg beskrive i tekst og bilder. Men det finnes også metoder som gir tydeligere signaler om forbindelsen er tett eller ikke. Metodene går ut på å observere hvorvidt veske lar seg trenge gjennom konstruksjonen.

Den metoden som ble brukt tidligere, og som vi i dag bruker ved Bredalsholmen, er å spyle med vann på den siden som skal være vanntett. Dvs utvendig på nagler og dikkerender. Innsiden smøres med en blanding av kritt og teknisk sprit, gjerne rødsprit. Det vil da være enkelt å oppdage om vann kommer igjennom.

Dersom det er lekkasjer i dikkeranden, dikkes det over på nytt. Er det en nagle som er lekk, kan den forsøkes tettet ved kaldklinking. Hjelper ikke det, skal den skiftes.

9. Kilder

Litteratur

Bjørnstad E.	<i>Stålbroer og stålkonstruksjoner</i>	London 1904
Holms, Cambell	<i>Practical Shipsbuilding</i>	København 1954
Jørgensen Vilhelm	<i>Plade- rør- & installasjonsarbeide</i>	Oslo 1983
Nerheim, Gunnar	<i>Gassflamme til Lysbue</i>	Oslo 1941
Steen, G.W	<i>Yrkeslære for skipsbyggere</i>	

Det Norske Veritas regelverk av 1909

Det Norske Veritas regelverk av 1939

Det Norske Veritas regelverk av 1960

Tradisjonsbærere

Tarjei Eldhuset f. 1931, tidligere klinker ved Kristiansand Mekaniske Verksted og Einar Huse f. 1926, tidligere ingeniør samme sted, har gjennom intervju samt praktisk og teoretisk opplæring vært viktige personer for reetablering av gammel kunnskap om arbeid på klinkede stålfartøy. Videre har vi i dette arbeidet hatt stor nytte av intervjuer med verftsarbeiderne Daniel Pedersen f. 1929, Kåre Ryen f. 1926 og Ernst Jacobsen f. 1923, samt tegner Ingulf Birkenes f.1928, alle tidligere ansatte ved Kristiansands Mekaniske Verksted. Fra det som en gang var Bergen Mekaniske Verksted har vi fått uvurderlig informasjon av tidligere klinker Johan Solsvik f. 1934. I et intervju med ham, samt med platearbeider Ole Egsund f. 1935 og ingeniør Smith Olsen f. 1923, fikk vi styrket vår kompetanse på klinke og platefaget, slik det tidligere ble utført på verftene.