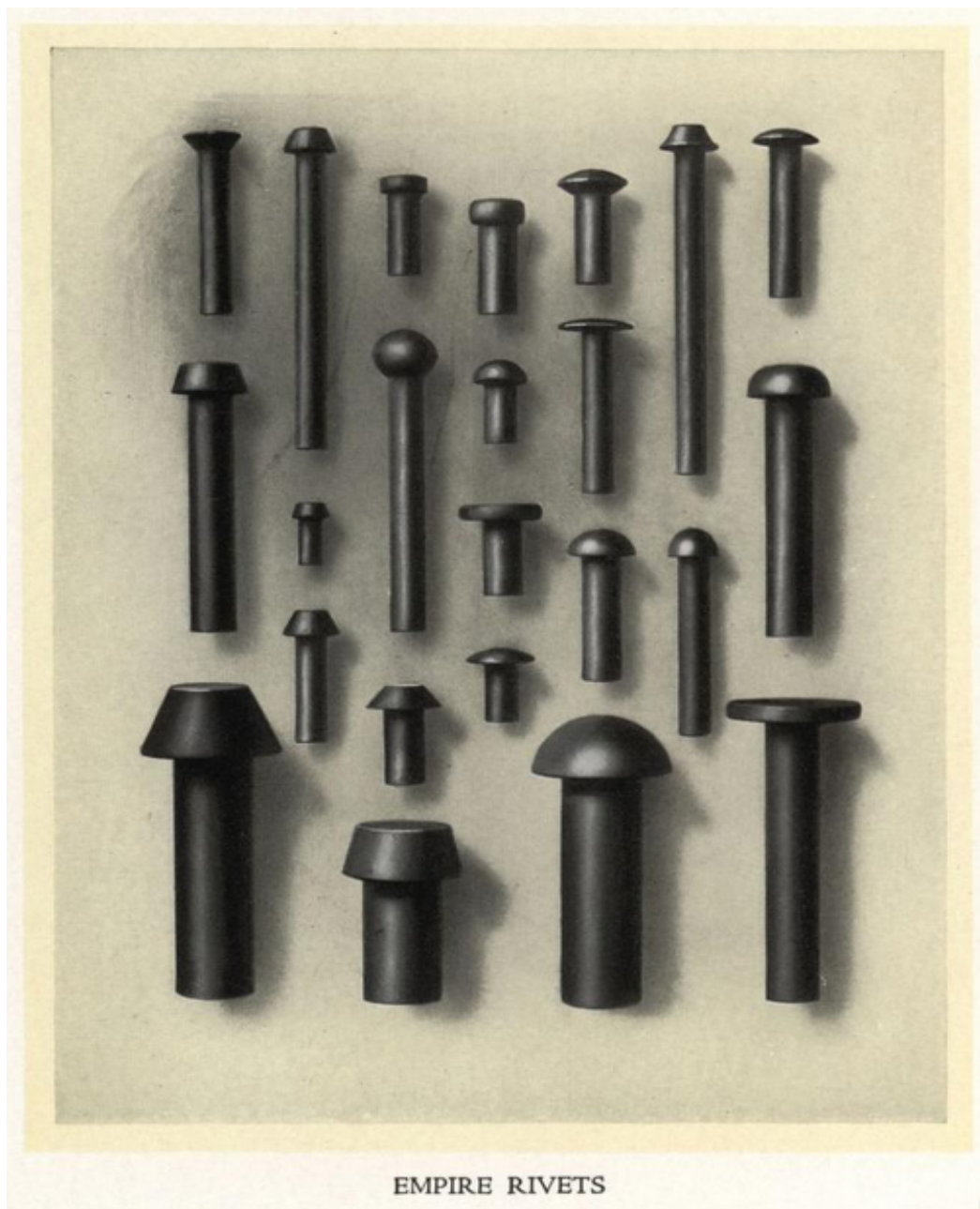


Verbindingstechnieken toegepast in Vlaams erfgoed, klinken 170223

Klinkverbindingen

**Toegepast in industrieel Vlaams Erfgoed.
Herkenning, restauratie en onderhoud**



Empire bolts, nuts, rivets, 1845 - 1924

Revisie: 170223

Inleiding

Dit document wil een praktische handleiding vormen bij de reparatie en restauratie van klinkverbindingen in het Vlaams erfgoed.

Vooraf wanneer ter plaatse in de buitenlucht klinkverbindingen moeten worden aangebracht of hersteld, kiest men vaak voor het vervangen van de verbinding door lassen. Dat dit niet nodig is omdat klinken op niet al te ingewikkelde wijze mogelijk is, ook onder niet al te ideale omstandigheden wordt hieronder omschreven.

Graag verwijzen we naar de in dit document genoemde filmpjes op het internet waar te zien is dat goede klinkverbindingen worden gemaakt door niet altijd gespecialiseerde uitvoerders en zeker niet onder de meest gunstige omstandigheden..

Dit document is opgesteld als “open”document. Hier bedoelen we mee dat we graag zien dat de hier omschreven informatie wordt verbeterd, aangevuld en ervaringen worden gedeeld.

Graag zien we dan ook uw op- en aanmerkingen tegemoet.

Seerp Visser
seerp@pandora.be
Restauratiesmid en Vrijwilliger MAS Antwerpen

In bewerking zijn nog:

Boutverbindingen toegepast in industrieel Vlaams Erfgoed, herkenning, restauratie en onderhoud

Lasverbindingen toegepast in industrieel Vlaams Erfgoed, herkenning, restauratie en onderhoud

Profielen en onderdelen van staalconstructies, toegepast in industrieel Vlaams Erfgoed, herkenning, restauratie en onderhoud

Klinken

Bij klinken worden twee of meerdere delen blijvend aan elkaar verbonden. Bij het klinken worden in de te verbinden delen gaten aangebracht. Door deze gaten wordt een klinknagel gestoken waar aan beide zijden een kop wordt gestuikt waardoor de delen onlosmakelijk aan elkaar worden verbonden.

In de praktijk hebben de klinknagels al een van de twee koppen prefab gestuikt. De tweede kop wordt gestuikt na het samenvoegen van de onderdelen.

Historie

Klinken is een van de oudste manieren om delen op een sterke manier met elkaar te verbinden.



Rivet, ca. 4th century B.C.
Metropolitan Museum of Art, Iran

Afbeeldingen hiernaast geven voorbeelden van zeer vroege toepassing van klinkverbindingen.

Links een oude klinknagel? Rechts het lemmet van een bronzen dolk waar een heft aan geklonken werd.



Abb. 1

Dolchklunge aus dem Mainkies bei Schwarzach,
Gde. Mainleus, Lkr. Kulmbach; Länge 12,5 cm
Bz A2 (1600–2000 v. Chr.)
Foto: Landschaftsmuseum (D)

De klinkverbinding, eigenschappen

Klinkverbindingen hebben bijzondere eigenschappen waardoor zij aantrekkelijk waren om toe te passen in constructies.

Naast de mogelijkheid om zeer grote krachten op te vangen kunnen zij ook zorgen voor vloeistof- en gasdichte verbindingen. Vooral in de tijd dat veel met stoom werd gewerkt en de lastechniek nog niet of slechts prematuur aanwezig was, waren klinkverbindingen onmisbaar.

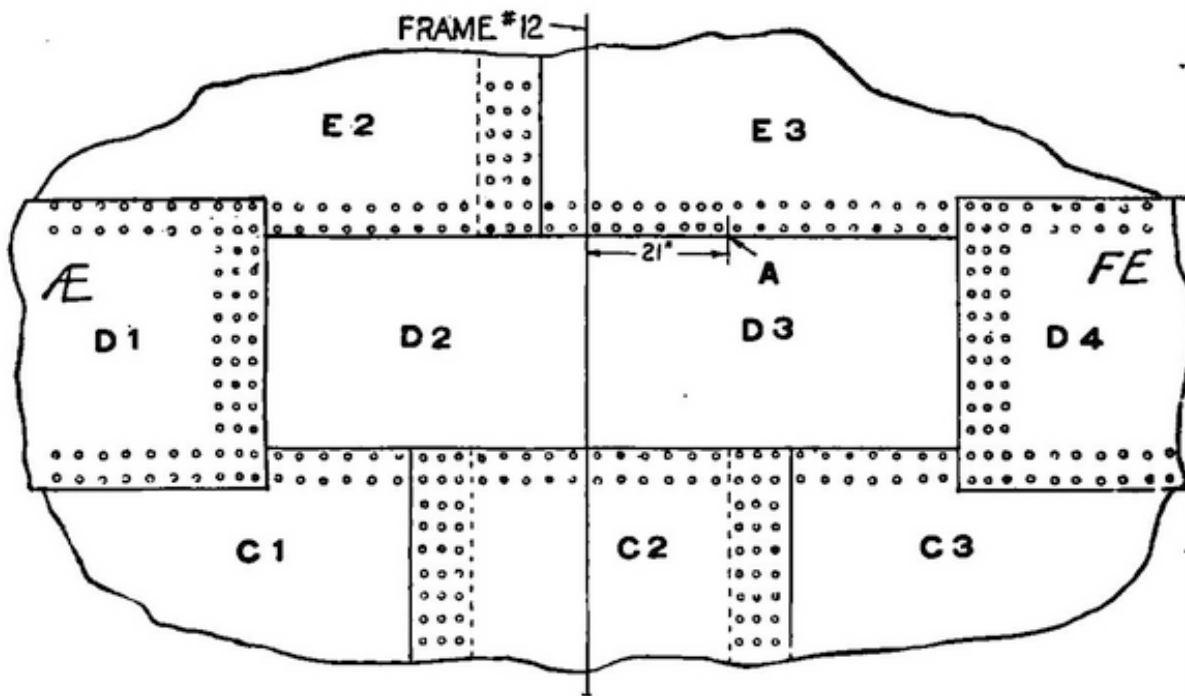


Fig. 98.—Section of shell plating on the hull; plates D2 and D3 are missing and are to be lifted.

Audel's ship fitters' guide, Newstead, Ralph, 1881

Stalen schepen werden geklonken met duizenden klinknagels.

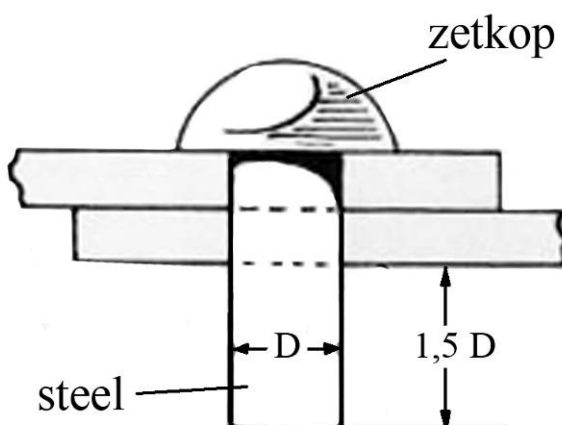
Het grote nadeel ten opzichte van lasverbindingen is de arbeidsinspanning. Er zijn meestal minimaal twee man nodig voor het maken van een klinkverbinding.

De klinkconstructie is ook zwaarder dan een gelaste constructie. Voor een constructie met klinknagels met een steeldiameter van 25 mm, moeten we per 50 toegepaste bolkop klinknagels ongeveer 11 kilogram extra gewicht rekenen.

Het klinken wordt heden ten dage (bijna) niet meer toegepast in constructies. Bij de bouw van vliegtuigen daarentegen is het klinken nog steeds actueel.

Klinknagels

Klinknagels in historisch erfgoed zijn meestal machinaal vervaardigd in gespecialiseerde fabrieken.



Naast klinknagels in staal werden (en worden) ook klinknagels in koper, messing en aluminium toegepast.

Er moet wel voorkomen worden dat non-ferro klinknagels worden toegepast in stalen constructies. Elektrolytische werking zal zeer snel ernstige corrosie veroorzaken.

Stalen klinknagels werden, ook in de tijden van de industriële revolutie nog, ook wel handmatig gemaakt. Vooral bij reparaties kwam dat voor. Ook bij de restauratie van ons Vlaams erfgoed kunnen we handgemaakte klinknagels gebruiken bij

herstellingen. Voor een vakkundig smid zal het smeden van een klinknagel niet al te moeilijk zijn.



Detail van beeld, Michael Ptacek, 2005

Foto links: In enkele gevallen komt het voor dat de klinknagels handmatig werden vervaardigd zonder de zo karakteristieke halfronde "zetkop" van de meest voorkomende klinknagel.

Wanneer we bij herstelwerkzaamheden aan erfgoed klinknagels handmatig laten maken moeten we voorschrijven welk materiaal wordt gebruikt. Waar de belasting van de klinknagel geen rol speelt zou gebruik kunnen worden gemaakt van het koolstof arme ARMCO ijzer. Dit zeer zachte materiaal kan helpen wanneer het klinken zelf door minder ervaren mensen wordt uitgevoerd.

(Dit staal wordt vooral in Frankrijk veel toegepast bij restauratie van monumenten, ondermeer vanwege roestbestendigheid)

Het aanbod van klinknagels.

Klinknagels werden in het verleden gefabriceerd in grote hoeveelheden en in veel soorten en maten, zo werden er bij de bouw van de Titanic, 3 miljoen klinknagels gebruikt. Van tijd tot tijd komen nog partijen oude klinknagels tevoorschijn bij het opruimen van een oude smederij of machinefabriek.

Komen we een partij tegen dienen dan moeten we proberen deze te behouden en bij de juiste partij onder te brengen.

Steeds vaker echter kunnen we geen gebruik meer maken van oude klinknagels en moeten we nieuw gemaakte exemplaren toepassen.

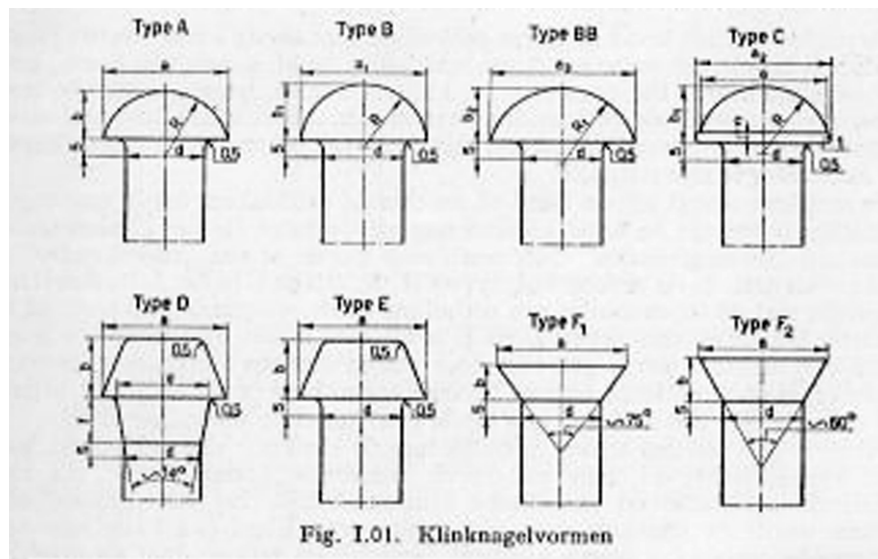


Stalen klinknagels worden nog steeds gefabriceerd. Tot diameter 10 mm worden ze in veel uitvoeringen en materialen geleverd.

Internationaal zijn klinknagels te koop tot een inch diameter (25,4 mm).

Verschillende uitvoeringen van klinknagels.

Typend voor een klinknagel is de kop waarmee de te verbinden delen geklemd worden.



Uit: Machineonderdelen, door G. Hofstede enz, 1959, pag. 1

Types klinkverbindingen

Bij het industrieel erfgoed kunnen we een aantal basis klinkverbindingen onderscheiden.

De "lapnaad", een overnaadse verbinding waarbij de geklonken delen elkaar overlappen. Men spreekt hier ook over een "eensnede" verbinding.

De "stripnaad", de te verbinden onderdelen liggen in lijn en worden verbonden met een enkele strip.

De "dubbele stripnaad". Hierbij worden aan beide zijden van de te verbinden onderdelen strippen aangebracht. Hierbij wordt een "tweesnede" verbinding toegepast.

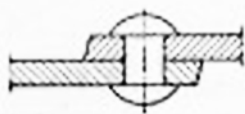


Fig. I.05. Lapnaad

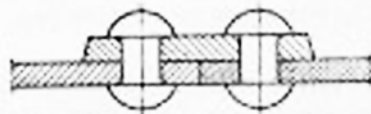


Fig. I.06. Enkele stripnaad

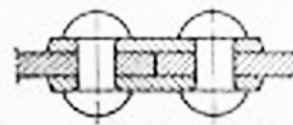


Fig. I.07. Dubbele stripnaad

Uit: Machineonderdelen, G Hofstede en, 1959, pag 4

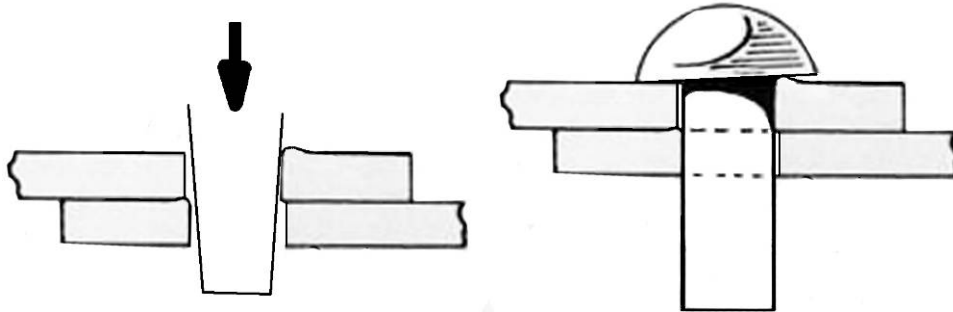
Uitvoeren van een klinkverbinding

Vorbewerking

Voor het uitvoeren van een klinkverbinding moeten er gaten worden aangebracht in de verschillende te verbinden delen. Om de klinknagel goed te kunnen klinken moeten deze gaten goed overeenkomen, wat "brillen" werd genoemd. Komen de gaten niet geheel overeen of waren de delen iets verschoven ten opzichte van elkaar dan kon in sommige gevallen, met een taps toelopende staaf de gaten op elkaar worden gebracht. Daarbij moet worden opgelet dat de randen van de gaten niet worden beschadigd. De klinknagel kan anders niet meer geheel plat op de te verbinden delen worden geklonken (zie tekening hieronder).

Uitlijnen van de gaten

Een zeer belangrijk punt bij het klinken is het juist op elkaar brengen van de gaten waar de klinknagels doorgestoken moeten worden. Het gat voor de klinknagel is gewoonlijk iets ruimer dan de diameter van de steel van de klinknagel. Een tolerantie van 5% werd veel toegepast.



Passen de gaten niet juist op elkaar dan werd vaak een taps toelopende pen gebruikt "drift" genaamd, om de gaten overeen te laten komen. Dit werd "brillen" genoemd. Hierbij moet er op gelet worden dat geen onregelmatigheden (bramen) aan de rand van de gaten ontstaan. Ook op het vormen van scheurtjes moet worden gelet.



Ruimer voor het passend maken van gaten voor klinknagels.

Beter is het de gaten te ruimen.

Klinkverbindingen tot 8 mm werden en worden vaak koud uitgevoerd. Dit was mede mogelijk doordat de kleinere klinknagels zachtgegloeid verkocht werden.

Lengte van de steel van de klinknagel

De lengte van de steel van de klinknagel hangt af van de dikte van de te verbinden delen en het nodige materiaal voor het vormen van de sluitkop.

Bij een bolle kop wordt de steel tussen de 1,5 en 2 maal de diameter van de steel langer afgezaagd (de steel werd ook "stift" genoemd).

Temperaturen om te klinken.

Stalen klinknagels worden verhit voorafgaand aan het plaatsen in de constructie en het stuiken van de sluitkop. Het is logische dat de steel van de klinknagel zeer heet moet zijn om plastische vervormd te kunnen worden. De kop daarentegen moet zo koud mogelijk worden gehouden om vervorming of afschuiven tijdens het klinken tegen te gaan.[

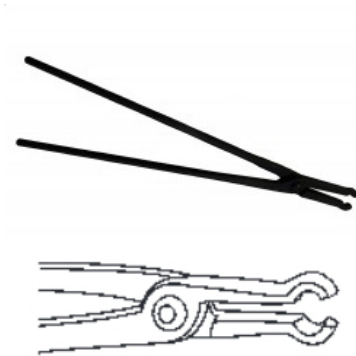
Een regel uit het verleden is de volgende: De zetkop moet donkerrood gloeiend zijn. De steel moet licht oranje zijn voorafgaand aan het plaatsen.

Door de correcte temperatuur toe te passen zet de steel bij het stuiken van de sluitkop uit en vult de geboorde gaten geheel. Na het stuiken koelt de klinknagel af en krimpt de samen gevoegde delen nog sterker tegen elkaar.

Onderzoek heeft aangetoond dat de delen zodanig sterk tegen elkaar worden gedrukt dat enkel de wrijving tussen de delen genoeg is om grote trekkrachten in de constructie op te vangen. De klinknagel zelf werd niet op afschuiving belast.

Verwarmen van de klinknagel

Tegenwoordig worden de klinknagels meestal verwarmd met een brander. Daarbij wordt de klinknagel vastgehouden met een "klinknageltang" terwijl een tweede persoon de steel van de klinknagel verwarmt.



In het verleden werden de klinknagels in een smidsvuur opgewarmd.

bijvoorbeeld bij reparaties, een "veldsmidse". Een ventilator werd voetpedaal.

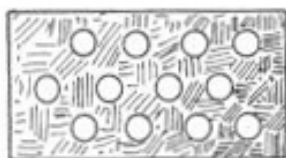
Een klinknagel mag niet te lang in het vuur worden gelaten. Door langdurige verhitting korrelgroei in het staal klinknagel toeneemt. ontstaan bij het klinken en klinknagel verminderd. Bovendien vormt zich een oxidatie waardoor het wordt bemoeilijkt.



Moest men ter plaatse werken, dan werd gebruik gemaakt van klein smidsvuur waarvan de aangedreven door een

lang in het vuur worden gelaten. op hoge temperatuur ontstaat waardoor de broosheid van de Hierdoor kunnen scheuren wordt de treksterkte van de

walshuid op de klinknagel door plaatsen van de klinknagel



Vuur



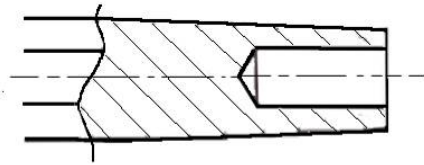
Vuur

In het smidsvuur werd een plaat, of een "nagelijzer" gelegd met gaten die overeenkwamen met de diameter van de steel van de klinknagel. De klinknagels werden met hun steel naar onder in de plaat of het ijzer gestoken. De steel werd op deze manier meer verwarmd dan de kop.

Het Plaatsen van de klinknagel

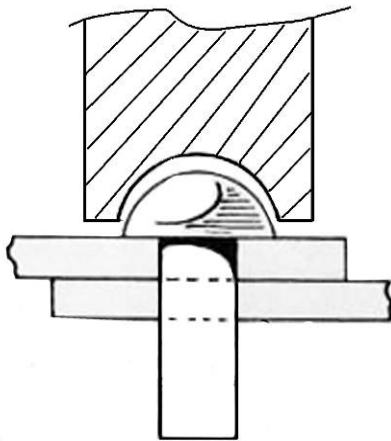
Belangrijk is dat de delen die bevestigd moeten worden perfect en strak op elkaar zijn geplaatst. Eventuele ruimte tussen de delen kan reden zijn voor roestvorming zonder dat daar iets tegen gedaan kan worden.

Wanneer nog losse delen geklonken worden, worden deze vooraf met bouten en moeren tegen elkaar getrokken.



Ook kan men bij kleinere diktes de delen met een stuk holle pijp vaster op elkaar slaan. Dit stuk gereedschap noemt men de “ophaler”.

Het plaatsen van de hete klinknagel moet snel geschieden. Het is bekend dat men in het verleden hete klinknagels wierp naar de personen die klonken. Een ving de klinknagel op in een soort lepel, of met een speciale trechtervormige leren handschoen, en pakte ze dan met de tang over.



Zijn de voorbereidingen afgerond en is de klinknagel heet dan wordt zij geplaatst in de gaten.

Direct wordt de “zetkop” van de klinknagel klem gezet en gezekeerd tegen het gat om voldoende tegendruk te kunnen geven tijdens het klinken.

Bij kleinere klinknagels gebeurt dit door met een zware stalen staaf of blok en mankracht om voldoende massa achter de kop te plaatsen.

Bij zwaardere constructies wordt afgesteund op een ander deel van de constructie en met een staaf, vijzel of hydraulische spanner de zetkop gezekeerd tegen het werkstuk.

Het blok wat de tegendruk moet geven heeft een uitholling in de vorm van de zetkop.

Zodra de klinknagel goed is afgesteund wordt, bij handmatig klinken, met een zware hamer de steel opgestuikt. Dit gebeurt door zware slagen in de lengterichting op de steel te geven. Door het stuiken wordt alle ruimte tussen de steel en het klinkgat opgevuld. Vervolgens plaatst de klinker een blok of een stuk gereedschap op de steel waarin een holte is gemaakt in de vorm van de kop van de klinknagel. Hiermee wordt de kop in de juiste vorm gebracht en afgewerkt. Dit gereedschap noemt dit de “dopper” of “snapper”. Voor grotere diameter klinknagels die pneumatisch of hydraulisch worden geklonken heeft een opzetstuk op de hydraulische hamer al de juiste vorm van de te verkrijgen kop.

Bij een goede klinkverbinding heeft de kop van de klinknagel nog kleur wanneer het klinken is afgerond. Is dit niet het geval en wordt er nog geklonken terwijl de klinknagel te koud is dan kunnen er scheurtjes ontstaan in de klinknagel door het harder worden van de klinknagel bij koude vervorming.

Tot een diameter van ongeveer 25 mm kunnen klinknagels met de hand worden geklonken. Grotere maten klinknagels worden hydraulisch of pneumatisch geklonken.

Indien de verbinding gasdicht moet zijn, bijvoorbeeld bij stoomketels, dan wordt de verbinding nog "gekookt". Hierbij worden de randen van de onderdelen en de randen van de koppen van de klinknagels met een beitels bewerkt en de twee materialen als het ware in elkaar gedreven.

Klinknagels verwijderen.

Wanneer klinknagels uit een constructie moeten worden verwijderd is het gebruikelijk de kop van de nagel met een brander weg te snijden en dan het gat uit te boren.

Bij kleinere diameters kan het mogelijk zijn de kop met een beitels af te kappen.

Sterkte van een klinknagelverbinding

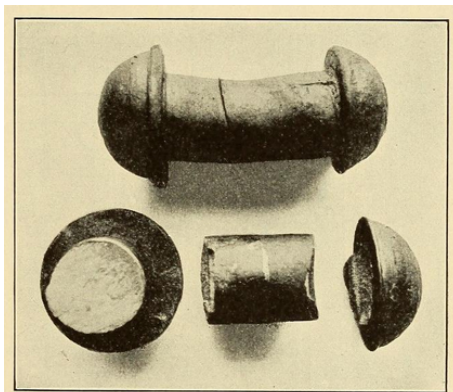


FIG. 2.—Appearance of rivets after shear tests

Air-hardening rivet steels, H.K. Herschman 1927
page 149.

Klinkverbindingen werden in de meeste toepassingen uitgevoerd met klinknagels van standaard kwaliteiten staal. Bij vervanging of reparaties van klinkverbindingen moeten wel rekening houden met de eventuele toepassing van hoogwaardiger staalsoorten in sommige situaties. Dit om de vereiste sterkte in de constructie te behouden. Deze klinknagels zullen niet in de handel verkrijgbaar zijn en dienen dus door een smid te worden gesmeed.

Indien gebruik wordt gemaakt van het bovengenoemde Armcostaal dan dienen we de toelaatbare belastingen met een derde te verminderen.

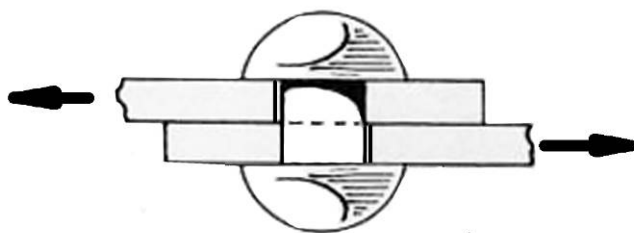
Een ander punt van aandacht is de lengte van de steel van de klinknagel. Indien deze te lang wordt doordat te veel lagen of te dikke lagen moeten worden samengehouden dan functioneert de klinknagel minder goed. Het is dus aan te bevelen om bij restauratie of reparatie niet meer materiaal toe te voegen aan de verbinding dan origineel aanwezig. Mocht schade zijn ontstaan door een te dikke verbinding, dan kan worden overgegaan door het vervangen van het model klinknagels door nagels van hogere staalkwaliteit.

Het kiezen van een sterkere staalsoort heeft gevolgen voor het klinken van de verbinding. Bij het verwarmen en eventueel herverwarmen moet daar rekening mee worden gehouden.

Hoogwaardige staalsoorten vooral niet witheet stoken en niet te koud klinken.

Ook met de eigenschappen deze staalsoorten moet rekening worden gehouden. Denk bijvoorbeeld aan sommige luchthardende staalsoorten.

Neem bij voorziene problemen contact op met een bekwaam smid die advies kan geven.



Klinknagels werden sterkte technisch berekend op afschuiving. Dit is in de geschiedenis steeds zo gedaan maar testen hebben uitgewezen dat andere factoren mede een grote rol spelen. We kunnen noemen het effect van wrijving tussen de opeen geklonken materialen en het

risico de klinknagel door het materiaal heen te trekken, bij afkoeling.

Omdat wij de restauraties en reparaties uitvoeren aan erfgoed, zullen we de methoden van onze voorouders volgen.

LOWMOOR RIVET-IRON.

The breaking tensile strength of rivet-iron is equal to 26 tons per square inch of its section.

The shearing strength of Lowmoor rivets is equal to 18 times the square of the diameter in inches.

Uit: The boilermaker's assistant, door John Courtney, 1880

Multiply the tensile strength of the plate by 0·7; the product is the strength of the joints in double-riveted boilers.

For single-riveted joints multiply by 0·56 for the strength of joint.

Uit: The boilermaker's assistant, door John Courtney, 1880

Maten van de klinknagels

Zoals bij alle technische objecten uit het verleden zijn een groot aantal verschillende maatvoeringen gebruikt voor klinknagels. Per bedrijf en per land bestaan verschillen.

Na 1910 is begonnen met, ondermeer, klinknagels te normaliseren. Tot op heden bestaan edhter nog verschillen, bijvoorbeeld door maatvoering in inches of millimeters.

In de loop van de eeuwen hebben we in Vlaanderen uit veel landen technische objecten ingevoerd. De verschillen in maatvoering kregen we er gratis bij.

Als bijlage zijn een aantal tabellen met verschillende maatvoeringen opgenomen. Waar mogelijk is er een tijdsaanduiding aan toegevoegd.

Vertalingen

Een aantal relevante vertalingen van met het klinken verbonden woorden en uitdrukkingen staan hieronder:

Vlaams	Engels	Frans	Duits
Klinknagel	(solid) rivet	le rivet	die Niet
Ronde kop	button/ round head	tete	
Afgeplatte kop	plain button head	tete	
Platte kop	flat head	tete	
Verrzonken kop	countersunk	tete noyee	der versenκτη Kopf
Zetkop	rivet point	tete de pose	der Setskopf
sluitkop	closing head	tete femante	der Schliesskopf
snappkop	cup/snap head	tete bombee	geschellter Kopf
Steel	shank	le corps	der Nietschaft
Koken	caulk	mater	Verstemmen
Kookbeitel	caulking tool	le matoir	der Stemmeissel
Snappen	snap	la bouterolle	das Schjelleisen/der Dopper
Ophaler	Rivet setter		
Dopper (snapper)	Rivet header		

Referenties

Filmpjes op het Internet

Op het internet zijn een aantal filmpjes te zien waar het klinken op wordt gedemonstreerd:

www.youtube.com/watch?v=ukCCtKTH6pQ

www.youtube.com/watch?v=5C5ZCmHIWtM

www.youtube.com/watch?v=x6byGhDCKsU

<https://archive.org/details/FourMethodsOfFlushRiveting>

klinkenfilm-1_0001.wmv

www.youtube.com/watch?v=ukCCtKTH6pQ

Internet sites

<http://collections.infocollections.org/ukedu/en/d/Jgtz072ce/1.html> - riveting course

Bibliografie

Audel's ship fitters' guide door Ralph Newstead, 1881

Bolt, nut and rivet forging by Douglas T. Hamilton. Machinery's reference book no. 113, published by Machinery, New York, 1914

Handboek voor smeden door R. van der Wal en P.A. Capel, Kluwer te Deventer (NL), 1922

Het staal van de onzinkbare Titanic. <http://muziek-en-film.infonu.nl/film-en-video/4237-titanic-de-gebeurtenis-en-film.html>

Machineonderdelen door Ir. G. Hofstede, Ir. H.J. Meeuwis en Ir. P.G. Rittershaus, Morks drukkerij en uitgeverij te Dordrecht (NL), 16e druk, 1959.

Audel's ship fitters' guide, Newstead, Ralph, 1881

Bijlagen

Bijlage I - Klinknagel afmetingen, Amerikaans, 1885 volgens Bolt, nut and rivet forging by Douglas T. Hamilton

Bijlage II - Klinknagels met bolle (ronde) kop, N667, 1944

Bijlage III - Belgische normen

Bijlage IV - Duitse normen

Bijlage V - Nederlandse norm N667