

Conventionele
2D-constructie-
tekeningen.

Innovatie van de constructietekening?

Het bouwproces van schepen is er de afgelopen decennia heel anders uit komen te zien. Wat alle nieuwe ontwikkelingen van de laatste vijftig jaar echter wel overleefd heeft, is de 2D-constructietekening. Het wordt tijd dat we de functie van een constructietekening eens onder de loep nemen.

De veranderingen in de scheepsbouw staan niet stil. Voor zowel de commerciële scheepsbouw, de megajachtbouw als de jachtbouw is de spantenvloer al weer jaren verdwenen. Alle stalen en aluminium casco-onderdelen, de systemen met leidingwerken en alle interieur-onderdelen kunnen in een virtuele ontwerpfase geïntegreerd in een

3D-model worden opgenomen. Vanuit dat model kunnen in de werkplaats numerieke machines worden aangestuurd die de fysieke onderdelen met grote precisie produceren.

We worden om onze oren geslagen met kreten als *concurrent* en *collaborative engineering*. We dromen van kunstmatige intelligentie

om de praktische en onmisbare kennis in neurale kennisnetwerken ter beschikking te stellen aan de tekenkamers. 2D ontwerpen durf je in gezelschap bijna niet meer te vermelden, alles “moet” 3D. En waar blijft het commando “boot”? Het gaat gekscherend of uitdagend over de tong, maar dat commando – waarbij de hoofd-afmetingen en functies van de boot ingevoerd worden en het programma de virtuele boot vervolgens oplevert – komt er naar mijn mening voorlopig niet. Op kleinere schaal en binnen bepaalde randvoorwaarden en nuancering moet het echter wel serieus worden genomen. Immers, *knowledge based engineering* en kunstmatige intelligentie loert om de hoek of wordt zelfs al toegepast. Wat echter de laatste vijftig jaar zo goed als onveranderd is gebleven, is de werkplaats- of constructietekening. Zegt u maar wat u gewend bent te zeggen. Een duidelijke definitie is er namelijk niet. Van geen van beide. Wat is dat dan, een constructie- of werkplaats-tekening? Ik heb zelf gedurende mijn scheepsbouwkundige opleiding en mijn werkzaamheden in de scheepsbouw nog nooit een heldere omschrijving gekregen van wat een constructietekening nu precies is en ik heb er vaak naar gevraagd. Het antwoord dat ik het meest krijg – van zeer ervaren scheepsbouwers – is: ‘nou, simpel, een tekening waarvan je een schip kunt bouwen. Dat is al jaren zo.’ Met dat laatste ‘dat is al jaren zo’ kijken ze me dan wat meewarig aan: ‘dat je dat niet weet!’ Ik vraag me dan altijd als eerste af: wie bouwt dan dat schip? Mijn buurmeisje van tien, wiens ervaring met schepen zich beperkt tot het zeilen in een piraatje, of een zeer ervaren scheepsbouwer die al tientallen jaar in het vak zit en zijn honderdste schip volgens de oude, getrouwe werfstandaard gaat bouwen en de tekeningen graag conform ziet? Beiden verstaan ongetwijfeld iets anders onder de definitie ‘een tekening waarvan je een schip kunt bouwen’. Ik opteer overigens voor een tekening – zo niet methode – waar mijn buurmeisje van tien ook raad mee zou weten, maar daarover later meer.

De constructie- en werkplaatstekening gedefinieerd

Vooralsnog wordt de constructie- en werkplaatstekening als volgt gedefinieerd:

Een constructietekening legt vast hoe de constructie van het schip uitgevoerd moet worden. De volgende zaken moeten zijn vastgelegd:

- alle typische constructieve doorsneden en de plaatsen waar deze typische doorsneden voorkomen en alle doorsneden die afwijken van de typische doorsneden in alle richtingen met weergave van alle verbanddelen in deze doorsneden zodanig dat de vorm, positie en dikte van de verbanddelen bekend zijn;
- verstijving van plaatvelden (huid, dekken, schotten);
- details;
- materiaalsoort;
- dimensies van onderdelen;
- maatvoering;
- type lasverbindingen.

Een werkplaatstekening is een constructietekening die is uitgebreid met identificatiecodes van alle onderdelen (pos-nummers).

Eigenlijk moet er nog een punt worden toegevoegd aan de definitie van de werkplaatstekening: alle zaken die ontbreken bij de constructietekeningen. Dat is bizar. Immers, het gaat ervan uit dat de constructietekeningen onvolledig zijn. In de praktijk is dat inderdaad bijna altijd het geval. Vooral de doorsneden die afwijken van de typische doorsneden zijn vaak niet getekend in een constructietekening. Ook details missen regelmatig.

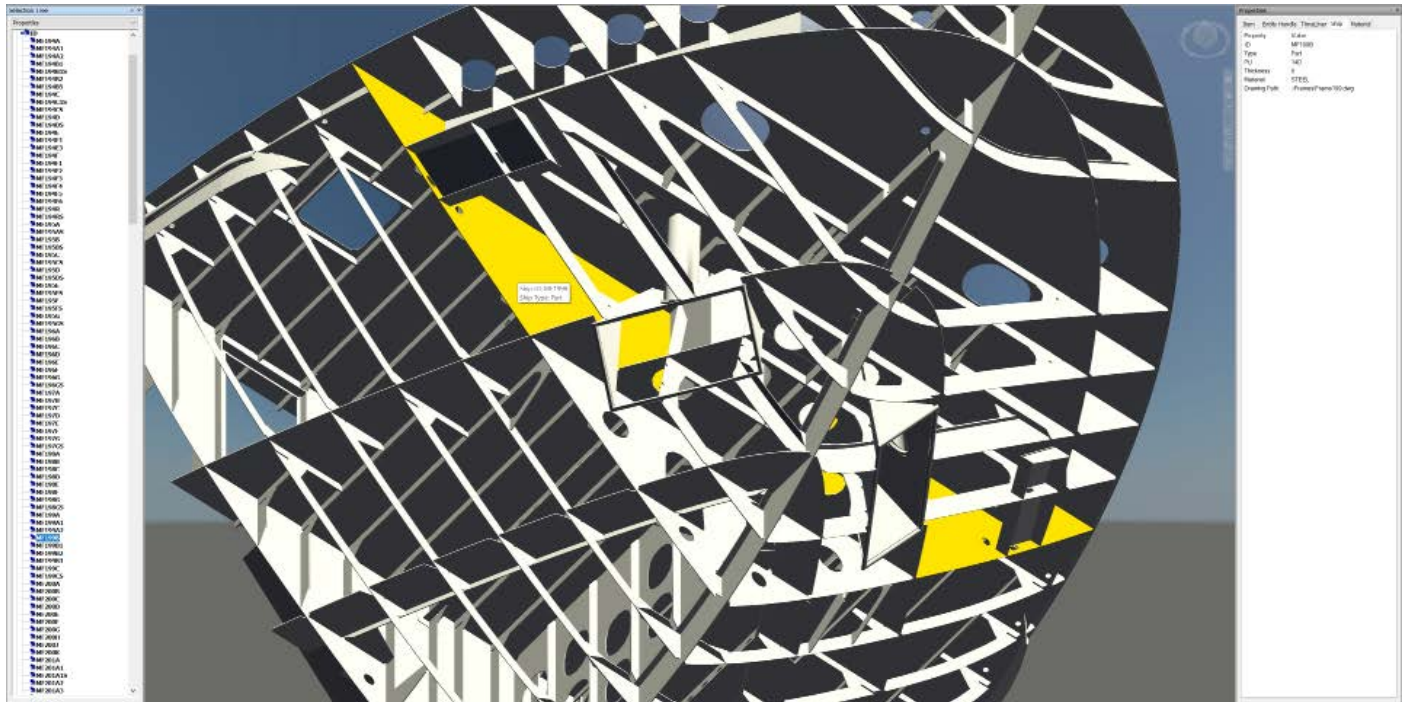
Communicatiemiddel

Een tekening is een communicatiemiddel. De ontwerper heeft uitgedacht hoe het schip eruit gaat zien en hoe het zal presteren. Een constructeur heeft uitgedacht hoe het schip gebouwd moet worden en hij draagt zijn ideeën daarover middels een constructietekening over aan diegene die het schip gaat bouwen. Voor het gebruik van CAD/CAM ontving de bouwer van de ontwerper een set tekeningen. Liefst met koffievlekken. De bouwer ging – al of niet na een bepaalde *customising* en/of voorbereiding van die constructietekeningen naar werkplaatstekeningen – alle onderdelen vanaf tekening op de spantenvloer en in de werkplaats produceren. Hij moest alle maten en diktes en constructiedetails weten. Leidraad voor de bouwer was steeds de constructie- of werkplaatstekening. Als het niet op de tekening stond of als het hem niet aanstond, maakte hij het naar eigen idee en ervaring, de zogenaamde werfstandaard. Langzaam maar zeker ontstond het schip. Een stukje erbij, een stukje eraf, maar er ontstond een fraai en kwalitatief goed schip! Een enorme eerste handicap bij het maken van 2D-werkplaatstekeningen is het simpele feit dat een 2D-tekening slechts een plat vlak ter beschikking heeft en dat een schip een complexe 3D-constructie is. Vandaar dat we allerlei afspraken met elkaar hebben gemaakt over diverse aanzichtstekeningen, spoorlijntjes, gestippelde lijntjes, getrokken lijntjes. Een tweede handicap is dat in verband met het reproduceren van de tekeningen, ze ook maar één kleur ter beschikking hadden: zwart. Een derde handicap is dat een conventionele constructietekening altijd op schaal is en kleine details ook zichtbaar moesten zijn. Deze moesten dan ook apart op grotere schaal getekend worden.

Zo’n tekening moet je dan kunnen lezen. Als je dat kunt, krijg je op basis van die 2D-tekening de werkelijke 3D-constructie van het schip in gedachte zichtbaar. Niet voor iedereen even gemakkelijk. Mijn buurmeisje van tien gaat dit niet redden, die ervaren scheepsbouwer met tientallen jaren ervaring wel.

Virtuele werkplaats

De laatste decennia is er nogal wat veranderd en niet alleen bij vooruitstrevende werven. We zijn inmiddels allemaal gewend aan het tekenen met CAD-programma’s, het bouwen van casco’s met behulp van numeriek uitgesneden bouw pakketten en soms ook al met het numeriek buigen van pijpen en het numeriek frezen van interieurs. Daardoor heeft er een verschuiving binnen het scheepsbouwproces plaatsgevonden. Het werk dat vroeger op de spantenvloer gebeurde, gebeurt vandaag op de tekenkamer. Dat betekent dat de tekenkamer eigenlijk een virtuele werkplaats is geworden.



Moderne 3D-weergave van de constructie van een schip.

Het maken van plaatuitslagen, *piping iso-metrics* en meubels op de tekenkamer in CAD met behulp van daarvoor speciaal ontwikkelde software, zoals AutoCAD en MasterShip-software, heeft het leven heel wat aangenamer gemaakt. Alles wat op de tekenkamer getekend wordt, wordt ook exact zo doorgestuurd naar numerieke productiemachines. Een logische consequentie wordt nog steeds wel eens over het hoofd gezien: de benodigde praktische scheepsbouw kennis is nu dus naast in de werkplaats evenzogoed op de tekenkamer nodig.

Van 'meten is weten' naar 'passen is lassen'

Terug naar die tekeningen. Mijn constatering is dat aan de tekeningen die van de tekenkamer naar de werkplaats gaan, nog maar bar weinig veranderd is. Het lijkt logisch om eens stil te staan bij welke informatie nu met onze nieuwe technieken nog noodzakelijk naar de werkplaats moet om het schip te kunnen assembleren. Immers, de communicatieve boodschap die tekeningen moeten overbrengen, is de laatste jaren met de intrede van CAD/CAM drastisch veranderd. Het bouwen van stalen en aluminium casco's met prefab geproduceerde onderdelen is gemeengoed geworden. Voor systemen, leidingwerken en interieurs is het hard dezelfde kant aan het opgaan. Onderdelen worden niet meer een voor een met de hand op de werkvloer gemaakt. Dat betekent dat ook niet meer alle maten en diktes en alle constructiedetails gecommuniceerd hoeven te worden. Het werk dat vroeger en nu door de tekenkamer en de bouwer werd/wordt uitgevoerd, is daarmee drastisch veranderd. Het wordt dus tijd dat we ook ons communicatiemiddel tussen tekenaar en bouwer, de constructietekening, eens onder de loep nemen:

wat moet diegene weten die een compleet bouw pakket aangeleverd krijgt om een schip te bouwen? Of beter gezegd, om een schip te assembleren?

Welke informatie is er nodig om de onderdelen samen te stellen? Dat is andere informatie dan om diezelfde onderdelen te maken. Er is een logistiek plan voor al die onderdelen nodig. Er is informatie nodig over de grootte en het gewicht van de te assembleren secties of subsecties. Er is een samenstellingsplan nodig, een vloerplan. Er is informatie nodig voor eventuele bouwmallen. Er is informatie nodig wanneer en waar welke onderdelen nodig zijn. Er is informatie



Driemaal moderne informatiedragers van de 3D-bouwinformatie: smartphone, tablet en MasterShip Workshop Assistant A0-tafel.

nodig of bepaalde onderdelen nog een nabewerking moeten ondergaan. Ook is er informatie nodig over de verbindingstechnieken: hoe maken we de onderdelen aan elkaar vast? Er is een lasplan nodig. De numerieke productiemachines kunnen ook behulpzaam zijn bij het aangeven van verbindinglijnen op de werkelijke fysieke onderdelen. Bevestigingslocatie van het ene onderdeel op het andere kunnen veelal op de onderdelen gemarkeerd of ingefreesd worden. Bovendien kan hierbij vaak gebruik worden gemaakt van nieuwe verbindingstechnieken, zoals inkrozen en infrezen. Informatieve teksten kunnen op de onderdelen worden geprint, zelfs in kleur, zelfs aan twee zijden. Bematingen buiten de hierboven aangegeven informatie wordt door de exacte maatvoering en door het aanbrengen van bevestigingslocaties overbodig. Gedetailleerde bemating is nodig wanneer je alle onderdeeljes zelf moet maken. Gedetailleerde bemating is niet meer nodig als je onderdelen alleen hoeft samen te stellen. Het is niet meer meten is weten, maar passen is lassen.

Het 3D-model naar de werkplaats?

De huidige praktijk is dat werven nog steeds om werkplaats-tekeningen vragen; conventionele werkplaatstekeningen. Dus worden die nog steeds gemaakt. Weet u wanneer ze in het huidige proces gemaakt worden? Nadat het virtuele 3D-model klaar is, oftewel als alles bekend is. Alle details, alle maatvoering is vastgesteld en bekend en nu gaan we even fijntjes een tekening maken die dat nog eens gaat vastleggen. Deze tekeningen worden door de huidige software zelfs van dat 3D-model afgeleid. Oftewel de constructeur is in staat geweest om dat volledige 3D-model te maken zonder die werkplaatstekeningen. Hij heeft ze helemaal niet nodig gehad. Nu moet hij ze alsnog maken als leidraad voor de bouwer en het maken van constructietekeningen kost veel, heel veel, tijd.

Waarom kan die bouwer niet datzelfde 3D-model gebruiken dat de constructeur gemaakt heeft om de onderdelen te definiëren en te maken? Waarom kan er aan de muur van de werkplaats niet een digitaal scherm hangen waarop alle details bekeken en maten opgevraagd kunnen worden? Of is er geen 3D-overzichtstafel waar het model op bekeken en besproken kan worden?

Te moeilijk? De mensen in de werkplaats hebben geen kennis van CAD/CAM? Hoeft ook niet. Als ze kunnen gamen, kunnen ze ook een 3D-muis van een 3D-model gebruiken. Ja, dat moet wel heel gebruiksvriendelijk zijn. Denk aan tablets, denk aan de functies van smartphones, denk aan joysticks. Denk ook aan grote A0 touchscreens voor overleg in de werkplaats. Als dat dan lukt, is het bovendien ook meteen een veelvoud duidelijker én flexibeler én informatiever dan die conventionele 2D-zwart-wittekening met al zijn moeilijke lijntjes en platen waar je niet doorheen kunt kijken en zijn schaalproblemen. En ja, mijn buurmeisje van tien snapt het nu ook, net als die ervaren scheepsbouwer.

Veel mensen zullen nu denken dat we te hard van stapel lopen: hoe durf je aan onze oude trouwe spoorlijn- en stippelijntekeningen te komen? Dat durf ik, omdat het allemaal veel eenvoudiger en goedkoper kan. Een conventionele 2D-tekening is geworden tot een las-

tig, onoverzichtelijk en duur bijproduct. Wij hebben het niet nodig om een virtueel bootje te bouwen, een bouwer heeft het ook absoluut niet nodig als hij het bouw pakket moet assembleren. Wat hij wel nodig heeft, is een helder en duidelijk inzicht in hoe het casco in elkaar zit. Hij heeft een hijs- en vloerplan nodig, een assemblageplan en wellicht nog meer werfspecifieke informatie die allemaal uit het 3D-model en de achterliggende informatie gehaald kunnen worden. En dan last but not least, wij allen weten dat er zo nu en dan nog wel eens wat wijzigt in onze tekeningen, zelfs als we al fysiek aan het bouwen zijn. Het is dan een uitdaging alle nieuwe tekeningversies op de juiste tijden op de juiste plaatsen beschikbaar te hebben. Het voordeel van de moderne informatiedragers is dat ze eenvoudig op het netwerk van de tekenkamer aangesloten kunnen worden en dus altijd up-to-date zijn. Bij werken op afstand kan dat via de *cloud*.

Als u nu een casco moet bouwen, geeft u dan de voorkeur aan de informatie uit de eerste foto of de altijd actuele informatie uit de laatste twee foto's? De techniek kan het. Nu wij nog. Echter het aansturen van deze veranderingen zal niet eenvoudig zijn. Vaak is het veranderingsmanagement lastiger dan het ontwikkelen van deze nieuwe technieken.