

2

NAVIRES NON CONVENTIONNELS EN COMPOSITES DANS LES PAYS SCANDINAVES*

O. GULLBERG¹

Résumé - Nous présentons l'expérience du développement des matériaux composites pour les structures marines dans les pays scandinaves. Le premier navire construit en matériaux composites en 1974, utilisait une technique sandwich spéciale, le sandwich GRP, développée en Suède. Depuis, la technique du sandwich GRP a été la seule utilisée pour la construction de coque par les pays scandinaves. La méthode de construction est décrite brièvement, ainsi que le matériau utilisé. Ensuite, des exemples de différents types de navires en construction sont présentés. Enfin, quelques idées de développements futurs sont exposées.

Mots clés : matériau composite, sandwich GRP, MCMV, coussin d'air, NES.

INTRODUCTION

La technique du sandwich GRP a été développée suivant un programme de recherche et développement conjoint entre Karlskronavarvet, le Royal Institute of Technology et la Royal Swedish Navy à la fin des années soixante. Le but était de développer une technique de construction pour une nouvelle série de dragueurs de mines. Cependant, le travail de développement de base avait déjà commencé dix années auparavant.

Le programme de recherche et développement a abouti à la construction de la toute première coque de navire en sandwich GRP en 1974 - le dragueur de mines mi-échelle *Viksten*. Ce navire de 24 m a été suivi, durant les années soixante-dix, par des chaloupes de police, des chalutiers, des navires garde-côtes, etc.

Peu de temps après que le navire *Viksten* a été présenté, la technique du sandwich GRP a été introduite en Norvège par le chantier naval Brøderne Aa. Le chantier naval a principalement développé la technique de construction pour les navires de passagers à grande vitesse, à la fois monocoques, catamarans et navires à effet de surface (NES).

* traduit de l'anglais.

¹Karlskronavarvet AB, Suède.

Au Danemark, la technique du sandwich GRP a été introduite bien plus tard, en 1985. Sur la base d'un agrément de licence, la technique de construction a été transférée de Karlskronavarvet au chantier naval danois Danyard Aalborg.

Quelques exemples récents de navires construits en matériaux composites seront décrits ici. Cependant, seuls des navires d'environ 30 mètres et plus seront présentés. Les petits navires au-dessous de cette taille sont nombreux et ne peuvent être possiblement décrits ici.

LA CONCEPTION EN SANDWICH GRP

MATERIAU

Un sandwich est composé de trois parties principales : deux peaux fines, résistantes, rigides et de relativement haute densité, séparées par une âme épaisse, légère et moins résistante (Gullberg, Olsson, 1990). Les peaux et l'âme sont assemblées pour transférer les charges entre les trois composants.

Le matériau de peau consiste normalement en une matrice polyester ou vinylester isophthalique et un renfort en fibres de verre constitué d'un roving tissé (WR) et un mat à fibres courtes (CSM) (Hellbratt, Gullberg, 1989 ; Smith, 1990 ; Hsu, Wu, 1991). Les fibres de verre utilisées sont principalement de type E. L'épaisseur type de peau pour une coque de navire est de 5 à 10 mm. Des stratifiés sophistiqués fabriqués avec des fibres onéreuses telles le carbone ou l'aramide sont rarement utilisés. Les résines époxy n'ont pas, jusqu'à ce jour, été utilisées pour des navires de cette taille. Pour les superstructures, des stratifiés plus minces que 5 mm peuvent être utilisés.

L'âme peut être fabriquée en différents types de matériaux. Cependant, en Scandinavie, des mousses PVC rigides, expansées, à cellules fermées ont été reconnues très tôt comme le matériau d'âme le plus convenable. Le balsa, très utilisé, n'est pas accepté à cause de ses propriétés mécaniques non convenables et de sa susceptibilité à l'absorption d'eau. L'épaisseur de l'âme varie, pour une coque, entre 40 et 90 mm et la densité entre 80 et 250 kg/m³. Pour les superstructures, des âmes à la fois plus fines et plus légères peuvent être utilisées.

PRODUCTION

Une coque en sandwich GRP est fabriquée sur un simple moule mâle en bois à la forme de l'intérieur de la coque. Le matériau d'âme est attaché au moule. Pour les surfaces planes, des plaques complètes d'âme sont utilisées. Si la forme de la coque est courbe, des planches d'âme sont pliées pour épouser le moule.

Quand le moule est recouvert du matériau d'âme, les plaques/planches sont assemblées avec un mastic structural. La surface externe est lissée et nettoyée avant que la couche externe ne soit stratifiée.

Après que la couche externe ait été ajoutée, la coque est retournée et les cadres de support sont retirés. L'intérieur de la coque est lissé et la face interne est stratifiée.

En parallèle avec la production de la coque, des cloisons, des ponts, des cadres, etc, sont préfabriqués selon les mêmes méthodes que pour la coque. Des âmes épaisses, pour les bases de moteurs, etc, qui sont partie intégrales de la coque, sont aussi préfabriquées. Tous les éléments en sandwich sont ensuite stratifiés à l'intérieur de la coque.

Les superstructures sont des assemblages de panneaux de sandwich GRP préfabriqués. Ces panneaux sont complets avec les découpes pour les fenêtres et les portes. Les superstructures sont finalement montées à bord et stratifiées au pont.

Les principales caractéristiques d'une conception en sandwich GRP, telles que présentées ci-dessus, peuvent être résumées : un poids peu important, un montage facile, une facilité de réparation, une isolation intégrée, une maintenance facile.

Pour les applications militaires, d'autres caractéristiques supplémentaires sont essentielles : un matériau non magnétique, une bonne résistance aux chocs.

De plus, la technique du sandwich GRP est la moins coûteuse des différents types de structures marines en matériaux composites.

NAVIRES CONSTRUITS EN SANDWICH GRP

LE MCMV 47 SUEDOIS

En Suède, la conception et la construction de la classe LANDSORT, MCMV 47, chasseur/dragueur de mines a été un pas important dans le développement de la technique du sandwich GRP (Sjögren *et coll.*, 1984). Le septième et dernier navire de la série sera livré à la Royal Swedish Navy (RSwN) à la fin de 1992.

Par un récent contrat international, quatre nouveaux MCMV 47, basés sur la conception LANDSORT sont en construction en Suède. La livraison des nouveaux navires est prévue en 1994-95.

La nouvelle conception a la même base que celle pour la RSwN. Cependant, de nouveaux matériaux et une nouvelle technologie, développés depuis que LANDSORT a été conçu, sont utilisés pour conférer aux nouveaux navires de meilleures performances. Un domaine important qui a été amélioré est la résistance aux chocs (Nilsson, Nuss, 1992). Presque tous les éléments de construction ont été affectés, comme une âme plus épaisse et de plus haute densité, des stratifiés moins épais, une utilisation de tissu polyester dans la première couche de stratifié, une

utilisation de matrice vinylester, des charges plus résistantes, etc. Les améliorations introduites ont conduit à une coque plus résistante aux chocs, sans en augmenter le poids ou le coût.

Les particularités principales du MCMV 47 sont .:

longueur hors-tout	47,5 m
largeur	9,6 m
tirant d'eau	2,3 m
vitesse	15 nœuds
déplacement	360 t
moteurs principaux	4 x 268 kW

LE STANDARD FLEX 300 AU DANEMARK

Fondé sur l'expérience de la classe LANDSORT MCMV 47, la Royal Danish Navy (RDanN) a sélectionné, pour le nouveau navire multi-usages STANDARD FLEX 300, la technique du sandwich GRP. En 1985, le chantier naval danois Danyard Aalborg a conclu un contrat avec la RDanN pour la construction de sept navires. En 1986, six autres navires ont été commandés avec une option pour trois autres (figure 1).

Basé sur un agrément de transfert de technologie entre Karlskronavarvet et Danyard Aalborg, un programme d'entraînement a été entrepris pour le personnel danois. Après la construction de la première coque à Karlskronavarvet, les équipements ont été construits au Danemark par Danyard Aalborg. Les navires suivants de la série ont été complètement construits à Danyard Aalborg.

La flexibilité de la conception est telle que le même navire peut être utilisé pour différentes missions (Schneider, 1989). L'armement et l'équipement sont montés dans des containers standard pour un rapide changement de rôle du navire. La même conception de base sera utilisée pour la surveillance, le combat le MCM et le minage. Ceci comporte des exigences pour la structure de coque qui varient d'un poids léger à plus de 30 nœuds en combat, à une forte résistance aux chocs en tant que chasseur de mines. La technique de construction en sandwich GRP a été sélectionnée pour gagner sur le poids et la maintenance et parce que le matériau est non magnétique. Il offre également une forte résistance au feu.

Le STANDARD FLEX 300, est jusqu'à présent, le plus grand navire construit en sandwich GRP. A la fin de 1994, le navire n°13, et le dernier suivant le contrat, sera livré à la RDanN.

Les principales dimensions du STANDARD FLEX 300 sont :

longueur hors-tout	54 m
largeur	9 m
profondeur	4,4 m
déplacement env.	400 t
moteurs principaux	2 x 200 + 4500 kW
vitesse	30 + nœuds

NAVIRES A EFFET DE SURFACE EN NORVEGE

En Suède, le développement de la technique du sandwich GRP était fondé principalement sur les applications militaires ou para-militaires. En Norvège, la plupart des navires construits en sandwich GRP ont des applications commerciales. Pendant les années 80, quatre catamarans, un patrouilleur et un grand nombre de transbordeurs NES bien connus ont été construits à Brødrene Aa et à Eikefjord Marine. En 1991, le dernier CIRR 120P n°15 a été livré sur une grande série de transbordeurs NES de 300 passagers, d'une longueur de 35,25 m et d'une largeur de 11,5 m avec une vitesse de pointe de 50 nœuds.

Cette année, le nouveau UT 904 a été lancé au chantier de Ulstein Eikefjord. Ce navire est le dernier développement d'une longue série de NES construits en sandwich FRP (figure 2).

Les principales dimensions de l'UT 904 sont :

longueur hors-tout env.	39 m
largeur env.	12 m
profondeur	4 m
moteurs principaux	2 x 2000 kW
vitesse maximale	48 nœuds
passagers	350

NAVIRE FURTIF TEST EN SUEDE

Parallèlement au développement de la technique NES pour les transbordeurs en Norvège, celle-ci a été développée en Suède pour des applications militaires. Pour tirer expérience de la nouvelle technologie, deux transbordeurs NES ont été construits en 1986 à Karlskronavarvet en sandwich GRP (Gullberg, 1988). Les deux transbordeurs de 300 passagers, d'une longueur de 33,4 m, d'une largeur de 10,5 m et avec une vitesse de pointe de 42 nœuds, ont apporté un important savoir-faire, à la fois en ce qui concerne la technique du NES et celle du sandwich FRP.

Dès 1983, les discussions à propos des NES ont commencé entre la RSwN et Karlskronavarvet. Pour évaluer la technique du sandwich FRP et celle du NES pour la prochaine génération des navires de surface, un navire test a été commandé en 1989 (figure 3). Ses principaux objectifs étaient :

- étudier, tester et évaluer la technique furtive sur un navire ;
- étudier, tester et évaluer de nouvelles solutions techniques pour les systèmes d'armes, de communication et d'instrumentation et leur intégration dans un navire ;
- tester et évaluer la technique NES.

Le sandwich GRP a été sélectionné comme matériau de structure pour des raisons de poids, de magnétisme et de coût.

Le navire test a été livré à la mi-1991 et les programmes d'évaluation technique et tactique ont commencé immédiatement pour se terminer à la fin 1993.

Un objectif majeur est d'évaluer la technique furtive et la signature radar a été identifiée comme la propriété furtive la plus importante. Pour cette raison, il a été permis libre champ sur l'extérieur du navire depuis la géométrie générale jusqu'à la conception de la plus petite pièce d'équipement. La forme du navire est, de ce fait, quelque peu inhabituelle.

La forme du navire est construite à partir de vues plan rectangles et de côtés à forte pente pour la coque et les superstructures. Les équipements du pont principal sont complètement recouverts d'un pont de protection météorologique avec des ouvertures et de grandes écoutes. Aucune activité n'est nécessaire ni permise sur le pont météo. La structure externe est recouverte d'une couche anti-radar optimisée qui change la qualité de transparence radar habituelle.

Le problème de la signature infrarouge est de beaucoup réduit en utilisant la technique du sandwich GRP qui donne une très bonne isolation thermique. Une peinture spéciale anti-infrarouge sera également testée sur la coque et les superstructures.

Les particularités principales de ce navire test sont les suivantes :

longueur hors-tout	30,4 m
largeur hors-tout	11,4 m
tirant d'eau	7,6 m
déplacement en pleine charge	145 t
moteurs principaux	2 x 2000 kW
vitesse	40 - 50 nœuds

MCMV NES EN NORVEGE

A la fin de 1989, la Royal Norwegian Navy (RNorN) a commandé 9 MCMV conçus comme NES au chantier naval de Kvaerner Mandal en Norvège. Quatre d'entre eux ont été configurés comme chasseurs de mines de la classe ORSØY et cinq comme dragueurs de mines de la classe ALTA (Maritime Defense, 1990). La conception était le résultat d'un vaste travail de recherche et développement (R &D) mené par la RNorN et des établissements de R & D de Norvège.

La raison principale pour concevoir ces navires comme NES est la bien plus petite surface de coque mouillée, en comparaison d'un monocoque, ce qui augmente la résistance aux chocs. Le NES a également une surface de pont bien plus large, ainsi qu'une plate-forme beaucoup plus stable. Tout ceci fait attendre une augmentation de 30 % pour satisfaire aux exigences.

Les particularités principales sont :

longueur hors-tout	55,20 m
largeur	13,55 m
profondeur	6,60 m
déplacement en pleine charge	367 t
moteurs principaux	2 x 1400 kW
moteurs de levage	2 x 700 kW
vitesse	20 + nœuds

CONCLUSION

Depuis le début de l'utilisation des matériaux composites pour les navires d'une longueur de plus de 25 à 30 mètres, la technique du sandwich GRP s'est imposée en Scandinavie comme la méthode de construction la meilleure pour des applications non conventionnelles. Pendant les années soixante-dix, la plupart des navires construits en Suède et en Norvège étaient de plus petite taille. Au début des années quatre-vingt, la technologie était bien établie et la taille des navires a augmenté.

Une observation intéressante est que la technique du sandwich GRP n'est pas seulement utilisée pour un type de navire bien précis, mais pour de nombreux types aux exigences très variées. Le MCMV le plus lourd se déplaçant à 14 nœuds peut supporter des pressions extrêmes provenant de l'explosion de mines. Le transbordeur léger NES est exposé à d'importantes charges de "slamming" à une vitesse de 50 nœuds. Dans les applications militaires de NES en Suède et en Norvège, un poids léger et une grande vitesse sont combinés à une résistance aux chocs. Quelques navires sont en opération durant l'hiver avec des problèmes de glace, d'autres opèrent dans les eaux chaudes et salées proches de l'équateur. De nouveaux matériaux, des techniques de conception et de construction fournissent de nouvelles possibilités pour de meilleures performances.

Les navires présentés ici sont le résultat de recherches et développements durant les années quatre-vingt. Que sera la prochaine génération de navires construits en sandwich GRP ? La réponse est que la différence ne sera probablement pas énorme. Le type, la taille et l'application seront à peu près pareils. Cependant, le matériau sera amélioré du point de vue conception et techniques de construction. Ceci ne veut pas dire qu'il n'est pas possible de construire un navire, par exemple, plus grand. Une illustration de ceci est l'étude de la conception d'un navire brise-glace de surveillance d'une longueur de 70 mètres et d'un déplacement de 1300 tonnes. L'étude vérifie que toutes les exigences, y compris le bris de la glace, peuvent être accomplies avec une coque construite en sandwich GRP.

Pendant les années quatre-vingt, plus de 40 navires ayant une

longueur de plus de 30 mètres ont été construits en Scandinavie suivant la technique de sandwich GRP. Si le sandwich GRP est si peu coûteux, pourquoi cette technique de construction est-elle seulement utilisée en Scandinavie ? Une des réponses peut être l'attitude conservatrice et le manque de connaissances des autorités maritimes, des armateurs et des chantiers navals.

GULLBERG O., 1988, Jetrider SES 300 passengers ferry development, CACTS International joint conference on air cushion technology, Annapolis, USA.

GULLBERG O., OLSSON K.A., 1990, Design and construction of GRP sandwich ship hulls, Marine structures, Elsevier Science Publishers.

HELLBRATT S.E., GULLBERG O., 1989, The development of GRP sandwich technique for large marine structures, Sandwich constructions 1, EMAS.

MARITIME DEFENSE, 1990, The Royal Norwegian Navy's SES MCMVs.

NILSSON J., NUSS K.E., 1992, Swedish GRP sandwich hull design and shock verification, sandwich constructions 2.

SALOMONSSON L., BERGMAN M., NILSSON J., 1990, The "Testrigger" vessel - a consequence of futuristic ideas, Warship 90, London, UK.

SCHNEIDER G.D., 1989, Dänemarks Marine setzt auf den Mehrzweck - Typ "Standard Flex 300", Schiff & Hafen, Heft 4.

SMITH C.S., 1990, Design of marine structures in composite materials, Elsevier Applied Science, London.

SJÖGREN J., CELSING K.G., OLSSON K.A., HELLBRATT S.E., 1984, Swedish development of MCMV hull design and production, RINA symposium, London, UK.

HSU P.U., WU Y.S., 1991, Proceedings of the 11th ISSC Congress, Composite structures, Elsevier Applied Science, London.



Figure 1 - Standard Flex 300
Standard Flex 300



Figure 2 - Transbordeur pour passagers UT 904 SES
UT 904 SES passenger ferry



Figure 3 - Navire furtif SMYGE
The stealth test vessel SMYGE.