وزارة التجارة والصناعة
مصلحة الكفاية الإنتاجيه والتدريب المهني
الأدارة العامة للبرامج والمواصفات

المعهد الفني للعلوم والتكنولوجيا
Technical Institute of Science and Technology

مهنة: تشغيل وصيانة محركات بحرية

OPERATION AND MAINTENANCE OF MARINE ENGINES

السنة الثانية

بنـــاء الســـفن

إعداد

مهندس: محمود عبد الرحيم مهران

كبير مهندسين بشركة التمساح لبناء السفن سابقا

تاريخ صناعة السفن

نبذة تاريخية

دأب الناس منذ عدة آلاف من السنين على استخدام السفن في ارتياد البحر الذي اجتذبتهم أسراره وما ينطوي عليه من مغامرات مشوقة. وأهم من ذلك أن الناس أبحروا من أجل الاكتشاف والاستيطان، كما أبحروا من أجل التجارة والغز.

من المحتمل أن أول سفينة كانت كتلة من الخشب واستخدمت لعبور بحيرة أو نهر وربما استخدم الناس أيديهم مجاديف ثم تعلموا لاحقا كيف يصنعون العوامات مستخدمين كتلا من جذوع الأشجار مصفوفة ومربوطة بعضها مع بعض، ربطا محكما. وبمرور الوقت، اكتشف الناس كيف يصنعون المراكب من جذوع الأشجار بعد نزع فلف الأشجار منها. ولقد صنع الإنسان الأول القوارب من مواد أخرى في المناطق النادرة الأخشاب. وعلى سبيل المثال، نعت خياطة جلود الحيوانات على شكل حقيبة جرى تضخيمها لتستخدم استخدام الطوافة، فعندما تربط عدة طوافات بعضها مع بعض، يمكن أن تشكل عوامة. واكتشف الناس في بعض المناطق أن أواني صغيرة من الفخار مربوط بعضها ببعض، الواحدة تلو الأخرى، يمكن أن تؤلف عوامة. كما تعلموا أن إناء واحدا ضخما من الفخار يكفي كقارب يسع شخصا واحدا.

وفي مصر القديمة ومناطق أخرى معينة، استطاع الناس صناعة الجيل الأول من عواماتهم باستخدام حزم سيقان القصب. وبمرور الزمن، تعلم المصريون كيف يتم نظم هذه الحزم للحصول على قوارب لها شكل السلطة، وبحلول عام ٤٠٠٠ ق.م تقريبا، تعلموا صناعة السفن ذات الدفع اليدوي، وهي سفينة ضيقة وطويلة تدفع باستخدام صف من المجاديف. وخلال الألف سنة اللاحقة، استطاع المصريون أن يجعلوا صناعة السفن تمر بطورين مهمين، فبحلول عام ٣٠٠٠ ق.م تقريبا، اكتشف المصريون أن الأشرعة يمكن أن تجمع الهواء فتدفع قواربهم. وبالإضافة إلى ذلك، استطاع المصريون صناعة القوارب باستخدام قطع سميكة من الخشب. وبعد أن عرف الناس كيف يصنعون القوارب من الألواح الخشبية، استطاعوا بعد ذلك بناء السفن والناقلات الكبيرة التي أضحت قادرة على عبور البحر.

اشتهر العرب إبان العصور الوسطى ببناء سفن كانت تجوب كل بحار العالم المعروف إذ ذاك، واشتهر عدد من الملاحين العرب، على رأسهم سليمان التاجر الذي دون رحلاته عام ٢٣٧ هـ، ٨٥١م وكذلك ابن ماجد وسليمان المهدي. وأول من ارتاد المحيط من الأوروبيين، البرتغاليون الذين أبحروا من الأطلسي جنوبا حتى الشواطئ الغربية لإفريقيا، وذلك في أواخر القرن الخامس عشر الميلادي ففي عام ١٤٩٢م، وصل الإيطالي كريستوفر كولمبوس الذي كان في خدمة ملك أسبانيا إلى العالم الجديد (أمريكا) بعد أن عبر المحيط الأطلسي مستخدما ثلاث سفن بحرية صغيرة. وفي عام ١٤٩٧م، أبحر البرتغالي فاسكو داجاما من أوروبا إلى الهند.

بعض التواريخ المهمة في تطور صناعة السفن

٣٠٠٠ ق.م

أخترع المصريون الأشرعة وتعلموا بناء السفن الخشبية

٨٥٠ م

طور العرب السفن الشراعية واستخدموا فيها الإسطرلاب والبوصلة التي مكنتهم من الإبحار إلى الهند وملقا الصين.

١٢٠٠ م

صنع بناؤو السفن في شمال أوروبا الدفة الخلفية للسفينة.

١٤٥٠ م

طور بناؤو السفن بحوض البحر الأبيض المتوسط السفن الشراعية كاملة التجهيز.

١٨٠٧ م

بنى الأمريكي روبرت فيلتون أول قارب ذي دفع بخاري ناجح تجاريًا.

١٨١٨ م

دشنت بريطانيا سفينتها فولكان وهي أول سفينة صنعت كليا من مادة الحديد.

١٨١٩ م

أضحت السفينة الأمريكية السافانا أول سفينة ذات دفع بخاري تعبر المحيط الأطلسي، وإن كانت قد استخدمت محركاتها لمدة ١٠٥ ساعات فقط في حين استعملت أشرعتها الهوائية فيما تبقى من زمن الرحلة التي دامت ٢٩ يومًا.

١٨٣٦م

سُجِّلت براءة اختراع البريطاني فرانسيس بيتيت سميث والسويدي جون أريكسون لمجاديف الدفع اللولبية لقيادة القوارب البخارية.

١٨٣٨م

أصبحت السفينة البريطانية سايروس أول سفينة تقدم خدماتها بانتظام عبر المحيط الأطلسي مستخدمة الدفع لبخاري وحده.

١٨٩٧م

أثبت البريطاني تشارلز بارسونز كفاءة التوربينات البخارية في زورقه البخاري المسمى التوربينيا

١٩١١ م - ١٩١٠ م

خلت الخدمة سفن المحركات، لأول مرة.

١٩٥٩ م

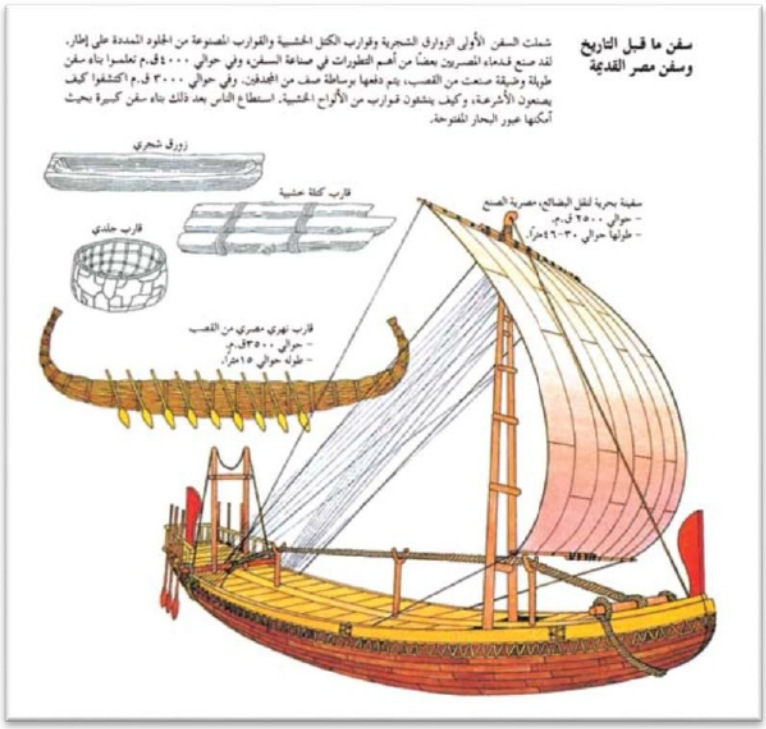
شنت الولايات المتحدة الأمريكية أول سفينة تجارية ذات دفع نووي عرفت باسم السافانا.

١٩٨٠ م

تطويل الناقلة سيوايز جاينت لتكون أضخم سفينة في العالم، وكان طولها٤٥٨ مترا وقد دشتنت عام ١٩٧٠م

عصر السفن الشراعية

باختراع الشراع، برز النمط الأساسي للسفن، واكتمل بروزه باختراع السفن المصنوعة من الكتل الخشبية السميكة. وفي خلال الـ ٥،٠٠٠ سنة التالية لتلك الفترة، ركز بناؤو السفن على تصميم سفن ذات أحجام أكبر، كما ركزوا على تطوير أدوات السفن، الأشرعة بصواريها وحبالها. ونجح بناؤو السفن في الأزمان الغابرة في بناء سفن كبيرة الأحجام لكنهم نجحوا بقدر أقل في تطوير أدوات السفينة. إن التطويرات المهمة في جهاز السفن بدأت في القرن الخامس عشر الميلادي، ووصلت إلى درجة عالية مع بروز السفن الشراعية الكبيرة في أواسط القرن التاسع عشر الميلادي.



سفن ما قبل التاريخ وسفن مصر القديمة

السفن المصرية: صمم قدماء المصريين أنواعاً كثيرة من السفن من بينها المراكب الصغيرة، وقوارب المتعة الجميلة، وسفن الشحن الثقيلة. ولعل أكبر الأهداف التي تم تحقيقها هي الناقلات الضخمة التي كانت تحمل الأعمدة الحجرية الضخمة، وتسمى المسلات، من المحاجر التي كانت على نهر النيل. وأكبر الناقلات وصل طولها نحو ٦١م ووصلت حمولتها من البضائع إلى ٦٨٠ طنا متريا.

أما السفن المصرية الخفيفة، فقد استخدم لدفعها شراع واحد وصف من المجدفين على كل جانب من جانبيها. لكن السفن الأثقل تمت قيادتها بشراع واحد فقط لقد استخدم المصريون شراعا مستطيل الشكل أطلق عليه اسم الشراع المربع، صنعوه أولا طويلا وضيفا. وبعد عام ٢٠٠٠ ق.م، جعلوا هذا الشراع أكثر اتساعا في العرض ولكن أقل طولا. كما استخدم المصريون في تشغيل سفنهم مجاديف كبيرة على كل جانب من جانبي مؤخرة السفينة.

بنى المصـريون سـفنهم، أسـاسـا، لاسـتخدامها في نهر النيل. ونتيجة لذلك، فقد صـنعوا كل قواربهم النهرية خفيفة، بما في ذلك، سـفنهم المسـتخدمة في البحار. أما اليوم، فإن قوارب الكتل الخشـبية تبني أولا بصـناعة هيكل السـفينة من قاعدة القص (وهي بمثابة العمود الفقري) ودعامات، ثم تربط الكتل الخشبية لجسم السفينة، بعد ذلك، بالدعامات.

ومن المحتمل أنه كان لسـفن المصـريين البحرية نوع من قواعد القص وقليل من الدعامات، لكن كثيرا ما أنهكت مقدمة ومؤخرة هذه السفن، خصوصا في البحار المضطربة الأمواج. ولذلك، ربط المصريون حبلا متينا حول مقدم السفينة ومدوه مشدودا عبر سطح السفينة ثم لقوه حول المؤخرة. وهكذا ازدادت قوة السفن بهذا الحبل الذي منع مقدمتها ومؤخرتها من الانحناء أو الغطس. وقد أبحر المصريون، بشكل رئيسي، في البحر الأحمر وعلى طول الساحل الشرقي للبحر الأبيض المتوسط.

سفن الفينيقيين والإغريق:

وفي ذلك الزمن، كانت الشعوب الرائدة في خوض البحار هم الفينيقيون والإغريق الذين عاشوا في الساحل الشرقي للبحر الأبيض المتوسط.

لقد بنى الإغريق والفينيقيون سـفن شـحن عريضـة وواسـعة كما طوروا تجهيزات السـفن بدرجة كبيرة. وفي القرن السـادس قبل الميلاد، تمكنوا من بناء سفن تحمل شراعا صغيرا مربع الشكل يساعد على سهولة توجيه السفينة. وفي القرن الرابع قبل الميلاد، صنع الإغريق شراعا مثلثا أعلى الشراع الرئيسي كما أضافوا شراعا مربعا آخر لأكبر سفنهم وضعوه بالقرب من المؤخرة. وقد كان هذا الجهاز المبسـط ذو الأربعة أشـرعة هو أكثر الأجهزة تقدما بين تلك الأجهزة التي اخترعتها الشـعوب في الأزمان الغابرة. ونتيجة لذلك، فإن السفن القديمة كانت بطيئة السرعة ولا يزيد متوسط سرعتها على ٥ عقد بحرية أثناء هبوب الرياح. وبلغ طول سفينة الشحن الإغريقية التقليدية نحو ٣٠م وأمكنها أن تحمل ما بين ٩١ و ١٨٠ طنا متريا من البضائع.

السفن الرومانية

أصبح الرومانيون حكامًا لمنطقة البحر الأبيض المتوسط خلال القرن الثاني قبل الميلاد» واستخدموا انواع السفن نفسها التي استخدمها الإغريق.

بنى الرومانيون أضخم أسطول تجاري غرف في التاريخ القديم. وكانت أكبر سفن الشحن لديهم تحمل الحبوب من الإسكندرية في مصر إلى روما. كان طول أضخم هذه السفن ٥٥ م والعرض ١٤ م الأمر الذي مكّنها من حمل أكثر من ٩١٠ أطنان متريه من البضائع وما يصل إلى ١٠٠٠٠ راكب.

وقد كانت سفن الشحن الرومانية؛ كما كان الحال مع كل أنواع الناقلات في الزمن القديم، تحمل الركاب أيضا لأنه لا توجد سفن مصممة خصيصا لحمل الركاب آنذاك. وكان المسافرون يحجزون مكانا في أي سفينة شحن متجهة نحو هدفهم فقد كانت في تلك السفن غرف جلوس (كابينات) قليلة مخصصة للشخصيات المهمة؛ اما بقية الركاب فقد كانوا يفترشون أرضية (سطع) السفينة وينامون داخل ملاجئ صغيرة يصنعونها بأنفسهم في كل ليلة.

سفن الفايْكِنج

كانت أجود أنواع المراكب التي بنيت فيما بين القرنين الثامن والحادي عشر الميلاديين في شمالي أوروبا. لقد أبحر الفايكنج بسفنهم الطويلة المشهورة عبر المحيط الأطلسي الشمالي إلى جرينلائد وحتى أمريكا الشمالية وغزوا بسفنهم تلك كما تاجروا واستعمروا بها الناس. عرف الناس اليوم الكثير عن سفن الفايكنج الفخمة لان كثيرًا من زعماء شعوب الفايكنج أعدوا مراكبهم لدفنهم فيها. وقد وجد العلماء عددًا من هذه المقابر. وفي عام ١٨٨٠ م أميط اللثام عن سفينة حربية تخص هذا الشعب باقية بحالة جيدة بالقرب من جوكستاد جنوب شرفي النرويج. يبلغ طول هذه السفينة التي بناها الفايكنج في القرن العاشر الميلادي نحو ٢٤م؛ أما عرضها فيبلغ نحو خمسة أمتار. وككل سفن الفايكنج؛ فإن هيكل هذه السفينة متراكب الألواح؛ أي أن الألواح الخشبية التي يتألف منها يُركّبِ بعضها فوق الآخر.

وهي تحمل ١٦ مجدافا على كل جانب من جانبيها ولها شراع مربع الشكل مثبت في صار من المحتمل ان يبلغ ارتفاعه ١٢م، كما أن لها مجداف تشغيل بالقرب من المؤخرة. وسفينة جوكستاد صغيرةٌ نسبيًا. ولأغلب سفن الفايكنج الطويلة ٢٠ مجدافا على كل جانب؛ ولبعضها الآخر ٣٠ مجدافا.

السفن ذات الأشرعة المثلثة الشكل (اللاتينات)

بينما كان يعمل بناؤو السفن في الشمال على تطوير السفينة المسماة الكج كان بناؤو السفن في البحر الأبيض المتوسط يدخلون تعديلات مهمة على بناء السفن وتصميمها. وبدا بناؤو السفن في البحر الأبيض المتوسط بإدخال طريقة جديدة لبناء السفن صارت فيما بعد هي الطريقة المعيارية. فقد بنوا هيكلاً من قاعدة قص أولا ثم ربطوا الألواح الخشبية لجسم السفينة في الإطار. كما أنهم أكثروا من استخدام الأشرعة المثلثة الشكل التي أطلق عليها اللاتينات. لقد أثبتت الأشرعة المربعة الشكل أن أداءها جيد عندما تهب الرياح من الخلف. ولكنها وبعكس الأشرعة المثلثة الشكل، لا تعمل جيدًا عندما تبحر السفينة.

لقد استخدمت السفن الشراعية دائما في البحر الأبيض المتوسط لحمل البضائع والركاب؛ كما تم استخدامها سفنا حربية ايضا. لكن، وفي حوالي عام ١٣٠٠ م زاد استخدامها في مجال الشحن والتجارة بدرجة كبيرة وعلى وجه العموم؛ فإن هذه السفن الشراعية لم تستخدم مجاديفها إلا في حالة عدم وجود رياح أو في حالة دخول مرفأ أو مغادرته. أما في الأوقات الأخرى؛ فكانت المراكب تدفع بأشرعة مثلثة الشكل. وأغلب السفن.

السـفن الشـراعية لها صـاريان الأمامي منهما يحمل الشـراع الكبير. ولبعضـها ثلاثة صـوار .والسـفن الشـراعية التجارية وأوسـع من السـفن الحربية، كما أن السفن الشراعية النموذجية يمكنها أن تحمل نحو ١٢٧ طنًا متريا.

سفن الفترة الزمنية بين القرنين ١٣ و١٦ م

سفينة كاملة الإعداد

في حوالي منتصف القرن الخامس عشر الميلادي، تمكن بناؤو السفن في حوض البحر الأبيض المتوسط من دمج اجود خصائص السفينة القوية مع الخصائص المماثلة لمراكبهم الأخف وزنا والمسمّاة اللاتينة. وأصبحت هذه السفينة هي السفينة النموذجية في كل دول أوروبا لمدة ٣٠٠ سنة تقريبًا. كما استمر هؤلاء في بناء هيكل السفينة بوساطة ربط الألواح الخشبية إلى هيكل يتكون من قاعدة قص ودعامات. لكنهم استبدلوا جاديف التشغيل دفة في مؤخرة السفينة. كما اتبعوا إنشاء قلعة أمامية وقلعة خلفية في السفينة كما هو الحال في سفينة الكج والأهم من ذالك. أن بنائي سفن البحر الأبيض المتوسط غيروا جهاز السفينة لينال قوة أكبر تسييرًا أفضل. وهكذا طوروا السفينة كاملة الإعداد أو التجهيز. وللسفينة الكاملة الإعداد أو الرباعية التجهيز صار رئيسي يتوسطها؛ وصار في المقدّمة وثالث في مؤخرة السفينة. ويحمل كل من الصاريين الموجودين في وسط والمقدمة شراعًا كبيرا مربع الشكل وتعلوه أشرعة صغيرة مربعة الشكل. أما الصاري المزّيني الخلفي)؛ فيحمل شراعا مثلث الشكل. وهناك عمود مثبت على المقدمة يحمل صاريًا صغيرا مربع الشكل.

الجليون

في حوالي منتصف القرن السادس عشر الميلادي، ظهر على البحار نوع من السفن الشراعية سمي الجليون والجليونات سفن شراعية ضخمة لها قلاع أمامية أقل ارتفاعا من السفن الأخرى وقلعة خلفية مرتفعة تضم حجرات أوسع. كل واحد من الصاريتين؛ الرئيسي (في الوسط) والأمامي يحمل شراعين أو ثلاثة أشرعة في حين أن الصارية المزيني (الخلفي (يحمل شراعًا واحدا أو شراعين. وفي أضخم سفن الجليون يوجد صار مزيني ثان بالقرب من المؤخرة.
إيست إنديامن. استُخدمت السفن لعدة قرون. للأغراض التجارية والحربية معًا. ولكن؛ بحلول القرن السابع عشر الميلادي تقريبا أصبحت المدافع ثقيلة جذا مما جعل بناء السفن بأجسام خاصة تتواءم وحمل الوزن الإضافي أمرا ضروريًا. وهكذا فإن تصميم السفن الحربية والمراكب التجارية اختلف اختلافا كبيرا مع الزمن.

شرعت الشركات التجارية في عدة دول أوروبية في القرن السابع عشر الميلادي في بناء سفن مصممة خصيصا للتجارة مع الهند والشرق الأقصى. وجلبت هذه السفن العاج والحرير والتوابل ومنتجات أخرى من الهند والصين والهند الشرقية. وقد احتكر البرتغاليون التجارة مع الشرق الأقصى إلى القرن السابع عشر الميلادي عندما بدأت إنجلترا وهولندا بالتنافس. ودخل إلى مضمار المنافسة الدنمارك وفرنسا. وفي كل قطر بنت شركات جزر الهند الشرقية سفنها الخاصة التي أطلق عليها اسم إيست إنديامن. وبالرغم من أن تلك السفن كانت قد صُمّمت لتكون سفنا تجارية؛ إلا أنها كانت تحمل مدافع للدفاع عن نفسها ضد الهجمات التي يشنها القراصنة أو تشنها أساطيل الدول المعادية. ازداد حجم سفن إيست إنديامن بصورة رتيبة. ففي القرن الثامن عشر الميلادي؛ على سبيل المثال: بلغت حمولة أغلب السفن الإنجليزية من هذا النوع ٣٦٠ طنا متريًا من البضائع. وبحلول القرن التاسع عشر بلغت الحمولة ١,٠٩٠ طناً متريا.

سفن الخدمة المنتظمة

ازدادت الحركة التجارية بين الولايات المتحدة وأوروبا عبر الأطلسي بدرجة كبيرة في بداية القرن التاسع عشر الميلادي. كما تعاظم الطلب على خدمة أفضل للركاب عبر الأطلسي. ولقد استجاب ملاك السفن لهذا الطلب لتقديم شيء جديد في الخدمة؛ أي سفن تبحر في أوقات منتظمة. ولقد سمي هذا النوع من السفن المنتظمة. وكانت السفن لا تبحر قبل ذلك إلا بعد استيفاء كامل حمولتها من البضائع والركاب؛ وكذلك بعد التأكد من أن اجواء الملاحة مناسبة تمامًا. أما سفن الخدمة المنتظمة فإنها تبحر وفقًا لجدول زمني معين؛ سواء أكانت حمولتها قد اكتملت أم لم تكتمل؛ وبصرف النظر عن الأجواء الملاحية. كما أصبح هذا النوع من السفن أول سفن تجارية تركز على راحة الركاب.. ولقد بدأت الخدمة المنتظمة عام ١٨١٨ م بين مدينة نيويورك ومدينه ليفربول.

وللوفاء بالتزام الجداول الزمنية ومواجهة المنافسة؛ كان على هذه السفن أن تبحر بأقصى سرعة ممكنة. لكن السفن نفسها لم تزد على كونها سفناً شراعية عادية لم يُعْنَ في تصميمها بأي مواصفات خاصة بالسرعة.

وقاد الربانية هذه السفن بنشاط مستمر ليلا ونهارا وفي كل الأجواء الملاحية. وقد استغرق عبور الأطلسي شرقا وق بتراوح بين ثلاثة وأربعة أسابيع؛ اما عبوره غربًا فقد استغرق وفنا أطول بتراوح بين خمسة وستة أصابيع. نظرًا لآن على السفن الإبحار ضد الرياح الغربية؛ فاتخذت مسارًا أطول ناحية الجنوب.

.

كان طول السفينة من النمط الأول من سفن الخدمة المنتظمة نحو ٣٠ م. وبحلول الأربعينيات من القرن التاسع عشر الميلادي، عندما ازدادت حجرات الركاب اتساعًا وصارت أكثر راحة، استُخدمت سفن طولها ٤٩ م.

ومنذ أوائل القرن العشـرين، انخفض عدد السـفن الشـراعية التي تجوب البحار بانتظام. وكانت سـفن كثيرة منها قد اهترأت أو صـدئت في أحواضـها. أما اليوم، فإن القليل الباقي من السـفن ذات الأشـرعة المربعة الشـكل تُسـتخدَم سـفنًا للتمارين في الأسـاطيل البحرية والتجارية لمختلف الدول.

وما زال الناس في كثير من الدول النامية يسـتخدمون السـفن الشـراعية في الملاحة على الشـواطئ وعبر ممرات المياه داخل البلاد، كما تُستخدم لصيد الأسماك. ومازال الصينيون يستخدمون سفن الينك لحمل البضائع والركاب على طول السواحل في الأنهار. كما أن مختلف النسخ الهندية من الدهو العربية يمكن رؤيتها حتى الآن في موانئ بومباي وكلكتا وفي ثغور أخرى من المدن الهندية.

عصر السفن ذات الدفع الآلي

أحدث اكتشـاف وتطوير المحركات البخارية ثورةً في النقل المائيّ، ولم يعُد الناس يعتمدون في دفع سـفنهم على عضـلات المجدفين أو على الرياح غير المضمونة. ففي عام ١٧٦٩م، سجَّل جيمس واط ــ وهو مهندس أسكتلندي ــ اختراع محركٍ بخاري بإمكانه تأدية أنواع كثيرة من العمل. وحاول المخترعون في أوروبا والولايات المتحدة بعد ذلك مباشرة استخدامه لتحريك القوارب.

القوارب البخارية الأولى

في عام ١٧٨٣م،بنى نبيل من نبلاء فرنسا اسمه الماركيز كلود دو جوفري دا بانس قاربًا بخاريًا ــ باخرة ــ استطاع إنجاز رحلة استغرقت ١٥ دقيقة في نهر السين بالقرب من مدينة ليون. لكن محاولات الماركيز اللاحقة لم يكتب لها النجاح.

وفي عام ١٧٨٧م، ابتكر المخترع الأمريكي جون فيتش أول قارب بخاري يعمل بالولايات المتحدة. واسـتطاع محركه أن يحرك سـلسـلة من المجاديف أو البدَّالات في كل جانب من جانبي القارب. وطور فيتش، لاحقًا مركبًا يُدفع بمجاديف في مؤخرته، واسـتطاع بهذا القارب أن يقدم خدمة نقل الركاب والبضـائع في صـيف عام ١٧٩٠م، حيث أبحر بالقارب حسـب جدول زمني ذهابًا وإيابًا عبر نهر ديلاوير بين مدن فيلادلفيا وترنتن. لكن افتقار فيتش إلى الأموال الكافية أقعده عن عمله.

وفي عام ١٨٠٢م، بنى المهندس الإنجليزي وليم سـايمينجتون زورق سـحبٍ بخاريًا بعجلة تجديف في مؤخرته. ولقد أثبت الزورق جدارته في العمل، إلا أن صاحبه كان يفتقر أيضًا للمال اللازم لتسييره.

كلير مونت

أصبح هذا القارب أول قارب بخاري تجاري يعمل بنجاح. وقد صمم هذا المركب وبناه المهندس الأمريكي روبرت فولتن وأطلق على هذا المركب رسميًا اسم نورث ريفرستيم بوت. وبعكس ما فعله المخترعون الأوائل فإن فولتن لم يحاول أن يصنع محركا بنفسه؛ وإنما أحضر محركا من واط وعدله ليناسب العمل في قاربه. وفي عام١٨٠٧ م؛ استطاع هليرمونت أن يقطع ٢٤١ كم في شهر هدسون من مدينة نيويورك إلى ألباني في حوالي ٣٠ ساعة تخللها توقف ليلة واحدة. وبعد إعادة بنائه بطريقة مكثفة؛ استطاع هذا القارب أن يبقى طويلاً في خدمة الركاب في نهر هدسون. وكان الكلير مونت طويلا وضيقا وقد بلغ طوله ٤٣ م وأما عرضه فكان أربعة أمنار. وكان له عجلات تجديف جانبية بعرض متر واحد وبقطر يبلغ ٥و ٤ م. وبعد عملية إعادة البناء أصبح طول كليرمونت ٤٥ م وعرضه خمسة أمتار.

السفن الحديدية

شرع بناء السفن البريطانيون في أواخر القرن الثامن عشر الميلادي في بناء السفن الحديدية. ومن الأسباب التي ادت إلى ذلك ندرة الخشب الجيد الذي كان يمكن أن تصنع منه السفن في بريطانيا. إلا ان للسفن الحديدية أيضا عدة مميزات مقارنة بنظيراتها المصنوعة من الخشب فهي أقوى وأكثر أمنا وأرخص نفقة وأسهل صيانة. وبالإضافة إلى ذلك؛ فإن السفن الحديدية أخف وزنًا من السفن الخشبية بالحجم ذاته لأن الأخيرة تتطلب كتلا خشبية ضخمة وثقيلة. ولهذا السبب تستطيع السفن المصنوعة من الحديد حمل بضائع أكثر.

فاقت بريطانيا الدول الأخرى في تطوير السفن الحديدية عابرات البحار، ففي عام ١٨٢١م، صنعت آرون مانبي التي يُعتَقَد أنها كانت أول سفينة بخارية، كلها من الحديد. وكان المهندس البحري البريطاني إيسامبارد كنجدوم برونل من أكثر الموهوبين في أواسط القرن التاسع عشر الميلادي، ففي عام ١٨٣٧م، أنزل أول سفينة بخارية صُمِّمت خصيصًا للقيام برحلات منتظمة عبر الأطلسي. وكان طول السفينة جريت ويسترن بطول ٧٢م وعرضها ١١م، وتدفع السفينة بعجلاتها الجانبية الضخمة ــ بمعدل تسع عقد بحرية. ولقد صمَّم برونل سفنًا أضخم بكثير، ففي عام ١٨٥٨م، أكمل تصميم جريت إيسترن أكثر السفن إثارة في عصرها، فقد كان طولها ٢١١ م وعرضها نحو ٢٦م وكانت تسع ٤,٠٠٠ راكب، وكان لها مجاديف ومحرك لولبي وأشرعة. لكن السفينة فشلت اقتصاديًا إذ إنها لم تجذب زبائن بما فيه الكفاية لدفع تكاليف التشغيل الضخمة. ولقد استخدمت بنجاح في مد أربعة خطوط برق في قاع المحيط الأطلسي. وفي عام ١٨٨٨م، بيعت السفينة على شكل خردة.

وفي أواخر القرن التاسع عشر الميلادي، بدأ الفولاذ يحل محل الحديد في صناعة السفن. وَوُجد أن سفن الفولاذ أقوى، وأخف وزنًا من سفن الحديد. وفي عام ١٨٨١م، أصبحت السفينة البريطانية سيرفيا أول سفينة ركاب فولاذية تعبر الأطلسي.

زيادة القوة والسرعة

في الوقت الذي كانت فيه السفن تتطور من السفن الخشبية إلى الفولاذية، وتتغير قوى دفعها من عجلات التجديف إلى الدواسر اللولبية، تم تطوير أنواع جديدة من المحركات ومصادر جديدة لطاقة الدفع. وفي الفترة التي امتدت من أواسط القرن التاسع عشر الميلادي، وحتى نهايته لم تستخدم السفن سوى محركٍ بخاريٍ ذي أسطوانة واحدة. وقد كان البخار يتمدد في الأسطوانة فيدفع المكبس بخبطة كاملة ثم يمُر بمكثف يتولى تحويله من جديد إلى ماء. وفي أواخر القرن التاسع عشر الميلادي، بدأ استخدام المحرك البخاري المركب ذي الأسطوانتين في السفن. وفي هذا المحرك المركب، يدفع البخار المكبس في إحدى الأسطوانتين ثم يمرُّ إلى الأخرى الأكبر حجمًا. وهكذا يتاح للمحرك أن يوجد ـ بكمية البخار ذاتها ـ قوة أكبر بكثير مما كان ينتج. لقد قلل المحرك المركَّب استخدام الفحم الحجري في السفن إلى ٥٠% وقد استخدم بناؤو السفن، لاحقًا محركات بثلاث أسطوانات، ثم طوروها لتكون بأربع أسطوانات، وأخيرًا بلغت خمس أسطوانات في السفينة الواحدة.

وفي التسعينيات من القرن التاسع عشر الميلادي، صمَّم المهندس الإنجليزي تشارلز بارسونز توربينًا بخاريًا بحريًا كان بمثابة محرك بحري من نوعٍ جديد تمامًا. لقد كان أقوى وأكثر كفاءة من المحرك البخاري. وفي عام ١٨٩٧م، ركَّب نفس المهندس ثلاثة توربينات في سفينته توربنينا .وقد دفعت هذه التوربينات السفينة بسرعة مذهلة بلغت ٣٤٥ عقدة. وخلال سنوات قليلة بدأت السفنُ الفخمة السريعة تعبر المحيط الأطلسي، في رحلات منتظمة، تدفعها التوربينات البخارية. وأشهر هذا النوع من السفن السفينة البريطانية موريتانيا التي دُشِّنَتْ عام ١٩٠٧م. وبلغ طولها ٢٤١م وبلغت سرعتها ٢٧ عقدة بحرية.

وفي الوقت الذي كان يعمل فيه بارسونز على توربينه البخاري في التسعينيات من القرن التاسع عشر الميلادي. كان المهندس الميكانيكي الألماني رودلف ديزل يصمِّم نوعًا جديدًا من المحركات يستخدم النفط الثقيل وقودًا له. وأصبحت آلته التي يُطلق عليها الآن اسم محرك الديزل تَستخدم وقودًا أقل مما تتطلبه التوربينات، كما احتاجت لمساحة أقل في السفينة. وفي عامي ١٩١٠ و١٩١١م، دخلت السفن التي تسير بوساطة طاقة الديزل الخدمة وسُمِّيت سفن المحركات. وبدءًا من عام ١٩٢٠م، صار النفط الثقيل يحلُّ محل الفحم الحجري وقودًا للتوربينات البخارية. واليوم، فإن معظم السفن البخارية تستخدم النفط.

قوة الدفع النووية

في عام ١٩٥٤م، دشَّنت الولايات المتحدة أول سفينة في العالم تعمل بقوة الدفع النووية وهي الغواصة نوتيلُس التي سُحبت من الخدمة عام ١٩٧٩م. كما بنى الاتحاد السوفييتي (سابقًا) أول سفينة تعمل على السطح وتُدفع بالقوة النووية، وهي كاسحة الجليد لينين التي بُنيت في لينينغراد (بطرسبرج الآن) ودخلت الخدمة لأول مرة عام ١٩٥٩م، وهي أكبر كاسحة ثلوج في العالم. أما أول سفينة تجارية تعمل بالطاقة النووية في العالم فقد دشَّنتها الولايات المتحدة عام ١٩٥٩م، وتسمَّى السافانا وقد توقفت عن العمل منذ عام ١٩٧١م. ومنذ الخمسينيات من القرن العشرين، دأبت كلٌّ من ألمانيا واليابان والاتحاد السوفييتي (سابقًا) على بناء سفن تجارية تعمل بالطاقة النووية. لكن استخدام الطاقة النووية للسفن التجارية لايزال أمرًا غير ممكن نظرًا لأن تكاليف بنائها وتشغيلها عالية.

أما اليوم، فإن السفن ماضية في طريقها لتصبح ذاتية الدفع. فعلى سبيل المثال، توجد في سفن حديثة كثيرة معداتٌ إلكترونية تعمل على ضبط تدفق زيت الوقود والهواء إلى غرفة الاحتراق وضبط تدفق الماء إلى الغلايات (المَراجل). وتساعد إسعافات الملاحة الذاتية الحركة السفن في المحافظة على مسارها الصحيح. كما أصبحت أحجام السفن في ازدياد مطرد حتى تم تطوير نوع جديد تمامًا من السفن. والقسم التالي من هذه المقالة يتناول أنواع السفن المستخدمة اليوم ويصف كيفية تطوُّرها.

سفن اليوم

حتى أواخر أربعينيات القرن العشرين، كانت ملكات البحر من السفن هي عابرات المحيطات من سفن نقل الركاب العملاقة. وقد بنت كل من فرنسا وألمانيا وبريطانيا معظم هذه الفنادق الكبيرة العائمة. وركَّزت سفن الركاب على توفير الرفاهية والخدمات، إضافةً إلى وجود الأرضيات المصنوعة من الخشب على متونها، وأطقم غرف الآلات، والأعداد الكبيرة من البحارة العاملين بغرف القيادة، وغرف تناول الطعام، والطباخين والخبازين وعمال الخدمات الآخرين العاملين بالسفن.

فبدءًا من أواخر أربعينيات القرن العشرين، بدأت الطائرات في نقل أعداد متزايدة من المسافرين عبر البحار. وتوجد اليوم أعداد قليلة نسبيًا من سفن الركاب تجوب المحيطات بينما أضحت سفن شحن البضائع العملاقة ملكات البحر. وتميزت هذه السفن بالكفاءة وبفوائدها الاقتصادية.

وصارت أحجام سفن الشحن تكبر مع مرور الزمن، والواقع أن ذلك يُعزى في المقام الأول لأسباب اقتصادية. ودلالةً على ذلك، وجد أرباب السفن أن من الأرخص لهم نقل ٩١,٠٠٠ طن متري من النفط في ناقلة واحدة ضخمة بدلاً من استخدام خمس سفن حمولة كلّ واحدة منها

١٨,٠٠٠ طن متري. ولأسباب اقتصادية أيضًا، صمّم بناؤو السفن ناقلات يمكن شحنها وتفريغها خلال زمن وجيز باستخدام أقل عدد من العمال. إضافةً إلى ذلك، أخذ عدد السفن ذاتية الدفع يزداد باطراد بحيث يمكن تسييرها بوساطة بحارة تتناقص أعدادهم باستمرار.

سفن الركاب

كانت أولى السفن التي اهتمت براحة الركاب هي السفن التي كانت تنقل البريد والرسائل والسلع في مواعيد منتظمة، والتي بدأت تعبر المحيط الأطلسي في أوائل القرن التاسع عشر الميلادي. ومنذ ذلك الحين، وباستمرار، قدَّمت شركات السفن خدمات للركاب ظلت تتطوَّر من أفضل إلى أفضل. وعندما تحوَّلت من الأشرعة إلى الطاقة البخارية خلال القرن التاسع عشر الميلادي، قدمت الشركات البريطانية أفضل خدمات السكن والترويح للمسافرين وذلك في المقام الأول بفضل تصميم برونل الممتاز للسفن.

سفن المحيطات

حلول أوائل القرن العشرين، جاء عصر أشهر وأكبر سفن المحيطات، وقد بلغت أوجها في الثلاثينيات من القرن العشرين وذلك بتدشين ثلاث من أفخم السفن التي بُنيت وهي سفن نورمندي الفرنسية، وكوين ميري وكوين إليزابيث البريطانيتين. وبلغ طول كل واحدة من هذه السفن العملاقة ٣٠٠م تقريبًا، وكانت تعبر المحيط الأطلسي في مدة تتجاوز أربعة أيام بقليل. وفي عام ١٩٤٢م، احترقت السفينة نورمندي بينما كانت ترسو في ميناء نيويورك.

ظلت معديات السيارات تحمل لسنوات عديدة السيارات والركاب وعربات السكك الحديدية عبر الموانئ والبحيرات والأنهار وغير ذلك من المسطَّحات المائية الصغيرة، شأنها في ذلك شأن سفن البضائع، وأصبحت المعديات أكبر في أحجامها. واليوم تعبر المعديات الكبيرة مسطحات مائية كبيرة مثل بحار الأدرياتيكي والبلطيق والقنال الإنجليزي. وبإمكان المعديات الكبيرة أن تحمل ٨٠٠ راكب و ٣٦٠ سيارة. وهي تحتوي على غرف تناول الطعام وردهات وغيرها. وتسير بعضها رحلات ليلية وبها حجرات خاصة لمعظم الركاب.

توفِّر السفن الطائرة النقل السريع للمسافات القصيرة نسبيًا. وهي تُرَكَّب على رقائق معدنية (أجنحة تنزلق بسرعة قرب سطح الماء). ويبقى جسم المركبة خارج الماء كليًا وبذا يقلل الاحتكاك الذي تسببه مقاومة الماء. وبإمكان المركبات ذات الرقائق المجنَّحة الوصول إلى سرعة تزيد على ٨٠ عقدة بحرية. وقد عملت هذه المركبات على نقل الركاب عبر القنال الإنجليزي وعلى نهر النيل بمصر وعبر مضيق مسينا بإيطاليا وعبر مسطَّحات مائية في أجزاء عديدة من العالم.

تصنيف سفن شحن البضائع

يمكن تقسيم سفن البضائع أو سفن الشحن إلى أربع مجموعات وفقًا لنوع البضائع التي تحملها وهذه المجموعات هي:

١- سفن البضائع العامة
٢- السفن الصهريجية
٣- ناقلات الشحنات الجافة غير المعبأة
٤- سفن الأغراض المتعددة.

وتحمل سفن البضائع العامة ما يسمَّى بضائع الرزمة ؛ أي البضائع الموضوعة في رزم أو التي تشكِّل رزمة في حدِّ ذاتها. وتشمل مواد الرزمة منتجات مثل المواد الكيميائية والأغذية والأثاث والآلات والمركبات والأحذية والفولاذ والمنسوجات. وتحمل السفن الصهريجية النفط أو السوائل الأخرى، أما ناقلات الشحنات الجافة فتحمل الفحم الحجري والحبوب وخام الحديد والمنتجات المماثلة التي يمكن شحنها دون أن تعبَّأ في صناديق (أي سائبة). وتحمل سفن الأغراض المتعددة أصنافًا مختلفة من البضائع في وقت واحد مثل السوائل والحمولات العامة.

ويمكن كذلك تقسيم سفن البضائع إلى نوعين حسب نوع الخدمة المقدمة للشاحن: فهناك بواخر تعمل في خط مواصلات نظامي وهناك سفن الشحن غير النظامية التي تعمل حين تجد العمل وتُبحر إلى أيِّ مرفأ. وتسير ناقلات البضائع النظامية في برامج محددة المواعيد على طول الطرق التجارية وتتقاضى رسومًا وفقًا لتسعيرة مُعلنة. وهي تنقل البضائع العامة كما تحمل ركابًا. وتسمَّى تلك التي تحمل أكثر من ١٢ راكبًا التوافقية أو سفن الركاب والبضائع .ويجب أن تفي هذه المركبات بمعايير السلامة المعدة لسفن الركاب. وتشغل شركات صناعة الشحن هذه السفن النظامية، على حين أن سفن الشحن غير النظامية لا يتم تشغيلها على طرقٍ تجاريةٍ دائمة أو برامج محددة. وتطوف في البحار مثل سيارات أجرة الركاب ويمكن تأجيرها لمسافاتٍ لحمل أي شيء ولأي مكان وفي أيِّ وقت تقريبًا. وتشغل شركات الشحن الصغيرة هذه السفن.

سفن البضائع العامة

في أوائل القرن العشرين كانت السفينة المسماة ثري آيلاندز مقياسًا لسفن البضائع العامة. وقد جاء اسمها من ثلاثة مبانٍ تنتصب فوق ظهر السفينة الرئيسي مثل الجزر المتباعدة. يكوِّن مقدِّم السفينة الذي يتسع لسكنى طاقم السفينة إحدى الجزر وتكون منصة رُبَّان السفينة الجزيرة الثانية في منتصف السفينة. وقد كان موقع حجرة المحرك تحت منصة ربان السفينة الجزيرة الأخرى. أمّا مؤخَّرة السفينة التي تحتوي على غرف الربَّان والركاب فتكون الجزيرة الثالثة. وتؤدي الأبواب الأرضية بين الجزر إلى المخازن الموجودة في أرضية السفينة حيث يتم تخزين البضائع. وتنتصب الروافع التي تعرف بالأبراج أيضًا التي تشحن البضائع وتفرغها بجوار الأبواب.

السفن التقليدية لنقل البضائع

أصبحت السفن التقليدية لنقل البضائع، منذ الحرب العالمية الثانية، وبصفة مستمرة، أكثر تقدمًا. ولديها اليوم روافع قوية تعمل بالكهرباء يمكن تحميلها على جانب السفينة أو بمؤخرتها أو على الأبواب الأرضية. ولديها غرف تحكُّم آلية ومعدات إبحار آلية. ومع هذا، قلَّ استخدام السفن التقليدية لنقل البضائع، غالبًا، بسبب ارتفاع تكلفة تشغيلها. وقد تحمل السفينة النموذجية السيارات وأكياس الدقيق وأجهزة التلفاز ومحركات الطائرات وأقفاص الشحن الصينية وأصنافًا أخرى من المواد. ويتطلب شحن وتفريغ مثل هذه المواد ذات الأحجام والمقاسات المختلفة أوقاتًا وعمالة أكبر، لذا فإنها أكثر تكلفة. ونتيجةً لذلك، تم تصميم السفن بحيث تحمل صنفًا واحدًا من البضائع. ولهذا، فقد زادت أعداد سفن الصهاريج وناقلات الشحنات الجافة غير المعبأة في صناديق. وقد تم تطوير نوعية متخصصة من ناقلات البضائع العامة وتشمل سفن الحاويات والسفن الجوالة وغير الجوالة والسفن سريعة الاندفاع.

سفن الحاويات

قضت على مخازن الأبواب الأرضية والروافع الخاصة بالسفن التقليدية لنقل البضائع. فجسم سفن الحاويات مستودعٍ كبيرٍ مقسَّم إلى صوامع بوساطة فواصل حديدية رأسية. وقد تم تصميم الصوامع لتحمل البضائع المعدَّة للتغليف في طرود تسمَّى الحاويات .وتتكون أغلب الحاويات من صندوق ألومنيوم أبعاده: ٦×٢,٥×٢,٥ م أو ١٢×٢,٥×٢,٥ م. والحاويات التي تكون بقياس ١٢ م تساوي في حجمها عربة السكك الحديدية.

يشحن المصنِّعون بضائعهم المصنَّعة، أيًا كانت، من العطور إلى المنتجات الإلكترونية، في الحاويات التي توفرها شركة الشحن. ويتم نقل الحاويات إلى حوض السفن باستخدام الطريق البرّي، أو الخطوط الحديدية ليتم شحنها في سفينة الحاويات. ولا تحتاج مثل هذه السفينة إلى عددٍ كبيرٍ من الرجال الذين يمضون ساعات طويلة لوضع مختلف البضائع في مختلف مخازنها، إنما هناك رافعات ضخمة ترفع الحاويات من أعلى السفينة ومن ثم تضعها في صوامعها الواحدة تلو الأخرى. وبعد تحميل مخازن السفينة، فإن مزيدًا من الحاويات قد توضع على أرضية السفينة أو على سطحها.

توفر عملية استعمال الحاويات على الشاحن كثيرًا من المال؛ إذ يمكن لسفينة الحاويات أن تشحن أو تفرغ حمولتها في جزء من الزمن الذي تستغرقه سفينة الشحن التقليدية لإتمام أي من العمليتين. وهكذا، فإن تكاليف العمل تنخفض بشدَّة كما تقل مخاطر تلف البضاعة أثناء الرحلة. وبالإضافة إلى ذلك، تقل سرقات المواد التجارية القيمة نظرًا لأن الحاويات تقفل بالشمع.

السفن الدوَّارة

تحمل حاويات قواعدها مثبتة على إطار من العجلات كقاطرة الشاحنة. ولهذه السفينة فتحةٌ خلفيةٌ وفتحاتٌ جانبية، ويقود عمال أحواض السفن هذه الحاويات عبر متسلقات متدرجة إلى السفينة، ومن ثم توضع الحاويات في أماكنها المخصصة لها باستخدام متسلقاتٍ أو مصاعد موجودة داخل السفينة. كذلك تحمل السفن الدوارة السيارات والحافلات والعربات التي تُستخدم مساكن، والشاحنات وأيَّ بضائع أخرى يمكن أن تُرفع بالمتسلقات المتدرجة على السفينة. وقد أدخلت الشركة العالمية خط حاويات الأطلسي إلى الخدمة عام ١٩٨٧م أضخم السفن الدوارة في العالم. ويبلغ طول السفينة الواحدة من السفن الخمس التي تمتلكها ٢٩٢ م ويمكنها طيّ ١٨ عقدة بحرية، وكل منها يمكنه حمل ١,١٠٠ حاوية طول الواحدة منها ١٢م، ونحو ١,٠٠٠ سيارة وشاحنة.

تحديث الموانئ

تتطلب سفن الحاويات تسهيلات مرفئية خاصة، ويجري بناء الموانئ أو تحديثها على نظام عالمي للتعامل مع هذه السفن. وتضم التسهيلات الجديدة رافعات عملاقةً وتجهيزات أخرى للرفع لأن لسفن الحاويات قليلاً من أجهزة رفع الأثقال وقد لا يكون بها أجهزةٌ من هذا النوع على الإطلاق. وفي الميناء، تحتاج هذه السفن إلى مساحات شاسعة ومفتوحة لتسع آلاف الحاويات التي تكون بانتظار شحنها أو رفعها. وأكثر الموانئ تقدمًا تستخدم الحواسيب في توزيع مساحات الشحن والرفع.

ناقلات النفط

ناقلات النفط من بين السفن الأولى التي تم تصميمها لحمل نوع واحد من البضائع وهو النفط، ولقد حملت السفن السابقة النفط في براميل أو في أحواض ضخمة. وفي عام ١٨٧٨ م، أعدَّ السويدي لدوينغ نوبل سفينةً هي الحوض الواحد الضخم نفسه، ونوبل هو شقيق ألفرد نوبل مؤسس جوائز نوبل الشهيرة، ولقد حملت ناقلته النفط من حقول باكو، عاصمة أذربيجان الآن، عبر بحر قزوين.

وفي عام ١٨٨٥م، تم إعداد أول ناقلة عابرة للمحيطات هي جلوكاف، وقد قامت هذه السفينة التي بُنيت في بريطانيا لصالح شركة نفط ألمانية بنقل النفط من الولايات المتحدة إلى أوروبا. وأصبحت هذه الناقلة النموذج لجميع ناقلات النفط اللاحقة. وتحتوي مساحة التخزين على ثمانية أحواضٍ كبيرة. كما وضعت حجرة المحرك في المؤخرة لتقليل خطر الحريق. يبلغ طول هذه السفينة ٩٠م ويبلغ عرضها ١١م وتحمل ٢,٠٩٠ طنًا متريًا من النفط وتستطيع السير بسرعة ٩ عُقَد بحرية.

واليوم، فإن الناقلات الضخمة التي تسمى غالبًا ناقلات النفط الضخمة قد بلغت من الطول أكثر من ٤٥٧م ومن العرض ٦٠ م. وباستطاعتها حمل أكثر من ٤٥٠,٠٠٠ طن متري من النفط ويمكنها طي ١٥ عقدة بحرية تقريبًا. ومن الناحية الفنية فإنه يمكن تصميم ناقلات أكبر من هذه الناقلات ولكن فائدة مثل هذه السفن العملاقة تتحدَّد فقط في الرحلات الطويلة. وأغلبها مستخدم في نقل النفط من الشرق الأوسط إلى أوروبا واليابان.

وللناقلات العملاقة كثير من المزايا الاقتصادية مقارنة بمثيلاتها الأقل حجمًا. فعلى سبيل المثال، تكون تكلفة شحن كميات ضخمة من النفط في ناقلة عملاقة واحدة أقل بكثير من تكلفة شحن الكمية نفسها في عدة ناقلات بأحجام صغيرة. إلا أن للناقلات العملاقة أيضًا العديد من المثالب. فعلى سبيل المثال، فإن ملاحة مثل هذه الناقلات العملاقة صعبةٌ نظرًا لحجمها الضخم، الأمر الذي يزيد من مخاطر الحوادث. وبسبب هذا الحجم، تحتاج الناقلات العملاقة إلى موانئ بعمق ٣٠م لتتمكن من تفريغ حمولتها. وإذا عانت السفينة من تسرب في النفط، فإن التلوث الناتج عن ذلك يمكن أن يكون مأساويًا نظرًا لضخامة طاقة الحمل لديها.

وتحمل معظم ناقلات النفط مادة النفط، إلا أن بعض هذه الناقلات تم تصميمه لحمل أنواعٍ أخرى من البضائع السائلة مثل الغاز الطبيعي السائل. تَصَفح :الناقلة. وهناك بعض السفن تسمى ناقلات النفط الخام بإمكانها أن تُستخدم ناقلات للنفط أو للشحنات الجافة. وسيتم تناول هذا النوع من السفن في الجزء التالي من هذه المقالة.

ناقلات الشحنات السائبة الجافة

تحمل ناقلات الشحنات السائبة الجافة الأسمدة والحبوب وخام الحديد ومساحيق المواد المطهرة والملح والسكر ورقائق الخشب وأي بضائع أخرى يمكن أن تكوَّم في مخزن ما. ولقد شملت حاملات الشحن الجافة الأولى المراكب ذات التصميمات الخاصة التي بدأت نقل خام الحديد عبر البحيرات العظمى الموجودة في شمالي أمريكا، وذلك في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي. وكما هو الأمر مع الناقلات، فإن هذه المراكب قد صُمِّمت خصيصًا لنقل نوعٍ واحد من أنواع البضائع. ولكن، بعكس ناقلات النفط، فإن حاملات خام الحديد يمكنها أن تنقل أي بضاعةٍ صلبة. ونتيجةً لذلك، فإن حاملات خام الحديد تطلبت تجهيزاتٍ أكثر تعقيدًا لإنجاز مهمتي التحميل والتفريغ مما تطلبته ناقلات النفط التي لا تحتاج شيئًا أكثر من توصيلات الخراطيم والمضخات، وأشياء أخرى بسيطة.

السفن ذات الأغراض المتعددة

صُمِّمت السفن متعددةُ الأغراض لتكون قادرةً على حمل عدة أنواعٍ من البضائع في وقت واحد. ومن أمثلة هذه السفن السفينة الإنجليزية ستراثاردل التي تم تدشينها عام ١٩٦٧م. ولهذه السفينة مساحة مبرَّدة مخصصة للمواد الغذائية سريعة التلف، أما مساحة الأحواض، فهي مخصصة للبضائع السائلة، وهناك أرضيةٌ أو مسطحٌ لحمل السيارات يبلغ طوله ١٧٢ م وعرضه ٢٤ م. وهناك سفينة أخرى متعددة الأغراض تُسمَّى بور السادسة وهي سفينة فنلندية صغيرة صنعت أيضًا عام ١٩٦٧م وهي تحمل المركبات التي يتم شحنها أو تفريغها أو حملها على عجلات، كما تحمل لفات الورق الضخمة، وكذلك الأخشاب المضغوطة والبضائع العامة. يبلغ طول هذه السفن ٨٨م وعرضها ١٥ م. وتشبه هذه السفينة سفينةٌ أخرى متعددة الأغراض هي السفينة الأمريكية موروماكسي التي تم تدشينها عام ١٩٦٨م ويمكنها حمل الحاويات والبضائع القابلة للدفع على عجلات داخل أو خارج السفينة، والبضائع العامة. ولها أيضًا مساحة للتبريد. ويبلغ طول هذه السفينة ١٨٣ م وعرضها ٢٧ م.

أنواع متخصصة من السفن

يتم تصميم الكثير من السفن والقوارب لأداء أعمالٍ معينة. وسفن البرادات التي تسير بسرعة ٢٢ عقدةً بحرية أو أسرع، تسرع بالفواكه الطازجة واللحوم والخضراوات عبر المحيط. وقوارب (زوارق) السحب تقطر مراكب البضائع عبر قنوات المياه والأنهار، كما أن سفن الركاب وسفن الشحن تقود إلى الموانئ وخارجها. وتشارك سفن السحب في المحيطات في أعمال الإنقاذ. وبجانب العبَّارات التي تنقل السيارات والركاب، هناك سفن القاطرات التي تحمل عربات السكك الحديدية عبر جيوب المياه الصغيرة. وتستخدم كسَّارات الثلج القوية مقدماتها المتينة لتشق طريقها وسط المياه الجامدة وتفتح ممرًا لسفنٍ وقوارب أخرى.

وتحمل سفن دراسة المحيطات التي تجوب المحيطات معدات لدراسة التيارات وظواهر المد والجزر والأمواج وحيوانات البحر ونباتاته. وتُستخدم بعض سفن الصيد الحديثة في صيد الأسماك، وفي تصنيعها كذلك. ولهذا النوع من السفن تجهيزاتٌ لتقطيع وتنظيف وتبريد الأسماك.

سفن المستقبل

سوف تكون سفن المستقبل أكثر كفاءة من سفن اليوم، كما ستكون تكلفة تشغيلها أقل، وسوف تتزايد أعداد السفن التي تحمل البضائع التي تضُّمها الحاويات. وتزداد أحجام جميع السفن. لقد تم اقتراح تصميمات جريئة جديدة لبعض أنواع السفن، وتشمل هذه التصميمات مراكب بضائع مرنة لنقل السوائل الثقيلة مثل النفط والغاز السائل. كما تشمل غواصات لا تحتاج إلى صهاريج التوازن المائي. وستكون السفن أكثر ميلاً إلى الآلية، كما سوف يتم الاستغناء عن هيئة مراقبة حجرة المحرك من المهندسين. وعوضًا عن ذلك، سوف يتم تشغيل محركات السفن من غرفة القيادة تمامًا كما يتم تشغيل الطائرات من غرفة قائد الطائرة. وتتولى الأجهزة الإلكترونية إبحار سفن الغد آليًا، ويتولى الحاسوب تحديد مسار السفينة، وتسير السفينة بإرسال المعلومات إلى الآلات التي تنظم قوة دفع السفينة. ونتيجة لهذه التطورات، سوف يتلقى رُبَّان السفينة مزيدًا من التدريب الفني، ويتقلص عدد طاقم السفينة. أما صيانة السفينة فلن تكون في البحر بوساطة الطاقم وإنما ستكون في الميناء بوساطة عمال متخصصين. ولتفادي بعض أعمال الصيانة، مثل الطلاء، سوف يتم بناء غرفة القيادة والغرف والأبنية الأخرى التي توجد على سطح السفينة من الألومنيوم والمواد الأخرى غير القابلة للصدأ والتي تقاوم التآكل من جراء المواد الكيميائية الموجودة في مياه البحر.

الباب الأول CHAPTER 1

المواد المستخدمة في إنشاء بدن السفينة

SHIP BUILDING MATERIALS

يتوقف اختيار مادة بناء السفن على خواص المادة الميكانيكية والإجهادات التي تتعرض لها السفينة وسرعة السفينة ونوع السفينة ونوع البضاعة.

نظرا لتعدد أنواع السفن فلقد تطورت مواد البناء التقابل متطلبات هذه السفن وأصبت سباتك العلب ذات المقاومة العالية للإجهادات المختلفة التي تتعرض لها السفن وكذلك، ظروف التشغيل المختلفة ودرجات الحرارة المنخفضة ولذلك لقد أصبح الصلب من المواد الأساسية في بناء السفر والسلب عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون والأوكسيجين وبعض العناصر المضافة مثل السليكون - المنجنيز - النفور - الكبريت النيكل.

معايير استخدام مادة بناء السفن

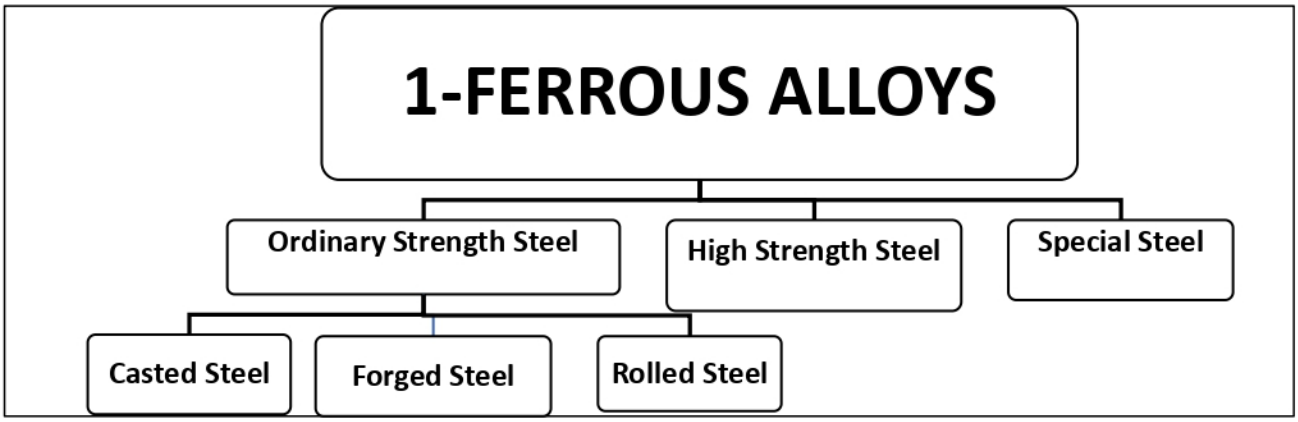
١- قياس نسبة مثالة المادة إلى وزنها (Strength/weight Ratio) أي تحمل المادة إجهادات أكبر بأقل وزن.
٢- معايير فيزيائية مثل درجة الانصهار (Melting Point).
٣- مقاومة المادة لنوع معين من الإجهادات.
٤- أن تكون تكلفتها قليلة قدر الإمكان.

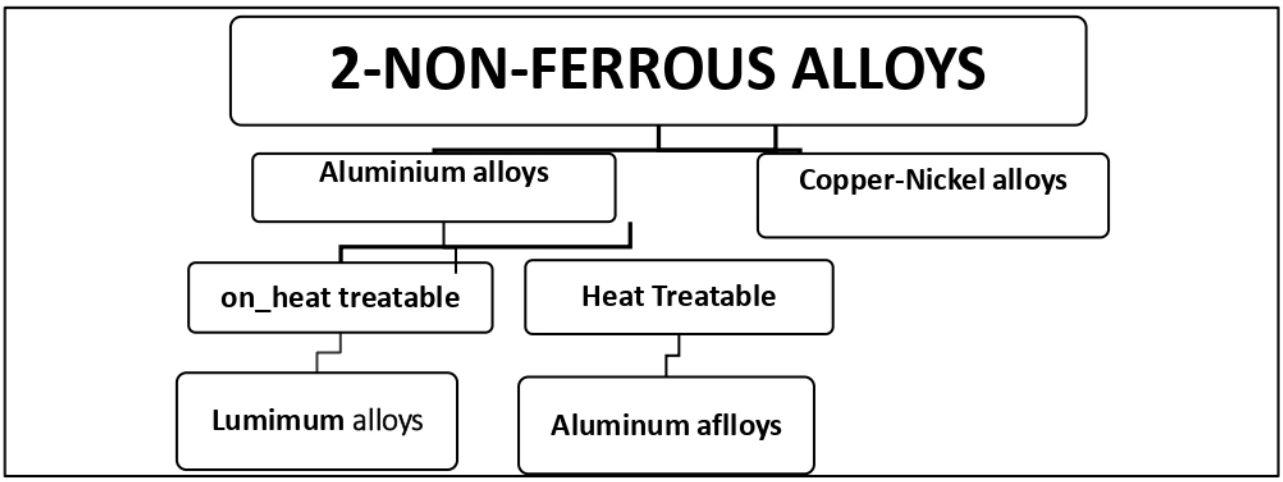
مثال علي STRENGTH TO WEIGHT RATIO:

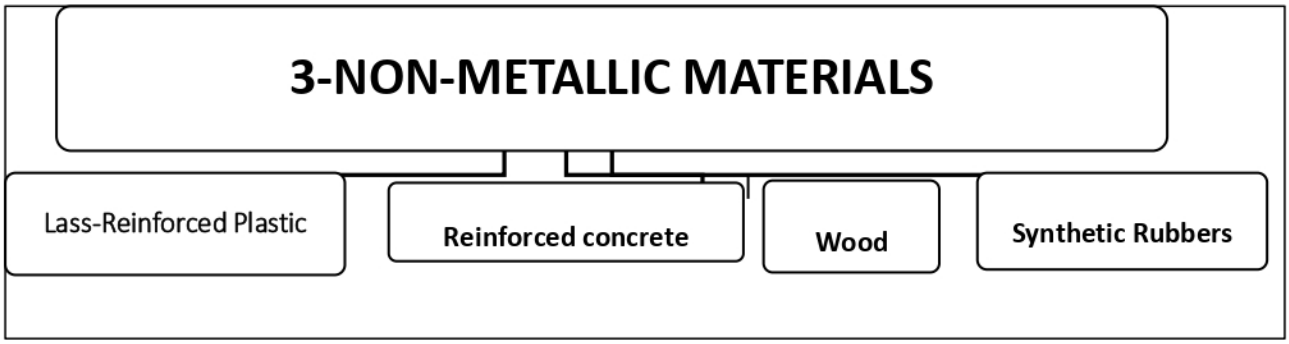
Strength weight Ratio of Aluminum Strength /weight Ratio of Icon إن مثانة كتلة من الألومنيوم أقوي من مناقة كتلة مماثلة من الحديد و لكن يصعب استخدام الألومنيوم بشكل واسع في السفن التجارية وذلك لانخفاض درجة انصهار، ومقاومته الضعيفة لإجهاد الكل Fatigue Stress وإن كان يتميز بمواصفات جيده عند درجات الحرارة المنخفضة.

❖ أنواع مواد بناء السفن Types Of Ship Building Materials

١- سبائك حديدية (الصلب). Ferrous Alloys
٢- سباك غير حديدية Non-Ferrous Alloys
٣- مواد غير معدنية Non- Metallic Material


1-FERROUS ALLOYS
Ordinary Strength Steel
High Strength Steel
Special Steel
Casted Steel
Forged Steel
Rolled Steel


2-NON-FERROUS ALLOYS
Aluminium alloys
Copper-Nickel alloys
on_heat treatable
Heat Treatable
Lumimum alloys
Aluminum aflloys


3-NON-METALLIC MATERIALS
Lass-Reinforced Plastic
Reinforced concrete
Wood
Synthetic Rubbers

• إنشاءات الصلب: Structural Steel

توجد أنواع مختلفة من الصلب الذي يستخدم في بناء السفن، ويتم توصيف أنواع الصلب وسبائكه المختلفة تبعا لمواصفات هيئات الإشراف والتصنيف العالمية ويتم توصيف الصلب كما يلي:

توصيف الصلب طبقا لطريقة إنتاجه:

١- الصلب المدلفن Rolled Steel

٢- الصلب المصبوب Casted Steel

٣- الصلب المطروق Forged Steel

• الصلب المصبوبCasted Steel

يتم إنتاج هذا النوع من الصلب بواسطة الفرن المفتوح أو الفرن الكيربي أو عن طريق عملية نزع الأوكسجين والتي تسمح بتكوين الشكل المراد استخدامه في السفينة، وبعد استخراجه من الفرن يتم معالجة هذا الصلب حراريا وعلى سبيل المثال فهو يتعرض إلى عملية التخمير أو المعادلة والتطبيع وذلك للتقليل من درجة هشاشته.

يستخدم هذا الصلب في صناعة الأجزاء الثقيلة والمعقدة الخاصة بالسفينة مثل أجزاء الدقة.

والمقدم وهيكل المؤخر.

• من مميزات هذا الصلب:

١- ذو مواصفات وقابلية جيدة لأعمال اللحام المختلفة.

٢- ذو مواصفات وخواص ميكانيكية قريبة من الصلب الري.

- وفي حالة المصبوبات الكبيرة التي لا يمكن إنتاجها كقطعة واحدة فانه يمكن تقسيمها إلى مصبوبات صغيرة ويتم تجميعها بواسطة اللحام.

• الصلب المطروق: Forged-Steel

يتم إنتاج الصلب المطروق بواسطة الطرق وهو عبارة عن تسخين الصلب إلى درجة قريبة من الليونة (plastic State) ثم يتم بعد ذلك تشكيله بالمنطة الطرق أو الضغط Squeezing وذلك لتشكيله إلى القطاعات المطلوبة ويتم استخدام الصلب الكامل الاختزال، وبعد عمليات أعمدة التشكيل المختلفة تجرى على القطاعات المعالجات الحرارية المختلفة مثل التخمير والمعادلة والتطبيع وذلك لتخليصها من الاجهادات المختلفة وخصوصا الإجهادات السطحية نتيجة عمليات الطرق والضغط والتخلص من تأثير: التبريد الغير منتظم لهذه القطاعات.

- يستخدم هذا النوع من الصلب المطروق للأجزاء المختلفة للسفينة مثل المخطاف- عمود الدفة أعمدة الرقاصات والأعمدة المتوسطة.

لا يكون مناسبا لاستخدامه في الأجزاء التي تحتاج إلى درفلة.

- في حالة الصلب المطروق يتم الحصول على سطح أكثر صلابة و أكثر تجانسا عنه في الصلب المصبوب.

توصيف الصلب تبعا لعملية نزع الأوكسجين أو نقص الأوكسجين: De-oxidation

الصلب الناتج من الأفران يحتوي على نسبة أوكسجين عالية مما يؤدي إلي تكون أكاسيد الحديد المختلفة وتبعا لكمية الأوكسجين المنزوع يتم توصيف الصلب كما يلي:

١- صلب نصف مختزل Rimmed-Steel

٢- صلب نصف مختزل Semi-Killed Steel

٣- صلب تام الاختزال Steel Killed

١- صلب غير مختزل: Rimmed Steel

Less Than (0.2%C,0.6% Manganese)

يتم الحصـول على هذا الصـلب عند إضـافة كميات صـغيرة من المواد التي تمتص كمية صـغيرة من الأوكسـجين أو مولد غير أوكسـجينية تضاف إلى الصلب المنصهر فتعمل على تقليل نسبة الأوكسيجين ،وفي الحالة السائلة للصلب يتحد جزء من الأوكسجين مع الكربون مكونا غاز أول أكسـيد الكربون أما في الحالة الصـلبة إن الأوكسـيجين يكون مركزا في المنتصـف ويكون سـطح الصـلب عبارة عن حديد صـافي بدون أي محتويات ويكون هذا النوع ذو مقاومة ضـعيفة للتأكسـد، وهذا الصـلب يكون مناسـب للتشـكيل ولا يتناسـب مع الأسـطح المعرضـة لمياه البحر مثل بدن السفينة والسطح الرئيسي.

٢- صلب نصف مختزل: Semi-Killed Steel

والصـلب الذي تكون به عملية تقليل نسـبة الأوكسـيجين جزئيا، بحيث أن المواد الغير أوكسـيجينية المضـافة تكون بنسـبة تتناسـب مع المتطلبات والخواص المطلوبة لمثل هذا النوع من الصـلب. هذا النوع من الصـلب يجمع بين الصـلب المناسـب للتشـكيل والصـلب نو المقاومة العالية للتأكسد.

٣- الصلب تام الاختزال: Killed Steel

عبارة عن صلب ذو مقاومة عالية التأكسد، ويتم الحصول عليه بتثبيت نسبة الأوكسيجين وذلك بإضافة عناصر مثل السليكون والألومنيوم للصـلب هذا النوع من الصـلب يكون أكثر تجانسـا من وجهه النظر الكيميائية أي على درجة عالية من للتجانس ويكن مناسـب لصـلب العدة على سبيل المثال ويسمى أحيانا بالصلب الكربوني وهو صلب عالي الصلابة.

توصيف الصلب حسب درجته ونسبه الكربون

– الصلب المستخدم في بناء بدن السفينة هو الصلب العادي Ship building Steel أو الصلب عالي المقاومة High، Tensile Steel أو الصلب الخاص Special Steel وإن المادة المعتمدة من هيئات الإشـراف والتصـنيف والتي تضـع قواعدها عليها والمسـتخدمة في بناء السـفن التجارية هي الصـلب العادي Ship building Steel 1 .

– إن أقصى مقاومة للصلب الطري حوالي ٤٦٥٠٠ نيوتن / سم٢ ومعامل المرونة الخاص به حوالي ٢٠,٩ ميجا نيوتن / سم ٢ ، ومقاومة الخضوع تصل إلى ٢٣٢٠٠ نيوتن / سم ٢

الصلب العاد Ship Building Steel or Mild steel

هو الصلب الشائع الاستخدام في بناء بدن السفينة وهو يحتوي على نسبة كربون تتراوح بين ٠,١٥ % إلى ٠,٢٣ %

واهم مواصفاته:

١- تكلفته مناسبة وأرخص ثمنا.

٢- سهولة لحامه وقابل للتشغيل باللحام.

٣- خصائصه الميكانيكية مناسبة للإجهادات الواقعة عليه، أي أن نقطة خضوعه Yield Point تناسب مع أقصى إجهاد شد.

٤- يحتوي على مركبات كيميائية مناسبة لعمليات القطع واللحام ولا تؤثر على صلابة المعدن.

٥- مقاومته للتأكل قليلة.

٦- قابل للتشكيل على البارد.

- يحتوي هذا النوع من الصلب على العناصر الآتية: (الكربون + المنجنيز + الفوسفور- الكبريت + السليكون).
- يوجد أربع درجات لتصنيف الصلب الطري (A & B & D & E) والدرجة "A" للصلب الطري المصنف من هيئة اللويدز للإشراف والتصنيف وعامة يستخدم في بناء السفن.
- والدرجة "B" للصـلب الطري تكون ذات جودة أعلى من الدرجة "A" وتصـنف بأنها ذات الألواح الأكبر سـمكا والتي تسـتخدم في المناطق الحرجة، والدرجات (D & E) للألواح ذات السمك الأكبر.

ملحوظة:

- يجب أن تكون نسبة للكبريت والفسفور نقل ما يمكن (٠,٠٥%) لأن زيادة هذه النسبة يؤدي إلى حدوث شروخ اثناء عمليات التشكيل وتؤثر على كفاءة العام.

LLOYDS REQUIREMENTS FOR

MILD STEEL

REQUIREMENTS	STRUCTURAL MEMBERS
1- Grade D where thickness less than 15mm otherwise Grade E	Sheer strake or rounded gunwale over 40 percent of length amidships in ships exceeding 250m in length.
2- Grade A where thickness less than 15mm. Grade B where thickness 15 to 20mm . Grade D where thickness 20 to 25mm. Grade E where thickness greater than 25mm.	Sheer strake or rounded gunwaic over 40 percent of length amidships in ships of 250m or less in length. Bilge strake (other than for vessels of less than 150m with double bottom over full breadth).
3- Grade A where thickness less than 20mm. Grade B where thickness 20 to 25mm . Grade D where thickness 25 to 40mm. Grade E where thickness over 40mm.	Bottom plating including keel. Bilge Strake (ships of less than 150m and with double bottom over full breadth).
4- Grade A where thickness less than 30mm . Grade B where thickness 30 to 40mm . Grade D where thickness greater than 40mm	Side plating.

.

ومن عيوب هذا النوع من الصلب:

١- مقاومته للتأكل ضعيفة
٢- ارتفاع كثافته
٣- له خاصية المغناطيسية
٤- حاجته للحماية السطحية من الصدأ والتآكل بشكل دائم.

٢- الصلب عالى المقاومة: High Tensile Steel

- يحتوي هذا النوع من الصلب على نسبة كربون ثابتة تقدر بـ٠,١٨ %
- يتم استخدام الصلب عالي المتانة لأنه ذو أقصى مقاومة تصل إلى ١٥٠٠٠٠ نيوتن/سم٢
- يستخدم هذا النوع من الصلب في السفن الكبيرة مثل ناقلات البترول، حاملات الحديد الخام وسفن الركاب الكبيرة
- يجب مراعاة تخانة للمادة التي سيتم استخدامها بحيث تعطي المتانة الطولية للسفينة، ولكن إذا استخدمنا الصلب الطري في البناء فسوف نقلل من تخانة هذه المادة.

- هذا النوع من الصلب عبارة عن صلب عادي مضافا إليه بعض العناصر التي تعن من خواصه الميكانيكية وقدرته على مقاومة التأكل مثل النيكل، الكروم، موليبدينم، النحاس، الألومنيوم، الفاتنيوم.

• ومن أهم مواصفاته:

١. يتحمل الاجهادات العالية لتشكيل بشكل أكبر.
٢. تقليل وزن القطاعات المستخدمة في الإنشاءات بحوالي ٣٠ % من الوزن.
٣. ترداد متانته بحوالي ٢٠% عنها في الصلب القطري.
٤. له خواص ميكانيكية أفضل وله قابلية عالية لعمليات اللحام.
٥. لخف وزنا وله مقاومة عالية للبري High Wear Resistance.
٦. درجة انصهاره عالية وله قدرة على الممطولية.
٧. له مقاومة عالية للتأكل.

ومن عيوبه:-

١- غالي الثمن حيث أن ثمنه حوالي مرة ونصف من ثمن الصلب الطري.
٢- يحتاج إلى تكنيك عالي في اللحام من حيث أسلاك اللحام ومعدات اللحام.
٣- له خاصية المغناطيسية.
٤- يحتاج إلى عمال ذوي مهارات عالية للتعامل معه.

- ولقد تم تصنيف هذا النوع من الصلب وفقا لقواعد هيئات الأشراف والتصنيف الدولية إليثلاث درجات وهي (AH,DHEH) .

٣. الصلب ذو المواصفات الخاصة : Special Steel

توجد أنواع خاصة من الصلب تعتمد على العناصر المضافة إليه، ويستخدم في أماكن معينة ولأغراض خاصة مثل درجات الحرارة المنخفضة والغير عادية وكذلك لمقاومة التآكل بصوره المختلفة وأيضا ظروف التحميل المختلفة ومن أمثلة هذه الأنواع ما يلي:

١- صلب يستخدم عند درجات الحرارة المنخفضة:

Steel For Low Temperature

يستخدم هذا النوع في إنشاء الصهاريج التي تشحن بالغازات الطبيعية والمسالة في ناقلات الغاز وتتميز هذه السبيكة بالمتانة العالية عند درجات الحرارة المنخفضة والتي قد تصل إلى (-164°C)

٢- صلب مقاوم للتآكل : Anti corrosion or Stainless Steel

هذا الصلب يكون له أسطح معالجة كيميائيا حتى يمكنه مقاومة التفاعلات الكيميائية عندما تحمل هذه الصهاريج أنواع خاصة من السوائل أو الشحنات التي لها صفه حامضية أو التآكل الشديد.

٣- صلب مقاوم للحك : Abrasion Resistant Steel

هذا النوع له مقاومة عالية للحك أو الخدوش ويستخدم في العنابر التي تشحن بمواد صب مثل قلات صب وذلك لتقاوم عمليات الحك الناتجة من الشحن والتفريغ.

- **الكسر الهش : BRITTLE FRACTURE**

- في بعض السـفن المبنية باللحام والتي تعمل عند درجات الحرارة المنخفضـة يوجد ظاهرة تعرف بالكسـر الهش، وهذه المشـكلة يعاني منها للسفن المبنية باللحام أكثر من السفن المبنية. بالبرشام.
- وهذه المشكلة نتيجة استمرارية البناء في السفن الملحومة بحيث أنه لا يوجد حاجز لإيقاف الشرخ ولكن في السفن المصنعة بالبرشام فإن كل لوح منفصل عن الآخر وبالتالي فإذا حدث شرخ في لوح معين فإنه لا يستمر في باقي ألواح السفينة.
- وحاليا يتم تصـنيع الصـلب بحيث أنه لا يعاني من مشـكلة الكسـر الهش عند درجات الحرارة التي سـيسـتخدم فيها، وهذا الصـلب يعرف ب (Notch Tough. Steel)
- كما تتطلب هيئات الإشراف والتصنيف أن تكون الأجزاء الرئيسية التي تبنى بها السفن وتتعرض لإجهادات عالية تكون مصنعة من الصلب ذو المقاومة العالية للكسر الهش.
- الكسر الهيش يحدث للمواد الخير لدنة مثل الصلب الطري، عندما تستخدم عند درجات الحرارة المنخفضة. هذا الكسر يحدث فجأة بدون حدوث أي تشكيل مسبق للمادة ودون حدوث أي علامات أو مقدمات أو ملاحظات بسيطة توحي بمقدمات لحدوث مثل هذا النوع من الكسر.
- الكسـر الهش يتميز ويختلف عن الكسـر اللدن وذلك بعدم وجود أي نقص في المقطع أو لعدم وجود أي تشـكيل في المادة عند الأطراف الخارجية للمادة نفسها عند تمزقها. ويلاحظ أن شكل الكسر الهش في هذه الحالة يكون لامعا ويكون حادا في الكسر.

- **توجد عدة عوامل تؤثر على إمكانية حدوث مثل هذا النوع من الكسر الهش:-**

- وجود الحواف الحادة والنتوءات الطرفية في الإنشاء وذلك عندما يبدأ الإنشاء في الكسر.
- إجهادات الشد الموجودة قد تكون ذات قيمة كبيرة.
- تعرض المعدن الي درجات حرارة أعلى من الدرجات التي يحتملها عند حدوث مثل هذا النوع من الكسر الهش.
- الخواص الميتالورجية لألواح الصلب التي تساعد على حدوث مثل هذا النوع من الكسر الهش.
- وجود الألواح بتخانة أكبر من مطلوب.
- وجود الإجهادات المركزة نتيجة وجود النتوءات والأطراف الحادة.
- عدم اتصال الأطراف مع بعضها، أو عدم استمرارية الوصلات
- وجود الوصلات في مناطق الإجهادات المرتفعة.
- وجود أكثر من خط لحام في الوصلة أو في نقطة اللحام.
- زيادة نسبة الكربون والمنجنيز بمقدار يزيد عن ٠٤%.

المعالجة الحرارية للصلب : Heat Treatment Of Steels

تختلف خواص الصلب تبعا للمعالجة الحرارية التي تجرى عليه، والتي يتعرض لها الصلب فهذه المعالجة الحرارية تؤدي إلى تغيير الخواص الميكانيكية لأنواع الصلب المختلفة. ومن أهم هذه المعالجات الحرارية التي تجرى على صلب إنشاء البدن للسفن ما يلي:

١- التخمير : ANNEALING

يتم ذلك بتسخين الصلب بمعدل بطئ جدا وتدريجيا إلى درجة حرارة أعلى بقليل من درجة الحرارة الحرجة العليا بحوالي 50 C° أي حوالي 850 C° إلى 950 C° بعد ذلك تم تبريده داخل الفرن بمعدل بطئ جدا وبنفس معدل التسخين .

والغرض من التخمير هو التخلص من الاجهادات الداخلية للصلب والحصول على صلب أكثر ليونة وهذه المعالجة الحرارية عبارة عن عملية تحضيرية للمعالجات الأخرى ولا تتم منفردة.

٢- المعادلة : NORMALIZING

يتم تسخين الصلب بمعدل بطئ إلي درجة حرارة من 850 C° إلي 950 C° بعد ذلك يتم تبريده في الهواء الخارجي، أي أن التبريد في هذه الحالة يكون أفرغ والغرض من عملية المعادلة الحصول على صلب نو صلادة أكبر (HARDNESS) منه في حالة التخمير، ويؤدي إلي تجانس جزئيات الصلب أكثر على السطح.

٣- التقسية : QUENCHING

يتم تسخين الصلب إلي درجة حرارة تعادل حالة التخمير والمعادلة، ويتم التبريد بطريقة سريعة وفجائية في الماء أو الزيت.

والتبريد الفجائي يؤدي إلي الحصول على سطح أكثر صلادة وأقل سمكا مع قدرة عالية لمقاومة إجهاد الشد.

٤- التطبيع : TEMPERING

يتم تسخين الصلب المقسى لدرجة حرارة 680 C° ثم يتم تبريد سبائك الصلب بطريقة فجائية في الماء أو الزيت والغرض من هذه العملية هو التخلص من الاجهادات الداخلية التي حدثت نتيجة عملية التقسية ولتجعل جزئيات الصلب أقل قصافة وذلك بزيادة مقاومتها للشد.

السبائك الغير حديدية : NON-FERROUS ALLOYS

هذه السبائك تستخدم في المجال البحري وذلك لبناء بعض القطاعات المختلفة في السفينة، وعلى سبيل المثال الإنشاءات العلوية.

ومن أهم أنواع السبائك الغير حديدية هي سبائك الألومنيوم وسبائك النحاس والنيكل

١- سبائك الألومنيوم : ALUMINIUM ALLOYS

تمتاز سبائك الألومنيوم بصغر كثافتها التي تصل إلى ٢,٧٢ / م٣ مما جعلها مناسبة وحيوية لاستخدامها في القطاعات والأجزاء التي لها مواصفات خاصة مثل قوة المتانة، صغر الوزن. تستخدم سبائك الألومنيوم في الإنشاءات العلوية لبعض السفن كما تستخدم لإنشاء البدن لبعض اللنشات الصغيرة مثل: Hydrofoil (HOVER CRAFTS)، وسفن الأبحاث Research Vessels، وتستخدم في إنشاء صهاريج ناقلات الغاز الطبيعي و المسال لما لها من مواصفات عالية عند درجات الحرارة المنخفضة.

ومن أهم خصائص سبائك الألومنيوم:

١- وزن الألومنيوم أخف من وزن الصلب حيث أن كثافته أقل مما يجعله يوفر حوالي ٦٠ % من الوزن بالمقارنة باستخدام الصلب.

٢- مقاومته للتأكل والصدأ عالية.

٣- له قوة متانة عالية بالمقارنة بالصلب.

٤- مناسب للاستخدام في درجات الحرارة المنخفضة.

٥- يحسن من اتزان السفينة نظرا لخفة وزنه مما يؤدي إلى ارتفاع مركز الثقل وهذا يؤدي إلى تقليل ارتفاع الميتاسنتر للسفينة (GM) .

٦- له خاصية غير مغناطيسية و بالتالي لا يؤثر على الأجهزة الملاحية.

❖ ومن اهم عيوبه:

١- يعتبر غالي الثمن وبالتالي غير اقتصادي وقد تصل تكلفته من ٨ إلى ١٠ أضعاف تكلفة استخدام الصلب.
٢- خصائصه الميكانيكية أقل منها بالنسبة للصلب.
٣- درجة انصهاره منخفضه وبالتالي لا يناسب الأماكن ذات درجات الحرارة العالية ولا يقاوم الحرائق ويحتاج الي عزل مناسب.
٤- مقاومته ضعيفة للإجهادات وخصوصا إجهاد الكلل FATIGUE STRESS.

❖ تنقسم سبائك الألومنيوم إلى:

١- سبائك الألومنيوم الغير معالجة حراريا:

Non-Heat Treatable Aluminum Alloys

من أمثلة هذه السبائك هي سباتك الألومنيوم التي تحتوي على ماغنسيوم وسليكون MgaSi Aluminum Magnesium Alloys وتتميز هذه السبائك بأنها تكتسب متانة أكبر عد تشكيلها على مبرد وكذلك على نسب الماغنسيوم المضاف إليها، وهذه السبائك ذات مواصفات جيدة من حيث قابليتها للحام.

- تزداد قوة ومتانة هذه السبائك ومقاومتها للإجهادات والتآكل بإضافة الماغنسيوم بنسبة أكبر من ٥% وتزداد متانتها بتكرار التشكيل على البارد.
- والعيب الرئيسي لهذه السبائك هو المنطقة القريبة من اللحام، فإن ارتفاع درجة حرارة اللحام يؤدي إلى تخمير هذه الأجزاء القريبة من منطقة اللحام مما يؤدي إلى التأثير على خواص هذه السبائك من حيث متانتها ومقاومتها لإجهاد الشد.

٢- سبائك الألومنيوم المعالجة حراريا:

Heat Treatable Aluminum Alloys

- هذه السبائك يتم تسخينها لدرجة حرارة التخمير ثم تبرد فجائيا Quenching ثم تسخن مرة لخرى في المياه لو الزيت Tempering وهذا يؤثر في إعادة توزيع جزئيات السبائك وتجانسها، ونظرا لتأثيرها الشديد بالنسبة لخواصها الميكانيكية مثل المتانة والممطولية ومقاومة فتآكل، فإن ذلك أدى إلى عدم استخدام هذه السبائك بشكل واسع لأنها في أماكن اللحام تقل مقاومتها للتآكل والصدأ.
- إن الألومنيوم النقي له مقاومة جيدة ضد التآكل وذلك نتيجة تكوين طبقة حماية من الأكسيد.
- يتم تصنيف سبائك الألومنيوم إلى نوعين: (سبائك الألومنيوم المعالج حراريا وسباتك الألومنيوم الغير معالج حراريا) وكلاهما معتمدين من هيئات الأشراف والتصنيف لاستخدامهم في بناء السفن.
- من أهم خواص الألومنيوم هو معامل المرونة Modulus of Elasticity والذي تكون قيمته حوالي ٦٠٩٨ ميجانيوتن/سم٢ والذي يعتبر حوالي ثلث معامل المرونة للصلب، وعندما يكون معامل المرونة للألومنيوم منخفض فذلك ينتج عنه التخلص من الإجهادات في الإنشاء العلوي للسفينة.
- تقع سبائك الألومنيوم أسفل الصلب في السلسلة الكهروكيميائية وبذلك تكون سالبة بالنسبة الصلب وتتأكل لولا، وإن فرق الجهد بين سباتك الألومنيوم والصلب يكون كبير ولذلك يجب مراعاة الاحتياطات الخاصة في حالة توصيل المعدنين ببعضهم ولذلك فإنه يتم طلاء المعدلين بمعجون من أكسيد الزنك (Zinc Oxide Paste)، وهذا المعجون يعتبر كوسط فاصل مناسب جدا.

❖ التآكل في سباتك الألومنيوم: Corrosion of Aluminum Alloys

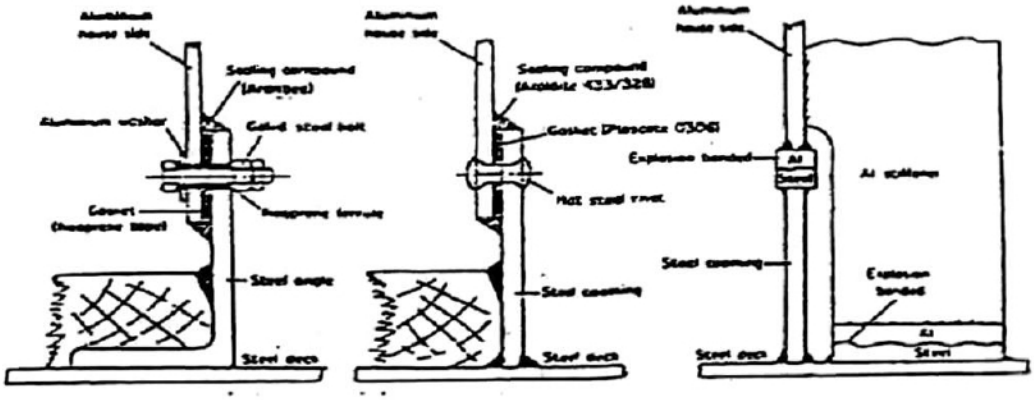
عادة لا يتعرض الألومنيوم أو سبائكه لمشكلة الصدأ، وذلك إذا استخدم منفردا ولكن المشكلة تظهر عندما تتصل سباتك الألومنيوم بمعدن آخر، فإن ذلك سوف يؤدي إلى حدوث تأكل بمحل كبير لسبائك الألومنيوم وذلك عندما يكون المعدن الآخر المتلاصق أكثر نبلا من الألومنيوم (أي يسبقه في السلسلة الكهروكيميائية).

- على سبيل المثال: إذا كان صهريج مصنوع من سبائك الألومنيوم وتمر خلاله مواسير من معن آخر مثل الحديد أو الصلب.
- فسوف نجد ان معدل التآكل في هذه المواد المختلفة والتي تمر خلال سبائك الألومنيوم

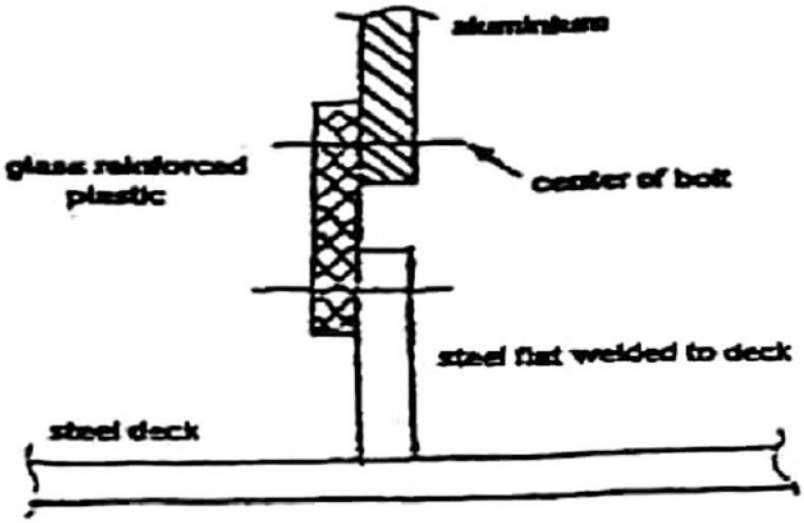
بوسائل عزل خاصة لمنع حدوث الالتصاق المباشر بينهما، ومن أمثلة هذه العوازل الشريط اللازق أو الطلاء العازل.

اتصال الألومنيوم بالحديد :

- تأخر موقع الألومنيوم عن الصلب في السلسلة الكهروكيمياقية، نجد أنه يحدث تأكل لألواح الالومنيوم إذا التصقت مباشرة بألواح الحديد ولمنع حدوث ذلك يتم تجهيز الوصلة بين الألومنيوم والحديد بشكل مناسب يمنع الاتصال المباشر بينهما.
- باستخدام شريط لاصق من مادة مخصوصة تعمل على وجود طبقة عازلة مناسبة للمعدنين.
- استخدام طريقة البرشام وعزل اللوحين بواسطة جوانات من مواد عازلة.
- عن طريق استخدام مسمار صلب مجلفن مع عزل فتحة المسمار في منطقة الألومنيوم بواسطة بودرة الألومنيوم .
- باستخدام مادة عازلة وسيطة مثل الصوف الزجاجي بين اللوحين.



Aluminium to steel connection



❖ سبائك النحاس والنيكل : Copper-Nickel Allovs

المواد التي تستخدم في إنشاء بدن السفينة هي سباتك الصلب المغطى بسبائك النحاس والنيكل وهذه السبائك تستخدم لألواح الصلب ذات تخانة حوالي (٤-٥ ملم) وتغطى بسبيكة من النحاس والنيكل حتى تصبح التخانه حوالي (١٠ ملم)، وتستخدم في بناء اللنشات واليخوت الصغيرة ولكن يقف ارتفاع تكلفة هذه السبائك في بناء السفن الكبيرة، ولكن تستخدم هذه السبائك في اللنشات واليخوت لما لها من مزايا خاصة مثل قوة مقاومتها لتكون الشف على الأسطح الملاصقة للمياه وبذلك يقلل من تكلفة النظافة والدهانات وفترات دخول الحوض، مما يؤدي إلى لقص استهلاك الوقود وتجنب أي نقص في السرعة وعدم زيادة المقاومة نتيجة لتكون الحشف.

اختبارات المواد : TESTING OF MATERIALS

يستخدم اختبار المعادن للتأكد من متانتها وممطوليتها وجسائتها للتعرف ما إذا كانت مناسبة للاستخدام أو تحتاج للتحسين من خصائصها .
مقارنة بين متانة المعادن المختلفة فيجب التعرف على معنى الإجهادات والانفعالات التي تعرض لها المعادن.

الإجهاد : STRESS

قياس للقوي الداخلية لكل وحدة مساحة والذي يعتبر الحمل الواقع علي المادة لوحدة المساحة عن طريق قسمة الحمل المؤثر على المادة على مساحة مقطع المادة.
على سبيل المثال، إذا تعرض قضيب من المعدن إلى قوة شد مقدارها (Kg "F) ومساح لمع القضيب (Amin2)، فإن لجهاد الشد المؤثر على القضيب يساوى (Kg/mun = F/A) G = F/A = Nimm2.

الانفعال: STRAIN

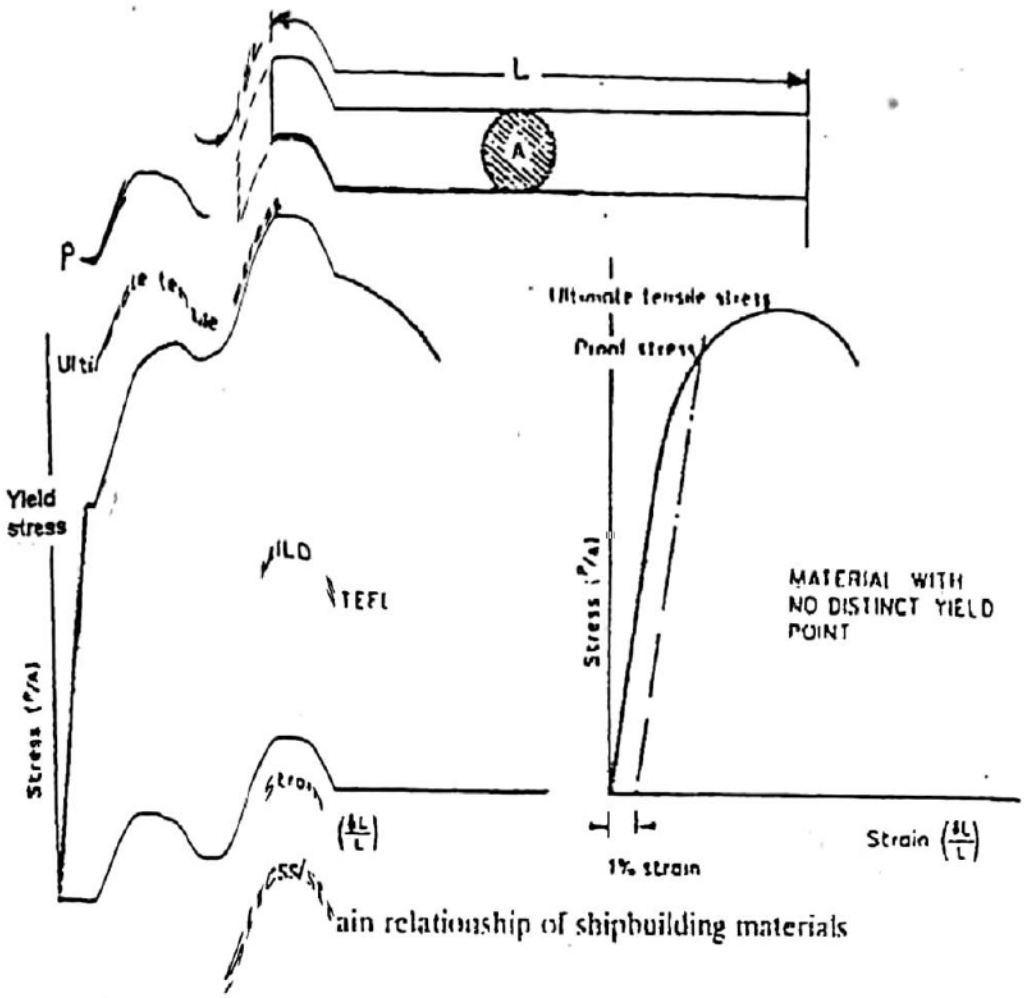
وصف الانفعال بأنه التشوه الذي يحدث للمادة، والذي يكون نتيجة تأثير قوي خارجية أو داخلية شوه يمكن أن يأخذ أشكال مختلفة مثل تغيرات في الطول (استطالة أو انكماش) على سبيل المثال، إذا تعرض قضيب إلى قوة شد وكان الطول الأصلي للقضيب (L) فسوف ع عن قوة الشد المؤثرة على القضيب استطالة أو امتداد لهذا القضيب بمقدار (L 6) ولذلك فإن، الذي يتعرض له القضيب يمكن إيجاده بأنه الاستطالة لكل وحدة طول.

المعادلة تبين قيمة الانفعال (Strain)

Strain = SL = الاستطالة

الطول الاصلي L

الشكل (١ - ٢) نجد أن الحمل الذي يتعرض له القضيب يزيد. بانتظام الاستطالة الناتجة عن تعرض القضيب لذلك الحمل سوف تريد بانتظام حتى تصل حمل معين وبذلك يتضح لنا أن الحمل يتناسب طرديا مع الاستطالة وأيضا أن العلاقة بين الاجهاد والانفعال علاقة طردية.



ain relationship of shipbuilding materials

- ربما أن مساحة المقطع والطـــول الأصلي للقضيب ثابتين، فإن لمعان المعادن تكون العلاقة طردية حتى تصل إلى ما يسمى بحد المرونة (Elastic Limit) ، فإن المعدن يكون مرن حتى هذه النقطة.

وعلى سبيل المثال فإن القضيب سوف يرجع إلى طوله الأصلي إذا تم إزالة الحمل قبل وصول المعدن إلى حد المرونة (Elastic Limit) .

- إذا وضعنا قضيب من الصلب الطـــري في جهاز الاختبار وبدأنا بتسجيل مقدار الاستطالة بانتظام مع زيادة الأحمال ومن هذه القراءات تم رسم منحنى بين الحمل والاستطالة أو بين الإجهاد والانفعال كما هو موضح بالشكل (١-٢) ومن الرسم نجد أن بداية المنحني خط مستقيم وذلك نظرا للعلاقة الطردية بين الإجهاد والانفعال وحتى يصل إلى حد المرونة (Elastic Limit).

- وبما أن العلاقة بين الإجهاد والانفعال علاقة طربيـــة أي بمعنى كلمـــا زاد الإجهـــاد زاد الانفعال، فإن الإجهاد يكون ثابتا وهو في الحقيقة عبارة عن مقدار الميل للخط المستقيم ويتم ايجاد هذا الثابت عن طريق أن:

الثابت = الإجهاد / الانفعال = stress / strain = constant

يطلق علبة معامل يا نج (Young's Modulus) للمعدن ويعرف بالرمز (E) معامل يانج بالنسبة للصلب الطري حوالي ٢١١٥٠ كجم / مم٢ أو ١٢.١ طن / مم٢ . بين الاجهاد للخضوع للمعدن يقع عند نقطة الخضوع، وعند هذه النقطة لا يسلك المعدن المرن في لا يرجع إلى وضعه الأصلي مرة أخرى، وإن أقصى إجهاد شد Ultimate Tense) هو عبارة عن أقصى حمل يتعرض له المعدن مقسوما على القطع الأصلية للمعدن.

توصيل المعدن الي نقطة الخضوع فإنه يسلك سلوك للدونة (Plasticity) وهذا يعني أن سوف يتشوه ولكن بمعدل كبير عندما يزيد إجهاد الخضوع وأيضا سوف لا يرجع إلى زوال الحمل ويحدث تشوه في المعدن تماما.

- يوجد بعض المعادن ليس لها نقطة خضوع محددة، على سبيل المثال، فإن المنحنى بين الإجهاد والانفعال للألومنيوم يبدأ بخط مستقيم وبعد ذلك يكون على شكل منحنى بدون أي تشوه حاد في المنحنى يحدد خضوع الألومنيوم وبذلك يكون شكل منحنى الألومنيوم مختلف عن شكل منحنى الصلب الطري.
- الإجهاد المبرهن (Proof Stress) يستخدم المواد التي ليس لها نقطة خضوع محدده: . وللمقارنة بين هذه المعادن يتم رسم خط موازي للخط الذي يمثل العلاقة بين الحمل والاستطالة وعلى بعد ٠,٢ % من طول العينة من نقطة الأصل وهذا الخط يقطع لمنحنى في نقطة تحدد ما يسمى ٠,٢% من الإجهاد المبرهن بمعنى أنه الإجهاد الذي يعطي أثر دائم (Permanent set) يعادل ٠,٢ % من طول العينة.
- -لذلك يجب تصميم السفينة لكي تتحمل الاجهادات الواقعة عليها والتي تكون في حدود المرونة وتكون أقل من أقصى إجهاد شد مسموح به حتى تكون في حدود معامل الأمانFactor of (safety).

أسئلة الباب الأول

١- أ- اذكر أنواع الصلب المستخدمة في بناء بدن السفينة ومميزات وعيوب كل نوع منهم و الأماكن التي يشاع استخدام كل نوع فيها .

ب- ما هي العناصر الإنشائية التي تتحمل إجهادات الدرفلة العرضية.

٢- أ- ميز بين الصلب ذو قوة الشد العالية والصلب ذو درجات الحرارة المنخفضة من حيث.

- قدرة الشد Tensile Strength - صلابة الخدش Notch Toughness

- الاستطالة Elongation - إجهاد الخضوع Yeild Stress

ب- حدد المجال الذي يستخدم فيه كل نوع من هذا الصاب عند بناء السفن.

٣- أ- ناقش مميزات وعيوب استخدام الألومنيوم في بناء السفن .

ب- نتيجة للاستخدام الواسع للحام في بناء السفن فقد أعطى اهتمام بالغ للاختيار الصحيح لمواد البناء والتصميم الإنشائي لمنع احتمال حدوث شرخ قصيف Brittle Facture أشرح هذه العبارة بالتفصيل .

٤- أشرح ما المقصود بالشروخ الهشة (Brittle Fracture) ثم ناقش العوامل المؤثرة على إمكانية حدوثها.

الباب الثاني Chapter L

اللحام WELDING

اللحام عبارة عن عملية اتصال جزئيين من المعدن مع بعضهما حتى يكونا جز ١٠ واحدا متكاملا.

هناك نوعان أساسيان من اللحام هما:

١- اللحام بالضغط: Pressure Welding

وهو عبارة عن عملية تسخين لأطراف الوصلات المراد لحامهما إلي درجة حرارة اللحام ويتم تكوين الوصلة بواسطة قوة الضغط بينهما وتجري هذه العملية بتسخين المعدن في درجة حرارة الإصرار و الليونة وهي تصل الي ١٣٠٠ درجه مئوية.

٢- اللحام بالانصهار: Fusion Welding

يتم تسخين طرفي اللحام إلي درجة حرارة أعلي قليلا من درجة الانصهار Melting Point ويتم لحامهم ببعضهم بواسطة سلك اللحام ويكون من نفس مادة الجزء الملحوم أو من مادة متجانسة مع المادة الملحومة وتسمي بالمعدن المالي Filler Metal.

- والمصدر الحراري لانصهار المعدن وأطراف اللحام يتم عن طريق لمبة اللحام أو عن طريق القوس الكهربي.

مزايا استخدام التحام:

١- أدي استخدام اللحام إلي حدوث ثورة تكنولوجية في عالم بناء السفن.

٢- سهولة التشغيل وعدم الاحتياج في عمال ذو مهارة عالية مثل البرشام.

٣- بواسطة اللحام أمكن الحصول علي وصلات مانعة لنفاذ المياه والزيوت بسهوله عن استخدام البرشام.

٤- باستخدام اللحام أمكن التوفير في وزن البدن بحوالي ثلث الوزن من الصلب مما أدي إلي زيادة الحمولة الميتة Dead Weight السفن للسفن الغاطس ونفس الإزاحة.

٥- سهولة عمليات الصيانة والإصلاح السفن المبنية باللحام.

٦- استخدام اللحام أدي إلي نقص في التكلفة الابتدائية للسفن المبنية باللحام.

٧- استخدام اللحام أمكن الحصول علي أسطح أكثر نعومة منها في حالة البرشام مما أدي إلي نقص مقاومة الاحتكاك مما أدي إلي زيادة سرعات السفن المصنعة باللحام عنها بالبرشام لنفس القدرة وبالتالي نقص القدرة لنفس السرعة المطلوبة ونقص استهلاك الوقود.

استخدام اللحام:

١- صعوبة اكتشاف أي عيب في وصلات اللحام.

٢- طرق اكتشاف واختبار الشروخ والتأكد من سلامة اللحام تكون مرتفعة الثمن.

٣- تؤدي عمليات اللحام إلى وجود إجهادات كامنة داخل الوصلات وذلك نتيجة عمليات التمدد والانكماش أثناء عمليات اللحام والتي لا تظهر عند عمل اختبارات اللحام ولكنها تظهر بعد فترة من الاستخدام.

٤- عدم إزالة لخبث جيدا ينتج عنه تداخل تلك الخبث مع مواد اللحام مما يؤدي إلي ضعف قوة تحمل هذه الوصلات ويسبب شروخها.

٥- عدم اختبار أقطاب اللحام المناسبة تؤدي إلي احتراق حواف ونهايات الوصلات أو عدم تغلغل مادة اللحام في الوصلات.

٦- وجود بخبخه أو فقاعات الهواء يضعف وصلات اللحام إلا أن التقدم في تكنولوجيا اللحام من معدات وخلافه بالإضافة إلي مهارة العامل يمكن التغلب علي معظم هذه المشاكل.

- **يوجد نوعان من اللحام بالانصهار:**

اللحام بالغاز (اللحام الأوكسي أستيلين) : GAS WELDING PROCESS

هذا النوع من اللحام يعتمد على اللهب الناتج من اشتعال غازي الأوكسيجين والأسيتيلين ذلك باتحادهما معا وتصل درجة حرارة اللهب إلى (٣٥٠٠° م) وهذه الدرجة تكون كافية لانصهار الوصلات المراد لحامها.

لهب الناتج يعتمد على نسبة اختلاط غازي الأوكسجين و الأستيلين وهذا يؤثر على كفاءة و كلية استخدام اللحام في الوصلات المختلفة.

أ- اللهب المؤكسد : Oxidizing Flame :

ويكون فيه نسبة الأوكسجين أكبر من الأسيتلين وذلك للحصول علي لهب مؤكسد، ومثل هذا اللهب مناسبا لأنواع معينة من المواد ذات التوصيل الحراري الجيد ومن أمثلة هذه المواد النحاس والفضة وسبائكهما ولكنه غير مناسب لاستخدامه في وصلات الصلب.

ب اللهب المتعادل: Neutral Flame

وفيه تتساوى نسبة الأوكسجين والأسيتلين وذلك للحصول علي ليب متعادل، وهذا اللهب مناسبا للحام وصلات الصلب بأنواعه المختلفة.

ج- اللهب الكربوني : Carburizing Flame

وتكون فيه نسبة الأستيلين أكبر من الأكسجين وذلك للحصول علي ليب كربوني، وهذا اللهب يتم استخدامه في ظروف خاصة وفيه يمكن الحصول علي جزيئات منفصلة داخل مصهور للحام وهذا بالتالي يؤدي إلى حدوث مشاكل رجيه لخواص ميتالورجيه لخواص الصلب الميكانيكية والفيزيائية.

اللحام بالغاز يستخدم فقط في عمليات الصيانة والإصلاح حيث أنه يتم بمعدل بطئ جدا (من ٣ - ٤ متر / ساعة) ولكنه يستخدم أساسا في عمليات قطع المعادن وسوف يتم شرحه فيما بعد صفحة(٥٤) وفي إنتاج بعض الأجزاء المصنعة مثل مواسير الهوايات ومواسير التكيف، ويستخدم في لحام بعض السبائك التي تحتوي علي النحاس والفضة ويستخدم في لحام الألواح التي لا تزيد تخاناتها عن ٦ مم.

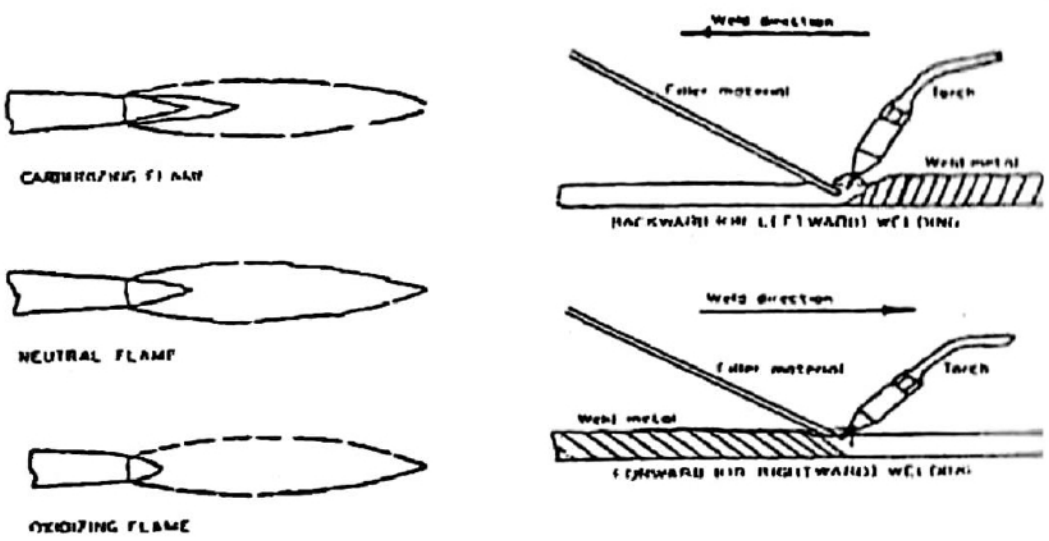
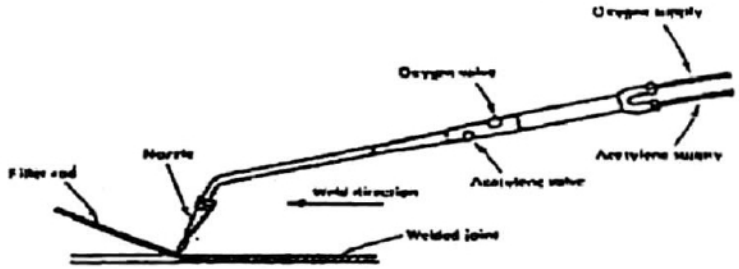


Figure 2.1 Gas welding



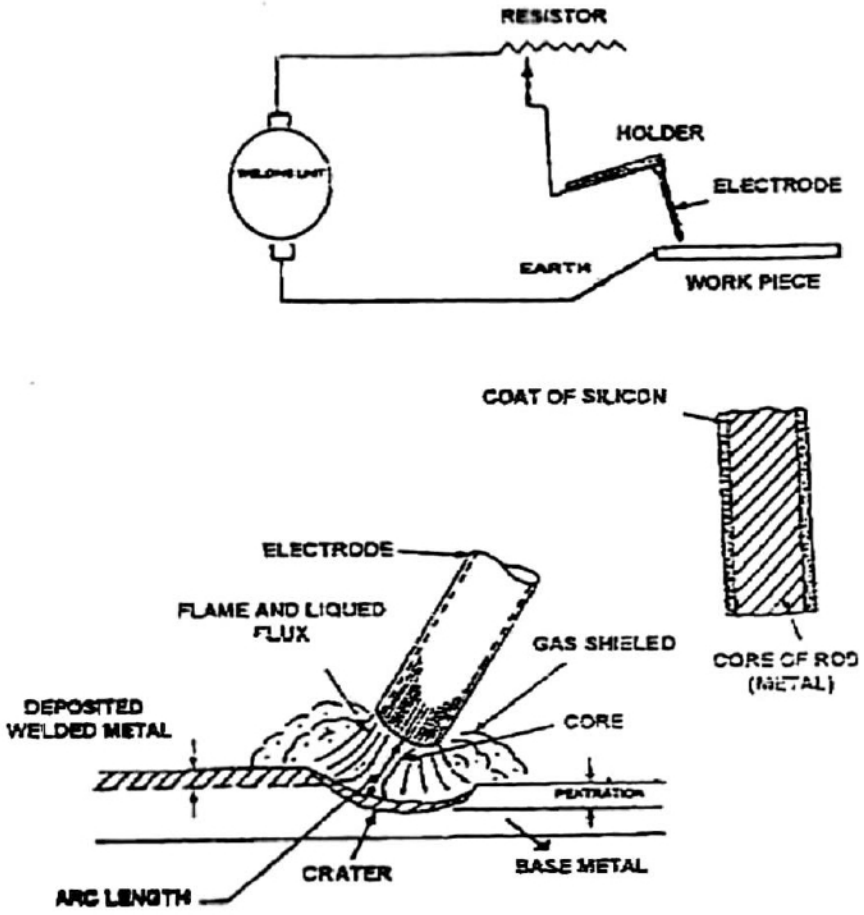
Gas welding with an oxyacetylene torch

شكل (2-1)

٢- لحام القوس الكهربي : Electric ARC Welding

هو عبارة عن استخداما دائرة كهربائية لتوليد الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار وصلات اللحام، ويكون أحد أطراف الدائرة الكهربائية هو سلك اللحام (Electrode) ويتصل الطرف الآخر من الدائرة بالوصلة المراد لحامها. وبتقريب الطرفين من بعضهما مسافة معينة يطلق عليها طول القوس (ARC Length) فيتوك القوس الكهربي وينتج عنه طاقة حرارية تؤدي إلي ارتفاع درجة الحرارة إلي حوالي (٤٠٠٠ م) وذلك نتيجة التيار الكهربي وفرق الجهد وحسب نوعية التيار الكهربي المستخدم سواء كان (AC..) أو(D.C.) ، وبارتفاع درجة حرارة الوصلات فسوف تنصير ومعها سلك اللحام وبالتالي سوف تختلط جزيئات المعدن مع جزيئات سلك اللحام لتكون قطعة واحدة وبذلك تتكون وصلة اللحام المطلوبة.

- لحماية عملية اللحام ومنعها من الأكسدة، نستخدم مادة واقية لسلك اللحام وهذه المادة مكونه من السليكون وتسمي الخبث (Slag) وهذه المادة تنصير بمعدل أقل من معدل انصهار المعدن نفسه، كما أن كثافة هذه المادة تكون أقل بحيث تطفو علي سطح وصلة اللحام. وبالتالي ستكون طبقة عازلة فوق سطح اللحام ويجب إزالة هذه الطبقة من الخبث بعد أن تبرد وصلة اللحام، كما توجد طريقة أخري لحماية وصلة اللحام من الأكسدة وذلك باستخدام عازل غازي(Gas Shield) مثل الغاز الخامل أثناء عملية اللحام.


RESISTOR
HOLDER
ELECTRODE
EARTH
WORK PIECE
COAT OF SILICON
ELECTRODE
FLAME AND LIQUED FLUX
GAS SHIELED
CORE OF ROD (METAL)
DEPOSITED WELDED METAL
CORE
PENTRATION
CRATER
BASE METAL
ARC LENGTH

شكل 2-2

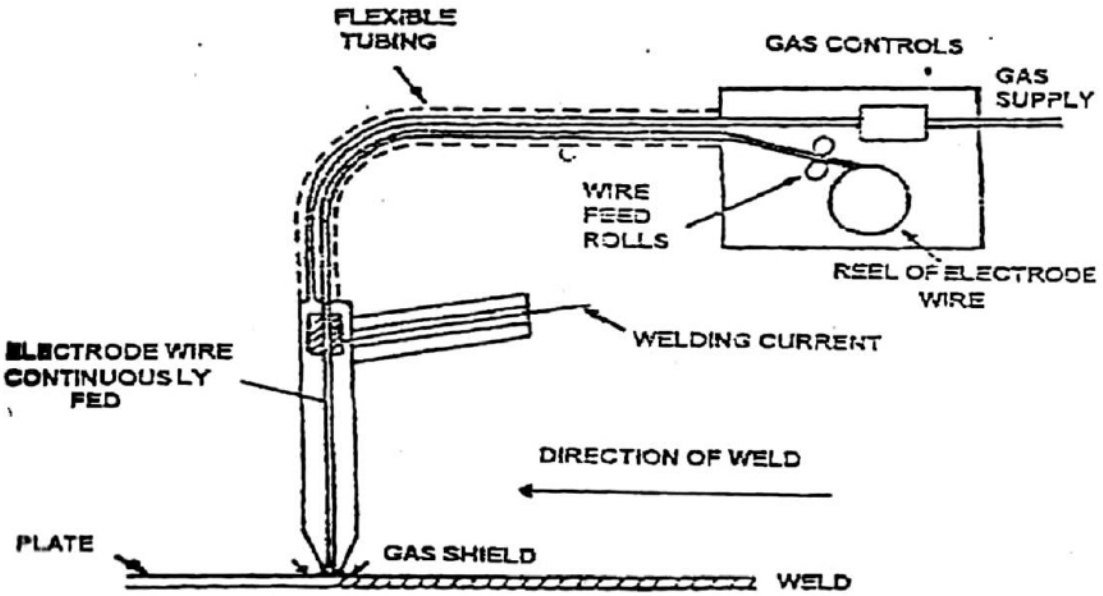


FIGURE (2-3) METAL INERT GAS PROCESS

شكل 2-3

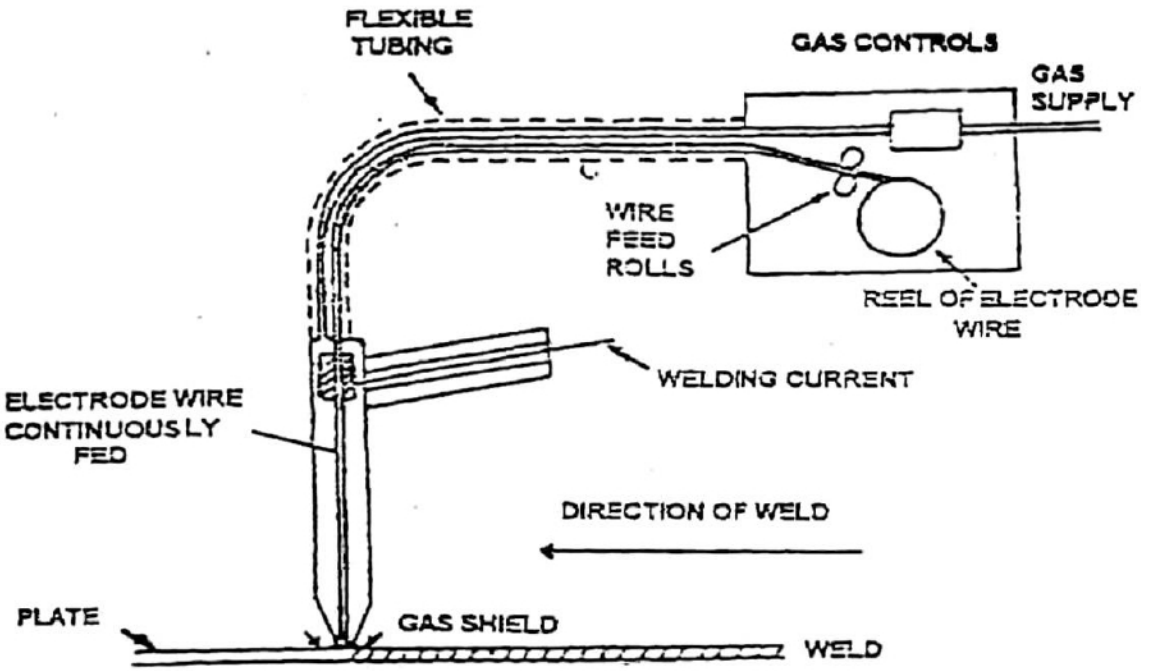
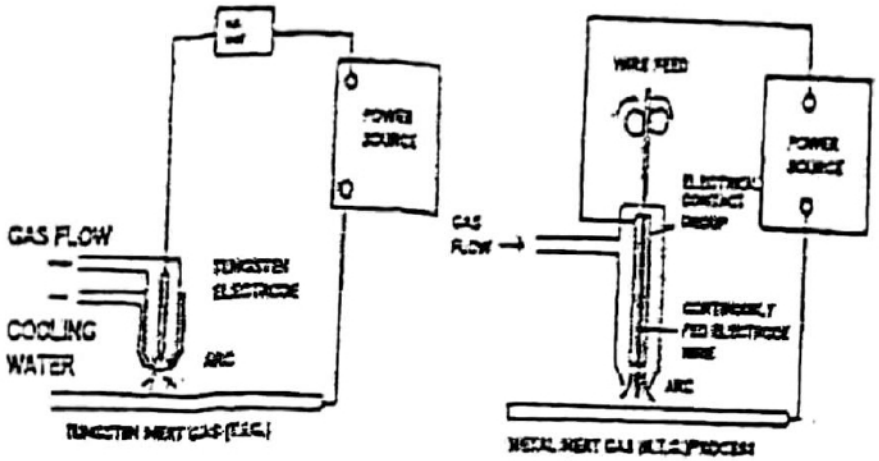


FIGURE (2-3) METAL INERT GAS PROCESS

شكل 2-3



METAL INERT GAS WELDING

شكل (4-2)

ماكينات اللحام

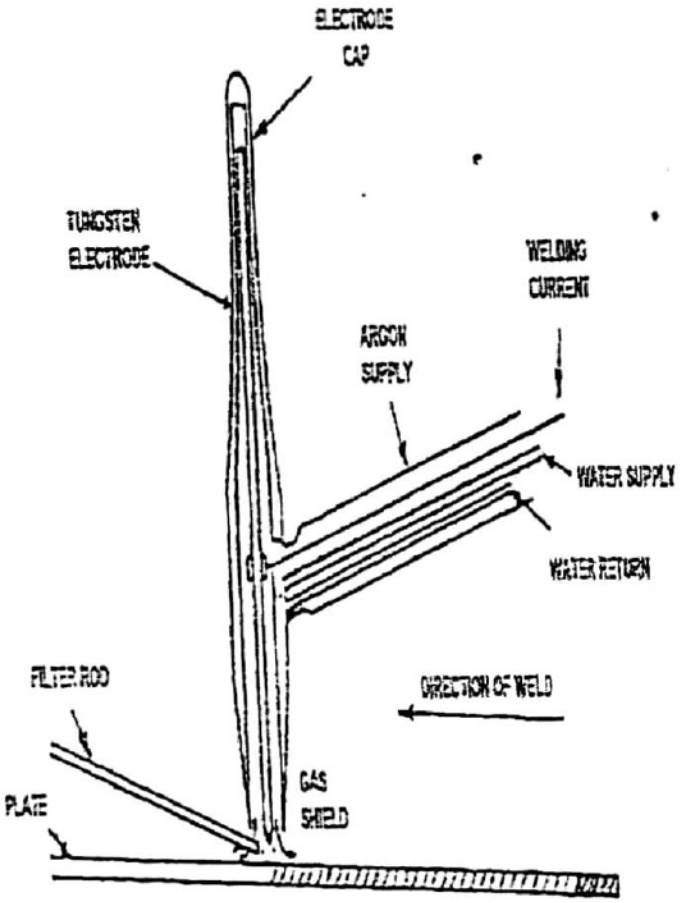
- الطريقة أسرع من الطريقة اليدوية ومعدل إنتاجها يقدر ٦٤ مرة ضعف طريقة الإنتاج لحام اليدوي.
- الأوتوماتيكية لسلك اللحام تؤدي إلي إنتاج وصلات لحام ذات كفاءة عالية من باتيس.
- وهو الذي ينتج بعد اللحام يكون بصورة أقل نظرا لضبط سرعة اللحام وانتظامها.
- استخداما هذا النوع من اللحام في أي تخانات ولكن يفضل استخدامه في لحام الوصلات، التختات البسيطة.
- ينتج لعمليات نظافة نقل وتلك لعدم وجود طبقة الخبث.
- استخدام هذا النوع من اللحام في أي وضع من أوضاع اللحام.
- ينتج إلى تدريب ومهارة بسيطة لعامل اللحام.

عيوب هذة الطريقة:

- سعر ماكينات اللحام.
- أثناء بدء عملية اللحام لضبط القوس الكهربي.
- المتأثرة حراريا باللحام Heat affected zone تكون كبيرة وتسبب إجهادات Residual stressed عالية قد تسبب حدوث الشروخ.
- عمال ذات تكنيك عالي مما يزيد من سعر العمالة في مثل هذا النوع من اللحام.

التنجستين Tunesten Inert Gas Welding (TIG) .

- اللحام يستخدم للألواح ذات التخانات الصغيرة، وقد ابتكرت هذه الطريقة للحام بة مثل الصلب الذي لا يصدأ وسباتك النيكل والكروم وكذلك سباتك الألومنيوم. طريقة يكون سلك اللحام من النوع الغير مستهلك ويتم تبريد هذا النوع عن طريق المياه العذبة.
- التنجستين الغير مستهلك (Non - Consumable) مع وصلة اللحام أطراف (القوس الكهربي) وتقوم الغازات الخاملة بتغطية منطقة اللحام لحماية المعدن التأكسد ويستخدم الغار المناسب لنوعية اللحام ومادته.
- المادة المالئة (Filler Metal) يدويا أو ميكانيكيا وتتميز هذه الطريقة بأنها يمكن وضع من أوضاع اللحام بحيث يكون مناسبا لتختات (٠,٦ مم).



TUNGSTEN INERT GAS PROCESS

شکل (5-2)

هذه الطريقة ارتفاع سـعر التنجسـتين ويحتاج إلي نظافة السـطح ونتيجة لكثرة معداتها ما قبله يصـعب نقل ماكينة اللحام في أماكن مختلفة (Non-Portable).

القوس الخبثي : ELECTRO SLAG WELDING

الطريقة تتولد فيها الحرارة من خلال مرور تيار كهربي خلال الخبث المنصهر والتغلب مقاومته كما هو موضح بالشكل (٢ - ٦).

هذه الطريقة لاتصـال الكمرات ذات الأبعاد لكبيره عن طريق غمر قضـيب اللحام ووصـلة الكمرتين وعند حدوث القوس الكهربي ينصـهر القضـيب وحافتي الكمرتين المتجانس، وذلك لان سلك اللحام يكون على شكل ضفيره فتقوم بالتجانس اثناء حدوثها.

حدوث أي تسبيل للمعدن المنصهر على جانبي الوصله عن طريق كتفين من النحاس بالماء.

الخبث في عملية اللحام:

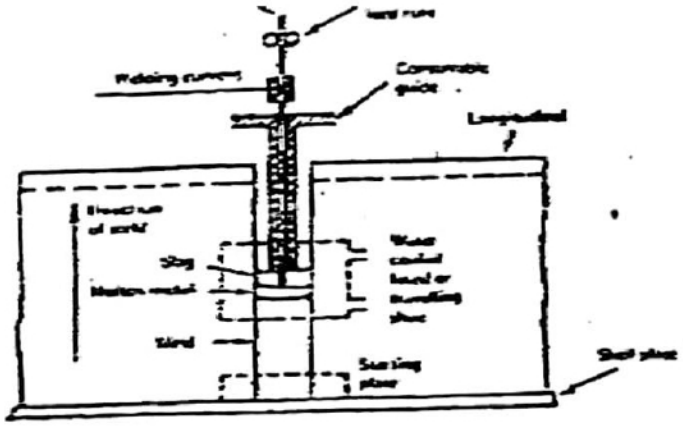
مصهور الخبث موصل جيد للكهرباء لذا يقوم بتوليد الحرارة اللازمة للحام من خلال مقاومته الكهربائية.

يقوم بعزل الحمام المعدني المنصهر من الهواء الجوي ويعمل على وقايته من الاكسدة.

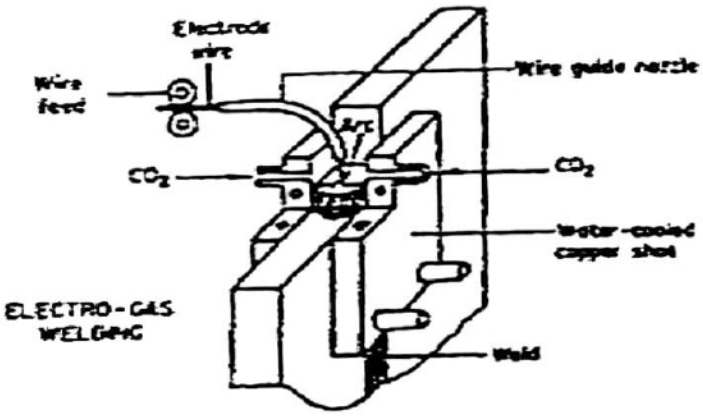
تفاعل بين مصهور الخبث ومصهور المعدن.

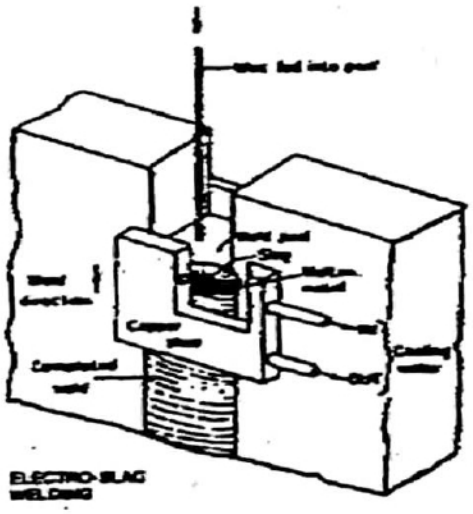
يمكن بهذه الطريقة لحام القطاعات السميكة التي يبلغ سمكها حوالي من (٥٠٠ ١ سم)

بداية اللحام بهذه الطريقة يجب سد قاع فجوة الوصلة بلوح مقعر السطح ثم يشتعل، الكهربي بين الإلكترود الموجود في الفجوة وسطح اللوح باللمس مع إضافة، الصهر وبمجرد ارتفاع درجة الحرارة يضاف كمية اضافية من مساعد الصهر من اللحام المنصهر.



Electroslag welding



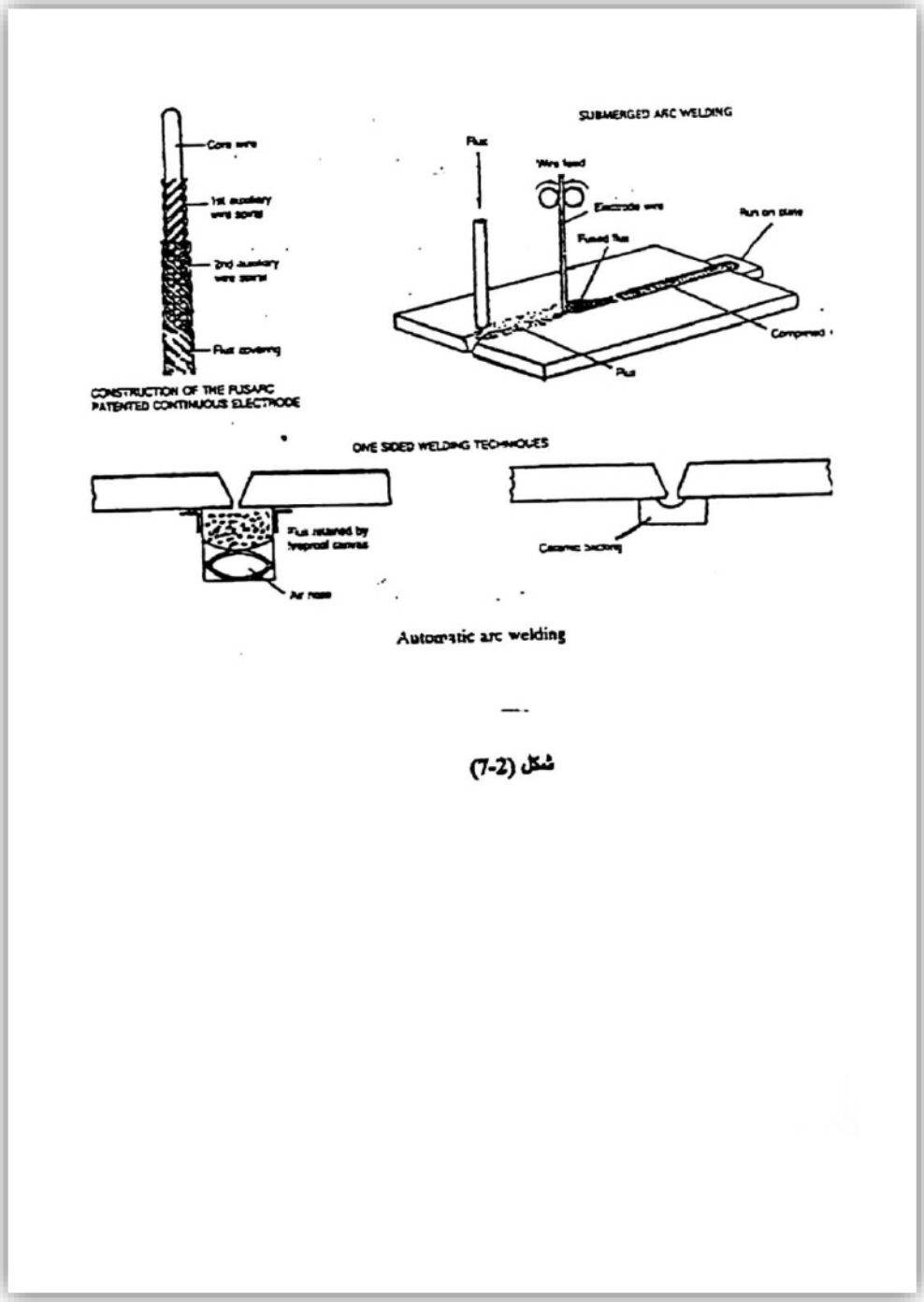


Electro-slag and Electro-gas welding

(6-7) شكل

اللحام بالقوس المغمور: SUBMERGED ARC WELDING

الطريقة تكون أوتوماتيكية، وفي هذا النوع من اللحام يستخدم وحدة مكونه من مقبض ام وماسورة لأمداد بودرة الخبث، وتتم حركة مقبض اللحام بسرعه منتظمة على لقه المراد لحامها وبضبط القوس الكهربي يحدث الانصهار لسلك اللحام مكونا مصهور وفي هذه الحالة القوس الكهربي والحمام المعدني يتم عزلهم عن الهواء الجوي ارهم في طبقه من بودرة الخبث وهي التي تقوم بتغطية المعدن المنصهر لعزله من ماده، وعادة ما يكون مثبت بمقبض اللحام ماسورة سحب لشفط الزائد من الخبث كما هو ح بالشكل (٢ – ٧). ومن مميزات هذه الطريقة أن الشعاع الناتج من القوس الكهربي غير مرئي.



Automatic arc welding

شكل (2-7)

- **العوامل التي تؤثر على كفاءة اللحام:**

١- سرعة تغذية سلك اللحام Wire feed speed وهي التي تتحكم في طول القوس الكهربي ARC length الذي يساوي تقريبا تخانة سلك اللحام.

٢- شدة التيار تتراوح بين (٢٠ – ٨٠٠) أمبير.

٣- فرق الجهد الناتج بين طرفي اللحام بين (١٥ – ٤٠) فولت AC (& ARC voltage- Open circuit) ومن (٥٠ – ١٠٠) فولت في (D.C) .

٤- سرعة اللحام Travel welding speed تناسب مع مقدار سرعة التغذية لتتناسب مع تخانة الوصلة.

٥- مناسبة سلك اللحام ومعدات اللحام لعملية اللحام.

٦- الترتيب المتبع لعملية اللحام Welding sequence.

٧- كفاءة ومهارة عامل اللحام وتدريبه.

٨- نوعية طبقة الحماية من الأكسدة Flux Coating.

٩- محل ملئ وتغنية وصلة اللحام بمادة سلك اللحام Filler Metal.

١٠- الإعداد وتجهيز حواف وصلة اللحام 11 .Edge Preparation.

١١- مناسبة قطر سلك اللحام لتخانة وصلة اللحام.

أوضاع اللحام المختلفة: Welding positions

١- لحام أرضي: Down hand: هذا الوضع من اللحام يعتبر من أقوي وأفضل وأسهل الأوضاع، ويستخدم هذا الوضع في لمراحل الأولية لأي إنشاء.

لحام راسي: Vertical weld :

٢- يتم هذا النوع من اللحام في الوضع الرأسي، ويتم من أسفل إلي أعلي ويسمي بخط اللحام رأسي (BUTT).

اللحام الافقي :HORIZONTAL WELD

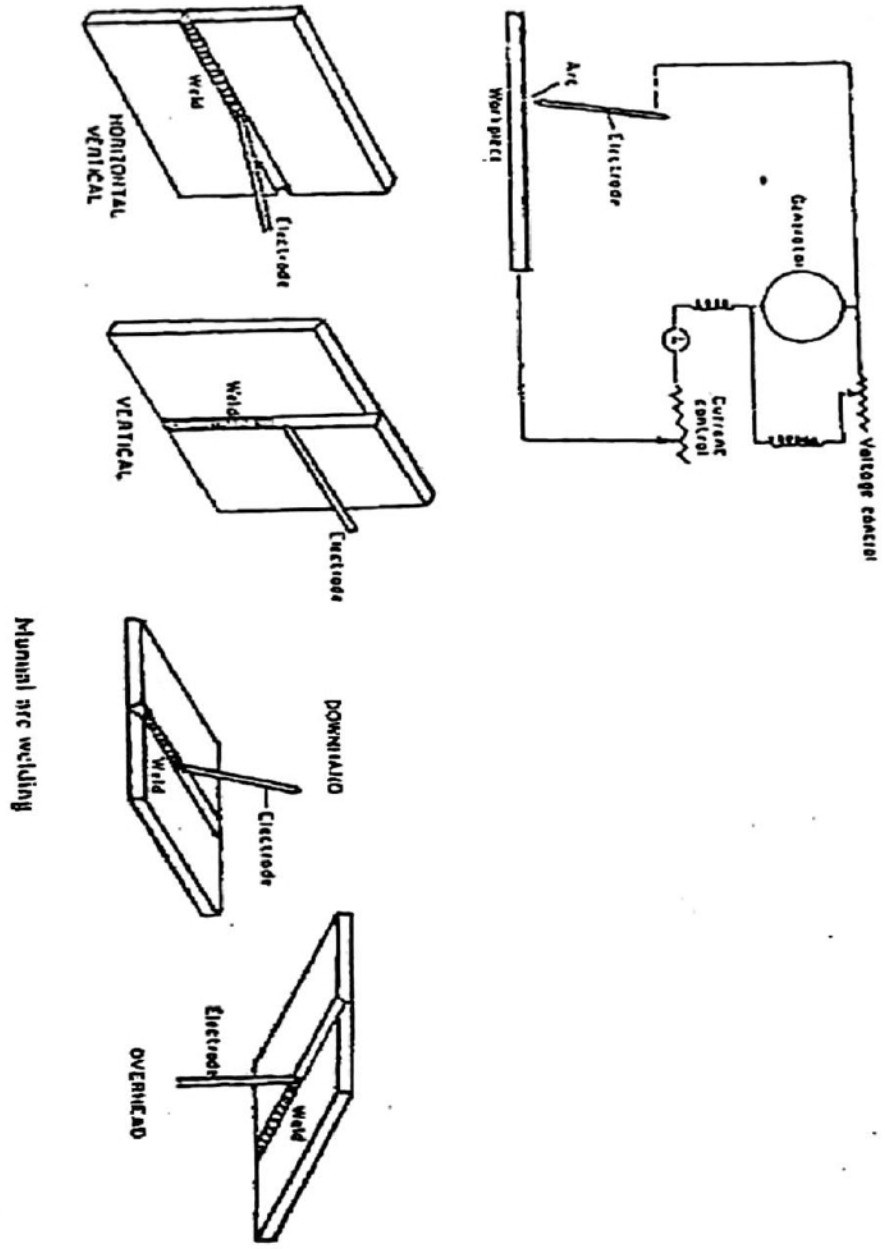
٣- ويتم هذا النوع من اللحام في الوضع الأفقي، ويستخدم في لحام الألواح الخارجية والجانبية ن السفينة ويسمي بخط اللحام الأفقي (SEAM).

لحام علوي: Overhead weld

٤- هذا الوضع من اللحام يعتبر من أصعب الأوضاع في اللحام، ويحتاج إلي مهارة عالية حيث تم في وضع غير مريح لعامل اللحام.

لحام مائل: Inclined weld

٥- هذا الوضع يتم في لحام الوصلات التي يتم تركيبها بطريقة مائلة ويكون فيها اللحام من إلي أعلي وعلى زاوية منفرجة لاتجاه اللحام.


Manual arc welding
HORIZONTAL
VERTICAL
VERTICAL
DOWNHAND
OVERHEAD
Weld
Electrode
Arc
Workpiece
Generator
Current control
Voltage control

شكل (2-8)

❖ أشكال و تجهيزات وصلات اللحام: Types of joints & edge preparation

١- **وصلة اللحام التناكبية: square butt joints**

الوصلات يمكن الحصول عليها بواسطة أي نوع من أنواع اللحام الذي يتناسب مع الأحمال تتعرض لها هذه الوصلة حسب تخاته هذه الوصلة وتأخذ الأشكال الآتية:-

أ- وصلة تناكبيه على شكل حرف (V) لتخانات من (١٦-١٨ ملم)

ب- وصلة تتاكبيه على شكل حرف (V) مزدوج لتخانات أكبر من (١٨ ملم)

ج- ج- وصلة تناكبيه على شكل حرف(U) لتخاتات أكبر من (١٨ ملم)

د- د- وصلة تنكيه على شكل حرف مستقيم مربعة لتخاته أقل من(٦ملم)

٢- **وصلة تراكيبه : Lan joints**

هذه الوصلات لا تستخدم إلا في الحالات الضرورية نظرا لأنها تتصل قوى الشد بمقدار كبير

ولكنها ضعيفة جدا بالنسبة لقوى القص.

٣- **وصلة الركن : Corner Joint**

لحام ركن مسطح Flush comer Joint ويستخدم في لحامات الألواح ذات التخانات الصغيرة.

لحام ركن مفتوح Full open corner joint ويستخدم هذا النوع من اللحام لجميع التخانات المختلفة للألواح.

٤- **وصلة لحام على شكل حرف T (T-Joints)**

- -على شكل (T) مربع (square T- joint) ويستخدم للألواح ذات التخانات الصغيرة
- -على شكل (V) (Single Bevel T-joint) ويستخدم للألواح ذات اللتخانات التي بين (١٠-١٦ ملم).
- -على شكل (V) مزدوج Double) (Bevel T-joint ويستخدم للأنواح ذات التخانات ملم فأكثر.
- -على شكل (J) (Single J T joint) ويستخدم هذا النوع لبعض الأنواع الخاصة **ذات تخانات معينة.**

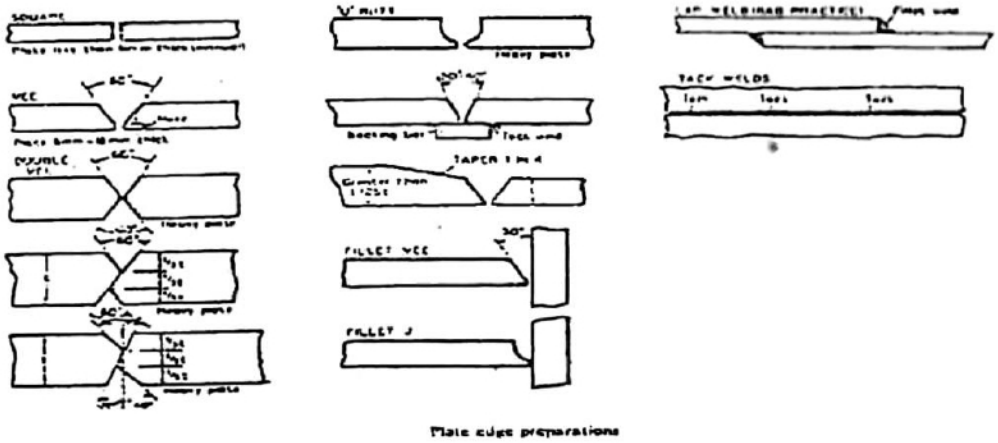
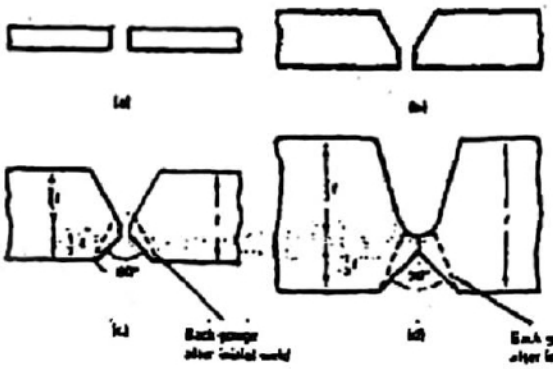


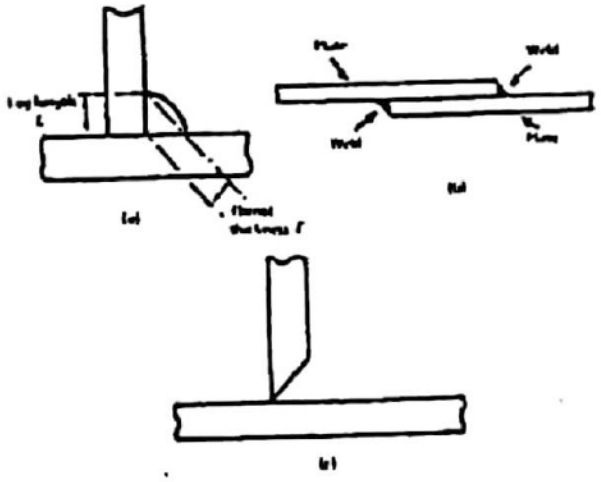
Plate edge preparations

شكل (2 – 9)



Butt weld preparations: (a) square butt joint; (b) single-V butt joint; (c) double-V butt joint; (d) double-U butt joint

شکل (2 – 10)



Fillet welds: (a) fillet weld; (b) lap weld; (c) fillet weld with full penetration preparation

شکل (2 – 11) .

أنواع اللحام : Types of fillet welding

١- اللحام المزدوج المستمر Double continuous fillet welds.

٢- اللحام المتقطع التبادلي Staggered intermittent fillet welds

٣- اللحام المتعاقب او المنتظم (سلسله) Chain intermittent fillet welds.

٤- اللحام المستمر مع وجود فتحات Scalloped section with continuous fillet

ترتيب اللحام : Welding sequence

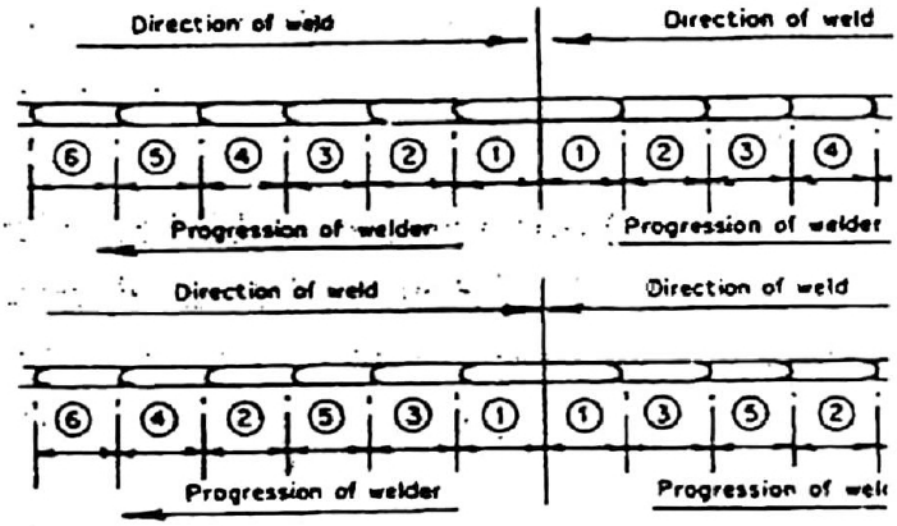
١. لحام الخطوة الخلفية Back step welding technique

٢. لحام التخطي Skip or wandering welding technique

عند البدء في عملية اللحام يجب أن تحدد الطريقة المناسبة لترتيب اللحام للوصلة المراد لحامها وذلك لتجنب حدوث أي عيوب أو تشوهات في الوصلة التي تم لحامها، وذلك بسبب عمليات التعدد والانكماش التي تصاحب وتعقب عملية اللحام. أما بالنسبة لخط اللحام الواحد فيمكن استخداما إحدى الطريقتين السابقتين، كذلك عند لحام الواح البدن فيه هناك قاعده تتبع وذلك

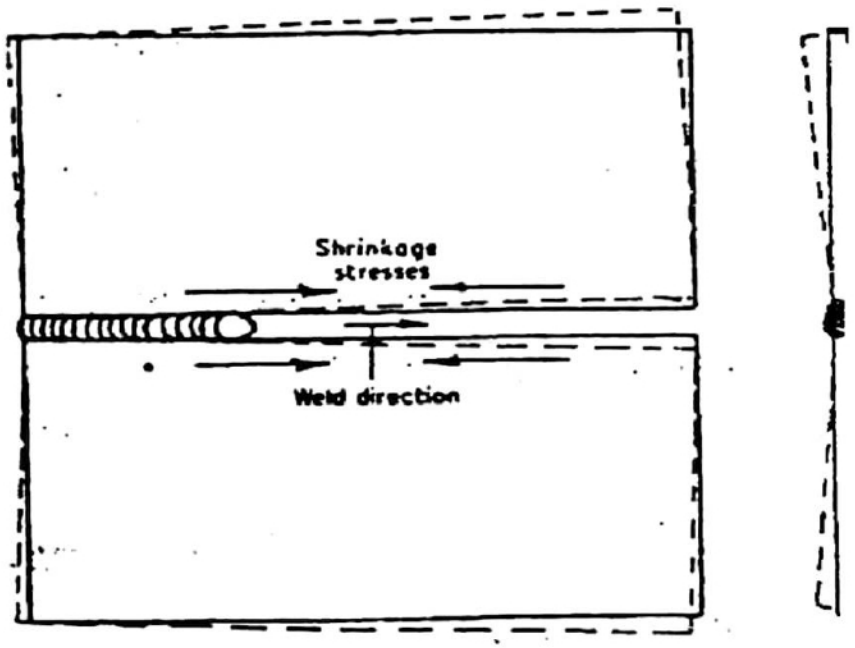
٣. يتم اللحام الرأسي أولا butt weld ثم يتم بعد ذلك اللحام الأفقي seam weld.

BACKSTEP METHOD OF WELDING



WANDERING METHOD OF WELDING

WELD DISTORTION



Backstep and wandering methods of wel

عيوب اللحام Welding Defects

عند عدم استعمال الطريقة الصحيحة وعدم مناسبة وصلات اللحام والمواد المالئة أو عدم تجهيز نهايات الوصلات، كل ذلك يؤدي إلي حدوث عيوب في اللحام وأخطاء في وصلات اللحام ومن أمثلة هذه العيوب:

- **عيوب سطحية يتم اكتشافها بالنظر : Visual Inspection:**

١- مجاري جانبية في اللحام: Undercut

ينتج هذا العيب نتيجة لزيادة التيار الكهربي المستخدم في اللحام أو نقص في سرعة اللحام او زيادة فرق الجهد أو بطء في تغذية قضيب اللحام.

٢- تغفل غير كامل: Insufficient penetration

ينتج هذا العيب نتيجة استخدام سلك لحام ذو قطر غير مناسب لوصلة اللحام (قطـــر الســـلك أكبر من المطلوب) أو سرعة معدل التغذيه أو سرعة اللحام غير مناسبه أي سريعة.

٣- تغلغل زائد: Excess penetration

وهذا العيب نتيجة لبطيء معدل تغذية اللحام أي أن سرعة اللحام غير مناسبة مما يؤدي إلى حدوث تسبيل في اللحام.

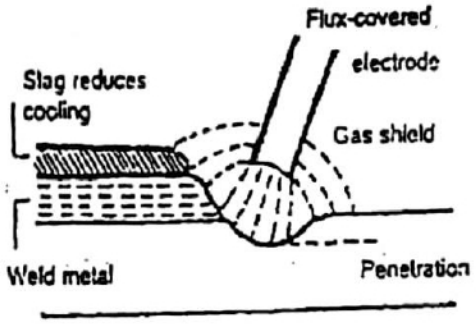
٤- تقعر كبير للسطح: Excessive concave cap

وهذا العيب نتيجة عدم انتظام مقاطع وصلات اللحام أو أن تخلية سلك اللحام بقطر أكبر من اللازم أو شدة التبار غير مناسبه.

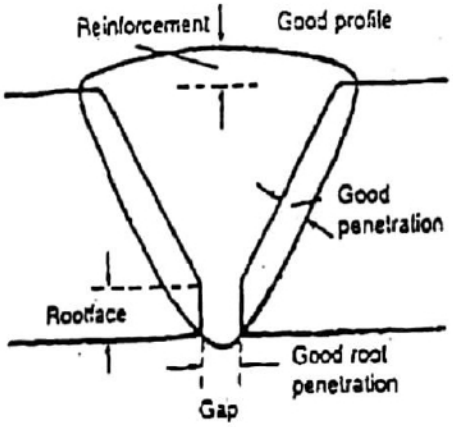
٥- البخبخه: Spattering:

وهذا العيب نتيجة استخدام شدة تيار عالية أي غير مناسبة لقطر سلك اللحام (أي أن التيار يكون بمعدل عالي).

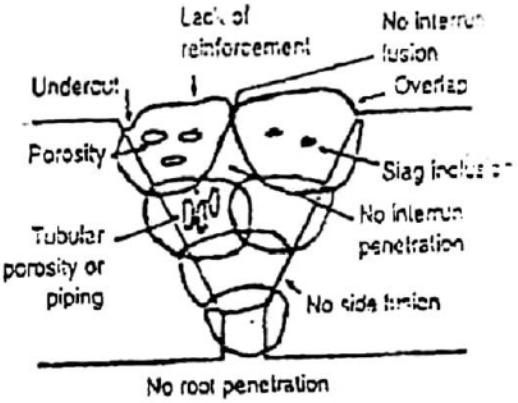
ELECTRIC ARC WELDING



Good weld



Faults



شكل (2- 12)

٦- مسامية السطح : Surface Porosity

وهذا النوع يكون نتيجة وجود مسامات أو فتحات صغيرة وهي عبارة عن فقاعات غازية صغيرة (جيوب) وقد تأخذ هذه الفجوات أشكال طويلة وتسمي في هذه الحالة أنابيب فراغية Pipes أو أشكال كروية.

٧- 7- تحدب زائد: Excess cap

وذلك نتيجة عدم انتظام مقاطع الوصلات وتراكم خطوط اللحام فوق بعضها.

- عيوب سطحية يتم اكتشافها بواسطة اختبارات الصبغة المتغلغلة Dye penetrant او بواسطة الحبيبات المغنطة (برادة الحديد) Magnetic particle أو باستخدام الحواس النظر- السمع – اللمس.
- عيوب داخلية يتم اكتشافها عن طريق الموجات فوق الصوتية Ulma-sonic waves او التصوير الراديوجرافي (X - Rays، o - Rays) وبواسطة هذه الموجات يمكن اكتشاف العيوب التالية:

١- عدم الانصهار المنتظم لوصلات اللحام Lack of fusion.

٢- عدم انتظام خطوط اللحام المتابعة وعدم التخلص من الخبث بين خطوط اللحام.

Inclusions between weld passes not cleaned out

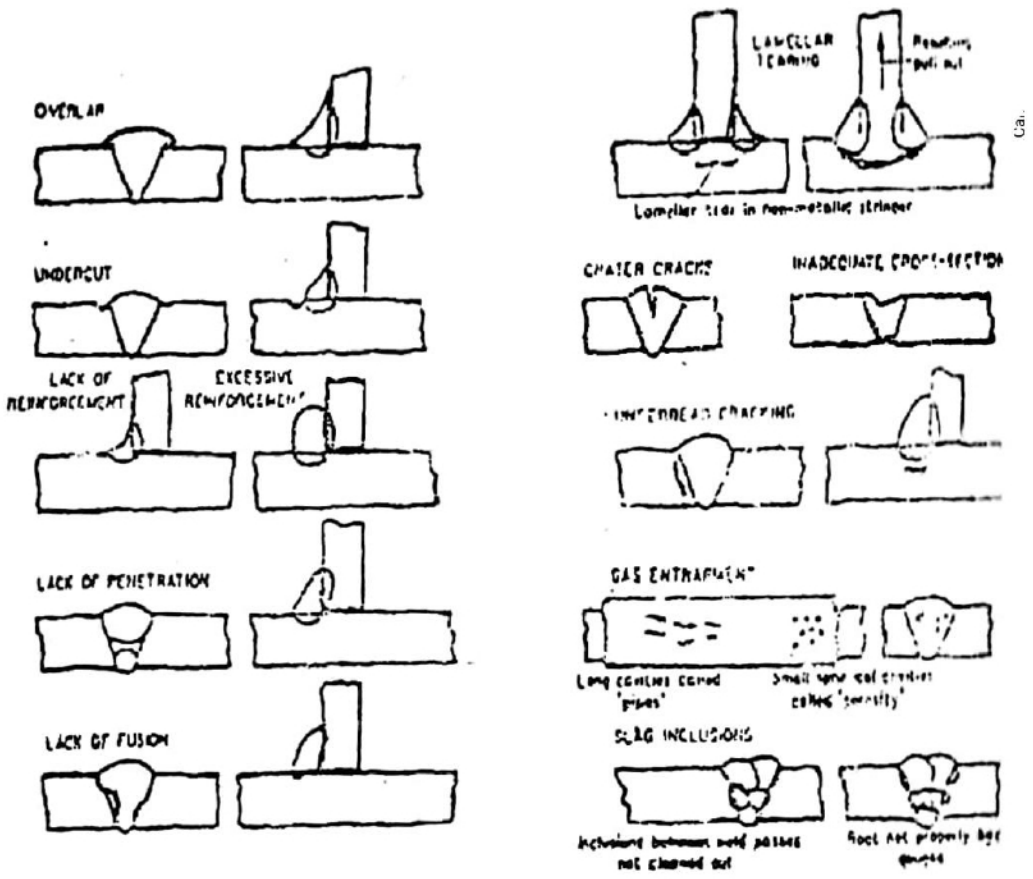
٣- عدم اللحام الجيد لجذر اللحام ووجود الخبث فيها.

.Root weld not properly been gauged

٤- الشروخ الداخلية تحت خطوط اللحام.

Under bed cracking

- ومن أهم عيوب اللحام هو تشوه وصلات اللحام الذي يحدث نتيجة لاختلاف الإجهادات الحرارية المؤثرة على الوصلات ونتيجة لعدم انتظام التوزيع الحراري وما يصاحب ذلك من وجود إجهادات حرارية متبقية داخل الوصلات Residual stresses.


OVERLAP
UNDERCUT
LACK OF REINFORCEMENT
EXCESSIVE REINFORCEMENT
LACK OF PENETRATION
LACK OF FUSION
LAMELLAR TEARING
CRATER CRACKS
GAS ENTRAPMENT
SLAG INCLUSIONS

شكل (2- 13)

أسئلة الباب الثاني

١- ناقش مع الرسم الطرق الآتية من طرق اللحام:

- اللحام باستخدام المعدن والغاز الخامل
- اللحام باستخدام القوس الخبئي

وضح إجابتك بالتفصيل عن كيفية استخدام كل طريقه في الترسانة

٢- أ- ارسم دائرة اللحام اليدوي الكهربي . وضع على الرسم العناصر الأساسية التي تتكون منها هذه الدائرة

ب- اذكر أنواع طرق الكشف على عيوب اللحام المستخدمة، واشرح باختصار كل منها.

٣- أ- أرسم وأوصف أنواع اللحام الآتية مبينا بوضوح تجهيز الالواح

- لحام تناكبي (Butt Welding)
- لحام التراكبي (Lap Welding)
- اللحام الزاوية (fillet welds)

ب- ناقش باختصار عيوب اللحام السطحية

٤- أ- ارسم دارة اللحام اليدوي الكهربي، وضع على الرسم العناصر الأساسية التي تتكون منها هذه الدائرة.

ب- علق على خصائص طرق اللحام اليدوي و الشبه في اللحام الآلي وضع إجابتك في صورة جدول.

٥- اوصف الطرق المتبعة لتقليل التشوه وإزالة الإجهادات في الأجزاء التالية الموصلة باللحام في السفن.

٦- أعط تفصيلا للاحتياطات المتخذة في صناعة بناء السفن الحديثة لمقاومة التشققات التي تنشأ في الانشاءات الملحومة.

الباب الثالث -٣- CHAPTER

الواح السفينة Shell plating

يتم حساب تخانة ألواح للسفينة طبقا للإجهادات المؤثرة عليها وموقع كل لوح في السفينة ويتم ذلك من كتاب المواصفات الخاص بكل هيئة من هيئات الأشراف والتصنيف الدولية وسوف نستعرض جوانب السفينة وقاعها وسطحها المعنوي.

ألواح القاع Bottom Plating

إن أكبر سمك للأفراح يكون لألواح الارينة keel plates لان هذه الألواح تصعب صيانتها عند دخول السفينة الحوض بسبب ارتكاز السفينة فوق تكاوي الحوض Keel Blocksلان هذه الألواح التي ألواح السفينة في نكثر ألواح القاع تعرضا للاحتكاك في حالة شحطها بالأرض Crounding لذلك فان سمك ألواح الأربنة يزيد بحوالي ٣٠%عن سمك باقي الواح القاع الخارجي Outer Bottom Plating.

يطلق علي شريحة الألواح التي تجاور ألواح الاربنة Garboard Strake تليها ألواح للقاع الخارجي Outer Bottom Plating.

في السفن الحديثة يكون مسك Garboard Strake هو نفس سمك Bottom shell Plating.

ألواح الجانب Side Shell Plating

بطلق علي ألواح الجانب Side Shell Plating في منطقة التقاؤه مع الواح السطح Sheer strake وهي ألواح- ذات سمك أعلي من باقي ألواح الجانب، لوح الصرف الجانبي العلوي Sheer Strake يكون سمكة يزيد ب (١٥-٢٠ %) عن سمك اللوح الجانبي Plating وفي السفن التي لها نهاية دائرية للوح فإن اتصال للجانب مع ألواح السطح فيطلق Side Shell

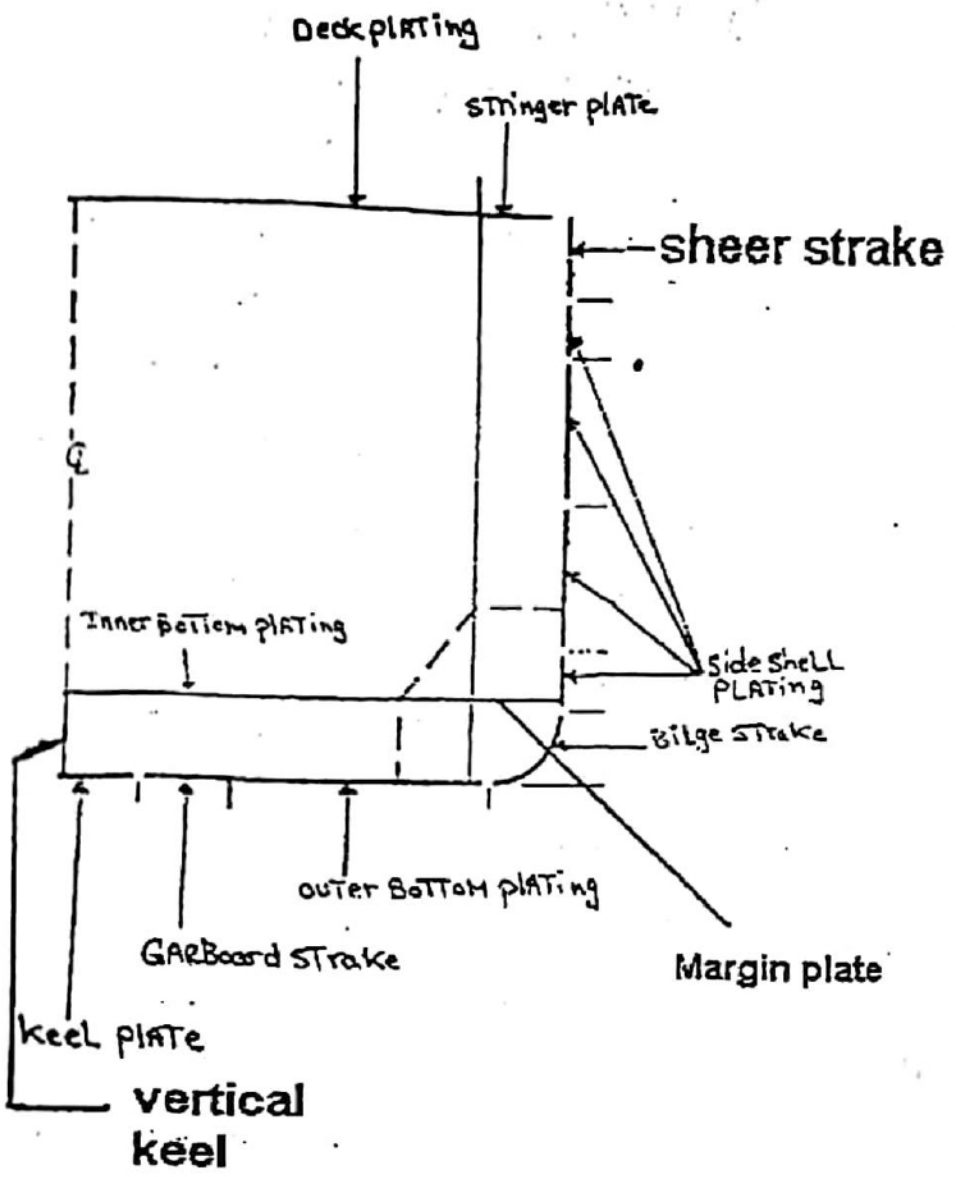
علي هذا اللوح Gumale strate من ناقلات البترول.

ألواح المسطح Deck plating

أول لوح من الواح السطح يسمي Stringer plate تليه ألواح المسطح Deck plating.

ألواح تقع داخلية Inner Bottom Plating

من الأجزاء الداخلية من السفينة يطلق عليها ألواح القاع الداخلي Inner Bottom Plating ويكون سمك أقل من سمك Outer Bottom Plating وأكبر من سمك باقي الألواح، وفي حالة استخدام حيز القاع المزدوج كصهريج يطلق علي هذا اللوح Tank Top Plates.


Deck plating
stringer plate
sheer strake
Inner bottom plating
Side shell plating
Bilge strake
outer bottom plating
Garboard strake
Margin plate
keel plate
vertical keel

(1-3) شكل

Margin Plate:

يوجد لوح تقويه وهو عباره عن لوح أمان ويكون إما مثلا أو أفقيا.

- تكون ألواح السطح والقاع أكبر سمكا في منطقة منتصف السفينة ويقل السمك تدريجيا نحو الأطراف نظرا لان أقصى إجهاد ثني في الاتجاه الطولLongitudinal Bending Stresses يقع علي القاع وألواح السطح كما أن ضغط الماء علي جوانب السفينة يزداد بزيادة الغاطس.
- وصلات خاصه بين الألواح المختلفه للسفينه:
- لوح التابوت : Coffin Plate:

وهو اللوح الذي يقع في مؤخر السفينة ويمثل آخر الواح الأرينة في منطقة انتقاءه مع هيكل المؤخرة Stern Frame.

- لوح الحذاء Shoe plate :

هو اللوح بالمقدمة ويكون بين الواح الارينة وقضيب المقدم Stem Bar فيطلق عليه Shoe Plates.

- لوح الصره Boss plate :

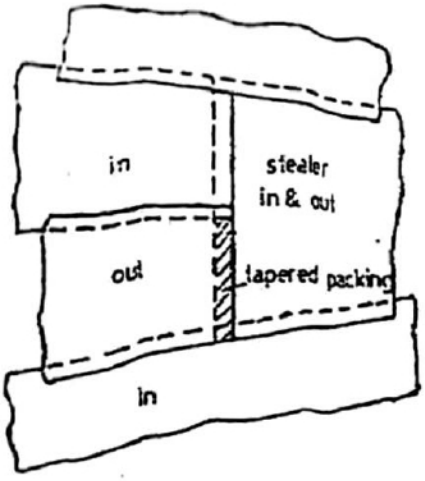
وهو اللوح الذي يحيط أنبوب المؤخر من خارج بدن السفينة فيطلق عليه لوح الصره Boss plate.

- لوح اوكستر Oxter plate:

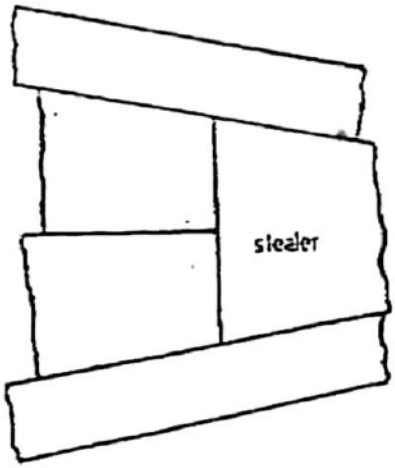
وهي الألواح التي بها انحناء مزدوج وتثبت أسفل الأرضيات عند إطار المؤخر.

- لوح السارق Stealer Plate:

هو اللوح الذي يثبت في صفين من الألواح حتى يجعلها في صورة صف واحد من الألواح ولذلك فان أول نوح في الصف الواحد يسمي بالنوح السارق Stealer Plate.



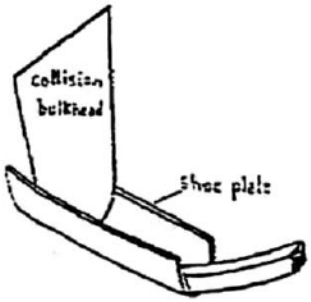
RIVETED STEALER

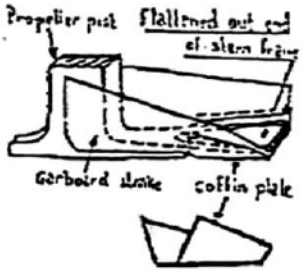


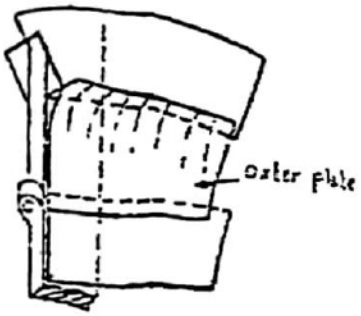
WELDED STEALER

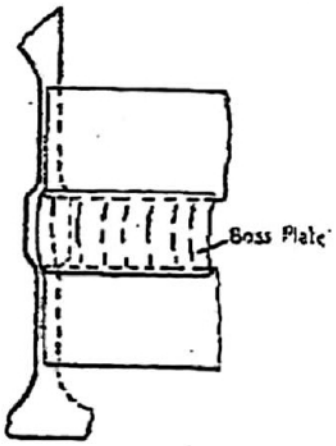
Special plate :

1. Shoe plate
2. Coffin plate
3. Boss plate
4. outer plate









شكل (2-3)

لوحة توزيع الألواح

SHELL EXPANSION PLAN

سوف نتعرض في الحياة العملية على السفن إلى الرسومات التصميمية التي توضح المساحات الإنشائية مثل ألواح الجانب الواح السطح وألواح القاع. والشكل التالي يوضح لوحة توزيع ألواح السفينة كما توضع موقع كل نوح في السفينة، وبالتالي فهي يتم رسميا بناءا على الألواح الموجودة بالسفينة وتحتوي على كل المعلومات المطلوبة لبناء السفينة، كما تستخدمها هيئات الأشراف والتصنيف لتحديد العطل الموجود بالسفينة وايضا لتحديد أي من الألواح المراد صيانتها.

يتم ترتيب الألواح من نموذج ذو ثلاثة أبعاد ويمكن التعبير عنه برسم ثاني الأبعاد يعرف بلوحه الأفراد البدن Shell expansionلإن جميع الأبعاد الرأسية في هذه اللوحة يتم أخذها حول أربنة السفينة، وهذا الأسلوب يشرح كل من ألواح الجانب وألواح القاع ككل. وهذا الشكل لناقلة بترول موضح عليها أرقام الألواح وحروفها، بحيث أن شريحة الألواح التي تلي ألواح الأربنة وهي تسمى (Garboard Strake) تأخذ الحرف A وباقي الألواح التي تليها تأخذ الحروف ،B ,C D بلخ بداية من منتصف السفينة .

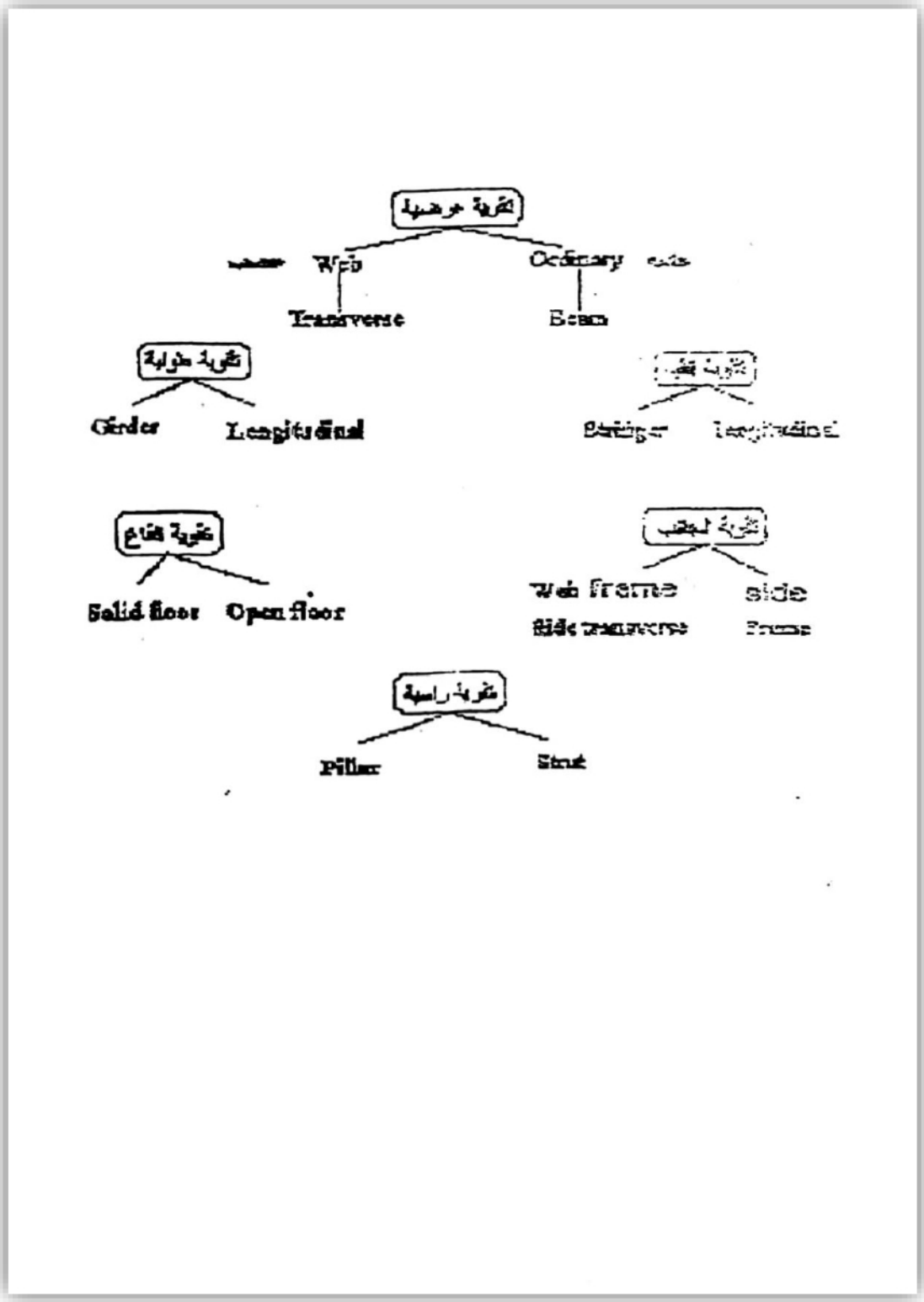
وإن الألواح يتم ترقيمها ووضع الحرف عليها بنفس الطريقة لكل جانب من جوانب السفينة وتتميز بينهم فيجب وضع الحرف (P) الذي يشير للجانب الأيسر ووضع الحرف (S) للإشارة للجانب الأيمن.

كما أن هذه اللوحة تحتوي على ألواح الجانب والسطح والقاع والتي من الضروري معرفة ترتيب المواد المصنوع منها هذه الألواح، ومن هذه اللوحة سوف نجد أن شريحة الألواح تسمي Strake or Panel وهي عباره عن صف طولي من الألواح يمتد من المقدم الي المؤخر ويكون ارتفاع ثابت ولكن تختلف أطوال الألواح كما هو مبين بالرسم.

تدعم السفينة

بواسطة إطارات متصلة البدن الداخلية والخارجية Hull Plating والتقويات الداخلية Stiffeners وكل تقوية تأخذ مسمي بناءا على موقعها من السفينة واتجاهها وهذه التقويات لها أشكال مختلفة:

كما يوجد بعض المصطلحات علي تقويت السفينة كالآتي:



تدعم السـفينة بواسـطة إطارات متصـلة Continuous Frames طولية Longitudinal وعرضـية Transverse ويتحدد النظام في بداية التصـميم طبقا لأبعاد السفينة وطبيعة حمولتها

وأنظمة التدعيم الشائعة، هي:

١- انظام التدعيم العرضي Transversely Framing System

٢- نظام التدعيم الطولي Longitudinally Framing System

٣- نظام التدعيم المشترك Combined Framing System

١- النظام التدعيم العرضى Transversely Framine System

هذا النظام يناسب السفن الصغيرة وفية تتم تقوية الأسطح والجانب والقاع عرضيا من خلال إطارات عرضية عادية Ordinary Frames تتكرر أربعة أو خمس مرات.

هذا النوع لا يعطي قوة متانة بالنسبة إلى الاجهادات الطولية للسـفينة والنظام العرضي للسـفينة عبارة عن دعائم وتقويات رأسـية مثل كمرات السـطح Deck Beam وألواح الأرضيات Floor Plates مع تقوية جانبية عن طريق ميدان جانبية Web side Frame ويتم توصيل هذه التقويات مع إنشاء السفينة عن طريق وصلات Brackets

هذا النظام للإنشـاء عبارة عن مجموعة من الأعصـاب والعيدان التي تدعم السـفينة كالضـلوع. هذه الدعم والتقويات عبارة عن الأرضـيات والعوارض العرضـية ومجموعة من التقويات التي تدعم للواح الجانب السـفينة وألواح السـطح التي تعمل كركاتز لتحمل الاجهادات الطولية للهيدروسـتاتيكية وكذلك الأحمال نتيجة الحمولة وتفريغها.

في هذا النظام بالنسـبة إلى الأسـطح ترتكز التقويات العرضـية Beams على التقويات الطولية العصـب Girders من خلال تجهيز مناسـب يراعي به توزيع الأحمال بالإضافة إلى الأعمدة Pillars أو القواطيع الطولية التي تمثل Pillar Bulkheads.

أما في القاع فتمتد الأرضـيات العصـب Solid Floors وتمر من خلال تقويات القاع الطولية الجانبية العصـب coastal side Girders Inter وترتكز هذه الأرضيات علي تقوية القاع الطولية العصب في المنتصف Continuous Center Girder.

٢- نظام التدعيم الطولي Longitudinally Framine Svstem

هذا النوع من الإنشـاء مناسـب جدا في حالات السـفن ذات الأطواق الكبيرة مش ناقلات البترول ومنتجاته وكذلك ناقلات الصـب ويعيب هذا النظام أنة غير مناسـب لسـفن البضـائع العامة وذلك بسـبب وجود عوارض في عنابر الشـحنة مما يؤثر على الفراغات المسـموح بها الشـحنة والتي تقطع امتداد الفراغات في العنابر.

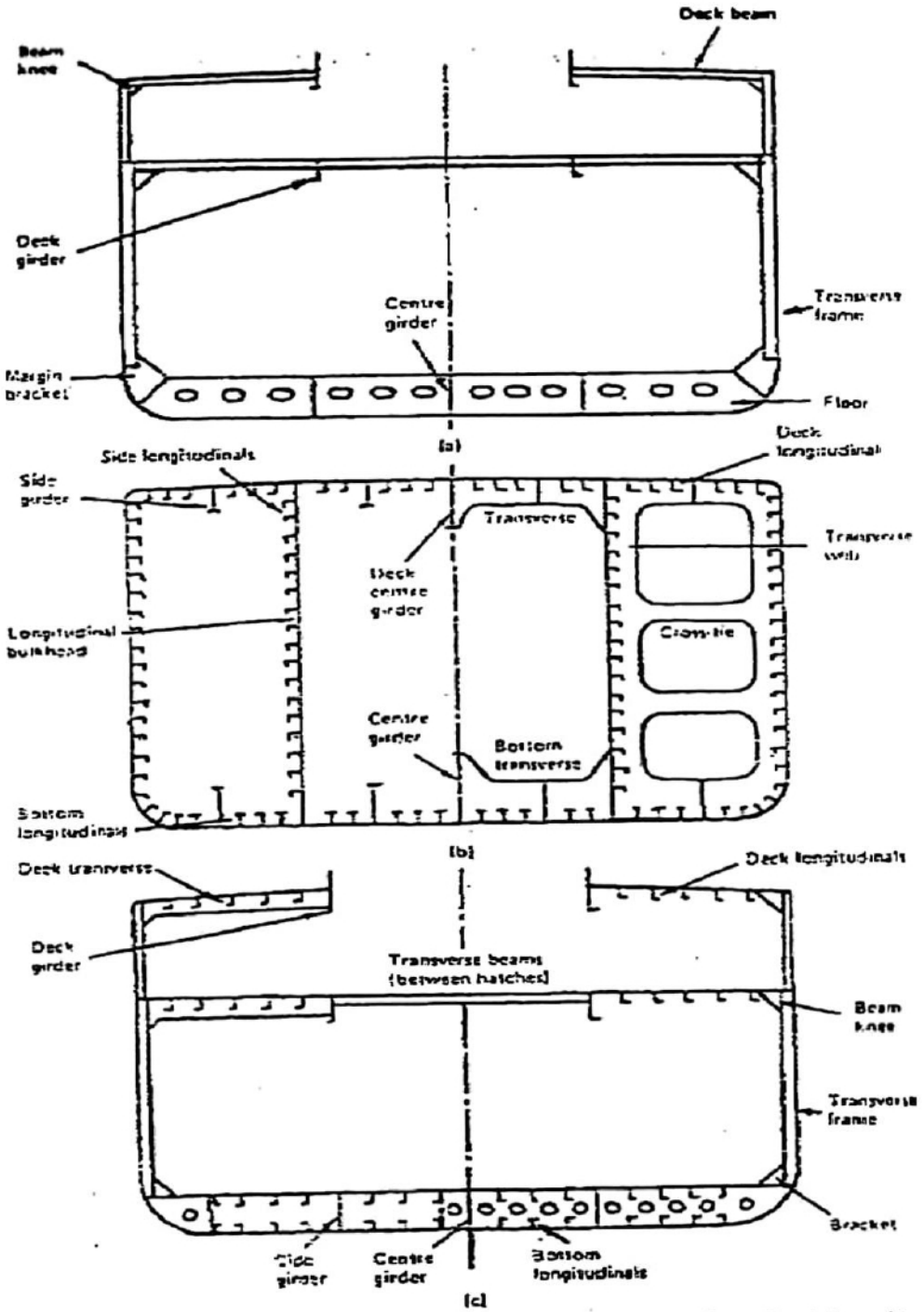
أن هذا النظام يتيح للسـفينة منانة الكبر مع وزن اقل ولكنة يعوق سـعة تحميل العنابر وفية تدهم السـفينة بواسـطة إطارات طويلة تصـل بين تقويات السـطح الطولية Deck Longitudinal ثم تقويات القاطوع العرضـي الأمامي الراسـية ثم تقويات القاع الطولية Bottom Longitudinal ثم ينتهي الإطار بتقوية القاطوع العرضي الخلفي الراسية.

ولزياد التدعيم الطولي تدعم السـفينة بإطارات طولية عصـب يتوقف عددها علي عرض السـفينة بحيث تتصـل تقوية السـطح الطولية العصـب Girder Deck مع تقوية القاطوع العرضـي الراسـية. العصـب Bulk-head Vertical Siiffener مع تقوية قاع العصـب Bottom Girder وفي هذا النظام ترتكز تقويات الأسـطح الطولية Deck Longitudinal على التقويات العرضية العصب Deck Transverse بالإضافة إلى الأعمدة.

نظام التدعيم المشترك Combined Farming System

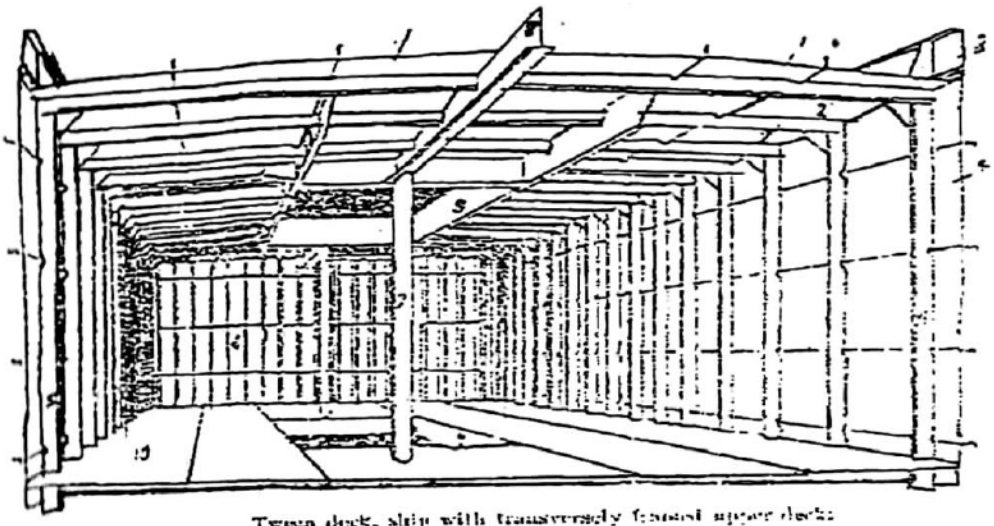
هو النظام الشمع لغالبية السفن ذات الأطوال المتوسطة وهذا النظام متبع في سفن ناقلات الصب Bulk Carriers وسفن البضائع العامة General Cargo Ships وناقلات الغاز المسال Petroleum (LPG) gas Liquefied وغيرها من السفن.

وفي هذا النظام تكون ألواح السـطح والقاع مدعمة طوليا بواسـطة (دعائم طولية) Longitudinal & Girders بينما تكون تقوية الجوانب عن طريق عيدان عرضـية Side frames. من أهم ملامح هذا النظام وجود عيدان طولية التقوية السـطح والقاع مما يجعله قادرا علي تحمل الضـغوط الخارجية كما أمكن التغلب على التداخل بين العيدان والتقويات الجانبية العميقة Deep Side Webواصبح هذا التداخل مع الشحنة محدود للغاية.



Framing systems: (a) transverse framing; (b) longitudinal framing; (c) combin framing

شكل (3 – 3)



Tween deck ship with transversely framed upper deck:
1 — upper deck plating; 2 — deck beam; 3 — bulwark; 4 — side plating; 5 — frame; 6 — transve
pattheut; 7 — pillar; 8 — carling; 9 — cargo hatch coaming; 10 — tween deck plating

شکل (3 – 4)